



*Guía de buenas prácticas de
cosecha, fermentación y secado para
la producción de cacaos especiales.*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Embajada de Suiza en Colombia
Departamento Federal de Economía
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



swisscontact



Presentación

El proyecto 'Colombia exporta cacao fino y de aroma-COEXCA', es una iniciativa que desarrolla la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica SWISSCONTACT, gracias a los aportes realizados por el Programa Suizo de Cooperación al Desarrollo Económico en Colombia (SECO), como uno de los tres proyectos de construcción de capacidades de comercio que Suiza acordó implementar en Colombia, en el marco del TLC entre ambos países en 2011.

Uno de los principales objetivos del proyecto es mejorar la calidad del cacao en grano que se produce en el país para generar así, nuevas oportunidades para las organizaciones de productores. En especial, frente a los exigentes mercados internacionales que reconocen dicho esfuerzo mediante mejores precios.

La calidad toma mucha relevancia frente al hecho de que Colombia, según la clasificación de la ICCO, cuenta con un 95% de su cacao cultivado como 'fino y de aroma'. Condición que sólo se puede capitalizar mediante buenas prácticas de cosecha, beneficio y almacenamiento, lo que representa tener buenos monitoreos y evaluaciones.

Por esta razón, el proyecto COEXCA ha desarrollado el siguiente documento que apoya la gestión e implementación de las Buenas Prácticas de Cosecha y Poscosecha. Esta es una herramienta más para que las organizaciones de productores en Colombia, empiecen de una manera sistemática a controlar los procesos básicos que determinan la calidad final de su cacao.

Esta guía fue elaborada por Miguel Ángel Pérez Beltrán, Agrólogo, MSc. en Agroecología y Desarrollo Sostenible, y coordinador del proyecto COEXCA, gracias a los aportes prácticos y material fotográfico, que técnicos, productores y asesores han realizado en el tiempo que se ha desarrollado esta iniciativa.

La guía tuvo en cuenta los requerimientos y conceptos comunes en el comercio internacional de cacao en grano.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Embajada de Suiza en Colombia
Departamento Federal de Economía
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECC



swisscontact

Contenidos

Presentación	
1. Alcances y estructura de la guía de prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacao especiales	4
1.1 Alcances	4
2. Buenas prácticas de cosecha	7
2.1 Frecuencia de cosecha	7
2.2 Tiempo de retención	8
2.3 Punto de maduración ideal	9
2.4 Equipos y materiales	9
2.5 Cosecha	12
2.6 Partida, desgrane de mazorcas y clasificación de cacao en baba	13
2.7 Almacenamiento temporal de cacao en baba	16
2.8 Empaque y transporte de cacao fresco	17
2.9 Bienestar y medio ambiente en el proceso de cosecha	17
2.10 Documentación y registro en el proceso de cosecha	55
3. Buenas prácticas de fermentación	20
3.1 Fundamentos de la fermentación	20
3.2 Infraestructura, equipos y materiales para la fermentación	24
3.3 El proceso de fermentación	31
3.2 Infraestructura, equipos y materiales para la fermentación	24
4. Buenas prácticas de secado	41
4.1 Fundamentos técnicos del proceso de secado	41
4.2 Infraestructura para secado natural	42
4.3 Proceso de secado	51
4.3.1 Secado lento o presecado	51
4.3.2 Secado rápido	52
4.3.2 Registro y monitoreo	52
4.3 Proceso de secado	51
5. Dimensiones y rendimientos de procesos	55
5.1 Capacidad instalada de fermentación y secado	55
Bibliografía	57

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Colores de maduración de las mazorcas, Ejemplo FEAR 5 y Caucanos	9
Ilustración 2. Rangos de maduración por contenido de azúcar	10
Ilustración 3. Toma de muestra de pulpa para medir concentración de azúcar	10
Ilustración 5. Herramientas y materiales para la cosecha	11
Ilustración 6. Desinfección de herramientas	12
Ilustración 7. Foto cosechando mazorcas con tijera	12
Ilustración 8. Foto cosechando mazorcas con horquilla	12
Ilustración 10. Traslado de mazorcas dentro del lote	13
Ilustración 10. Apilamiento de mazorcas	14
Ilustración 12. Corte y desgrane de mazorcas	15
Ilustración 13. Color y textura de la pulpa de cacao como criterio de selección	
Ilustración 14. Clasificación de cacao fresco	15
Ilustración 15. Almacenamiento temporal de cacao fresco. Punto de compra veredal, Tumaco	16
Ilustración 16. Transporte de cacao fresco dentro de la finca	17
Ilustración 17. Transporte externo de cacao fresco	17
Ilustración 18. Interior de grano de cacao en las distintas etapas de fermentación	23
Ilustración 19. Cajones fermentadores lineales	24
Ilustración 20. Cajones fermentadores en escalera	24
Ilustración 21. Sistemas de construcción de cajones de madera	25
Ilustración 22. Detalle interno de sistema constructivo de cajones de madera	25
Ilustración 23. Condiciones básicas para alojar los cajones fermentadores	26
Ilustración 24. Sala de fermentación en centro comunitario, (Cooperativa Coomprocar, Arauquita, Arauca)	26
Ilustración 25. Punto de medición de temperatura en un cajón fermentador	27
Ilustración 26. Refractómetro analógico	28
Ilustración 27. Termómetros (De izquierda a derecha, bimetalico, digital de punzón, digital de sonda, infrarojo)	28
Ilustración 28. Termohigrómetro digital	28
Ilustración 29. Básculas, romana, de plataforma, de gancho	29
Ilustración 30. Volteo asistido (Centro de beneficio modelo de Pucacaca, San Martín, Perú)	29
Ilustración 31. Pala plástica y remos de madera para manejo de cacao en fermentación	30
Ilustración 32. Baldes y recogedores usados para manipular el cacao en fermentación	30
Ilustración 33. Carretilla	30
Ilustración 34. Pesaje de cacao fresco	32
Ilustración 35. Ecurrido inicial de cacao	32
Ilustración 36. "Abrigado" del cajón para conservar temperatura	33
Ilustración 37. Remoción de cacao en fermentación	34
Ilustración 38. Volteo por secciones	35
Ilustración 39. Corte de granos en monitoreo de fermentación	38
Ilustración 40. Ensayos para relacionar porcentaje de fermentación, perfil sensorial, días en cajón y frecuencia de volteo	39
Ilustración 41. Pesaje y transporte del cacao fermentado	39
Ilustración 42. Drenaje perimetral de invernadero	42
Ilustración 43. Secado de cacao en el suelo. (Agro arriba Ecuador)	43
Ilustración 44. Secado de cacao en lonas. (UNOCASE Ecuador)	44
Ilustración 45. Secado en camas levantadas, ejemplo con esterillas de guadua	44
Ilustración 46. Casa elvas tradicionales	45
Ilustración 47. Mesones corredizos	45
Ilustración 48. Invernaderos en madera con cubierta plástica. Ventilación lateral de invernadero	46
Ilustración 49. Invernadero de madera con cubierta de plástico	46
Ilustración 50. Ventilación superior en invernaderos	47
Ilustración 51. Invernaderos y mesones en metal con mallas plásticas (izquierda) y cubierta de tejas de policarbonato	48
Ilustración 52. Superficie de secado en malla plástica y rastrillo con dientes plásticos	49
Ilustración 44. Secado de cacao en lonas. (UNOCASE Ecuador)	49
Ilustración 45. Secado en camas levantadas, ejemplo con esterillas de guadua	44
Ilustración 46. Casa elvas tradicionales	45
Ilustración 47. Mesones corredizos	45
Ilustración 48. Invernaderos en madera con cubierta plástica. Ventilación lateral de invernadero	46
Ilustración 49. Invernadero de madera con cubierta de plástico	46
Ilustración 50. Ventilación superior en invernaderos	47



