



MANUAL TÉCNICO

POSCOSECHA DE CACAO FINO Y DE AROMA

esencial
**COSTA
RICA**

 **PROCOMER**
COSTA RICA *exporta*

 **BID**



Introducción	5
Importancia del buen manejo post-cosecha	8
La calidad del cacao	9
La fermentación	10
Las fases de la fermentación	12
1. Fase Anaeróbica (Sin presencia de oxígeno)	12
2. Fase Aeróbica (En presencia de oxígeno)	13
3. Fase de Oxidación	14
Infraestructura y equipos requeridos	16
Métodos más comunes de fermentación	16
Calibración de los cajones:	22
El proceso de fermentación paso a paso	24
Recepción de cacao fresco ...	24
Peso y control para el registro.	25
Pre-secado.	26
Registro de indicadores básicos de la fermentación	27

El valor de pH en Lixiviado ...	29
El valor de pH en la testa	29
Remociones y volteos	30
Tiempo de fermentación.	32
Prueba básica de visualización de los granos.	33
Prueba de corte húmedo en los granos	33
Transporte de cacao fermentado	34
El Secado	35
Tipos de secado	37
Secado natural	38
Fases del secado natural.	46
Secado Artificial.	47
Fases del secado artificial.	49
Limpieza, clasificación y almacenamiento	51
La calidad final del cacao fino y de aroma	53
Referencias	57

Índice de cuadros

1. Principales características comparativas en los diferentes sistemas y estructuras de secado45
2. Defectos encontrados en granos de cacao por secado incorrecto.....50
3. Especificaciones y características del grano de cacao seco según los requerimientos de calidad. .54

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Apariencia del cacao durante la fermentación. 11
2. Apariencia de un grano en el día 5 de una buena fermentación . 15
3. Apariencia de un grano de cacao al final de la fermentación.....15
4. Fermentación en montones... 18
5. Fermentación en cestas 18
6. Sistema de bandejas Rohan... 19
7. Fermentación en sacos de polipropileno..... 19
8. Sistema de fermentación en cajones..... 20
9. Desbabado en mallas para la técnica de pre-secado 26
10. Fase de pre-secado en tarimas de madera caña fistula 27
11. Temperaturas y pH óptimas registradas durante un evento de fermentación.....28
12. Volteo de la masa utilizando pala de madera. 31
13. Apariencia física de granos de cacao bien fermentados.....33
14. Corte longitudinal de granos húmedos para evaluar el grado de fermentación..... 34
15. Secado de cacao al sol.....35
16. Contaminación del cacao por la presencia de aves de corral...37
17. Secado en patio de cemento 39
18. Secado sobre lonas de polipropileno..... 39
19. Secado en camas levantadas con superficie de madera.... 40
20. Gavetas corredizas tipo elva . 40
21. Diferentes modelos de secador tipo túnel con camas levantadas41
22. Invernaderos con estructura metálica y camas levantadas. 43
23. Sistema térmico solar híbrido forzado automatizado 44
24. Formación de puños durante el pre-secado 46
25. Secador artificial de cacao tipo Samoa 48
26. Selección de granos por tamaño empleando zarandas..... 51
27. Almacenamiento de cacao en bodega utilizando diferentes tipos de saco 52

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de gran valor, pues es el insumo principal de una inmensa gama de productos industriales que mueven la economía de muchos países. Tanto la industria alimenticia, como la cosmética y farmacéutica explotan además de los granos, la manteca, el licor y el polvo de cacao en una gran variedad de productos de diferentes categorías.

El árbol de cacao tiene su origen en las zonas boscosas del Amazonas, donde predominan las condiciones tropicales de constantes precipitaciones, alta

humedad ambiental, temperaturas cálidas y radiación solar en todo el año. Este escenario, que es el ideal para la producción de cacao, es también el que más favorece el desarrollo de hongos, bacterias y otros patógenos que ponen en riesgo no solamente la cantidad de producción obtenida, sino también, la calidad de lo que se produce.

A pesar de su origen, el 76% del cacao que se produce a nivel mundial proviene del continente africano, mientras solamente el 17% de América. En Suramérica, y en menor medida en Centroamérica, es posible encontrar una amplia gama de grupos genéticos o tipos de cacao que le brindan a la región una importante ventaja en

comparación con los países más productores a nivel mundial.

Esta diversidad genética que se encuentra en el centro de origen es la fuente de cacaos con características especiales como resistencia a enfermedades y sabores y aromas particulares con que los productores pueden competir en mercados internacionales con productos de la más alta calidad.

El comercio y la industria diferencia los cacaos según su calidad entre “cacao convencional” y “caco fino de aroma”, que incluyen los finos exclusivos o conocidos como Premium. A pesar de que todos los cacaos tienen la habilidad de desarrollar aromas durante el

tostado, por los componentes que poseen en sus cotiledones, los aromas finos son determinados por el genotipo. Estas variedades especiales, además de contar con aromas normales a cacao, se distinguen por tener componentes de aromas particulares que se expresan durante el procesamiento, lo que se conoce como especificidad aromática.

De acuerdo con la Organización Internacional de Cacao (ICCO), a pesar de existir en los mercados, una creciente demanda por los cacaos finos y de aroma, este corresponde únicamente al 5% del cacao producido a nivel mundial. De hecho, la ICCO, para promover la calidad del cacao entre sus

países miembros, ha establecido una calificación de la proporción del cacao producido y exportado por cada país, que cumpla con esta categoría.

Son pocos los países con un reconocimiento de 100% de su cacao como “fino y de aroma”, la mayoría de ellos de América. Costa Rica es uno de los países centroamericanos con esta calificación, lo cual le permite a los productores negociar precios más altos en los mercados internacionales en comparación con el cacao tradicional.

Es importante tener en cuenta que a pesar de la calidad y los sabores que distinguen al cacao del país, las prácticas de manejo

definen en gran medida la calidad final del producto. Esto hace que sea fundamental contar con los conocimientos necesarios para manejar correctamente las plantaciones, la cosecha y la fase de beneficiado, ya que, de lo contrario, se podría perder la posibilidad de expresar el buen potencial del mismo.

Conscientes de la necesidad de brindar asistencia técnica y apoyo formativo a las empresas y a los productores y productoras costarricenses, se ofrece esta serie de manuales que reúne un conjunto de prácticas y recomendaciones técnicas que impacten positivamente la competitividad de Costa Rica en los mercados de

cacao fino y de aroma y en el estilo de vida de las familias productoras.

Los temas incluidos en los manuales se refieren a la siembra, cosecha y post-cosecha, siendo estas las etapas más críticas que han sido identificadas como los factores que le restan potencial a la producción cacaotera del país y el acceso a los mercados en los que existe posibilidad de ingresar.

El presente manual fue elaborado con el fin de responder a la dinámica y expectativa económica de Costa Rica en la producción de cacaos especiales.



IMPORTANCIA DEL BUEN MANEJO

POST-COSECHA

El mercado mundial del cacao especial (aromático) se caracteriza no por la productividad o volumen, sino por la calidad del producto final, que como referente posee buenas características de sabor y aroma. Siendo los diferentes sabores definidos por el gusto relacionado a notas frutales, florales, herbales, frutas secas, caramelo, madera, especias, tabaco, entre otras. Para ser considerado como cacao fino y especial, también debe tener especificidad aromática, distinguiéndose Costa Rica como uno de los pocos países de cacao 100% fino y de aroma reconocidos en la región, según la ICCO 2019.

Por otro lado, también se debe considerar otras características que influyen en la calidad total y final del producto. Estas características son deseadas por el productor, el exportador, el transformador, la industria y el consumidor final. Es allí donde, en la oferta y la demanda toman relevancia las condiciones impuestas por las normas ISO y las normas de técnicas sanitarias y de clasificación que regulan los países. Por ejemplo: trazabilidad, límites de contaminación por metales pesados, residuos de hongos contaminantes (micotoxinas y ocratoxinas), ácidos grasos degradados, infestación por plagas, cargas microbianas indeseadas (*Salmonella*, *E. coli*) y residuos por plaguicidas.

Gracias a que Costa Rica posee una alta biodiversidad genética cultivada, esto le permite crear una estrategia de competencia por calidad, debido a que el cacao centroamericano es apetecido por la industria, chocolaterías gourmet y consumidores, que reconocen el valor de un producto diferenciado en sus características de sabor, aroma y sostenibilidad ambiental.

Garantizar un buen manejo de procesos de fermentación, secado y almacenamiento de cacaos especiales permite satisfacer la demanda y los estándares requeridos de un producto de calidad, desencadenando una gran oportunidad de éxito para los pequeños, medianos y grandes productores que podrían optar a la accesibilidad de mercados dinámicos con nichos diferenciados.

LA CALIDAD DEL CACAO

La calidad del cacao satisface gustos, sabores y preferencias de los compradores, la industria y los consumidores. La calidad del cacao está determinada por diferentes parámetros:

- Características físicas: porcentaje de humedad del grano, peso, grosor de cáscara, presentación exterior y visual del grano, etc.
 - Características químicas: contenidos de grasa y azúcares, pigmentación de los cotiledones y moléculas responsables del sabor y la aroma.
 - Características organolépticas: sabores y aromas diferenciados, libre de defectos.
 - Bioseguridad alimentaria: son las relacionadas con la salud y nutrición humana, tales como flavonoides, mico-toxinas, contaminantes y residuos de metales pesados.
- La importancia del cultivo en Costa Rica, muestra que en la actualidad existe alta biodiversidad genética cultivada, tanto a nivel de poblaciones silvestres como en poblaciones domesticadas (híbridos y/o clones de cacao). Esto obedece a la presencia de variedades antiguas, modernas y

cruzamientos espontáneos o dirigidos. Todas estas combinaciones hacen presumir que existe una gran riqueza de calidades, perfiles aromáticos y sabores especiales del cacao, propios de cada una de las regiones donde se cultiva el cacao en este país.

