

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE CACAO EN LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA

Josué Bocel
jbocel@uvg.edu.gt,

Ana Silvia Colmenares
asruiz@uvg.edu.gt,

Donovan Gómez
degomez@uvg.edu.gt,

Isabel Alonzo
ialonzo@uvg.edu.gt,

Edwin De León Rangel
edeleon@uvg.edu.gt,

Edwinth Rodríguez
eerodriguez@uvg.edu.gt,

Rolando Cifuentes
rcifuen@uvg.edu.gt

**Centro de Estudios Agrícolas y
Alimentarios -CEAA**

RESUMEN

Con este estudio se buscó sistematizar el proceso de secado del cacao fermentado, así como realizar un monitoreo de la temperatura y humedad a lo largo del proceso en los centros de acopio. La evaluación se llevó a cabo en 3 centros de acopio ubicados en Lachuá (asociaciones KATBALPOM, ASODIRP y ASOLSEÑOR), 2 en Cahabón (asociaciones ADEMAYACH y ADIOESMAC) y 1 en Polochic (asociación APODIP), localizados en el departamento de Alta Verapaz. Se realizaron visitas de campo en donde se hicieron observaciones y consultas a los encargados de los centros de acopio y algunos miembros de la Junta Directiva de las asociaciones. Para el monitoreo de la temperatura se colocaron varios dispositivos electrónicos en las camas de secado y se registró la humedad del grano para conocer la evolución del secado. Se determinó que en la región se utilizan estructuras de secado muy diversas. Las mesas de secado son construidas con madera, pero la superficie de contacto con el grano de cacao puede ser de madera corrida, sarán o malla. El grosor de la capa de cacao que se maneja durante el secado es variado, incluyendo grosores de 2 centímetros en ASODIRP hasta 6 centímetros en KATBALPOM. El tiempo de secado varía de 6 a 11 días, lo cual está en función del microclima de la región, la estructura y el manejo del cacao fermentado durante el secado. La temperatura fluctuó de mesa a mesa dentro de la misma estructura de secado y también de acuerdo con el nivel y posición de los dispositivos sobre la mesa y la capa de cacao. En promedio, se determinaron valores relativamente más altos de temperatura en el centro de la mesa (34.6 °C) en comparación con las orillas (33.9 °C), así como sobre la capa de cacao (34.1 °C) en relación con la temperatura registrada entre la capa de cacao (33.8 °C). Existe diferencia significativa en la temperatura promedio registrada en la masa de cacao a lo largo del proceso de secado entre asociaciones, cuyos valores fueron de 32.4°C en KATBALPOM a 36.8°C en APODIP. Algunas asociaciones no utilizan dispositivos para medición de la humedad del grano y se basan en métodos cualitativos como el sonido del grano para concluir el proceso. Los resultados de este estudio permitieron identificar algunos puntos de mejora en el proceso de secado.

PALABRAS CLAVE: Cacao, proceso de secado del cacao, dinámica de secado, temperatura de secado, humedad del grano .

ABSTRACT

EVALUATION OF THE COCOA DRYING PROCESS IN THE NORTHERN REGION OF GUATEMALA

The objectives of this study were to systematize the cocoa drying process, as well as to monitor the temperature and moisture of the grain throughout the process carried out by the collection centers. The study was implemented in 3 collection centers located in Lachuá (KATBALPOM, ASODIRP and ASOLSEÑOR associations), 2 in Cahabón (ADEMAYACH and ADIOESMAC associations) and 1 in Polochic (APODIP association), all of them in the department of Alta Verapaz. Field visits, observations and consultations were made with the managers of the collection centers and some members of the Board of Directors of the

associations. To monitor the temperature, several electronic devices were placed in the drying beds and the grain moisture was recorded with a portable device to know the evolution of drying. It was determined that diverse drying structures are used in the region. The drying tables are made of wood, but the surface where the fermented cocoa comes into contact can be made of wood or plastic mesh. The thickness of the cocoa layer that is handled during drying varied from 2 centimeters in ASODIRP to 6 centimeters in KATBALPOM. The drying time takes between 6 to 11 days, which depends on the microclimate of the region, the drying structure and the handling process of the cocoa during drying. The temperature fluctuated between drying tables within the same drying structure and according to the level and position of the devices on the table and the cocoa layer. On average, relatively higher temperature values were determined in the center of the table (34.6 °C) compared to the edges (33.9 °C) as well as on the cocoa layer (34.1 °C) in relation to the temperature recorded within the layer of cocoa (33.8 °C). There are significant differences in the average temperature recorded in the cocoa mass in the drying process between associations whose values ranged from 32.36 °C in KATBALPOM to 36.75 °C in APODIP. Some associations do not use devices to monitor the moisture of the grain and rely on qualitative methods such as the sound of the grain to conclude the process. The results of this study allowed to identify some points of improvement of the drying process.

KEY WORDS: Cocoa, cocoa drying process, drying dynamics, drying temperature, grain moisture.

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao*, es una especie que crece en las regiones tropicales y sub-tropicales del mundo. El producto principal que proviene del grano de cacao es el chocolate, pero también son el licor de cacao, la manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo. El negocio del chocolate a nivel mundial es de alrededor de 8 mil millones de dólares (CNUCED, 2016).

Los ocho países con mayor producción son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador y Malasia, los cuales representan casi el 90% de la producción mundial. Por otro lado, los países con mayor consumo de cacao son Estados Unidos, Alemania, Francia, Inglaterra, Federación Rusa y Japón (CNUCED, 2016).

A nivel nacional, los departamentos con mayor producción de cacao son Alta Verapaz (31%), Suchitepéquez (31%) y San Marcos (25%), que en conjunto representan el 87% de la producción nacional. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), en el país se cultivan alrededor de 4,340 hectáreas (MAGA, 2016a).

La mayor parte de los productores cuentan con un área de producción menor a 1 hectárea y reportan un rendimiento medio de 0.28 TM/ha. La baja productividad se debe principalmente a la baja densidad de árboles por hectárea, la presencia de plagas, plantaciones viejas y baja disponibilidad financiera para la compra de insumos o limitaciones para acceder a asistencia técnica en la plantación (MAGA, 2016b).

En Guatemala la exportación de cacao es relativamente reciente. Accedió primero a El Salvador en el año 2002 y a partir del 2008 a Estados Unidos, con un incremento de exportaciones hacia este mercado en el año 2013. En el norte del país se han creado algunas asociaciones con el fin de apoyar a los pequeños productores en el proceso de beneficiado del cacao para así poder unificar el cacao de la región y poder exportarlo (MAGA, 20216a).

El beneficiado del cacao incluye la fermentación y el secado del grano fermentado. En la región de Cobán y Quiché existe gran diversidad de prácticas de beneficiado, lo que ocasiona que el cacao producido no sea de calidad homogénea y afecte su aceptación en el mercado internacional (MAGA, 2016b).