1. Alcances y estructura de la guía de prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacaos especiales

1.1 Alcances

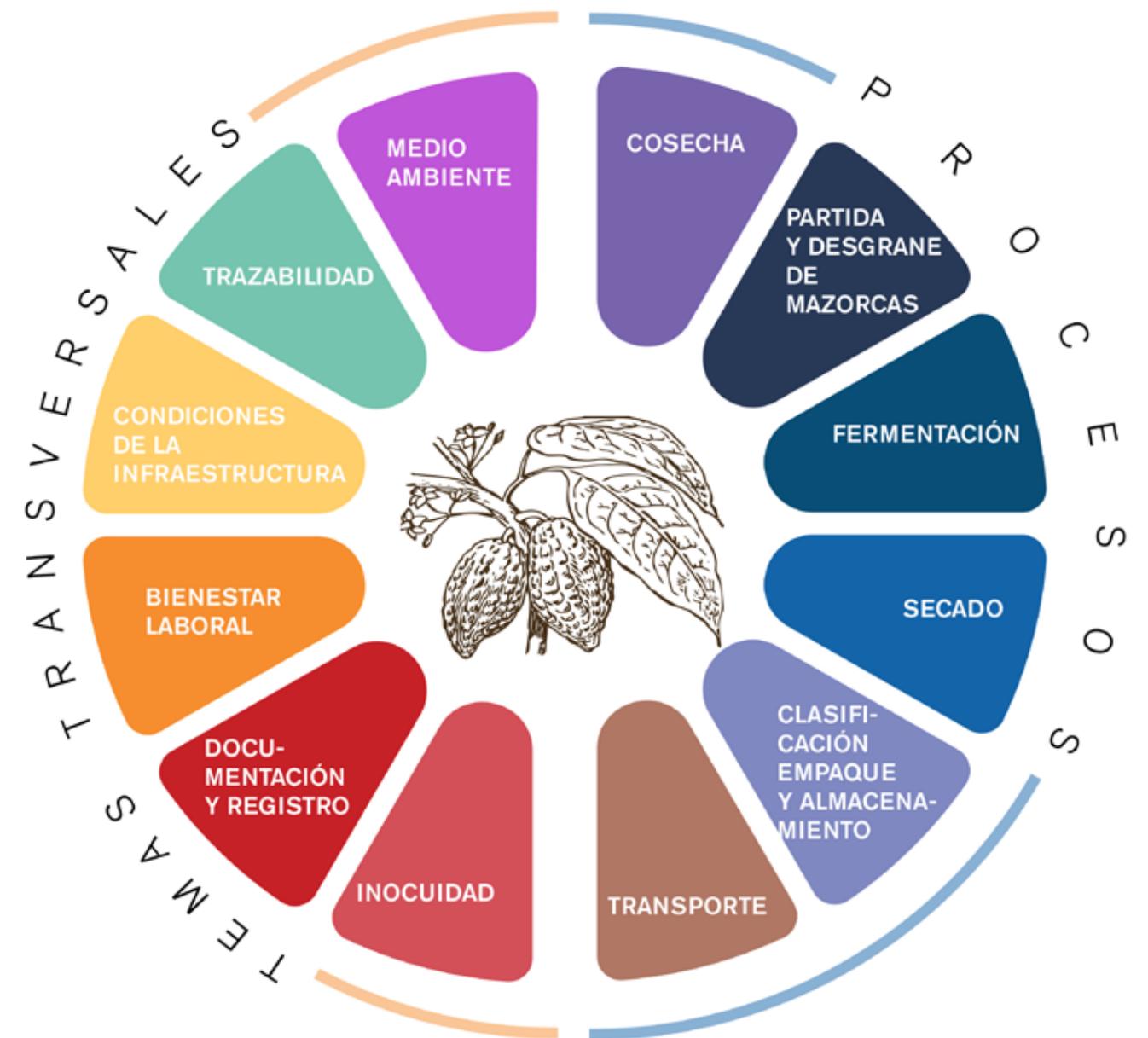
La guía profundiza en los conceptos técnicos y en los procesos de la cosecha, la fermentación y el secado de cacao en grano, y busca suministrar los elementos necesarios para orientar el trabajo de productores y organizaciones de productores con miras al control estratégico de las variables que determinan la calidad final.

La propuesta de la guía responde a la necesidad de sistematizar la evaluación de las condiciones de cosecha y pos-cosecha, identificando los puntos críticos que deben ser mejorados, así como los controles que es necesario implementar para ser más eficientes en los procesos a fin de obtener un producto con la calidad deseada y con las características de inocuidad exigidas por los mercados.

Actividades y áreas de análisis

Se refiere a las actividades específicas y la condición de los factores involucrados o afectados durante la cosecha y pos-cosecha del cacao.