Sin embargo, existe un permanente desafío por mejorar los procesos del manejo post-cosecha, con el fin de lograr utilizar protocolos y herramientas básicas, con el fin de expresar todo el potencial genético del cacao, en sus perfiles de sabor y aroma y así satisfacer y cumplir con los requerimientos cada vez más exigentes de los mercados nacionales e internacionales, utilizados en beneficio directo de los agricultores, la industria y los consumidores.

LA FERMENTACIÓN

Se define como un proceso microbiológico espontáneo, tanto al interior (cotiledón) como exterior de la semilla (pulpa, arilo o mucílago). Este proceso desencadena una serie de reacciones bioquímicas que dan origen a la formación de los precursores del sabor y el aroma característicos del cacao (Figura 1).

Los precursores se terminan de desarrollar durante las etapas del secado y el tostado. Este proceso depende de factores como: contenido y concentración de azúcares en la pulpa, disponibilidad de oxígeno, pH, temperatura ambiental y la acción de los

diferentes microorganismos que intervienen en el proceso.

El proceso de fermentación tiene varias fases y su durabilidad y velocidad están muy influenciados por el manejo y las interacciones con los factores antes mencionados. Es por esta razón, que en este proceso no se puede definir con exactitud un límite de tiempo, sino que puede variar entre 3 y 9 días de fermentación.

A partir de esta referencia se pueden realizar adaptaciones y hacer recomendaciones generales sobre los tiempos y métodos de fermentación. Con el fin de conocer

la dinámica de su propia finca o lugar de acopio, es adecuado que las primeras fermentaciones las realice con ayuda de un técnico.

Los principales objetivos de la fermentación son:

- Eliminar la pulpa azucarada (mucílago), para provocar la aireación de la semilla en la fermentación.
- Facilitar el secado y proporcionar calor para la formación de ácido acético. Esto es necesario para matar el embrión de cacao e inhibir la germinación de la semilla.

- Desarrollar cambios de coloración de los granos en su interior dependiendo de la variedad.
- Eliminar el exceso de humedad que posee el grano inicialmente (60%) y que al final del proceso de fermentación y secado debe de ser entre un 6,5 y hasta un máximo de 8,0%.

Figura 1. Apariencia del cacao durante el proceso de fermentación



LAS FASES DE LA FERMENTACIÓN

Las fases que se desarrollan durante la fermentación se pueden resumir en tres:

1. FASE ANAERÓBICA (SIN PRESENCIA DE OXÍGENO)

Se conoce también como fermentación alcohólica y se desarrolla durante las primeras 48 horas luego de la quiebra de las mazorcas. Ahí es donde se inicia la transformación de los azúcares de la pulpa en alcohol (etanol). Esta fase se desarrolla en una baja o total ausencia de oxígeno, sin embargo, esta condición puede llevar a la formación de una mayor cantidad de compuestos indeseados como ácidos láctico y butírico, ocasionando una alteración en la calidad y el sabor final del grano.

Esta fase se caracteriza porque se favorece el crecimiento y la

colonización de las levaduras y otros tipos de microorganismos que se encuentran en el ambiente, debido al alto contenido de azúcar en la pulpa y el bajo valor de pH menor de 4,5.

Dado que existe una disponibilidad limitada de oxígeno, se da la producción de etanol a partir de los carbohidratos y la degradación de los compuestos propios de la semilla (pectinas y otros). Además, se libera agua y dióxido de carbono (CO₂), lo que provoca un aumento en la temperatura de una forma moderada que oscila entre 25°C a 35 °C en las primeras 48 horas.

Finalmente, se va reduciendo la pulpa a consecuencia de la gran cantidad de líquidos que se van liberando y que deben escurrir

libremente y se limita el movimiento de los granos, por lo que es una fase sin remociones o volteos, con el fin de conservar la temperatura y evitar la presencia de oxígeno en la masa de fermentación.

2. FASE AERÓBICA (EN PRESENCIA DE OXÍGENO)

Conocida también como fermentación acética. En esta segunda fase se incrementa la concentración de ácido acético y se desarrolla el olor particular a vinagre. Esta fase se caracteriza porque se presenta un aumento en la temperatura (40 °C) y en el valor del pH entre las 24 y 72 horas. Estas condiciones son favorables

para el crecimiento de bacterias de ácido láctico, denominadas (LAB), que fermentan los azúcares que producen ácido láctico y asimilan el ácido cítrico.

La asimilación del ácido cítrico hace que el pH de la pulpa aumente su valor de 3,5 a 4,2 permitiendo el crecimiento de otras bacterias. Esto coincide con una rápida disminución en el dominio de la población de levaduras, que se enfrenta a un agotamiento de las fuentes de energía (poca cantidad de azúcar en la pulpa).

Se da también una creciente concentración de etanol, producción de calor, aumento del pH y una mayor aireación, lo que favorece el crecimiento de

bacterias del ácido acético (AAB) que persisten hasta el final de la fermentación. Las AAB metabolizan el etanol y lo transforman en ácido acético (vinagre) a través de un proceso de liberación de calor (exotérmico), que es el principal responsable del aumento final de la temperatura en la masa de fermentación.

En esta fase se pueden alcanzar temperaturas entre los 45 y 50°C, aunque podría ser mayor en algunas otras fermentaciones. El etanol y el ácido acético penetran el interior de la semilla originando la muerte del embrión; en este momento los granos se caracterizan por su color violeta, la astringencia y el amargor.

Posteriormente se presenta un aumento adicional en el pH, llegando a 6,0 aproximadamente. Los granos empiezan a hincharse debido a la penetración del ácido acético y a sufrir cambios de color en su interior, debido a la degradación de las antocianinas y oxidación de los polifenoles. Estos cambios van desde los bordes hacia adentro y se empiezan a formar surcos o fisuras, por lo que el grano deja de ser plano.

3. FASE DE OXIDACIÓN

En esta fase, el grano se sigue modificando física y bioquímicamente en su interior y es de gran relevancia mantener la temperatura entre los 48 y 50 °C. Durante esta fase, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se deben realizar remociones o volteos, con el fin de que entre aire fresco y se libere el CO₂ acumulado.
- Los volteos ayudan a volatilizar parte del ácido acético, reduciendo la acidez del grano en la calidad final.
- Se disminuye un poco la astringencia y el amargor del grano, debido a la oxidación y condensación de los polifenoles y la disminución de los alcaloides, respectivamente.
- El pH de la pulpa residual va aumentando alcanzando un valor cercano a 7,0.

- Los granos continúan formando fisuras o espacios en su interior. Al cortar el grano de forma longitudinal, se puede apreciar un líquido viscoso de color rojizo o marrón achocolatado y los granos se tornan en forma arriñonada y la cutícula (cascarilla) que envuelve el grano desprende fácilmente (Figura 2).



Figura 2. Apariencia de un grano en el día 5 de una buena fermentación

- Los granos siguen cambiando el color en su interior, disminuye la intensidad del color violeta a marrón o crema dependiendo del tipo de cacao y se da origen a la formación de los precursores del sabor y el aroma característicos del chocolate (Figura 3).



Figura 3. Apariencia de un grano de cacao al final de la fermentación

INFRAESTRUCTURA

Y EQUIPOS REQUERIDOS

Es de gran importancia adecuar un área que favorezca el proceso y mantenga las condiciones básicas de inocuidad para llevar a cabo el proceso de fermentación. Este entorno debe de ser un espacio protegido de la incidencia de la lluvia y el viento para evitar corrientes de aire prolongadas que induzcan a pérdidas de temperatura en la masa del cacao durante la fermentación.

Bajo estas características se pueden adaptar módulos de fermentación: paredes con mantas de polipropileno, pared de ladrillo, machimbrado de bambú, bodegas cerradas con una adecuada ventilación, entre otras. La fermentación se puede realizar directamente en la finca y/o en centros de acopio.

MÉTODOS MÁS COMUNES DE FERMENTACIÓN

Se han desarrollado varios sistemas de fermentación para el grano de cacao en todo el mundo. Los métodos de fermentación varían en los diferentes países y regiones productoras de cacao e incluso de un productor a otro. Estos métodos pueden adaptarse a las condiciones de cada sitio, según el clima, el volumen de producción o los recursos económicos.

Existen diferentes métodos de fermentación que se han desarrollado y que favorecen el proceso. Entre ellos se destacan: bandejas tipo Rohan, barriles de madera o plástico, cajones de madera y/o plásticos. Estos

sistemas de fermentación se pueden encontrar diseñados de forma lineal, (sencillos, dobles o triples) o de tipo escalera, etc y los recientemente incluidos como son: los sistemas en acero inoxidable con panel de control.

Sin embargo, cualquiera que sea el método a emplear debe tener un entorno que favorezca el proceso y un espacio que mantenga las condiciones básicas de inocuidad. También otro aspecto importante es la recolección de cacao en baba, a través de los centros de acopio, debido a que tienen la ventaja de reunir grandes volúmenes de cacao y de esta forma es posible controlar, estandarizar y uniformizar la calidad de los

cacaos. Muchos estudios han demostrado que se favorece el proceso de fermentación cuando se utilizan volúmenes mayores a los 100 Kg frescos.