Está ampliamente documentado que la fermentación y secado del grano son cruciales para la calidad del chocolate. La fermentación consiste en una serie de cambios fisicoquímicos que generan el desarrollo del sabor y aroma a chocolate. Durante este proceso existe una relación entre microorganismos y variaciones de temperatura, pH y humedad con la formación de alcoholes, ácidos y compuestos polifenólicos que matan el embrión, disminuyen el sabor amargo y producen reacciones bioquímicas que forman el chocolate (Teneda Llerena, 2016).

El secado del cacao es el proceso del beneficiado en el que se elimina el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor

a chocolate. Al finalizar la primera etapa de la transformación primaria, la fermentación, el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor entre 7 a 8%. Esto evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad y a la vez facilita el almacenamiento, transporte, manejo y comercialización del cacao (Ortiz de Bertorelli et al., 2004).

Durante el proceso de secado continúa la fase oxidativa de la fermentación, por lo que este juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos (Rivera Fernández et al., 2012).

El proceso de secado se hace generalmente por lotes ya sea de forma natural tendido al sol o de forma artificial a través de equipos con inyección de aire caliente o deshidratación en horno. Si este proceso se lleva a cabo al sol se realiza durante 4 a 6 días, dependiendo de las condiciones climáticas, hasta lograr obtener granos crujientes cuando estos son apretados unos contra otros y/o cuando estos alcanzan una tonalidad marrón al realizar un corte transversal (Jiménez et al., 2016).

En América Latina se han identificado tres métodos de secado en cacao. Un tipo es el secado a la sombra, el cual es un método no tan común. Se da en lugares de clima seco y con fuertes vientos que favorecen la aireación de los granos. Para esto se utilizan estructuras como galerías. Sin embargo, este método es muy lento y puede favorecer el desarrollo de hongos.

El segundo método es el secado artificial, el cual se utiliza cuando las condiciones climáticas no son óptimas para secado al aire libre o cuando las cantidades de producción son excesivas. Este método depende de corriente eléctrica y

mantiene un secado usualmente a 80°C para evitar la retención de la acidez (IICA, 2017).

El tercer método es el secado al sol el cual es el más utilizado por los productores. Los granos de cacao se tienden en tarimas en lugares de grandes extensiones donde se tenga una iluminación favorable y se pueda eliminar el agua presente en el grano. Este método, a pesar de no generar costos por consumo energético, es extensivo en tiempo y mano de obra, además de las dependencias de las condiciones climáticas. Los primeros dos días se debe realizar el secado controlado, que consiste en extender los granos de cacao con un espesor de 10 cm aproximadamente y se suele remover a cada hora. A partir del tercer día, el secado se realiza en capas de granos más delgadas hasta lograr un valor de humedad del 7% (IICA, 2017).

En Guatemala el secado de cacao también suele realizarse al sol en donde los productores colocan plásticos de color negro sobre el suelo y esparcen el cacao para que reciba sol directo. Existe también la modalidad de utilizar estructuras tipo galera con techo de protección. Estas estructuras tienen camas de madera en donde se coloca el cacao (USAID, 2013).

El país no cuenta con estudios relacionados con la transformación primaria del cacao en las diferentes zonas productoras del país, por lo que es importante conocer los procesos de secado del cacao en las distintas regiones. Esto con la finalidad de mejorar la eficiencia del proceso y promover la mejora de la calidad del grano.

Con este estudio se buscó sistematizar el proceso de secado de cacao en varias asociaciones de la región norte del país, así como realizar un monitoreo de la temperatura y humedad a lo largo del proceso realizado por cada asociación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en el año 2019 en las subregiones Lachuá, Cahabón y Polochic ubicadas en el departamento de Alta Verapaz. En la subregión de Lachuá (Cobán) participaron las asociaciones KATBALPOM, ASODIRP y

ASOSELNOR, ubicadas en las aldeas Salacuim, Rocja Pomtilá y Faisán I, respectivamente. En Cahabón participaron las asociaciones ADEMAYACH y ADIOESMAC, ubicadas en las aldeas San Juan Chivité y Tzalamtun. En Polochic participó la asociación APODIP ubicada en Aldea Campur, Santa Catalina La Tinta (Figura 1).

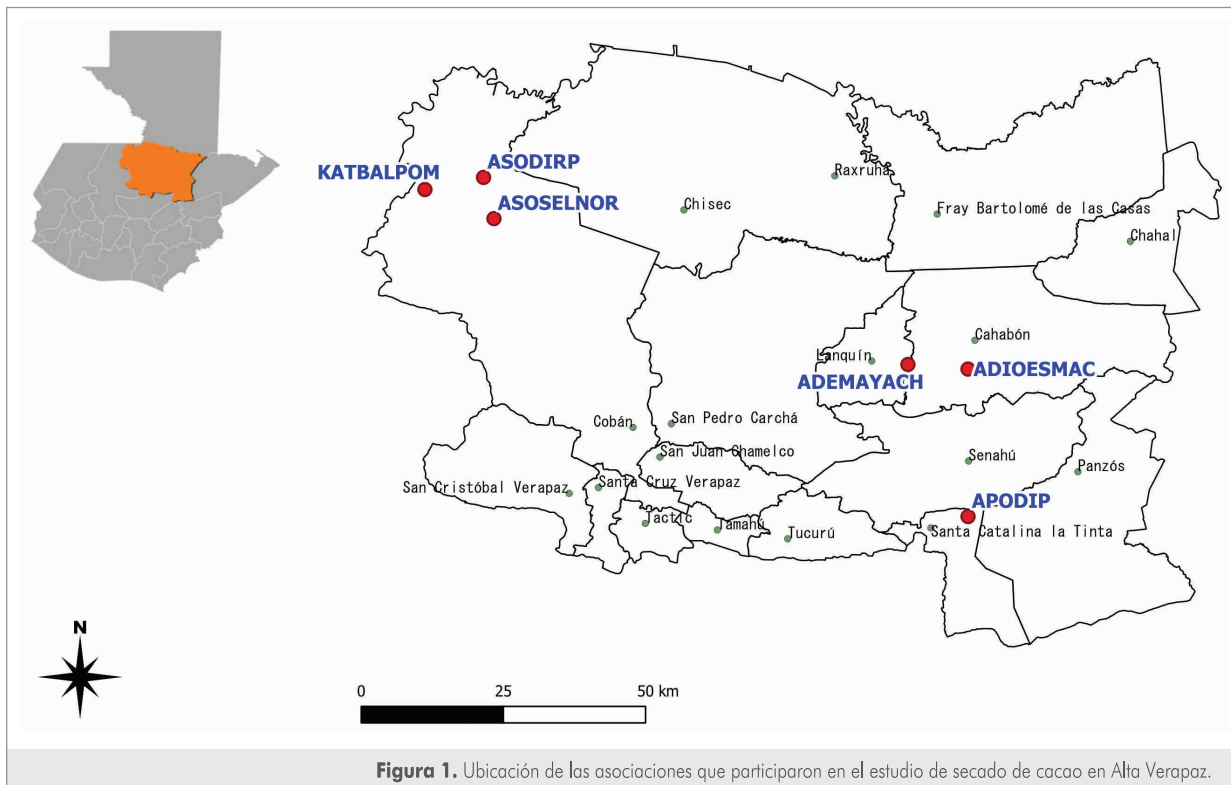


Figura 1. Ubicación de las asociaciones que participaron en el estudio de secado de cacao en Alta Verapaz.