La guía se desarrolla de acuerdo con los pasos que se siguen en el campo, aportando elementos técnicos y formatos de ayuda para el seguimiento y control de los procesos y de la calidad del grano en sus etapas intermedias.





2. Buenas prácticas de cosecha

El objetivo de evaluar las buenas prácticas de cosecha se orienta principalmente a mantener la capacidad productiva de los árboles de cacao, esto es, a la cosecha y el aprovechamiento de las mazorcas en la forma y el momento oportuno, de modo que se asegure la mejor calidad del cacao en baba, bien sea para beneficiarlo en finca o para llevarlo a las centrales de beneficio de mayor tamaño.

Se considera que un productor cuenta con buenas prácticas de cosecha cuando tiene todos los cuidados necesarios que impiden que se contaminen los granos de cacao y se malogren las plantas, implementando medidas de seguridad para sus empleados y respetando el medioambiente.

2.1 Frecuencia de cosecha

La frecuencia de cosecha está determinada especialmente por las variedades o materiales cultivados, la altura sobre el nivel del mar, la temperatura promedio y la humedad relativa.

Considerando que en las fincas puede haber distintas proporciones de materiales en la siembra, es necesario ajustar la frecuencia de cosecha sobre los materiales más precoces. De esta manera se impide la existencia de mazorcas sobremaduras en el cultivo y la germinación temprana de granos, evitando la posterior inclusión de estos en la cosecha y la afectación de la calidad de la baba a fermentar, al igual que una posible proliferación de enfermedades asociadas.

Teniendo en cuenta la precocidad de la maduración y la germinación de las distintas variedades o materiales como principal factor para determinar la frecuencia de cosecha, los demás criterios se pueden agrupar de la siguiente forma:

Condiciones de maduración rápida

- *Alto porcentaje de variedades o materiales en el cultivo con alta precocidad de maduración y germinación.*
- *Baja altura sobre el nivel de mar.*
- *Alta temperatura promedio diaria.*
- *Alta humedad relativa diaria.*

Condiciones de maduración lenta

- *Bajo porcentaje de variedades o materiales en el cultivo con alta precocidad de maduración y germinación.*
- *Cultivos en rangos superiores de altura sobre el nivel de mar.*
- *Baja temperatura promedio diaria.*
- *Baja humedad relativa diaria.*

La frecuencia de cosecha puede ser ajustada si el clima cambia significativamente entre una época y otra, pero no por la cantidad de cacao a cosechar. Esto quiere decir que, sin importar el número de mazorcas en los árboles, la frecuencia se determina por los criterios anteriormente mencionados.

De manera general, se considera que en Colombia la frecuencia de cosecha no debe sobrepasar los 15 días. Sin embargo, este criterio tiene que ser ajustado de acuerdo con la realidad de las condiciones regionales y de cada finca, siempre buscando cosechar las mazorcas en su estado óptimo de madurez.

2.2 Tiempo de retención

Esta variable corresponde al número máximo de días que se puede apilar las mazorcas cosechadas en campo sin que se deteriore la calidad.

Las otras variables o condiciones que determinan el tiempo de retención son:

- *Un clima muy cálido.*
- *Un alto porcentaje de materiales con tendencia a germinación precoz.*
- *Exponer directamente el montón a la luz solar.*
- *Humedad relativa alta.*

Cuando se presentan las anteriores variables en un nivel alto se recomienda que el tiempo de retención no sea mayor a un (1) día.

Si las condiciones no son tan intensas se puede tener tiempos de retención de máximo tres (3) días.

2.3 Punto de maduración ideal

Antes de cosechar los frutos se debe mirar que estén maduros, evitando coger los verdes y pintones, pues estos no cuentan aún con los azúcares necesarios para la fermentación y darían sabores a frutas inmaduras. Igualmente, aunque los frutos sobremaduros pueden tener el contenido de azúcar adecuado, los sabores que confiere este tipo de pulpa al grano seco no resultan deseables.

El punto de maduración contempla el análisis de los siguientes factores.

Color de las mazorcas

- *Las mazorcas verdes maduran en color amarillo o amarillo moteado con verde.*
- *Las mazorcas rojas maduran en color morado o rojo intenso.*



Ilustración 1. Colores de maduración de las mazorcas, Ejemplo FEAR 5 y Caucanos.

Contenido de azúcar en la pulpa

El azúcar se mide con refractómetro portátil análogo o digital el cual requiere unas gotas extraídas de la pulpa para poder hacer la medición. Este refractómetro debe tener rango de lectura mínimo entre 0 a 32°Brix.

El contenido de azúcar es fundamental para que los microorganismos especializados realicen la fermentación alcohólica, que es el primer paso durante el beneficio del cacao.

El contenido mínimo para que ocurra una correcta fermentación es de 16°Brix. Por debajo de este valor es posible que no ocurra la fermentación. Hay variedades o materiales de cacao que pueden tener contenidos altos de azúcar y otros bajos, lo cual permite hacer una primera clasificación por este criterio.

- Cacaos con alto contenido de azúcar, mayor de 20°Brix. Especialmente el material CCN 51 en monocultivo.
- Cacaos con bajo contenido de azúcar, entre 20 a 16°Brix. La mayoría de trinitarios, criollos, híbridos regionales.