A continuación, se realiza una breve descripción de los métodos más tradicionales empleados en la fermentación:

FERMENTACIÓN EN MONTONES O PILAS

Es un método popular que se desarrolla entre 4 y 7 días. Usualmente es empleado por los pequeños agricultores de Ghana y otros países africanos. También se ha observado esporádicamente este sistema en la región amazónica de Brasil y unos pocos agricultores de la región Norte de Costa Rica. Este método no requiere una estructura permanente y es muy adecuado para familias con una pequeña producción. Cantidades variables de cacao en baba de entre 25 a 100 kg se apilan en el campo sobre hojas de plátano o bananos y se cubren con el mismo material. Los granos se mezclan

a diario (volteos) o cada dos días formando otro montón, con el fin de garantizar una fermentación uniforme y disminuir así el potencial crecimiento de mohos (Figura 4).

FERMENTACIÓN EN CESTAS

Este método es practicado principalmente por pequeños productores en Nigeria, Filipinas, algunas partes de Ghana y en la región amazónica. Pequeños lotes de cacao se colocan en cestas tejidas, forradas con hojas de plátano, banano o yute. Permite fermentar cantidades variables de granos de cacao, de 25 a 100 kg, los cuales se tapan con hojas de musáceas. (Figura 5).



Figura 4. Fermentación en montones
(Finca Elías Cruz, Guatuso, Alajuela)



Figura 5. Fermentación en cestas
(Foto tomada de internet)

FERMENTACIÓN EN BANDEJAS ROHAN O CAJILLAS

Es un sistema de fermentación que requiere una pila de bandejas. Está basado en la observación de que los granos en la superficie superior se fermentan más rápido que los granos que están en el centro del montón. Los granos frescos (45,5 kg/ bandeja) se colocan en la mitad de bandejas de madera de 1,2 m × 0,9 m × 10 cm. Doce de estas bandejas se apilan para que las secciones llenas estén una encima de la otra y toda la pila descansa en una bandeja vacía para permitir una mejor aireación. La bandeja superior está cubierta con hojas de plátano y sacos. Se requiere mezclar el cacao en cada bandeja dos veces durante todo el proceso de fermentación (Figura 6).

FERMENTACIÓN EN SACOS

Debe de considerarse como una última opción para llevar a cabo el proceso de fermentación. Los sacos deben ser colocados en lugares protegidos de la lluvia y evitar las corrientes de aire. Requieren ser cubiertos con mantas, plásticos o con más sacos para poder mantener una adecuada temperatura. Se deben realizar remociones más frecuentes con el fin de garantizar la uniformidad del proceso (Figura 7).



Figura 6. Sistema de bandejas Rohan



Figura 7. Fermentación en sacos de polipropileno



Figura 8. Sistema de fermentación en cajones: **a)** Cajones lineales sencillos (Finca CATIE, Turrialba) **b)** Cajones tipo escalera (Centro de acopio Nahua, Upala)

FERMENTACIÓN EN CAJONES DE MADERA

El método se considera una mejora con relación a las otras técnicas. Este proceso requiere un volumen fijo de cacao. El tamaño de las cajas varía de región a región según el volumen de producción, pero el diseño y la función son estándar. Las cajas pueden ser una sola unidad o tener una de varios compartimentos, con particiones internas fijas o móviles y también pueden diseñarse en tipo escalera (Figura 8).

Para garantizar un mejor resultado en este tipo de fermentación, se requiere un mínimo de 100 kg de cacao en baba, los cuales se deben de colocar en el cajón a una altura mínima de 10 cm y a una altura

máxima de 60 cm. La masa de fermentación debe de ser cubierta preferiblemente con el envés de las hojas de plátano o banano y además se debe colocar sacos de yute, plástico o una cobija, para conservar el calor generado por los procesos bioquímicos de la fermentación.

Se deben de tomar en cuenta diversas consideraciones al momento de seleccionar la construcción y la disposición de los cajones de fermentación. Entre ellas se destacan:

- Registrar los datos de la cosecha máxima por semana en los picos de producción. Esto determinará el volumen, el número máximo de frutos que se pueden cosechar y la frecuencia de la cosecha. Esta información permitirá determinar el número de cajones y las medidas adecuadas del sistema.
- Usar los cajones de madera en una edificación protegida del agua y el viento para controlar mejor la temperatura.
- El espacio para colocar los cajones debe de incluir un área de recepción, desbabe (en caso de que se requiera) y un área de pesado.
- No se recomienda colocar bajo techos de zinc, debido a que se deterioran rápidamente a causa del ácido acético que se volatiliza en la fermentación.
- El espacio debe de tener ventanas que permitan la aireación y la volatilización de los gases producto del proceso.

- Se debe instalar un recolector para los líquidos que drenan o escurren de las fermentaciones.
- La caja o las cajas siempre deben estar elevada sobre el nivel del suelo, con el fin de facilitar el drenaje de los jugos de la fermentación.
- Los cajones deben fabricarse preferiblemente de maderas blancas, duras, libres de aromas, sabores, taninos y que sean resistentes a la pudrición, por ejemplo laurel, chancho colorado y guadua.
- Las tablas deben tener un grosor mínimo de 2 cm y los cajones deben diseñarse de forma cúbica y poseer esquineros que ayudan a la conservación de la temperatura y facilitan la remoción de los granos.
- Si se utilizan clavos o tornillos para unir las tablas, estos no deben estar en contacto con el cacao en fermentación.
- El piso de la caja madera debe de tener agujeros o espacios entre las tablas o listones para facilitar el drenaje y la aireación.

CALIBRACIÓN DE LOS CAJONES:

Es fundamental reconocer todas las características del entorno relacionadas al espacio, ventilación, dirección de los vientos y materiales empleados en la construcción de la bodega de fermentación, debido a que la combinación de estos factores juega un papel crítico en el control de la temperatura. También es importante considerar la disposición y la ubicación que tiene los cajones, ya que dependiendo de la cercanía a la pared o a las ventanas o la altura desde el suelo, se pueden ver

afectadas las temperaturas óptimas que se deben alcanzar en el proceso de fermentación.

Para la calibración de los cajones se debe registrar la temperatura con un total de 9 mediciones en todos los extremos y en el centro de la masa de fermentación. Las mediciones deben realizarse en el momento más caliente durante el día y en el más frío durante la noche, para determinar que hay un buen control en la temperatura. La diferencia entre

las 9 lecturas tanto en el día como en la noche, deberían variar únicamente entre 1 y 2 °C. Si encontramos variaciones mucho mayores, se deben tomar precauciones que ayuden a mantener las temperaturas adecuadas.

Las medidas más recomendadas son por ejemplo: cubrir el fermentador con más sacos de yute, forrar las paredes del fermentador con plástico o sellar por la noche los espacios de las puertas y ventanas.

EQUIPO REQUERIDO

Con el objetivo de tener un mejor control de los factores que están involucrados en el proceso y llevar a cabo una mejor fermentación, lo mejor es contar con el siguiente equipo:

- **Refractómetro analógico o digital:** se emplea para medir el azúcar de la pulpa (grados Brix) del cacao fresco antes de colocar los granos en el sistema de fermentación. Debe tener una escala mínima entre 0 y 30° Brix.
- **Termómetro:** este instrumento puede ser digital, bimetálico o con sonda resistente al agua. La escala mínima que debe de ser considerada es de 0 a 60°C.
- **Termo- higrómetro:** se utiliza para medir la temperatura y humedad relativa del ambiente. Los requerimientos mínimos es que debe de ser capaz de registrar las temperaturas mínimas y máximas y la humedad promedio del ambiente.
- **Balanza:** es funcional cualquier tipo, incluidas las de plataforma, con lector análogo o digital o de tipo romana. Preferiblemente debe de tener una superficie en acero inoxidable.
- **Palas o remos:** son herramientas de madera o de plástico que se utilizan para realizar las remociones o volteos de la masa de fermentación.
- **Baldes y recogedores:** facilitan recoger los granos y transportarlos. Los recogedores, que son palas plásticas pequeñas, permiten tomar los granos que se encuentran en las esquinas del cajón y que no se pueden remover con las palas en los momentos del volteo.



EL PROCESO DE FERMENTACIÓN PASO A PASO

RECEPCIÓN DE CACAO FRESCO

En el caso particular de los centros de acopio, es importante contar con un entorno que permita recibir los sacos, baldes o contenedores que llegan de una o de varias fincas. Dicho espacio debe tener un piso preferiblemente de cemento y debe contar con una leve inclinación y un canal que permita recolectar y manejar con inocuidad los líquidos drenados del cacao en baba.

Se debe revisar la calidad del cacao recibido en términos de uniformidad y su apariencia, además de verificar el contenido de azúcar, para lo que se utiliza el refractómetro el cual debe de registrar un valor mínimo 15° Brix. Los criterios básicos para recibir un buen cacao en baba son:

- Color del mucilago blanco, perlado, jugoso, con brillo y con un buen aspecto gelatinoso. Los colores lilas o rosados indican que ha iniciado el proceso de fermentación y puede ocasionar defectos si se combinan con otros granos frescos.
- El cacao en baba no debe presentar residuos tales como: cascaras, hojas, piedras, palos o placenta.
- No debe tener olores desagradables, aromas extrañas o contaminación.
- No debe contener granos: germinados, pegados, vanos, aplanados o heridos (cortados).