Sistematización del proceso de secado

La sistematización del proceso de secado se realizó en las 6 asociaciones que participaron en el estudio. Para ello se realizaron visitas a los centros de acopio. Durante las visitas de campo se realizaron consultas a los encargados de los centros de acopio y a algunos miembros de la junta directiva a fin de documentar el proceso de secado.

Monitoreo del proceso de secado

Las actividades de secado se realizan inmediatamente después de haber finalizado el proceso de fermentación del grano.

La evaluación del secado se realizó en 5 de las 6 asociaciones. Participaron las asociaciones KATBALPOM, ASODIRP, ASOSELNOR, ADEMAYACH Y APODIP.

En la asociación KATBALPOM se monitoreó el secado de 3 cajas de grano fermentado separando el material en distintas mesas de secado. En las asociaciones restantes se monitoreó una caja de grano fermentado en una mesa de secado.

Para propósitos del diagnóstico, se partió del registro de las dimensiones de las mesas de secado, el grosor de la capa de cacao que se utiliza en cada asociación y el registro de las distintas características de los secadores como los materiales utilizados para la construcción de las mesas de secado y la estructura en general.

Al realizar el traslado del grano fermentado a las mesas de secado se siguió la metodología de manejo de cada

asociación. Esto significa que cada asociación usó el grosor de la capa de cacao que regularmente utiliza.

A lo largo del proceso de secado del grano se realizó el monitoreo de la temperatura. La temperatura sobre las mesas de secado se midió por medio de dispositivos LogTag modelo Trix-8, los cuales tienen un rango de medición de -40°C a 85°C y una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Cada medidor de temperatura registró una lectura a cada 5 minutos. Esto equivale a 288 lecturas en 24 horas. Se utilizaron 5-6 medidores de temperatura por mesa de secado colocados en distintas posiciones (esquina y centro de la mesa) y niveles de colocación (entre y sobre la capa de cacao) (Figura 2). Una vez concluido el proceso, los datos de temperatura de cada dispositivo fueron transferidos al ordenador por medio del software LogTag Analyzer.

La temperatura y humedad relativa del ambiente dentro de la unidad de secado se midió a cada 24 horas con dispositivos digitales. En el caso de las asociaciones KATBALPOM y ASODIRP también se colocaron 2 dispositivos para el registro de esos parámetros a cada 5 minutos.

Para saber el final del secado se determinó la humedad del grano a cada 24 horas después de iniciado el proceso. Esta medición se realizó con un dispositivo digital portátil (Figura 3). La prueba de humedad de grano consistió en tomar una muestra de cacao cerca de los dispositivos colocados para medición de temperatura. Se dio por concluido el proceso de secado cuando la muestra registró un contenido de humedad de aproximadamente 7.5%.

Vista superior de la ubicación de loggers en las camas de secado - KATBALPOM

Caja "A"		Caja "B"		Caja "C"	
2A (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 4A <u>entre cacao</u>	4B (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 3B <u>sobre cacao</u>	2C (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 4C <u>sobre cacao</u>
5A centro <u>sobre cacao</u>		5B centro <u>sobre cacao</u>		5C centro <u>sobre cacao</u>	
1A (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 3A <u>entre cacao</u>	1B (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 2B <u>entre cacao</u>	1C (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 3C <u>entre cacao</u>
FRENTE		FRENTE		FRENTE	

ASOSELNOR		APODIP	
5A (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 2A <u>sobre cacao</u>	1A (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 3A <u>entre cacao</u>
3A centro <u>entre cacao</u>		2A centro 5A centro <u>entre cacao</u> <u>sobre cacao</u>	
4A (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 1A <u>entre cacao</u>	4A (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 6A <u>sobre cacao</u>
FRENTE		FRENTE	

ADEMAYACH		ASODIRP	
6A (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 5A <u>entre cacao</u>	3A (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 2A <u>entre cacao</u>
3A centro 4A centro <u>sobre cacao</u> <u>entre cacao</u>		5A centro <u>sobre cacao</u>	
2A (esquina) <u>sobre cacao</u>	(esquina) 1A <u>sobre cacao</u>	4A (esquina) <u>entre cacao</u>	(esquina) 1A <u>entre cacao</u>
FRENTE		FRENTE	

Figura 2. Distribución de los dispositivos para monitoreo de temperatura en las camas de secado.



Figura 3. Dispositivos digitales utilizados para la medición de humedad del grano de cacao.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat, versión 2016e, (www.infostat.com.ar). Se realizó análisis de varianza para 1 o más factores. La discriminación entre tratamientos se hizo de acuerdo con la prueba de Tukey con una probabilidad de error de 0.05.

Los factores evaluados en los análisis de temperatura incluyeron la asociación (5 asociaciones), nivel de colocación de los dispositivos (entre y sobre la capa de cacao) y posición del dispositivo en el plano horizontal (esquina y centro de la mesa).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción y monitoreo del proceso de secado





En el Cuadro 1 se presentan una breve descripción del proceso y las principales características de las unidades de secado utilizadas en las diferentes asociaciones.

Las unidades de secado tienen en común el uso lámina de policarbonato, pero existe variación en las cortinas laterales.






En algunos casos la cortina es de plástico y en otras es de policarbonato.

En el caso de la superficie que utilizan para el secado, esta varía de una asociación a otra, desde el uso de un patio de cemento, el uso de mesas construidas exclusivamente de madera, hasta la utilización de malla plástica gruesa sin madera corrida debajo para permitir una buena ventilación.



Cuadro 1. Características del proceso y de las unidades de secado de cacao en 6 centros de acopio de Alta Verapaz.

Asociación	Unidad de secado	Dimensiones de la mesa LxAxH ¹ m	Mesas por unidad de secado	Grosor de la capa de cacao cm	
KATBALPOM	<p>Estructura de techo de policarbonato y cortinas plásticas laterales. Las mesas de secado tienen malla plástica gruesa, con orificios grandes, sin ningún tipo de madera corrida debajo. El suelo está impermeabilizado con una torta de cemento.</p> 		16x2x0.8	2	5 a 6
	<p>El proceso de secado inicia inmediatamente después de finalizar el proceso de fermentación. Se pasa el cacao de las cajas de fermentación a las mesas en las estructuras de secado. Se acostumbra a secar el cacao bajo el sol directo en el último día de secado antes de dar por concluido el proceso.</p> <p>Las remociones son frecuentes al inicio del proceso de secado, y a medida que los días de secado transcurren estas van disminuyendo.</p> <p>El monitoreo de la humedad de grano se realiza por medio de un medidor de humedad de grano. Al marcar una lectura de aproximadamente 7.5% se da por concluido el proceso.</p>   <p>Mesa con malla sin madera corrida</p>				

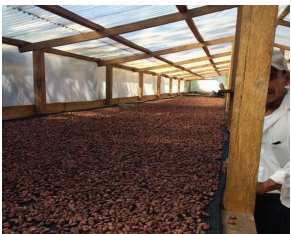

Cuadro 1. Características del proceso y de las unidades de secado de cacao en 6 centros de acopio de Alta Verapaz.