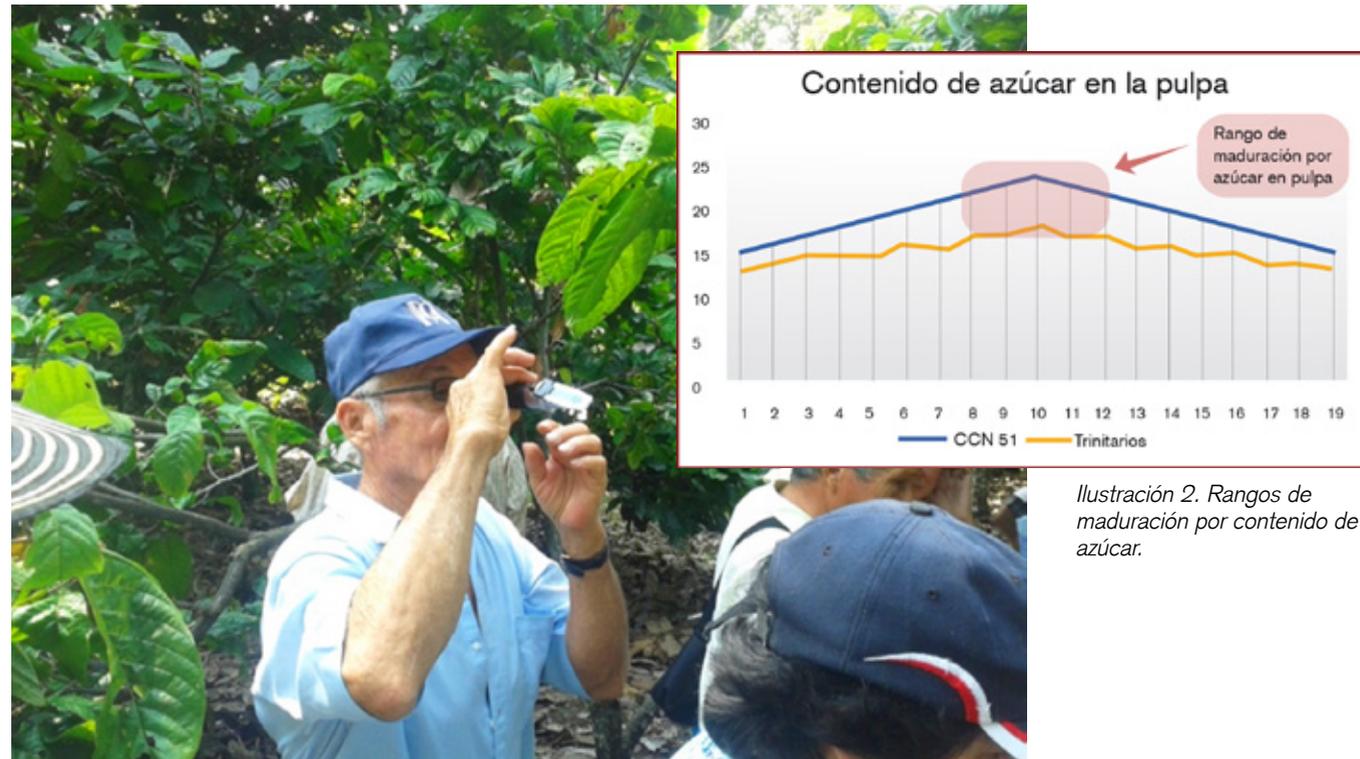


Ilustración 2. Rangos de maduración por contenido de azúcar.

Ilustración 3. Toma de muestra de pulpa para medir concentración de azúcar.

2.4 Equipos y materiales.

Herramientas, materiales y utensilios usados en la cosecha.

Para la cosecha se utilizan podones, tijeras de podar, canastas, sacos y carretillas. Todos estos deben estar limpios y desinfectados.



Ilustración 5. Herramientas y materiales para la cosecha



Desinfección de herramientas y materiales

- Lavar con agua limpia todos los materiales retirando restos de cosechas anteriores, suciedad, polvo, etc.
- Desinfectar los materiales con una solución de cloro (hipoclorito de sodio). A un balde con 20 litros de agua agregar 20 mililitros de cloro (dos cucharadas).
- Secar con un paño limpio.



Lavado de las herramientas. Desinfección de las herramientas. Secado de las herramientas.

Ilustración 6. Desinfección de herramientas

2.5 Cosecha

Al momento de cosechar los frutos se ha de tener cuidado de no dañar los cojines florales, ya que esto comprometería la producción de nuevos frutos.

La cosecha se realiza con tijeras de podar, desinfectadas y bien afiladas, haciendo el corte en el pedúnculo hacia la parte más cercana posible del fruto. Si los frutos se encuentran en lo alto se puede usar una horquilla o podón, teniendo siempre cuidados con el cojín floral.



Ilustración 7. Foto cosechando mazorcas con tijera



Ilustración 8. Foto cosechando mazorcas con horquilla

Las mazorcas se van trasladando entre el lote de cosecha en sacos o canastos hasta el punto seleccionado para la partida de las mismas.



Ilustración 9. Traslado de mazorcas dentro del lote.

2.6 Partida, desgrane de mazorcas y clasificación de cacao en baba

El lugar seleccionado debe tener las siguientes características:

- Preferiblemente plano.
- Que no se encharque fácilmente.
- Equidistante y accesible desde los extremos de los lotes de cosecha.

Las mazorcas han de estar apiladas cerca de las personas que van a realizar el desgrane.



Ilustración 10. Apilamiento de mazorcas.

Se debe extender un plástico limpio en el piso y tener listos los baldes o sacos en los cuales se va a guardar el cacao fresco. Es necesario contar con recipientes suficientes para la cantidad de mazorcas cosechadas y a fin de separar el cacao fresco de calidad del que no lo es.

Los frutos se quiebran con una herramienta sin filo para no dañar los granos de cacao. Se retiran las almendras separándolas de la placenta y se las ubica en un balde limpio, para después colocarlas en un saco de polipropileno blanco y limpio. Para abrir las mazorcas puede emplearse un machete pequeño, un mazo o cualquier otro elemento que permita efectuar esta labor de manera eficiente y sin cortar los granos.

Se debe seleccionar del montón las mazorcas con el color característico de la madurez apropiada, sin daños externos por enfermedades, insectos o animales como pájaros o ardillas. El cacao fresco de estas mazorcas se deposita en un recipiente limpio y no se debe mezclar con el cacao fresco de mazorcas defectuosas, inmaduras o sobremaduras.



Ilustración 11. Adecuación del lugar para quiebre de las mazorcas.



Ilustración 12. Corte y desgrane de mazorcas.



2.7 Almacenamiento temporal de cacao en baba

Si bien el color externo de las mazorcas constituye un criterio de selección al momento de la partida, una vez se hace visible la pulpa de la mazorca hay otros criterios para asegurar la correcta clasificación del cacao fresco antes de depositarlo en los recipientes.

- **Color de la pulpa:** Para una mazorca inmadura el color de la pulpa es blanco; para una sobremadura es café oscuro; para el punto óptimo es de color crema.
- **Textura de la pulpa:** Para una mazorca inmadura la textura es algodonosa, seca y firme; para una sobremadura es blanda y muy húmeda; para el punto óptimo la textura es blanda pero menos húmeda.
- **Limpieza de los granos:** Deben estar limpios de hongos, manchas o cualquier impureza, todo lo cual puede generar luego sabores a moho o no permitir la fermentación.