- No debe de tener granos con apariencias de que se adiciono agua, los granos deben verse embebidos en su propio mucilago y poseer un sabor dulce natural.

En caso de que el cacao en baba no cuente con los grados Brix adecuados, la calidad final del cacao se verá afectada en aspectos como: mayores valores en las notas de astringencia y amargor, poco aroma y en algunas ocasiones se altera el sabor de la manteca acidificándola. También el contenido de azúcares tiene un impacto sobre los tiempos de la fermentación y las remociones o volteos.

Si hay dudas sobre el contenido de azúcar, el cual se mide sobre

el jugo de la pulpa con ayuda del refractómetro, se deberá revisar:

- El estado de corta o cosecha de los frutos (la concentración de los azúcares depende del estado de madurez del fruto).
- El almacenamiento temporal del cacao en baba, el cual no debe superar las 6 horas entre la quiebra y la entrega y las 12 horas para iniciar la fermentación.
- El almacenamiento debe de realizarse preferiblemente en tanques plásticos con tapa, con olores neutros y limpios o bolsa plásticas de calibre grueso y nuevas.

PESO Y CONTROL PARA EL REGISTRO

Al realizar la recepción del cacao fresco, todos los sacos, baldes o contenedores deben de ser pesados, restando el peso de los empaques. El peso neto del cacao fresco se debe registrar en un formato adecuado que incluya como mínimo: nombre del productor, número de identidad, fecha, peso y una breve nota sobre las observaciones generales de la calidad del cacao fresco entregado. Este registro es necesario con el fin de establecer el control de costos y la trazabilidad.

PRE-SECADO

Es una técnica que ha sido desarrollada y empleada principalmente en Ecuador para mejorar la fermentación del clon CCN-51, que consiste en reducir el exceso de la pulpa azucarada que rodea el grano de cacao, antes de entrar en el proceso de fermentación, con el objetivo de disminuir la acidez acética indeseada.

Esta técnica permite acortar el tiempo en el proceso de fermentación en 2 o 3 días, por ejemplo: materiales que emplean 6 a 7 días de fermentación solo necesitarían 4 días, aunque es bueno recordar que estos tiempos son solo

referencias y no deben de tomarse como un criterio general.

El proceso de pre-secado es opcional, y puede ser adoptado dependiendo del material genético a evaluar y la zona productora del país. Para Costa Rica se podría implementar en materiales con tamaño de grano superior a los 2,0 gramos cuya pulpa posea alta humedad, como por ejemplo, los clones: ICS-39, UF-221, UF-650 y UF-676, entre otros.

El proceso consta de las siguientes dos fases:

- **Desbabado o escurrido:** los granos se colocan por un período de 15 horas desde el desgrane, en un recipiente, malla,

sacos, tarimas o parihuelas, en un ambiente protegido de la lluvia, evitando el contacto directo con el suelo, para que se escurra la mayor cantidad de baba y se reduzca correctamente el mucílago (Figura 9).



Figura 9. Desbabado en mallas para la técnica de pre-secado

- **Pre-secado:** al finalizar el escurrido de los granos, estos son colocados en una superficie plana, protegida de la lluvia, limpia y libre de la presencia de animales domésticos para evitar la contaminación. Allí los granos



Figura 10. Fase de pre-secado en tarimas de madera caña fistula

permanecerán entre 5 y 8 horas, dependiendo de las condiciones ambientales, por ejemplo, 5 horas en pleno sol y 8 horas en condiciones nubladas.

Durante este proceso es importante realizar remociones o volteos cada 2 horas utilizando las herramientas apropiadas (rastrillo de madera), para garantizar la homogeneidad de la técnica. Es de gran importancia que los granos no se expongan en una condición lluviosa (Figura 10).

Para verificar que el proceso está terminado, se debe de tomar un puñado de granos y presionarlos y si al abrir las manos, estos granos aún se mantienen juntos,

se debe continuar con el proceso de pre-secado. Si los granos están sueltos y tienen apariencia de que han sido chupados, están listos para continuar con el proceso de fermentación.

REGISTRO DE INDICADORES BÁSICOS DE LA FERMENTACIÓN

Al llenar el cajón o sistema de fermentación seleccionado, este módulo se convierte en la unidad de monitoreo y trazabilidad del proceso, por lo tanto, es de gran importancia realizar pruebas básicas y documentar algunos indicadores claves que garanticen y aseguren la calidad requerida.

El indicador más importante es el registro de temperatura, el cual debe realizarse mínimo cada 12 horas y siempre a la misma hora. A continuación, se ilustran las temperaturas y pH óptimo que se deben alcanzar durante un proceso de fermentación (Figura 11).

Otros indicadores importantes incluyen el pH y los grados Brix, los cuales deben ser registrados junto con la identificación del lote, el peso de la masa de fermentación, si hubo o no pre-secado, hora de inicio de la fermentación, cantidad de volteos, entre otros. En el anexo 1 se coloca un ejemplo de los formularios para registros.

Para medir el pH, este debe hacerse tanto en la testa, como en el

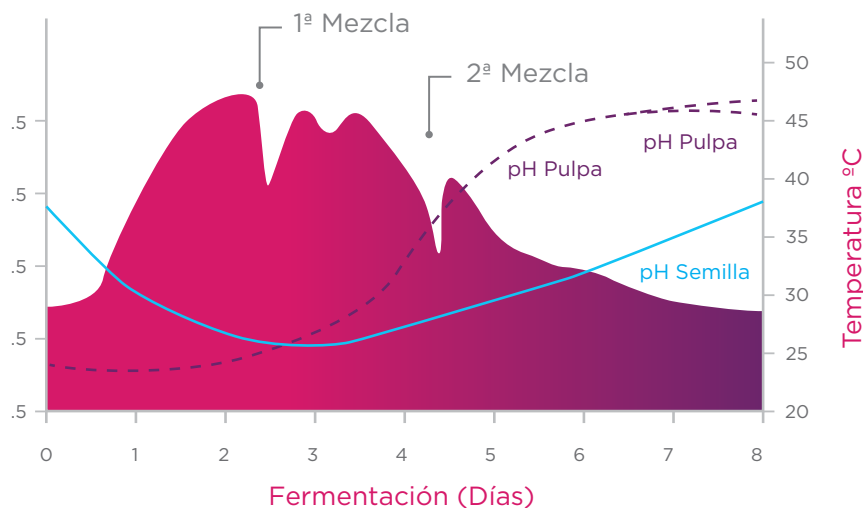


Figura 11. Temperaturas y pH óptimas registradas durante un evento de fermentación. (Imagen de: Christina Rohsius)

lixiviado y se debe contar en lo posible con un pH-metro digital. Según estudios realizados un buen indicador de que la fermentación debe de concluir cuando el registro del pH tanto en testa como lixiviado es igual o convergen en el mismo valor.

EL VALOR DE PH EN LIXIVIADO

- Se debe limpiar el electrodo del pH-metro con agua destilada antes de usar.
- Presionar el botón ON/OFF del pH-metro.
- Colocar 5 ml de lixiviado en el depósito del pH-metro.
- Registrar la lectura indicada por el instrumento.

EL VALOR DE PH EN LA TESTA

- Se debe limpiar el electrodo del pH-metro con agua destilada antes de usar.
- Colocar 7 gr de testa (aproximadamente 5 testas de granos) en un mortero.
- Adicionar 50 ml de agua destilada y triturar.
- Registrar la lectura indicada por el instrumento.
- Presionar el botón ON/OFF del pH-metro.
- Colocar el electrodo del pH-metro en la testa macerada.
- Registrar la lectura indicada por el instrumento.

Para medir los grados Brix, se hace utilizando el lixiviado, se debe de contar con un refractómetro analógico y/o digital. Para ejemplificar la toma de los grados Brix, se utilizará un refractómetro de marca PAL-BX ACID181 y se procede a realizar los siguientes pasos:

- Limpiar el prisma con agua destilada.
- Secar el prisma con papel toalla.
- Poner 2 ml. de agua destilada.
- Presionar el botón de inicio (start) con la lectura de 0.0 Brix.
- Presionar nuevamente el botón inicio allí aparecerá en la pantalla 0.00 de acidez.
- Limpiar nuevamente el prisma.
- Colocar 5 gr de cacao fresco en un mortero.
- Adicionar 100 ml de agua destilada.
- Triturar con un pistilo.

- Colocar 0.2 ml del producto resultante en el prisma.
- Presionar el botón Inicio y registrar la lectura de grados Brix.

REMOCIONES Y VOLTEOS

Existe una sutil diferencia entre remoción y volteo. Las remociones se definen como el movimiento de los granos en un mismo espacio, y se usa especialmente cuando solo se dispone de una única unidad de fermentación como un cajón sencillo. Los volteos se refieren a la acción de rotación o traslado de

los granos de un lugar a otro, por ejemplo, cuando se usa el cajón tipo escalera o un fermentador con varios compartimientos. Los principales objetivos de esta práctica son: liberar el CO₂ producido, favorecer la aireación de la masa, para darle oxigenación y distribuir uniformemente todos los microorganismos presentes en la fermentación. Se pretende además trasladar los granos que están en fermentación, de forma tal que los granos que están arriba pasen abajo y los del fondo queden arriba, así como ayudar a la volatilización del ácido acético.

Por lo tanto, esta práctica es extremadamente importante y si se ejecuta mal, impedirá el

correcto sabor y aroma del cacao y predominarán gustos indeseables.