Asociación	Unidad de secado	Dimensiones de la mesa LxAxH ¹ m	Mesas por unidad de secado	Grosor de la capa de cacao cm
<p data-bbox="277 310 548 478">Estructura de techo y laterales fijos de policarbonato. Las mesas de secado cuentan con malla plástica con orificios pequeñas y cuentan con madera corrida debajo. El suelo no está impermeabilizado.</p> <p data-bbox="277 489 548 709">El proceso de secado inicia con el traslado del cacao fermentado directamente de las cajas a las mesas ubicadas en las estructuras de secado. El proceso de secado dura aproximadamente una semana, dependiendo de las condiciones del clima de la región.</p> <p data-bbox="277 720 548 888">Durante el proceso de secado se le aplican remociones al cacao, siendo estas más frecuentes en los primeros días del proceso, y a medida que transcurren los días de secado estas van disminuyendo.</p> <p data-bbox="277 898 548 1056">El monitoreo de la humedad del grano lo realizan por medio de un dispositivo electrónico con escala específica para cacao. Al alcanzar 7.5% de humedad de grano se da por finalizado el proceso de secado.</p>	   <p data-bbox="886 720 1073 772">Mesa de madera con malla tipo sarán</p>	16x2x0.8	2	2 a 3
<p data-bbox="277 1077 548 1266">Estructura tipo invernadero. Cuenta con techo y laterales fijos de policarbonato. Las mesas de secado cuentan solamente con madera corrida y no cuentan con malla. El suelo está impermeabilizado con torta de cemento</p> <p data-bbox="277 1276 548 1528">Durante el proceso de secado se realizan trabajos de remoción utilizando un rastrillo de madera. Se atribuye que la poca circulación de aire en el secador se debe a que la mesa tiene un fondo de madera corrida y por ello se observan con frecuencia problemas de crecimiento de hongos.</p> <p data-bbox="277 1539 548 1675">Entre las mediciones que realizan de forma rutinaria están la temperatura y la humedad relativa en el ambiente interno de la unidad de secado, así como la humedad del grano.</p> <p data-bbox="277 1686 548 1854">El medidor de humedad de granos es un dispositivo digital que se utiliza para monitorear el estado del secado el cual debe estar en aproximadamente 7.5% para dar por finalizado el proceso.</p>	  <p data-bbox="919 1276 1040 1308">Mesa de madera</p>	16x2x0.8	2	4 a 5

Cuadro 1. Características del proceso y de las unidades de secado de cacao en 6 centros de acopio de Alta Verapaz.

Asociación	Unidad de secado	Dimensiones de la mesa LxAxH ¹ m	Mesas por unidad de secado	Grosor de la capa de cacao cm
<p>ADEMAYACH</p> <p>La estructura consiste en una galera que cuenta únicamente con techo de policarbonato y cortinas plásticas, colocan el cacao sobre un plástico negro grueso, y debajo del plástico se tiene una torta de cemento.</p> <p>El cacao se traslada de las cajas de fermentación a ser expuesto directamente a la radiación solar utilizando un nylon negro grueso para evitar el contacto del grano con el suelo. El proceso de exposición directa al sol consiste en 1 o 2 días y el proceso finaliza sobre la torta de cemento del secador.</p> <p>Para dar por concluido el proceso de secado se realiza el monitoreo del estado del grano por medio del sonido que este emite al golpear la madera del secador. No se utilizan dispositivos para el monitoreo de la humedad del grano.</p>	 <p>Piso de cemento</p>	5x10x0.05	1	4 a 5
<p>ASOSELNOR</p> <p>Estructura de techo de policarbonato y cortinas plásticas laterales. Las mesas de secado tienen malla plástica con orificios pequeños, y además cuentan con madera corrida debajo de la malla. El suelo está impermeabilizado con una torta de cemento.</p> <p>Los productores indican que el cacao sale del proceso de fermentación con un 55% de humedad. Con los secadores se debe llegar a un 7% medido por medio de un medidor de humedad portátil.</p> <p>Las personas consultadas indicaron que el mayor problema durante el proceso de beneficio del cacao se encuentra en el área de secado debido a que el proceso puede tomarles entre 9 a 31 días. Esto se traduce en pérdidas por contaminación con hongos y un retraso en la producción.</p> <p>Para determinar si se ha completado el secado, los productores realizan una práctica en donde evalúan el sonido del cacao al caer sobre la mesa de secado, es decir, no utilizan ningún instrumento de medición de humedad de grano.</p>	 <p>Mesa de madera con malla tipo sarán</p>	16x2x0.8	2	4 a 5

Cuadro 1. Características del proceso y de las unidades de secado de cacao en 6 centros de acopio de Alta Verapaz.

Asociación	Unidad de secado		Dimensiones de la mesa LxAxH ¹ m	Mesas por unidad de secado	Grosor de la capa de cacao cm	
ADIOESMAC	<p>La estructura está hecha con madera con techo de policarbonato, laterales fijos de plástico y mesas de madera corrida con malla tipo sarán de color negro para permitir una mejor ventilación.</p> <p>El cacao fermentado se traslada al secador y se le aplican remociones a determinadas horas del día, siendo estos más frecuentes en los primeros días de secado, y a medida que avanza el proceso de secado el número de remociones van disminuyendo.</p> <p>El monitoreo de la humedad de grano la realiza por medio de un medidor de humedad de grano. Se da por concluido el proceso de secado en cuanto el dispositivo marca una humedad de 7.5%.</p> <p>Es importante mencionar que en la asociación no solo cuentan con el secado por medio de estructuras, sino también utilizan el método de secado directo al sol. Esto, dependiendo de la disponibilidad de cacao en la región.</p> <p>Durante la visita se observó que el secado al sol se realiza directamente sobre un patio de cemento sin la utilización de sarán o plásticos.</p>		 <p>Piso de cemento</p>	16x2x0.8	2	2 a 3

¹ Largo x ancho x alto.

Dinámica del proceso de secado

El tiempo de secado en las distintas asociaciones y regiones varió de 6 a 11 días (Cuadro 2).

Los tiempos para el secado del cacao dependieron del microclima durante el proceso de secado, el tipo de estructura y también del grosor de la capa de cacao fermentado que se manejó durante el proceso. En los centros de acopio, los grosores de la capa de cacao variaron de 2 a 6 centímetros.

La asociación APODIP cuenta con una unidad de secado completamente cubierta por láminas de policarbonato, manteniendo altas temperaturas durante el día, lo que ayudó a reducir el tiempo de secado a 6 días.

ASODIRP fue la asociación que manejó el grosor más delgado de la capa de cacao (2-3 cm). El tiempo de

secado se completó a los 8 días, a pesar de que en esa unidad de secado se registró el menor valor medio de temperatura.