Ilustración 13. Color y textura de la pulpa de cacao como criterio de selección. A la izquierda mazorca y cacao fresco de una mazorca inmadura. A la derecha madura (variedad caucano).



Ilustración 14. Clasificación de cacao fresco.

2.7 Almacenamiento temporal de cacao en baba

El cacao fresco puede ser almacenado temporalmente sin que se afecten significativamente las condiciones que permiten la correcta fermentación y sin que se alteren su sabor y olor finales. Las circunstancias que ameritan realizar el almacenamiento son:

- No haber conseguido cosechar la cantidad suficiente de cacao fresco para llenar un cajón en la finca del productor.
- En un punto de compra de cacao fresco a donde llegan varios productores con cantidades pequeñas, se almacena para tener un volumen que permita costear el transporte hasta una central de beneficio comunitario.

Se recomienda realizar el almacenamiento temporal en tanques plásticos, en los cuales el cacao fresco se deposita sin escurrir. El tanque debe estar muy limpio, lavado con un jabón neutro libre de aromas y enjuagado varias veces para que no queden residuos. Asimismo, el tanque debe tener tapa. Al momento de llenarlo y una vez lleno no debe caer en él ninguna sustancia extraña que pueda contaminarlo, de lo contrario se puede perder todo el cacao almacenado.

Se recomienda no exceder las 24 horas de almacenamiento temporal.



Ilustración 15. Almacenamiento temporal de cacao fresco. Punto de compra veredal, Tumaco.



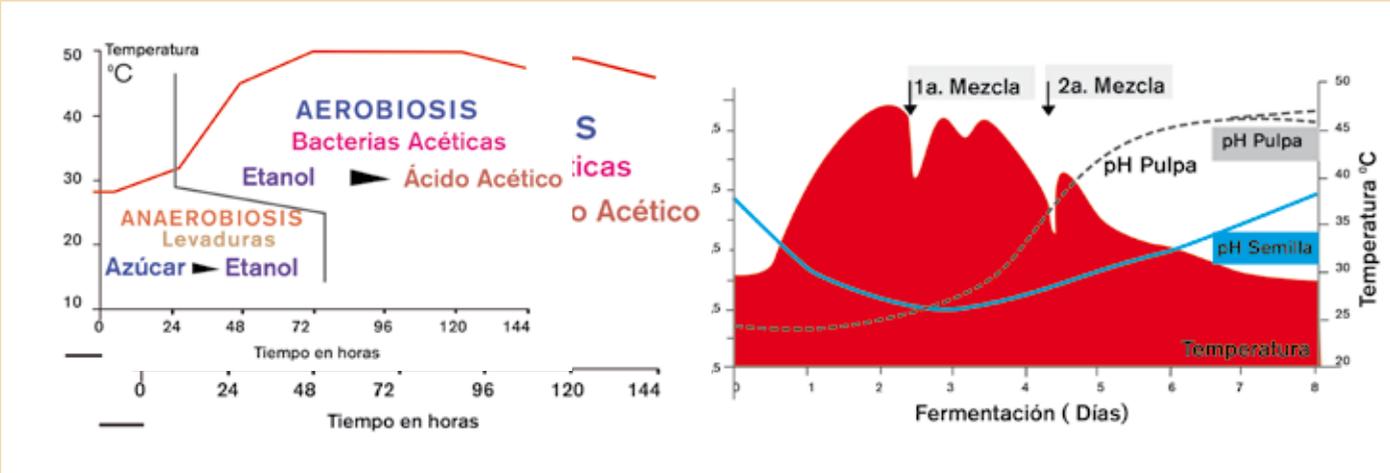
3 Buenas prácticas de fermentación

3.1 Fundamentos de la fermentación

El proceso de fermentación del cacao corresponde a la acción de distintos microorganismos que, en condiciones de temperatura, pH, y concentración de azúcar, descomponen la pulpa dejando únicamente la semilla. Las sustancias formadas en el proceso penetran en la semilla, transformando bioquímicamente la composición original y matando el germen, razón por la cual queda inviable para la siembra. Esta transformación bioquímica desarrolla los denominados precursores de sabor, los cuales dan lugar al sabor característico del cacao durante las etapas de secado y posterior tostado.

El proceso de fermentación consta de varias etapas, las cuales se hallan determinadas por la disponibilidad de oxígeno, pH, contenido de azúcares, temperatura ambiental y por la presencia espontánea de los microorganismos. La velocidad de estas etapas cambia de acuerdo con la magnitud de las anteriores variables y de las condiciones de manejo que se le dé al cacao fresco. Asimismo, las etapas no tienen un límite definido y se superponen mientras van ocurriendo durante todo el proceso de fermentación. Por ello las referencias en horas que se dan para cada proceso son, justamente, meras referencias, no datos absolutos.

Resulta fundamental tener claro que la fermentación constituye un proceso que se ve afectado por muchas variables, algunas de las cuales el hombre puede controlar. Sin embargo, la complejidad del proceso no permite ofrecer recomendaciones generales sobre los tiempos y formas de fermentación. Así pues, para cada finca o central de beneficio se deben hacer las pruebas y controles de proceso necesarios para conocer la dinámica del particular.



Gráfica 1. Proceso general de la fermentación

Fuente: Michel Barel of the French research center CIRAD

Fuente: pH Levels & Acidic Peaks (source Christina Rohsius).

Primera etapa. Fermentación alcohólica

Esta etapa es iniciada por levaduras anaeróbicas que durante las primeras 48 horas luego de la apertura de las mazorcas atacan los azúcares de la pulpa para convertirlos en alcohol. A fin de que el fenómeno empiece deben existir condiciones de baja tensión de oxígeno, alto contenido de azúcares y temperaturas ambientales medias o altas. Por esta razón hay que apilar el cacao fresco en recipientes en los cuales, dado el volumen de la masa de cacao fresco, se restringe el movimiento de aire y se conserva la temperatura. Si bien se considera que esta etapa se cumple en condiciones anaerobias (falta de oxígeno), la ausencia total de oxígeno puede conducir a la formación de una mayor cantidad de ácido láctico y butírico que la deseada, desmejorando el sabor final del grano.

En esta etapa se advierte claramente cómo la pulpa se va reduciendo al liberar gran cantidad de líquidos que deben escurrir libremente.

Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- *Primeras 48 horas.*
- *El azúcar se transforma en alcohol (etanol) por acción de las levaduras.*
- *Se descompone la estructura de la pulpa, la cual libera líquidos que deben escurrir.*
- *La fermentación libera agua, CO₂ y genera un aumento de temperatura aproximadamente hasta los 45 °C, si las condiciones del recipiente y la temperatura ambiental son adecuadas.*
- *El pH inicial de la pulpa (menor de 4.5) favorece la prevalencia de las levaduras y empieza a subir lentamente mientras se desarrolla esta etapa.*

Segunda etapa. Fermentación acética

A medida que se va formando el alcohol por la fermentación del azúcar y aumentan la temperatura y el pH, empiezan a predominar las bacterias acéticas que utilizan el alcohol para hacer una fermentación en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Como resultado de esta segunda fermentación se incrementa la concentración de ácido acético, lo que da lugar al particular olor a vinagre. El ácido acético atraviesa la cáscara de la semilla actuando con los compuestos en su interior, especialmente con los polifenoles, caracterizados por su color violeta y por la astringencia y amargor en el gusto.

Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- *Entre las 48 horas y 96 horas (día 2 hasta el día 4 aproximadamente).*
- *El alcohol se transforma en ácido acético por acción de bacterias.*
- *El ácido acético penetra las semillas hasta su interior, disminuyendo el pH interno casi hasta 4.5.*

- *La temperatura ideal se debe mantener día y noche entre los 48 y 51 °C.*
- *Las bacterias consumen oxígeno a gran velocidad, por lo cual es necesario hacer las remociones para que entre aire fresco y se libere el CO₂ acumulado.*
- *Con las remociones también se volatiliza parte del ácido acético, con lo que mejora el sabor del cacao.*
- *El ph de la pulpa aumenta hasta acercarse al valor de 6.*
- *Los granos se hinchan por la entrada de la solución de ácido acético.*
- *Los granos empiezan a cambiar en su interior desde los bordes hacia adentro, y disminuye la intensidad del color violeta, que se torna marrón.*
- *Se van formando surcos en el interior del grano y cambia la textura totalmente plana.*

Tercera etapa. Oxidación

En esta etapa la humedad libre disminuye sensiblemente y mejoran las condiciones generales de aireación, lo que genera una diferencia de concentración de ácido acético entre las partes interna y externa de la semilla. En este punto disminuye la fermentación acética dado que no se encuentra más alcohol para transformar, y el interior del grano se sigue modificando física y bioquímicamente, especialmente por la degradación de los polifenoles (disminuye la astringencia), menos color violeta (degradación de antocianinas), disminución de los alcaloides (disminuye el amargor), síntesis de quinonas (formación coloración marrón).

Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- *Entre las 96 horas hasta determinar el fin de la fermentación (día 4 en adelante).*
- *El ácido acético empieza a salir del interior del grano, por lo cual su pH interno empieza a subir.*
- *La temperatura se debe mantener día y noche entre los 48 y 51 °C.*
- *Las bacterias siguen consumiendo oxígeno a gran velocidad, de ahí que sea necesario hacer las remociones con el fin de que entre aire fresco y se libere el CO₂ acumulado.*
- *Con las remociones también se volatiliza parte del ácido acético, lo que mejora el sabor final del cacao.*
- *El ph de la pulpa residual va aumentando acercándose al valor de 7.*
- *Los granos siguen cambiando en su interior y predomina el color marrón desde el borde hasta el centro.*

- Se profundizan los surcos en el interior del grano.
- Al cortar el grano se encuentra, entre la cáscara y la almendra, un líquido viscoso de color rojizo.



Ilustración 18. Interior de grano de cacao en las distintas etapas de fermentación

3.2 Infraestructura, equipos y materiales para la fermentación

Infraestructura para la fermentación

El cacao fresco requiere de recipientes en donde depositarlo para realizar la fermentación, así como un entorno que favorezca el proceso y lo mantenga en condiciones básicas de inocuidad.

Existen muchos contenedores para fermentación, entre los cuales se destacan:

- Sacos plásticos.
- Bandejas de madera, tipo Rohan.
- Barriles de madera o plástico.
- Cajones de madera lineales.
- Cajones de madera en escalera.
- Cajones plásticos.
- Sistemas en acero inoxidable con control de proceso.



Ilustración 20. Cajones fermentadores en escalera.



Ilustración 19. Cajones fermentadores lineales.

Ninguno de los materiales de los contenedores debe aportar olor o sabor al cacao fresco fermentado.

Ya que se trata del sistema más usado en Colombia, a continuación se explicará el proceso de fermentación con cajones de madera.

Cajones de madera

En relación con la madera utilizada para fabricar los cajones, hay que identificar localmente las variedades de árboles que, dadas sus características, no transfieren olor ni sabor.

Los cajones deben tener una forma cúbica con medidas mínimas de 75 centímetros de ancho, 75 centímetros de largo y 75 centímetros de alto. De esta manera se logra un volumen de 0,42 m³, que puede ser llenado con aproximadamente 210 kilos de cacao fresco. No se recomienda fermentar menos de esta cantidad en cajones fermentadores.

Se recomienda la utilización de cajones de forma cúbica debido a su mejor comportamiento de conservación térmica en comparación con otras formas. Por ejemplo, los mismos 210 kilos de referencia se pueden colocar en bateas: cajones con forma de prisma irregular apoyado en la base más angosta y con alturas generalmente de menos de 50 centímetros. En las bateas el cacao queda en una capa más delgada, pues no logra conservar suficientemente el calor producido durante la fermentación, de ahí que no se fermente adecuadamente.

Existen varios sistemas de construcción de cajones. Uno de ellos es el que aprovecha el dimensionamiento de madera que se consigue normalmente en el mercado de 0,2 metros de alto por 3 metros de largo y 3 centímetros de grosor.

Se usan las tablas completas en sus 3 metros y los costados son de 1 metro de ancho. Interiormente se hacen los suplementos verticales que permiten dividir en tres secciones cada una de 1 metro.

Si se usan puntillas en la construcción de los cajones se debe impedir que estas queden expuestas y hagan contacto con el cacao fresco, ya que los líquidos las oxidarían rápidamente afectando la calidad del producto.