Durante las primeras horas, los granos deberán permanecer sin movimiento alguno y pasadas 48 horas se debe realizar el primer volteo, siempre y cuando la temperatura haya alcanzado entre 40 a 45°C y el cacao haya escurrido lo suficiente.

Seguidamente las remociones son necesarias cada 24 horas hasta finalizar la fermentación, teniendo en cuenta que si hay descensos o incrementos pronunciados de la temperatura, se deben realizar más o menos volteos o remociones.

Los valores críticos de la fermentación no deben de superar

los 2 °C hacia arriba o hacia abajo. Por ejemplo: si pasadas las 48 horas del inicio del proceso y la temperatura es ≤ 39 °C, es un indicador que el cajón necesita removerse inmediatamente y abrigarse lo más que se pueda, con el fin de ayudar a incrementar la temperatura. Un aumento mayor en la temperatura acortara el tiempo de finalización del proceso, por eso es de gran valor su monitoreo y registro por lo menos dos veces en el día.

Es necesario que cada vez que se realizan los volteos se debe tapar el cacao con hojas de plátano y sacos de yute, además de que no se deben utilizar herramientas metálicas, únicamente utensilios plásticos o de madera (Figura 12).



Figura 12. Volteo de la masa utilizando pala de madera

TIEMPO DE FERMENTACIÓN

Como se mencionó anteriormente, el proceso de fermentación es variable y está condicionado por diferentes factores. Además de los anteriormente mencionados, también influyen el tipo de material genético, las condiciones de clima y suelo, la altura sobre el nivel del mar y las exigencias del mercado.

Esto sugiere que cada zona productora, cada finca o centro de acopio debe realizar pruebas experimentales con la debida asesoría técnica, para garantizar un excelente proceso de beneficio. En términos generales hay que considerar:

- A menos días de fermentación, se desarrollarán menos porcentaje de granos fermentados y secos.
- A menos remociones o volteos, se obtendrán granos con sabor indeseado y se aumentará la acidez.

Por lo tanto, dependiendo de qué tipo de calidad se desea obtener al final, en función de las oportunidades comerciales y las indicaciones del comprador, se toma la decisión de cuántos días y cuántos volteos se van a realizar en el proceso.

Finalmente, la importancia de definir cómo y cuándo finalizar el proceso de fermentación, radica en que, de sobrepasar el tiempo de fermentación, se generan atributos indeseados en la calidad final a causa de la sobre-fermentación, la cual provoca un sabor rancio y putrefacto de los granos.

Para determinar cómo y cuándo se debe finalizar la fermentación, existen dos pruebas sencillas:

PRUEBA BÁSICA DE VISUALIZACIÓN DE LOS GRANOS

Esta prueba sencilla consiste en observar el aspecto físico de los granos. Los granos bien fermentados deben estar hinchados, presentar un color canela en su exterior y que, al apretarlos entre

los dedos, permita exprimir jugo de color marrón. Si al observar todas estas características el grano cumple con estas indicaciones, el proceso habrá concluido (Figura 13).



Figura 13. a. Apariencia física externa de granos de cacao bien fermentados.
b. Apariencia física externa de granos de cacao con un exceso de fermentación

PRUEBA DE CORTE HÚMEDO EN LOS GRANOS

Con esta prueba se puede determinar el grado de fermentación que poseen los granos. Dependiendo del método de fermentación que se utilice, se toman 50 granos en diferentes puntos de forma aleatoria, los cuales se van depositando y mezclando en un recipiente plástico, con el fin de homogenizar la muestra.

Así, por ejemplo, en un sistema de fermentación en cajones, se deben tomar muestras en 8 puntos diferentes, entre las capas superior e inferior, para un total de 400 granos. De estos 400 granos solo 25 de ellos serán evaluados para determinar el grado de fermentación adecuado.

La finalización del proceso está indicada por la formación de fisuras bien definidas y el color rojizo o marrón achocolatado en el corte longitudinal del grano (Figura 14).



Figura 14. Corte longitudinal de granos húmedos para evaluar el grado de fermentación

Si al final de la prueba se tienen entre 16 y 17 granos bien fermentados, que es el equivalente a 65-68% de una buena fermentación, se determinará que el proceso debe de concluir, debido a que durante el proceso de secado este grado de fermentación aumentará aproximadamente a un 7% mientras la temperatura de los granos va decreciendo.

En términos generales, los tiempos de fermentación recomendados para cada tipo de cacao varía según sus características, siendo que los de tipo criollo duran entre 3 y 4 días, los forasteros entre 6 y 9 días y los trinitarios entre 5 y 6 días.

TRANSPORTE DE CACAO FERMENTADO

Una vez terminada la fermentación, los granos de cacao deben ser transportados a las áreas de secado, teniendo en consideración las siguientes recomendaciones:

- Usar recipientes, bolsas o sacos completamente limpios, libres de olores y residuos que puedan llegar a contaminar el grano.
- No se debe pasar con el cacao fermentado cerca de animales o de vehículos con el motor encendido, debido a que el grano de cacao es higroscópico, es decir, tiene la capacidad de absorber toda la humedad y olores del ambiente.

EL SECADO

Es el proceso por el cual se elimina de forma progresiva y lenta el exceso de humedad interna del cacao hasta alcanzar un 6,5 y un máximo de 8,0%, con el fin de permitir el almacenamiento y evitar la proliferación de microorganismos que puedan deteriorar la buena calidad del grano (Figura 15). Los principales objetivos de la etapa de secado son:

- Disminuir la humedad del grano, que al final de la fermentación está entre 45 y 60% y llevarla a los niveles exigidos.
- Eliminar el contenido de ácido acético del grano.
- Promover la oxidación y continuar con las reacciones bioquímicas propias de la fermentación que contribuyen

al desarrollo del sabor característico a chocolate.

Es importante que durante el secado se tenga control de las condiciones óptimas que deben prevalecer para garantizar un proceso exitoso. Se requiere que haya un menor porcentaje de humedad en el aire que entra en contacto con el cacao y que la temperatura no supere los 60°C.



Figura 15. Secado de cacao al sol

Además, es fundamental asegurar que haya la mayor superficie del grano posible en exposición con el aire, a fin de que se dé una mayor velocidad del aire al ir pasando entre y sobre los granos de cacao. Considerando estos principios se debe realizar énfasis en el tipo de infraestructura, equipos y en el manejo que se lleva a cabo durante el tiempo del secado.

Los principales factores que determinan la forma de llevar a cabo el proceso de secado y que tienen un impacto en la calidad final son tamaño del grano, la frecuencia, tipo de remoción y las características de la superficie de contacto en donde se colocan los granos. Estas dos variables influyen considerablemente

en la velocidad del secado, en la proporción de granos partidos, granos pegados y el porcentaje de impurezas.

Se debe tener en cuenta que, por la dinámica del proceso, los granos pequeños se secan mucho más rápido que los granos más grandes, por lo que es de gran importancia, realizar un secado uniforme y paulatino que debe estar determinado por la velocidad de secado: Una velocidad muy alta (2-4 días) favorece que los granos guarden ácido acético en su interior y se sequen únicamente en el exterior, provocando que los granos se aplasten rápidamente y tengan una mayor acidificación. Mientras que a muy bajas velocidades de

secado (10-15 días) se promueven el desarrollo de hongos en el interior y exterior del grano, haciéndolos no comerciales y alterando su calidad final. La cantidad de días dependerá de las condiciones de brillo solar, nubosidad y humedad relativa del lugar.

La ubicación del área de secado es determinante para garantizar un buen proceso y asegurarse de la calidad final del producto, por lo que se deben tomar las siguientes previsiones:

- No se debe de construir el secador cerca de áreas con vegetación densa, debido a que esta no permite una buena circulación de aire, lo cual aumenta la humedad ambiental

y disminuye la eficiencia del secado.

- No es recomendable ubicar el área de secado cerca de lugares donde se generen olores o gases que puedan contaminar los granos de cacao, ya que el cacao tiene la capacidad de absorber los olores y la humedad de su alrededor.
- No se debe ubicar el área de secado cerca de áreas de cultivo donde se realizan aplicaciones de agroquímicos sin los adecuados protocolos de control de la contaminación cruzada.
- No se debe ubicar el área de secado en espacios donde pueda

haber incidencia de lluvias y corrientes de aire muy frías.

- No se debe permitir la presencia de animales domésticos, como perros, gatos, aves de corral, entre otros, con el fin de evitar la contaminación por sus excrementos (Figura 16).

TIPOS DE SECADO

El mejor secado obedece a la condición de un secado natural al sol, debido a que es una fuente más barata y adecuada de energía, la cual produce un grano de muy alta calidad, que posee una apariencia hinchada, gruesa, con un color café o marrón de consistencia quebradiza y medianamente amargo. Sin embargo, la lluvia y los días de



Figura 16.
Contaminación
del cacao por
la presencia de
aves de corral

nubosidad externa generalmente coinciden con las épocas de cosecha, lo que obliga a buscar otras alternativas de secado.

SECADO NATURAL

El secado natural se caracteriza por emplear la energía del sol como la principal fuente de calor, de modo que el aire se mueve naturalmente sin intervención de las personas. Tiene la ventaja de utilizar la fuente de energía más barata y evitar el uso de combustibles fósiles.