Las condiciones de temperatura y humedad ambiental durante el proceso de secado fueron diferentes en cada región, variando de 35 °C a 43 °C y de 37 a 59 %, respectivamente. La relación entre esas dos variables a lo interno de las unidades de secada es inversa (r^2 0.91), es decir que altas temperaturas están asociadas a bajos niveles de humedad y viceversa. Durante el día la humedad relativa baja a medida que aumenta la temperatura y por la noche la humedad relativa se incrementa.

En general, por cada libra de cacao seco se requirieron 1.87 ± 0.13 lbs de cacao fermentado y 2.24 ± 0.08 lbs de cacao en baba. El centro de acopio de la asociación

KATBALPOM presentó la mejor tasa de conversión (1.66) de grano fermentado a grano seco.

Para determinar el avance del secado, diariamente se realizó la medición de la humedad del grano por medio de un medidor portátil, con la escala específica para grano de cacao. Los valores finales de humedad del cacao seco variaron de 7% (ASODIRP) a 7.97% (ADEMAYACH) (Figura 4). Dichos valores se encuentran dentro del rango aceptable, ya que el valor final ideal de humedad de un buen proceso de secado es de 7.5% (Hii et al., 2006).

La humedad inicial del cacao fermentado varía de 50 a 55%. Esto significa que durante los primeros 2 días de secado el cacao pierde entre 39 a 44% de humedad, a razón de aproximadamente 20% por día. La remoción de humedad

del grano a partir del día 2 es un proceso más lento. Los altos valores de humedad del grano durante los primeros dos días de secado están fuera del rango de registro de los dispositivos portátiles.

Es importante indicar que en la región de Lachuá (KATBALPOM, ASODEIP y ASOSELNOR) hubo algunos momentos de precipitación durante el secado, lo cual generó la absorción de humedad en el grano que se tenía en las unidades de secado. Esto repercutió en un retardo en el proceso de secado, tal como se observa en la Figura 4 para las asociaciones KATBALPOM, ASODIRP y ASOSELNOR entre los días 5 y 6. Ese aumento en el porcentaje de humedad puede causar daños en la calidad por crecimiento de hongos (Hii et al., 2006).

Cuadro 2. Detalles del proceso y condiciones para el secado de cacao en Alta Verapaz.

Asociación	Tiempo de secado (días)	Microclima en unidad de secado		Cacao en baba lbs	Cacao fermentado lbs	Cacao seco lbs	Relación ferm/seco
		Temp, Media (°C)	Hum. Relativa Media (%)				
KATBALPOM	11	41.08	44	1201	949	572	1.66
ASODIRP	8	34.97	59	1038	844	460	1.83
ASOSELNOR	10	42.82	44	1278	1106	573	1.93
APODIP	6	43.13	37	566	486	246	1.98
ADEMAYACH	7	40.00	45	1010	844	437	1.93
Media	8.2	40.40	46	1018.60	845.8	457.6	1.87

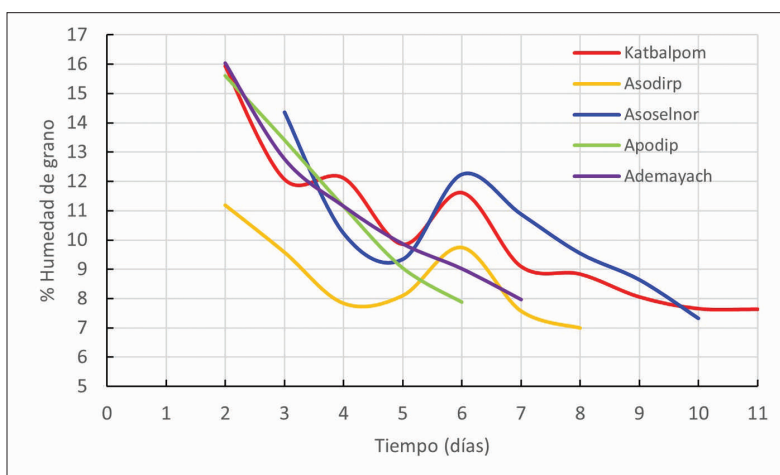


Figura 4. Pérdida de humedad del grano de cacao durante el secado en Alta Verapaz.

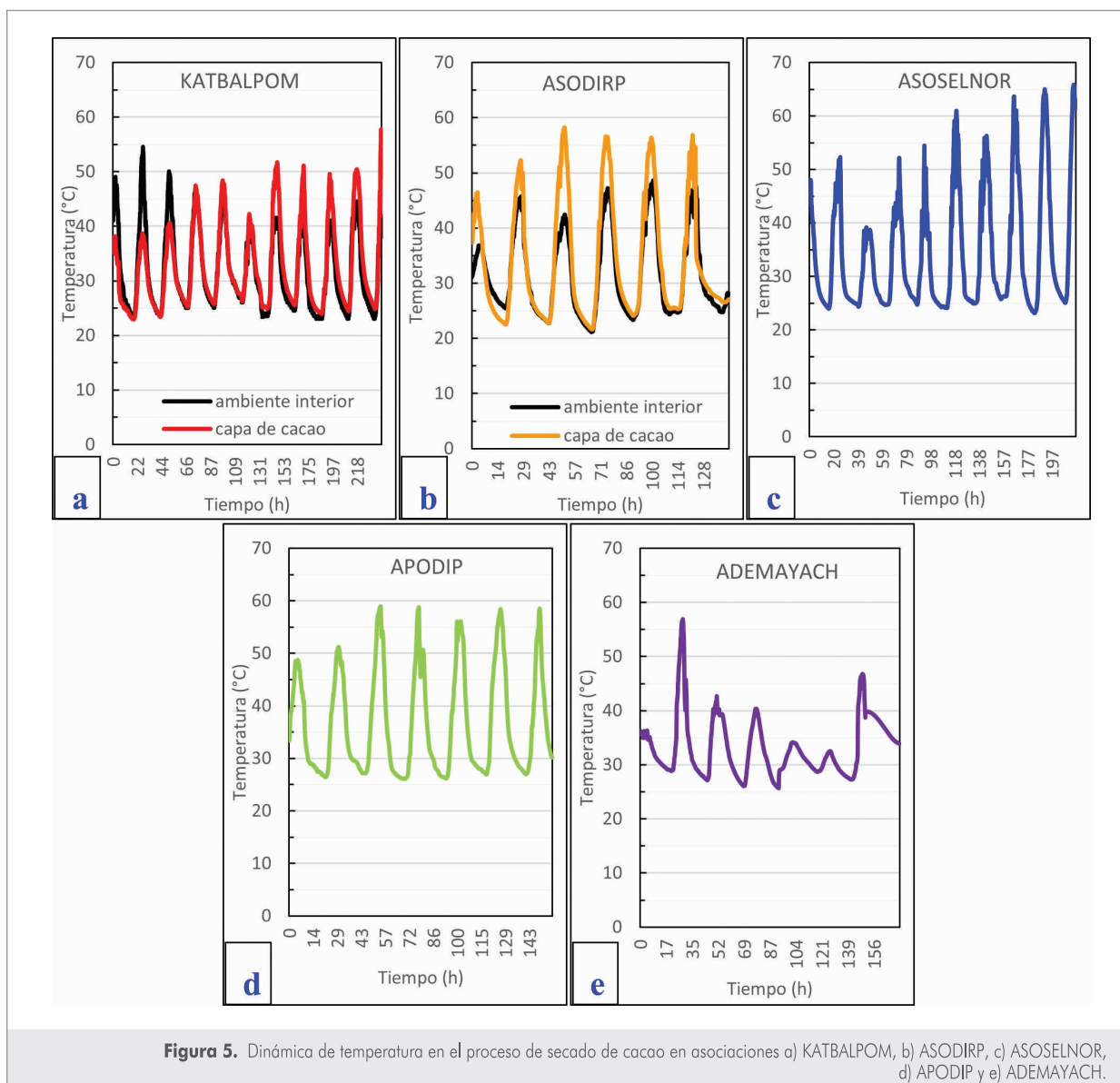
Dinámica de la temperatura durante el secado en los centros de acopio