En la base del cajón hay que dejar un espacio entre las tablas de máximo 0,8 centímetros para facilitar el drenaje o, en su defecto, realizar perforaciones de máximo 0,8 centímetros de diámetro distanciadas máximo 15 centímetros una de otra. Así, en una base de cajón (1 metro x 1 metro) se pueden tener cerca de 45 perforaciones.



Ilustración 21. Sistemas de construcción de cajones de madera.



Ilustración 22. Detalle interno de sistema constructivo de cajones de madera.



Las condiciones básicas para alojar los cajones de fermentación buscan mantener la temperatura durante el proceso, controlar el acceso de animales, proporcionar buena ventilación y evitar que el agua lluvia caiga directamente en el cacao fresco. Por esta razón se recomienda:

- Las instalaciones deben incluir un espacio de recepción y pesado del cacao fresco.
- Se debe contar con un área especial en la cual se pueda colocar temporalmente el cacao para un escurrimiento inicial antes de cargar los cajones o, en su defecto, se debe tener un cajón inicial con muy buen drenaje.
- Los cajones deben estar protegidos de la lluvia y el viento directos, bien sea mediante paredes de material, madera o telas plásticas.
- El techo puede ser de materiales distintos, pero se debe tener en cuenta que las tejas de zinc se deterioran rápidamente a causa de la acción del ácido acético que se volatiliza en el proceso.
- Las instalaciones deben tener ventanas que puedan abrirse y cerrarse, ofreciendo así suficiente ventilación.
- Se recomienda contar con una entrada y una salida diferentes para optimizar el transporte de cacao fresco y el fermentado.
- Tener un piso en material con canales o declives que permitan desalojar de manera eficiente los líquidos que drenan los cajones.
- Los líquidos drenados deben terminar en un depósito que permita controlar su uso o disposición final, sin afectar el medio ambiente.
- El ancho de las puertas y caminos entre los cajones debe ser de al menos un (1) metro, para poder movilizar una carretilla.

Para los lugares muy cálidos, tanto en el día como en la noche, estas recomendaciones se pueden simplificar en cuanto a las condiciones de las paredes, manteniendo la precaución de controlar el acceso de animales para evitar la contaminación.



Ilustración 23. Condiciones básicas para alojar los cajones fermentadores. Ilustración 24. Sala de fermentación en centro comunitario, (Cooperativa Coomprocar, Arauquita, Arauca)

Calibración de cajones

Cada instalación que alberga cajones fermentadores presenta unas características particulares relacionadas con el tamaño, los materiales de construcción, la dirección de los vientos, el sistema de ventilación, entre otros factores. La combinación de estas características determina la temperatura media diurna y nocturna.

Igualmente, dentro de las instalaciones los cajones de fermentación pueden tener comportamientos distintos en cuanto a la conservación de la temperatura, dependiendo de su cercanía a las paredes, a las puertas o ventanas, de la altura del piso, etc.

A fin de conocer estas variaciones y efectuar los correctivos necesarios se ha de implementar la calibración de cajones. La calibración constituye una práctica inicial en instalaciones nuevas o cuando se quiere empezar un proceso de optimización en instalaciones antiguas.

La calibración consiste en tomar la temperatura del cajón, ocupado al menos en un 70% de su capacidad, en cada uno de los extremos y en el centro de la masa en plena fermentación. De esta manera se obtienen 9 mediciones de temperatura, las cuales deben ser efectuadas en el momento de mayor temperatura durante el día, y en el momento de menor temperatura en la noche. Lo anterior hay que hacerlo por lo menos una vez para cada cajón con el propósito de conocer su comportamiento.

Teniendo en cuenta cajón y el grosor de las el piso y su ubicación entre otros factores, se “bueno”, si las diferencias el día no superan 1° C, mediciones en la noche

Si hay cajones con las indicadas se deben usar sacos de fique los cajones, o sellar por la las puertas y ventanas, disminuir la posibilidad de un mismo cajón, más bajas que las que lo que ocasionaría que sin fermentar.



el tipo de madera de las tablas, su altura sobre en la infraestructura, puede denominar como entre las 9 lecturas en y las diferencias de las no superan los 2°C.

variaciones mayores a tomar medidas como forrando las paredes de noche los espacios bajo todo esto con el fin de de que existan, dentro zonas con temperaturas requiere la fermentación, parte del cacao quede

Esta calibración de cajones permite confirmar que la temperatura se puede medir en el centro de la parte superior del cajón lleno y a 20 centímetros de profundidad.

Ilustración 25. Punto de medición de temperatura en un cajón fermentador.

Equipos

Para monitorear el proceso de fermentación resulta ideal contar con una serie de equipos que permiten medir las distintas variables de manera frecuente, con lo cual se pueden tomar las decisiones necesarias para optimizar los resultados. Tales equipos son:

Refractómetro analógico o digital: Este equipo debe medir como mínimo entre 0 y 30° BRIX. Se usa para medir la concentración de azúcar en la pulpa del cacao fresco antes de colocarlo en los cajones de fermentación.



Ilustración 26. Refractómetro analógico



Ilustración 27. Termómetros (De izquierda a derecha, bimetálico, digital de punzón, digital de sonda, infrarrojo).

Termómetro. Puede ser bimetálico, digital con sonda resistente al agua o infrarrojo. La escala mínima debe ser de 0 a 60°C

Termohigrómetro: Este equipo mide la temperatura y humedad relativa ambiental. Preferiblemente debe registrar temperaturas mínimas y máximas, a fin de evidenciar si las temperaturas nocturnas son muy bajas, lo que afectaría el proceso de fermentación.



Ilustración 28. Termohigrómetro digital.



Ilustración 29. Básculas, romana, de plataforma, de gancho.

Báscula: Puede ser de tipo romana, de plataforma con lector analógico o digital, o de gancho con lector analógico o digital. Se recomienda que las superficies de pesaje sean en acero inoxidable o, en su defecto, que estén cubiertas con plástico para que no exista contacto directo con los líquidos drenados del cacao fresco.

Equipos para asistir el volteo de cacao

Hay varias experiencias sobre mecanización del volteo de cacao, debido a su costo de mano de obra y a las condiciones de calor y gases a los cuales se ven expuestos los trabajadores.



Ilustración 30. Volteo asistido (Centro de beneficio modelo de Pucacaca, San Martín, Perú).

Herramientas

Pala o remo. Para remover el cacao se pueden utilizar palas plásticas o los conocidos remos de madera.



Ilustración 31. Pala plástica y remos de madera para manejo de cacao en fermentación.