Para este tipo de secado se emplean diversas estructuras y superficies que permiten colocar el cacao en capas delgadas de no más de 10 cm o de 3 a 4 granos apilados uno encima de otro para

que reciban el sol y el viento. La infraestructura utilizada dependerá de los recursos de la finca, siendo muy básicas o costosas, lo que trae consigo diferencias potenciales en la inocuidad y las condiciones operativas.

Se debe de tomar en cuenta que las áreas y superficie que serán utilizadas para secar los granos, deben mantenerse limpias y realizar una desinfección por lo menos una vez cada 15 días.

Los sistemas más comúnmente empleados en el secado natural son:

SECADO EN PATIO DE CEMENTO

Es un método que utiliza superficies planas con una base sobre la cual se ha fundido una plancha de cemento. La construcción generalmente se realiza dejando un desnivel hacia los costados para que el agua de lluvia escurra y no se acumule. En este sistema los granos se colocan directamente en el suelo y se realizan remociones constantes con la ayuda de palas de madera o plásticas. Se debe considerar formar caminos para transitar libremente al momento de recoger y hacer las remociones de los granos.

Es aconsejable que el sistema se construya con una maya electrosoldada para evitar la

formación de grietas, ya que estas son puntos de contaminación donde se alojan hongos y bacterias, que pueden afectar la calidad final del grano (Figura 17).



Figura 17. Secado en patio de cemento

SECADO SOBRE MANTAS DE LONA O POLIPROPILENO

En un piso plano se colocan mantas de gran tamaño, confeccionadas con materiales que no transfieren olor al cacao. Generalmente son de lona o polipropileno y de un calibre que las hace resistentes a la manipulación. El cacao se coloca en la superficie y se remueve con distintas herramientas. Por las noches el cacao se debe recoger en hileras altas y taparlo con las mismas mantas (Figura 18).



Figura 18. Secado sobre lonas de polipropileno



19

SECADO EN CAMAS LEVANTADAS CON SUPERFICIE EN MADERA

Consiste en usar mesones levantados en una estructura de madera directamente sobre la tierra. Generalmente la superficie de secado son construcciones de madera con esterillas de bambú o

caña brava. Una particularidad que tienen estas estructuras es no tener paredes, por lo que generalmente usan plásticos o telas de polipropileno para proteger el área de los vientos y la lluvia (Figura 19).



20

SECADORES TIPO ELVA CON GAVETAS CORREDIZAS

Es uno de los sistemas tradicionales más frecuentemente empleadas para centros de acopio y beneficios que manejan volúmenes grandes de producción. El sistema consiste en la construcción de gavetas de madera, reforzadas con metal y ruedas, que permiten el desplazamiento sobre

los rieles o ángulos invertidos de metal. Se ubican a diferentes niveles, por lo general desde 1 hasta 4.

En muchas ocasiones cuenta con un techo corredizo, que permite un fácil manejo cerrar o abrir el techo en horas de la tarde o cuando llueve. En estas gavetas, los granos de cacao se deben disponer en capas de 5 cm y se pueden secar de 20 a 30 kg por metro cuadrado (Figura 20).

Figura 19. Secado en camas levantadas con superficie de madera

Figura 20. Gavetas corredizas tipo elva

SECADORES TIPO TÚNEL CON CAMAS LEVANTADAS

Este sistema generalmente son estructuras en madera con cubierta de plástico que permite una continua radiación solar. Se define como un sistema muy eficiente en el secado del cacao, debido a que funciona con el principio del equilibrio de temperatura en las masas de aire interna y externa, manteniendo una ventilación continua. En el interior del invernadero siempre hay una mayor temperatura, que la temperatura en el exterior, por lo tanto, el aire se mueve de afuera hacia adentro tratando de igualar la temperatura y la densidad del aire (Figura 21).



Figura 21. Diferentes modelos de secador tipo túnel con camas levantadas

Es muy importante controlar la ventilación, la temperatura y la humedad relativa. Para esto se recomienda dejar cortinas laterales en el invernadero, que puedan subirse o bajarse cuantas veces sea necesario. Las superficies de secado dentro de estos túneles generalmente son camas levantadas de esterilla, tabloncillos o de mallas plásticas con diámetros de 0,4 cm × 0,4 cm.

Para el correcto funcionamiento del invernadero, se debe considerar mantener como mínimo 4,0 °C de diferencia entre la temperatura interna y la externa. Esta temperatura se consigue con el manejo adecuado de las cortinas laterales de ventilación. Por ejemplo,

si se abren muy poco las cortinas, la temperatura interior sube considerablemente y como no hay suficiente ventilación, el invernadero se satura de humedad y los granos no se secan adecuadamente.

Por el contrario, si las cortinas laterales se abren mucho, es muy factible que las temperaturas tanto del interior como del exterior se igualen, entonces no hay ventilación y los granos no se secan correctamente.

INVERNADEROS CON ESTRUCTURA METÁLICA Y CAMAS LEVANTADAS

Es considerado uno de los sistemas más efectivos, pero costosos, debido a la duración de

la estructura en el tiempo, que va de acuerdo al mantenimiento. Generalmente la estructura que se emplea es metálica de acero galvanizado, cuya duración puede ser superior a los 15 años y su funcionamiento es bajo los mismos principios de los invernaderos tipo túnel.

En este tipo de invernaderos habitualmente se disponen de camas de metal, de madera o de cemento, a las cuales se le adapta una superficie de secado con mallas plásticas resistentes con diámetros de 0,4 cm × 0,4 cm que le brinda una buena aireación en el sistema. También, en muchas de estas construcciones, se colocan techos de policarbonato, los cuales

permiten una mayor transmisión de luz y energía (Figura 22).

Cuando se utiliza plástico algunas de las recomendaciones que se deben de considerar son:

- El plástico debe de ser difuso y anti-goteó.
- No poseer opacidad.
- Tener como mínimo de 7 milésimas de grosor.

SISTEMA TÉRMICO SOLAR HÍBRIDO FORZADO

Es un sistema de secado moderno poco utilizado, pero que representa una opción inocua y económicamente viable. Este sistema utiliza una tecnología sencilla, económica y de energía

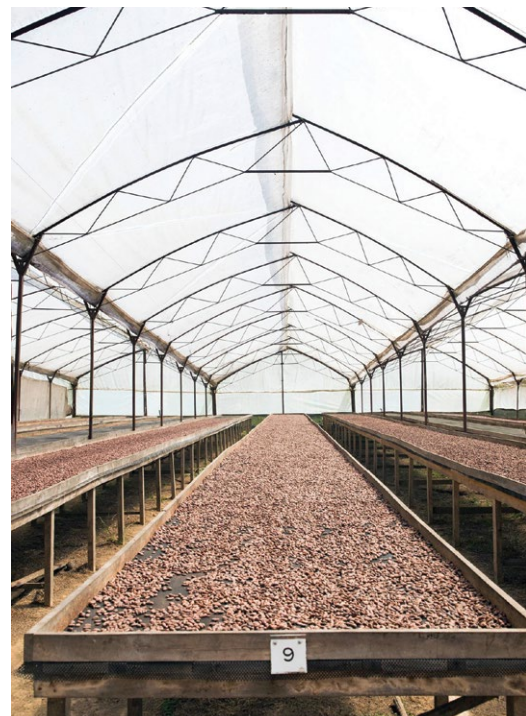


Figura 22. Invernaderos con estructura metálica y camas levantadas



Figura 23. Sistema térmico solar híbrido forzado automatizado (ITCR, San Carlos). Foto: Javier Obando Ulloa

renovable y consiste en un colector de solar que toma la energía del sol y la transfiere al aire, el cual se hace circular a través de un sistema turbina. Cuando este aire alcanza las temperaturas ideales se distribuyen de manera uniforme en todo el secador, lo que garantiza una mejor inocuidad y homogeneidad

del proceso. Con este sistema se reduce el tiempo de secado promedio pasando de 15 a 5 días aproximadamente (Figura 23).

Debido a que la radiación electromagnética es posible que no esté disponible continuamente, es importante considerar que este

tipo de secadores podrían incluir y combinar otras fuentes de energía tales como: combustibles fósiles, biomasa y/o electricidad.

El siguiente es un resumen de las ventajas y desventajas que tiene cada uno de estos y otros sistemas de secado:

Cuadro 1. Principales características comparativas en los diferentes sistemas y estructuras de secado

Características	Variable principal	Sistema térmico solar híbrido forzado automatizado	Patio de cemento	Mantas de lona o poli-propileno	Camas levantadas		Elba con gavetas corredizas	Invernaderos con camas levantadas	
					Fijas y con estructura de madera	Corredizas con estructura metálica		Tipo túnel	Estructura metálica
Infraestructura	Capacidad de secado (volumen/m ²)	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Tipo de Construcción	Moderna	Rústica	Rústica	Rústica	Moderna	Moderna	Moderna	Moderna
	Durabilidad de la edificación	Larga	Mediana	Mediana	Corta a mediana	Corta a mediana	Mediana	Mediana	Mediana a larga
	Riesgo por lluvia y vientos	No hay	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	No hay	No hay
Comportamiento térmico	Velocidad de secado	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta
	Temperatura interna de secado	Mayor a la ambiental	Mayor a la ambiental	Mayor a la ambiental	Igual a la ambiental	Igual a la ambiental	Igual a la ambiental	Mayor a la ambiental	Mayor a la ambiental
	Fugas de temperatura nocturna	No hay	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Baja	Baja
	Condensación de vapor de agua	No hay	Media a alta	Alta	Media a alta	Media a alta	Alta	Baja	Baja
Inversión económica	Costo total de Inversión	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Mano de obra	Baja	Alta	Alta	Media a alta	Media a alta	Media a alta	Media a alta	Media a alta
	Mantenimiento de las áreas	Baja	Alta	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta
Calidad final del grano	Riesgos por contaminación cruzada (humo, gases y otros)	No hay	Alto	Alto	Medio a alto	Medio a alto	Medio a alto	Bajo	Bajo
	Inocuidad	Alta	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Alta
	Consistencia del grano	Firme	Quebradiza	Huloso	Medio huloso	Medio huloso	Medio huloso	Firme	Firme
	Riesgo de acidez residual del grano	Bajo	Medio-alto	Medio-alto	Medio	Medio	Medio-alto	Bajo	Bajo