La dinámica de la temperatura durante el tiempo de secado para cada centro de acopio se presenta en la Figura 5. El ciclo de baja y alta temperatura corresponden a las horas del día en el ciclo de 24 h, siendo la temperatura mayor durante el día y baja durante la noche. Este mismo patrón también se registra en la temperatura del ambiente de la unidad de secado (Figuras 5a y 5b).

En el centro de acopio de KATBALPOM (Figura 5a) la temperatura del ambiente de la unidad de secado es mayor a la temperatura media de la capa de cacao durante los primeros 2 días y posteriormente tiende a ser menor que la temperatura en la capa de cacao. En el caso de ASODIRP

(Figura 5b), la temperatura del ambiente de la unidad de secado consistentemente fue menor que la temperatura en la capa de cacao durante el tiempo de secado. Esto podría ser el resultado del grosor de la capa inicial de cacao. En KATBALPOM el grosor de la capa de cacao es de 5 a 6 cm, en tanto que en ASORDIP es de 2 a 3 cm (Cuadro 1).

Se observan diferencias en los picos de temperaturas máximas alcanzadas durante el día. Esto se atribuye principalmente al microclima de cada región de estudio y al tipo de estructura. En ASOSELNOR se observan picos de temperatura máximos por encima de los 60°C a diferencia del resto de asociaciones que presentan temperaturas máximas por debajo de ese valor. Los valores representan el promedio de 5 lecturas en diferente nivel y posición.



De acuerdo con el Cuadro 3, en promedio existe diferencia altamente significativa ($p < 0.05$) entre los valores de temperatura en el microambiente de la unidad de secado en las diferentes asociaciones. Los mayores valores de temperatura se registraron en la Asociación APODIP y los menores valores en KATBALPOM. Estas diferencias en la temperatura están directamente relacionadas con las condiciones climáticas de cada región y los distintos tipos de materiales utilizados para la construcción de las unidades para secado.

Homogeneidad de temperatura en diferentes puntos de la capa de cacao durante el secado

De acuerdo con el Cuadro 4, en las asociaciones KATBALPOM, APODIP y ADEMAYACH se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los niveles de colocación de los dispositivos, los cuales fueron entre el cacao y sobre el cacao. En las asociaciones restantes la diferencia no fue significativa.

Excepto en la asociación ADEMAYACH, la temperatura tendió a ser mayor en los dispositivos colocados sobre la cama de secado con una diferencia promedio de $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ arriba del valor de temperatura registrada entre la capa de cacao (Cuadro 4).

En cuanto a la posición de colocación de los dispositivos en el plano horizontal (Cuadro 4), únicamente en KATBALPOM y en ASODIRP se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$).

En las otras tres asociaciones no se encontraron diferencias en los valores de temperatura.

Cuadro 3. Separación de medias¹ de temperatura ambiente dentro de las unidades de secado.

Asociación	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
APODIP	36.75 ± 10.02 a
ASODIRP	33.89 ± 10.63 b
ASOSELNOR	34.24 ± 10.93 b
ADEMAYACH	33.20 ± 5.52 c
KATBALPOM	32.36 ± 7.48 d

¹ Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Consistentemente, el mayor valor de temperatura se registró en la posición central de la cama de cacao (Cuadro 4), con un promedio de $0.73\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del valor de temperatura registrada en la orilla de la cama.

La dinámica de la temperatura en los diferentes niveles de colocación de los dispositivos (entre el cacao y sobre el cacao) y diferentes posiciones de colocación (esquina o centro) en cada asociación se presenta en las Figuras 6 y 7, respectivamente.

Cuadro 4. Valor medio¹ de temperatura según la colocación y posición de dispositivos en las mesas de secado del cacao.

	Asociación				
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR	APODIP	ADEMAYACH
Nivel de colocación del dispositivo					
Entre la capa de cacao	32.47 a	33.45 a	34.08 a	35.81 b	33.08 b
Sobre la capa de cacao	31.31 b	33.90 a	34.30 a	37.69 a	33.31 a
Posición en la mesa de secado					
Orilla	31.31 b	33.90 b	34.08 a	36.70 a	33.17 a
Centro	33.07 a	35.21 a	34.45 a	36.85 a	33.25 a

¹ Medias con la misma letra dentro de cada factor (nivel o posición) no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

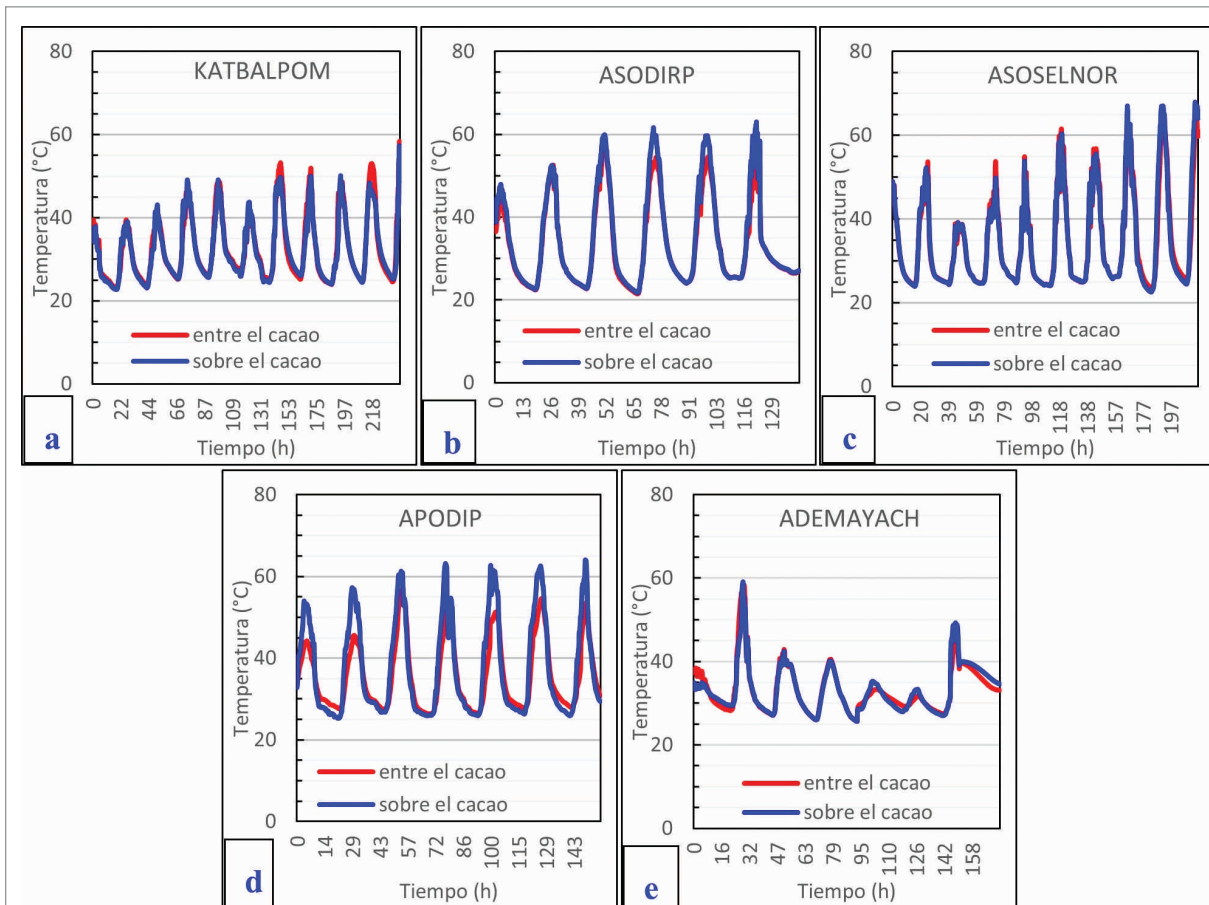


Figura 6. Dinámica de la temperatura con relación al nivel de colocación de los dispositivos en camas de secado de cacao en las asociaciones a) KATBALPOM b) ASODIRP c) ASOSELNOR d) APODIP y e) ADEMAYACH.

En promedio, los resultados de las 5 asociaciones indican que la temperatura de los dispositivos colocados sobre la capa de cacao presentó una mayor temperatura con relación a la temperatura de los dispositivos colocados entre la capa de cacao. Con relación a la posición de colocación sobre el plano horizontal, la posición del centro superó a la temperatura registrada en la posición de esquina.

Se encontró efecto de la interacción entre el nivel o posición de colocación de los dispositivos y la asociación ($p < 0.05$), lo cual indica que la temperatura dependió del punto de su registro en la cama de secado y de la asociación. Adicionalmente, en algunos casos la interacción entre el nivel y posición del dispositivo fue significativo. Es evidente que la temperatura no es homogénea en la cama de secado dentro y entre asociaciones.

Dinámica de temperatura en camas de secado manejadas simultáneamente

En la Figura 8 se presenta la dinámica de las temperaturas según mesa de secado para KATBALPOM. El desplazamiento de la mesa C hacia la izquierda es debido a que fue instalada unas horas antes de colocar las otras mesas, dentro del mismo día. Se observan pequeñas diferencias en la altura de los picos entre mesas, las cuales son estadísticamente significativas ($p < 0.05$). La medios de temperatura fueron de 32.36 ± 7.71 °C para la mesa A, 32.51 ± 8.31 °C para la mesa B y 33.16 ± 7.48 °C para la mesa C. La temperatura media de la mesa C fue estadísticamente superior al valor medio de las otras dos camas de secado.

Los anterior indica que la temperatura varía entre mesas de secado y el lugar de colocación del dispositivo de registro.

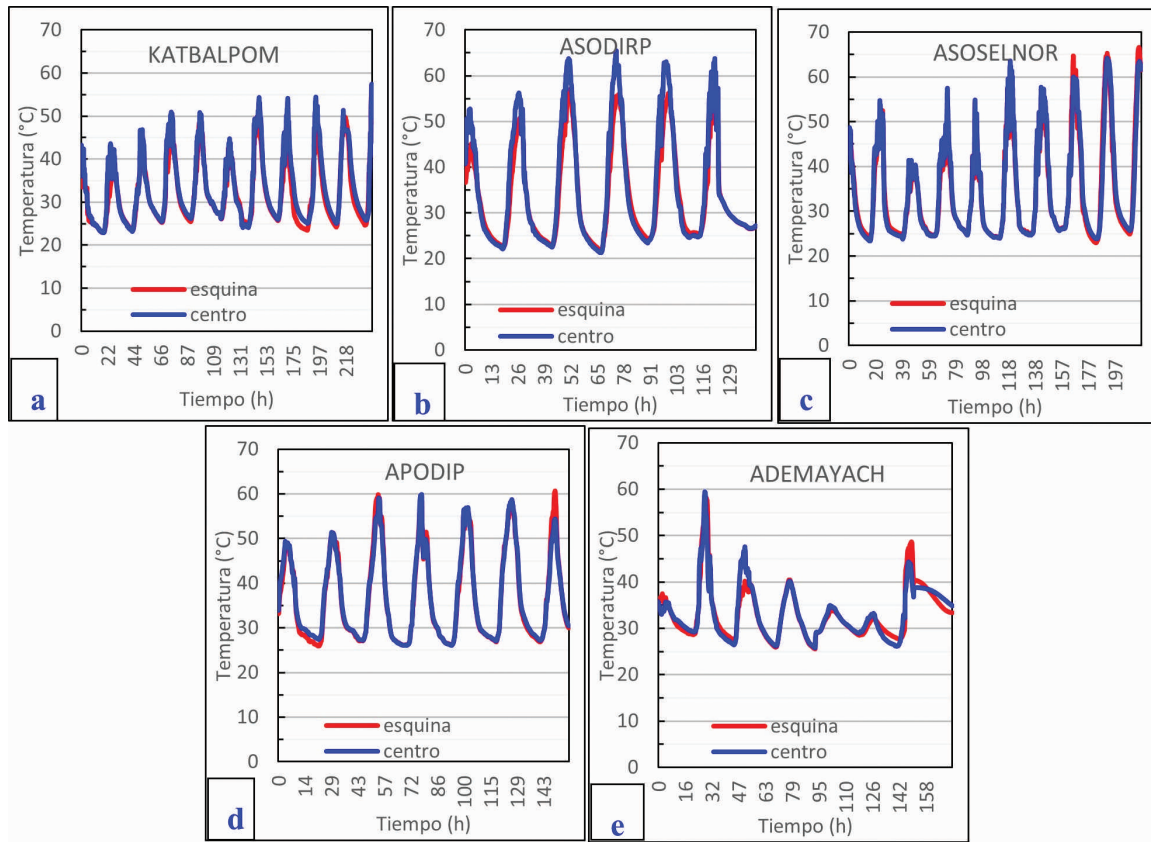


Figura 7. Dinámica de temperatura con relación a la colocación de los dispositivos sobre la mesa de secado de cacao en las asociaciones a) KATBALPOM b) ASODIRP c) ASOSELNOR d) APODIP y e) ADEMAYACH.