Figura 24. Formación de puños durante el pre-secado

FASES DEL SECADO NATURAL

Para el secado natural se deben implementar dos fases, cada una de las cuales demanda un manejo y tiempo distinto. Estas fases son:

1. FASE DE SECADO LENTO O PRE-SECADO

Esta fase se realiza entre el día 1 y el 3, con el fin de liberar los ácidos volátiles, como el ácido acético, del interior del grano. Durante esta fase, se espera que los granos conserven una apariencia hinchada, por lo que debe hacerse lento, pues un secado muy rápido puede provocar que se vuelvan planos, además de que se contrae la parte externa de la cascarilla y se sella, evitando la liberación de los ácidos. Sin embargo, si es demasiado lento, se

corre el riesgo de contaminación por microorganismos indeseados.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Primer día: se trasladan los granos del sistema de fermentación a la estructura de secado. Allí, los granos son extendidos en una capa máxima entre 5 y 7 cm y se exponen al sol por 2 horas en la mañana si hay condiciones soleadas, y 3 o 4 horas en condiciones nubladas. Se realizan remociones de los granos con rastrillos de madera cada 20 a 30 minutos. Pasado

este tiempo, se forman puños para evitar la exposición.

- Segundo día: los granos se exponen al sol durante 4 horas y se realizan remociones cada 30 o 35 minutos y luego se forman los puños para evitar la exposición.
- Tercer día: La exposición al sol será de 6 o más horas dependiendo si la condición es soleada o nublada y las remociones se deben realizar cada 20 a 30 minutos y luego se forman los puños (Figura 24).

2. FASE DE SECADO FINAL

Esta fase inicia a partir del cuarto día y culmina en el momento que los granos alcanzan la humedad

entre 6,5 y 7,0%; durante esta fase, la exposición de los granos se realiza durante todo el día y se deben hacer remociones cada 60 minutos. Es necesario monitorear el contenido de humedad del cacao para determinar el momento de finalizar el proceso.

En las dos fases, las remociones dependerán de las condiciones ambientales, por lo que a mayor radiación se deben realizar mayor número de remociones. Además, para que los granos conserven el calor recibido, deben apilarse al final de cada día y dejarlos en un ambiente adecuado donde haya poca humedad.

SECADO ARTIFICIAL

El secado artificial, conocido también como asistido, emplea fuentes de energía diferentes al sol para calentar el aire. A pesar de que los costos de inversión con el secado artificial son mayores por el requerimiento de maquinarias que consumen energía constantemente, los costos en mano de obra son mucho menores, debido a que estos secadores por lo general tienen mecanismos automatizados para realizar las remociones.

En la mayoría de las zonas cacaoteras, donde predominan las condiciones de los trópicos, al menos uno de los picos de cosecha coincide con la época de lluvia, razón por la cual las condiciones

de secado al sol presentan grandes limitaciones y obliga a buscar alternativas de secado artificial.

Existen numerosos modelos de secadoras artificiales las cuales operan con diferentes fuentes de energía, como leña, cascarilla de arroz, diésel, electricidad, entre otras; sin embargo, la selección

de este equipo depende de los recursos económicos y de la fuente de energía con que se dispone localmente, de manera que sea económicamente viable para el productor o el centro de acopio.

El modelo de secador artificial más comúnmente empleado es el tipo Samoa (Figura 25). Este equipo

consiste en plancha de acero grado alimenticio, perforada sobre la que se coloca el cacao, mientras el aire pase a través de los orificios desde la parte inferior y lo va secando a una velocidad entre 1,0 y 2,0 m/s. Es fundamental asegurar el manejo de los gases producto de la combustión a través de una chimenea.

Generalmente la capacidad de secado es de 900 a 1600 kg. El máximo de temperatura debe estar entre 50 y 55 °C y nunca sobrepasar los 60 °C, debido a que el grano se quiebra y se deteriora fácilmente.

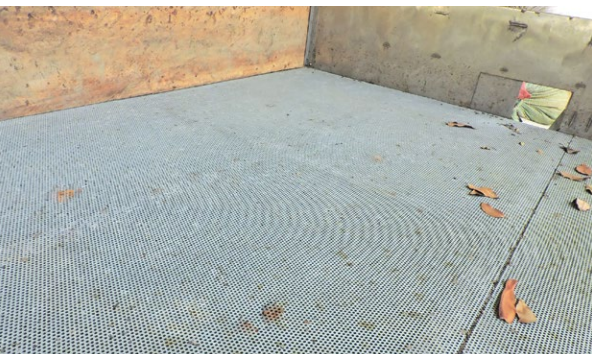


Figura 25. Secador artificial de cacao tipo Samoa

FASES DEL SECADO ARTIFICIAL

El secado artificial comprende tres fases, que son:

1. FASE DE ACONDICIONAMIENTO

Esta etapa consiste en colocar los granos en las bandejas de secado natural, simulando la exposición al sol, evitando que los granos queden expuestos a las condiciones de lluvia.

La exposición debe de ser entre 12 a 20 horas. Realizando remociones cada 20 minutos.

2. FASE DE SECADO INICIAL

En el segundo día los granos son colocados en la secadora artificial, extendiéndolos sobre la plancha en una capa máxima de altura entre los 20 y 30 cm. Se inicia el proceso

solo encendiendo el ventilador con aire sin calentar. Allí los granos permanecen 8 horas con remociones cada 30 minutos. Durante la noche se apaga el ventilador y no se utiliza el horno de la secadora.

3. FASE DE SECADO FINAL

Generalmente dura entre 4 y 5 días. Esta fase consiste en encender el ventilador durante 6 u 8 horas, incrementando la temperatura conforme pasan los días: 35 a 40°C el día 1, 40 a 45°C el día 2 y 50 a 55°C desde el día 3 y hasta terminar el proceso, realizando remociones cada 30 minutos. Durante la noche

se apaga el ventilador y no se utiliza el horno de la secadora.

Una vez que finaliza el proceso de secado en cualquiera de los sistemas, es necesario evaluar el nivel de humedad para determinar el éxito del proceso. Existen diferentes prácticas para determinar el buen secado de los granos, siendo la más confiable y segura el uso de un medidor portátil de humedad.

Para realizar estas mediciones los granos deben estar fríos y el equipo debe de ser calibrado previamente en laboratorios especializados. No obstante, si no se cuenta con este equipo, se puede realizar una prueba empírica que consiste en tomar un puñado de granos con las manos y presionarlos. Si al dejar caer o al

presionar los granos se logra un sonido seco o crujiente y si el color de los granos es café cenizo, o caramelo dependiendo de la variedad, los granos tienen un buen secado. Finalmente, para comprobar el secado, los granos se pueden partir a la mitad y si al introducir la uña en el centro, esta no se hunde con facilidad, el proceso ha terminado.

A pesar de que un grano haya completado el proceso de secado, existe la posibilidad de que el secado no haya sido realizado de forma correcta, lo cual provoca afectación en la calidad. Los siguientes son los defectos más comunes que puede tener un grano debido a un secado incorrecto:

Cuadro 2. Defectos encontrados en granos de cacao por secado incorrecto

Técnica de secado	Característica del grano	Característica sobre la calidad final
Secado rápido	Granos quebradizos	Mayor acidez de los granos
Secado lento	Granos mohosos exterior e interior	Sabor a moho, alteración en la manteca (ácida-rancia)
Secado artificial inadecuado	Granos ahumados y/o quemados	Muy poca aroma, sabor a humo, gran astringencia y amargor
Secado excesivo	Granos muy quebradizos	Mayor acidez, manteca con sabor rancio y ácido

LIMPIEZA, CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Para realizar la comercialización y la exportación de los granos de cacao fino y de aroma, se deben cumplir una serie de requerimientos técnicos y parámetros de calidad que están regulados por diferentes normas técnicas y sanitarias.

Los pasos para cumplir con estos requisitos incluyen una adecuada limpieza, clasificación y el almacenamiento del cacao de manera correcta. Para esto se realiza una adecuada limpieza y selección del cacao, que permite eliminar o separar los granos defectuosos.

Generalmente el proceso se lleva a cabo de forma manual, sin embargo, para grandes volúmenes existen maquinas clasificadoras que permiten incluir diversos parámetros, desde el tamaño hasta el color.

La clasificación se realiza para cumplir con el peso mínimo permitido, el cual es 1,0 g por grano. Para esto se pueden emplear zarandas o mallas que permitan pasar los granos de menor tamaño y retener así los más grandes (Figura 26). Además, se deben revisar otros defectos que son penalizados al



Figura 26.
Selección
de granos
por tamaño
empleando
zarandas



Figura 27. Almacenamiento de cacao en bodega utilizando diferentes tipos de saco

momento de la comercialización, tales como granos con moho, los granos partidos, gemelos, vanos, infestados, presencia de materias extrañas, entre otros.