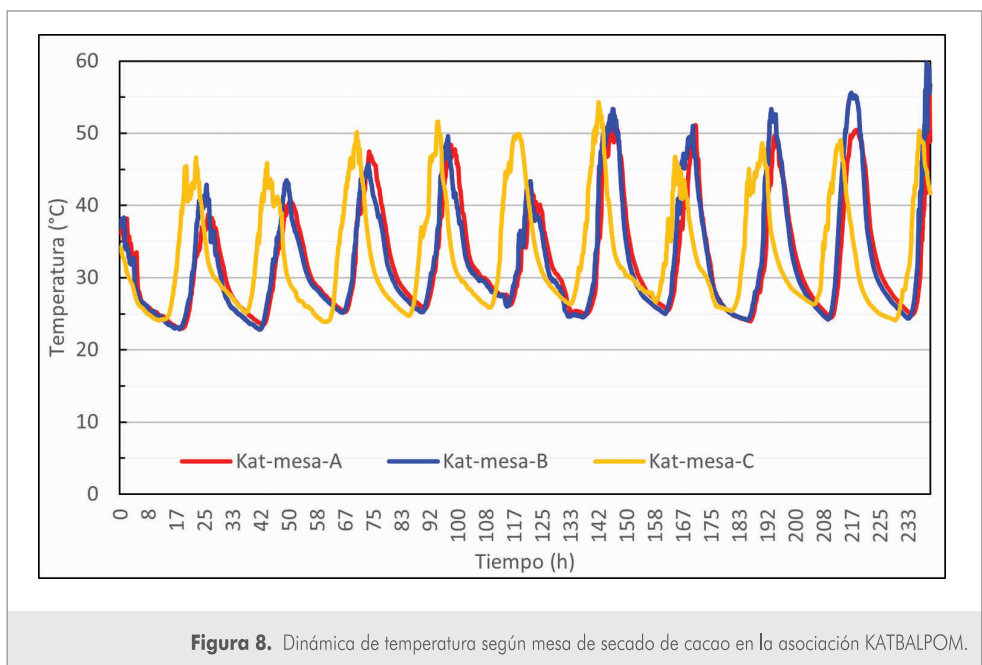


Figura 8. Dinámica de temperatura según mesa de secado de cacao en la asociación KATBALPOM.

CONCLUSIONES

- El tiempo de secado varió de 6 a 11 días, lo cual está en función del microclima de la región, la estructura y el proceso de manejo del cacao fermentado durante el secado.
- Las estructuras de secado convencional son muy diversas en cuanto a sus materiales de construcción. Los más utilizados son las láminas de policarbonato, madera y plástico transparente.
- La dinámica de la temperatura de secado y el tiempo de secado dependen fuertemente del microclima de la región y del ambiente de la unidad de secado.
- Las mesas de secado son construidas con madera, pero la superficie donde entra en contacto el cacao fermentado está construida con madera, sarán o malla. El suelo en algunos casos está impermeabilizado con cemento.
- El grosor de la capa de cacao en las mesas de secado es variable, desde grosores de 2 centímetros en ASODIRP hasta 6 centímetros en KATBALPOM, lo cual incide en el tiempo de secado.
- La temperatura fluctuó de mesa a mesa de secado dentro de la misma estructura de secado y también de acuerdo con el nivel y posición de los dispositivos sobre la mesa y la capa de cacao. En promedio, se reportaron valores relativamente más altos de temperatura en el centro de la mesa (34.6 °C) en comparación con las orillas (33.9 °C) así como sobre la capa de cacao (34.1 °C) en relación con la temperatura registrada entre la capa de cacao (33.8 °C).
- Existe diferencia significativa en la temperatura promedio registrada en la masa de cacao en proceso de secado entre asociaciones cuyos valores van de 32.36°C en KATBALPOM a 36.75°C en APODIP.
- Se identificaron algunos puntos de mejora del proceso de secado del cacao, incluyendo el uso de una malla debajo de la capa de cacao, uniformizar el grosor de la capa de cacao, el uso de un secador solar que proteja el cacao cuando el clima es muy húmedo, monitoreo de la temperatura y la humedad relativa en el microambiente de la unidad de secado así como el uso de dispositivos debidamente calibrados para el monitoreo de la humedad para llevar el cacao a un valor de 7.5%.

AGRADECIMIENTOS

A los centros de acopio y a las asociaciones KATBALPOM, ASODIRP, ABOSELNOR, ADEMAYACH y APODIP que apoyaron el estudio realizado en sus instalaciones.

A los técnicos de campo (Carlos Caal, Denis Medina, Luis Morales, Diana López, Keni Ixim y Alejandro Tec) y encargados de los centros de acopio (Tomás Sacrab, Inocente Caal, Evaristo Chub, Denis Choc y Luis Arturo Tún) que apoyaron con el montaje de las pruebas y con el monitoreo del proceso de fermentación.

Al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) por el financiamiento de este estudio

a través del programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA) (Contrato IICA-CRIA-044-2018), ejecutado a través del Convenio de Cooperación Técnica y Administrativa 11-2015 suscrito entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-.

Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, por todo el apoyo, acompañamiento y seguimiento brindado durante la ejecución de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- CNUCED. (2016). Cacao: Un perfil de produit de base par INFOCOMM. https://unctad.org/system/files/official-document/INFOCOMM_cp02_Cocoa_fr.pdf.
- IICA. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*.
file:///C:/Users/usuario/Downloads/BVE17089191e.pdf.
- Hii, Ching, Rahman, R. , Jinap, S. y Man, YB. (2006). *Quality of cocoa beans dried using a direct solar dryer at different loadings*, J Sci Food Agric 86:1237-1243 (2006).
- Jiménez, J., Ortigón, N., y Ortega, E. (2016). *Análisis del proceso de deshidratación de cacao (Theobroma cacao L.) en túnel de secado continuo Analysis of the dehydration process of cocoa (Theobroma cacao L.) in a continuous drying tunnel*. 34(December). <https://doi.org/10.15446/agron.colomb>.
- MAGA. (2016a). *Plan Estratégico de la Agrocadena de Cacao en Guatemala. 2016-2025*.
<https://www.maga.gob.gt/download/estrategia-ca20.pdf>.
- MAGA. (2016b). *El Agro en Cifras 2016*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA. Guatemala.
- Ortiz de Bertorelli, L., Camacho, G., y Graziani de Fariñas, L. (2004). *Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100003.
- Rivera Fernández, R. D., Barrera Álvarez, A. E., Guzmán Cedeño, Á. M., Medina Quinteros, H. N., Casanova Ferrín, L. M., Peña Galeas, M. M., y Nivelá Morante, P. E. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7. Universidad técnica estatal de Quevedo. Ecuador.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.165>.
- Teneda Llerena, W. F. (2016). Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Variedad Nacional y Variedad CCN51*, 140.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=664426>.
- USAID. (2013). *Uso actual y oferta de tecnologías sostenibles en las cadenas de valor del cacao en Guatemala para mejorar la seguridad alimentaria*. http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Informe_Guatemala.pdf.