Una vez realizada la clasificación el cacao limpio se almacena en sacos de fibra natural (yute) o sacos de grado alimenticio completamente nuevos y secos que permiten almacenar el grano hasta su comercialización (Figura 27).

Recomendaciones generales para el almacenamiento de cacao:

- El contenido de humedad al momento de empaque debe de ser entre 6,5 y 7,0%

- No se deben almacenar granos calientes, debido a que se crean las condiciones de humedad y temperatura idóneas para la multiplicación de microorganismos.
- La bodega de almacenamiento debe tener las condiciones adecuadas de inocuidad, ventilación, estar protegidas de infestaciones por plagas y permanecer libre de olores.
- La bodega de almacenamiento no debe estar cerca de fuentes de contaminación como gases, humo, inundación, entre otras.
- Se debe contar con un entablado o tarimas de madera para apilar

los sacos y separados del suelo y de las paredes a unos 30 cm.

- Los sacos deben estar debidamente identificados para garantizar la trazabilidad, con la información referente a la fecha, lote, peso, tipo de cacao, etc.
- Lo más recomendable es almacenar los sacos como máximo entre 3 y 6 meses, con una temperatura de 18 a 24 °C y una humedad ambiental no mayor a 55%.
- Si el almacenamiento es mayor a 6 meses, se aconseja realizar rotaciones de los sacos y controles del contenido de humedad del cacao.

LA CALIDAD FINAL DEL CACAO FINO Y DE AROMA

Existe una serie de requisitos mínimos de calidad en la comercialización para que el cacao sea aceptados en el mercado como “Cacao de Calidad tipo A”. El cacao fino y de aroma, además de tener su origen en tipos de cacao específicos, debe cumplir con los siguientes requerimientos de calidad, los cuales son resultado del buen manejo del proceso post cosecha, desde la cosecha hasta el secado.

En el cuadro 3 se indican los límites mínimos y máximos permitidos de cada categoría, además de las características más relevantes de cada una. Todos aquellos lotes que no cumplan con estas características y especificaciones se clasifican como “Cacao de Calidad tipo B” y tendrán un precio menor en la comercialización.

Cuadro 3. Especificaciones y características del grano de cacao seco según los requerimientos de calidad

Parámetro de clasificación	Límite mínimos y máximos permitido	Característica relevantes	Foto ilustrativa
Peso promedio del grano (g)	1,05	Grano hinchado y grueso. No presenta defectos. Aroma a cacao fermentado. Ausencia de olores y sabores extraños	
Humedad mínima (%)	6,5 - 7,0	Excelente color, olor y sabor a chocolate. Su cáscara se desprende fácilmente	
Granos bien fermentados	Mínimo 75%	Textura fisurada en su interior, desarrollo de coloración específica café o canelo dependiendo de su genética	
Granos sobrefermentados	Máximo 3%	Grano liviano, color café oscuro o negro, olor y sabor desagradable ajamonado, rancio	

Parámetro de clasificación	Límite mínimos y máximos permitido	Característica relevantes	Foto ilustrativa
Granos con moho interno	Máximo 3%	Posee colonias o puntos blancos, es uno de los defectos más graves del proceso	
Grano violeta o morado	Máximo 8%	Color violeta o morado, sabor amargo, ácido y astringente	
Grano pizarroso sin fermentar	Máximo 1%	Grano liso, compactado, no presenta fisuras en su interior	
Grano perforado o pegado	Máximo 1%	Perforaciones ocasionadas por insectos, germinación de la radícula, dos o más granos unidos, planos o quebrados	
Olores desagradables (humo, moho, otros)	0%	Granos con sabores rancio, a manteca ácida, presentan pérdida de peso en los granos	

ANEXO 1.

FORMULARIO PARA MONITOREO EN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE LA FERMENTACIÓN.

Ficha de registro No: _____

Organización/productor: _____

Responsable del registro: _____

Detalle del cajón (numeración)	Fecha llenado del cajón (dd/mm/año)	Hora de inicio fermentación	Hora de finalización fermentación	Masa a fermentar (kg)

Registro de variables	Límite mínimos y máximos permitido	Horas																	
		0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204
Temperatura °C	Ambiental (cuarto fermentación) Temperatura del cajón nivel a Temperatura del cajón nivel b Temperatura del cajón nivel c																		
pH	Testa Lixiviado																		
Remoción y/o volteo	Volteos realizados % granos violetas																		

REFERENCIAS

- Afoakwa, EO; Kongor, JE; Takrama, JF; Budu, AS. 2013. Changes in acidification, sugars and mineral composition of cocoa pulp during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. International Food Research Journal. 20(3):1215-1222.
- Amores, F. 2004. Cacaos finos y ordinarios. In: Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica Memorias. Quevedo, Ecuador, INIAP. p. 47.
- Amorim, G; Gomes, L; Efraim, P; De Almeida, F; Figueira, A. 2008. Fermentation of cacao (*Theobroma cacao* L.) seeds with a hybrid *Kluyveromyces marxianus* strain improved product quality attributes. Fems Yeast Research. 8(5):788-798. doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00405.x
- Andersson M, Koch G, Lieberei R. 2006. Structure and function of the seed coat of *Theobroma cacao* L. and its possible impact on flavour precursor development during fermentation. Journal of Applied Botany and Food Quality. 80:48-62.
- CAOBISCO/ECA/FCC. 2015. Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. End, MJ; Dand, R. eds. London, UK. 109 p.
- CATIE. 2012. Calidad de cacao en Centroamérica: un vistazo a la situación 2009. Villalobos, M; Orozco, S. comps. Turrialba, CR, CATIE. 88 p. (Serie Técnica. Reuniones Técnicas, CATIE N°17).
- Clapperton, JF; Lockwood G; Yow STK; Um DHK. 1994. Effects of planting materials on flavour. Cocoa Growers' Bulletin. 48:47-63.

Cros, E; Mermet, G; Jeanjean, N; Georges, G. 1994. Relation précurseurs développement de l'arôme cacao. *In*: 11th Conferencia Internacional de Investigación en Cacao. Memorias. Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. p. 723-726.

Cubero, EM; Enríquez, G; Hernández, A; Rodríguez, T. 1990. Indicadores químicos de la fermentación del cacao seco en grano en Costa Rica. San José, CR, CIPRONA.

Dubon, A; Sánchez, J. 2016. Manual de Producción de Cacao. La Lima, Cortés, FHIA. 264 p.

Duncan RJE; Godfrey, G; Yap, TN; Pettipher, GL; Tharumarajah, T. 1989. Improvement of Malaysian cocoa bean flavour by modification of harvesting, fermentation and drying method -The Sime-Cadbury process. The Planter. 65:157-173.

Echeverri, J. 2011. Memorias de Capacitación sobre beneficiado del cacao en Nicaragua y Costa Rica, HSI-PAC-APPTA. Costa Rica.

Ganeswari, I; Khairul, S; Amizi, MA; Sim, KY. 2015. Effects of different fermentation approaches on the microbiological and physicochemical changes during cocoa bean fermentation. International Food Research Journal. 22(1):70-76.

Hegmann, E. 2012. The impact of different post-harvest management strategies on the quality potential of raw cocoa in Costa Rica. Tesis Mag. Sci. University of Goettingen and University of Kassel, Germany. 126 p.

Lagunes, S; Loiseau, G; Paredes, J; Barel, M; Guiraud, JP. 2007. Study on the microflora and biochemistry of cocoa fermentation in the Dominican Republic. Int. J. Food Microbiol. 114(1):124-130. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10. 041

Lasisi, D. 2014. A comparative study of effects of drying methods on quality of cocoa beans. International Journal of Engineering Research & Technology. 3(1):991-996.

Lutheran World Relief. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la cosecha, fermentación y secado del cacao. Managua, Nicaragua. 39 p. (Guía 8).

Moreau, J; Bacelar, P; Soares, S; Silva, E da. 2013. Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. *Afr. J. Biotechnol.* 12(33):5218-5225.

Obando-Ulloa, J; Guzmán T. 2020. La tecnología térmica solar aplicada al proceso de secado de cacao. *Investiga. TEC.* 13(38):6-9.

Pinzón, J; Rojas, A; Rojas, F; Dario, O; Moreno, F; Antolínez, G. 2012. Guía Técnica para el Cultivo del Cacao. 5 ed. Bogotá, Colombia, FEDECACAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 190 p.

Pirasteh, G; Saidur, R; Rahman, SMA; Rahim, NA. 2014. A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 31:133-148. doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.052

Ramírez, J. 1988. Estudio de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, CR. Universidad de Costa Rica. 142 p.

Ramos, G; Ramos, P; Azócar, A. 2000. Beneficio del Cacao. *In: Manual del Productor de cacao.* Mérida, Venezuela, p. 58-69.

Rivera, R; Mecías, F; Guzmán, A; Peña, M; Medina, H; Casanova, L; Barreara, A; Nivelá, P. 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):7-12.

Rodríguez-Campos, J; Escalona-Buendía, HB; Orozco-Ávila, I; Lugo-Cervantes, E; Jaramillo-Flores, ME. 2011. Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research International.* 44(1):250-258. doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.028

Schwan, RF; Wheals, AE. 2004. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 44(4):205-221. doi: 10.1080/10408690490464104

NOTAS



NOTAS



POSCOSECHA DE CACAO FINO
Y DE AROMA • MANUAL TÉCNICO