Baldes y recogedores. Es muy útil contar con baldes y recogedores que facilitan tomar el cacao que se encuentra en los rincones del cajón y que no se puede sacar con la pala.

Ilustración 32. Baldes y recogedores usados para manipular el cacao en fermentación.



Carretillas. Se recomienda que sean de plástico para resistir la acción de los ácidos del cacao fermentado y facilitar su limpieza.

Ilustración 33. Carretilla

Elementos de higiene y seguridad para los trabajadores.

Hay que contar con tapabocas con filtro de carbón activado, delantales plásticos y guantes, para asegurar que los trabajadores no entren en contacto con el cacao fermentado y se logre disminuir la inhalación de los gases que se liberan en los volteos, especialmente el ácido acético.



3.3 El proceso de fermentación.

Recepción de cacao fresco

La instalación para fermentación debe contar con un espacio que permita recibir los sacos, baldes o canecas que llegan de la finca o de varias fincas, en el caso de centros de beneficio comunitario. Tal espacio debe tener un piso de material (cemento) donde se pueda colocar el cacao en baba en los distintos recipientes mencionados. El piso debe tener una leve inclinación y un canal para conducir los líquidos drenados hacia la caja de disposición.

Evaluación de entrada

Las personas capacitadas para el centro de beneficio o el mismo productor deben realizar una nueva evaluación de la calidad del cacao fresco. Para tal fin es necesario que sigan estas recomendaciones:

- *Evaluar visualmente la uniformidad de la calidad del cacao fresco, asegurándose de que todos los sacos o baldes que se van a recibir y a utilizar para llenar un cajón fermentador posean iguales condiciones, y teniendo en cuenta el color del cacao y la humedad. En este punto resulta fundamental separar el cacao de mejor calidad del cacao de calidad inferior, ya que un poco de cacao fresco de mala calidad puede arruinar todo un cajón fermentador.*
- *Confirmar con el transportador o con el productor el origen del cacao fresco que entrega, con el fin de no juntar cacaos frescos con niveles contrastantes de azúcar. Si esto llegara a ocurrir se debe separar el cacao según este criterio y llenar cajones distintos. Generalmente las organizaciones de productores tienen caracterizadas las zonas de producción, y conocen en cuales de ellas las mezclas de los materiales cultivados pueden tener condiciones particulares que ameritan un tratamiento de fermentación de manera separada al de otras zonas. Un criterio para la zonificación es el del porcentaje de CCN 51 en la mezcla final. Se recomienda que este porcentaje no supere el 15% en la mezcla total, lo cual permite no tener que hacer separaciones y fermentación diferenciadas.*
- *Por lo tanto, se recomienda que la mezcla de cacao fresco en un cajón no tenga más de un 15% de CCN 51, ya que los tiempos de fermentación con trinitarios y acriollados es mayor, dando un resultado no deseado.*
- *Si se ha planeado antes o al momento de recibir el cacao, es preferible hacer un cajón de solo CCN 51, el cual tendrá la misma lógica de monitoreo de proceso, resultando en muy buena calidad.*
- *Si hay dudas sobre el contenido de azúcar, se utiliza el refractómetro para verificar esta variable, la cual debe ser de mínimo 15° BRIX.*

Pesaje y registro

Los sacos o baldes que provienen de un mismo productor deben ser pesados, restando el peso de los empaques. El peso neto del cacao fresco se debe consignar en el formato disponible para ello, anotando como mínimo el nombre del productor, su documento de identidad, la fecha, el peso y la calidad del cacao fresco entregado. Este registro es básico para hacer el control de costos y trazabilidad.



Ilustración 34. Pesaje de cacao fresco

Escurreo inicial

Se recomienda realizar este proceso especialmente para los cacaos con alto porcentaje de pulpa y alta concentración de azúcar; el caso más representativo es el de CCN 51. Este escurrimiento inicial contribuye a disminuir la acidez final del cacao y permite acortar los tiempos de fermentación.

Las instalaciones consisten en una superficie de estibas plásticas o canales en el piso, sobre los cuales se colocan los sacos de cacao para que drenen antes de desocuparlos para llenar los cajones.



Ilustración 35. Escurreo inicial de cacao

Llenado del cajón fermentador

De acuerdo con las recomendaciones mencionadas anteriormente, se debe llenar un cajón fermentador con cacao fresco en la cantidad, condiciones básicas y de homogeneidad necesarias para poder asegurar la calidad esperada.

Una vez lleno el cajón, la masa de cacao fresco se convierte en una unidad de monitoreo y trazabilidad, razón por la cual hay que contar con los instrumentos de control y los formatos de registro en los cuales consignar los datos de monitoreo del proceso.

Como ejemplo se presenta el formato de control de fermentación usado en el proyecto Coexca junto con las organizaciones de productores.

El principal indicador del proceso de fermentación es la temperatura, razón por la cual esta debe ser monitoreada al menos cada 12 horas. Como se explicó anteriormente, se mide en el centro de la parte superior de la masa de cacao fermentado.

A medida que la fermentación avanza, los microorganismos van consumiendo el azúcar disponible generando alcohol. Uno de los subproductos de este proceso es el CO₂, gas que se va acumulando a la vez que el azúcar se va terminando, en virtud de lo cual van cambiando las poblaciones de microorganismos que utilizan el alcohol resultante

para convertirlo en ácido acético. Estos nuevos microorganismos son aerobios (requieren de oxígeno para vivir), de ahí que sea necesario realizar las remociones o volteos del cacao en fermentación para que salga el CO₂ acumulado e ingrese el aire fresco con más oxígeno.

Si en las primeras 12 horas de fermentación la temperatura no se incrementa al menos en 5° C, las causas pueden ser:

- No se verificó correctamente el contenido de azúcar de la pulpa y está por debajo de 15° BRIX.
- No se realizó un escurrimiento inicial o el drenaje de los cajones es insuficiente.
- El cajón está recibiendo directamente viento y las noches son demasiado frías.

Dado lo anterior, se deben tomar las siguientes medidas correctivas:

- Para corregir el bajo contenido de azúcar, se puede coleccionar el líquido drenado de un cajón reciente que si esté fermentando de acuerdo con los parámetros establecidos, y mezclarlo con el cacao fresco que no está fermentando adecuadamente.
- Cambiar de cajón el cacao fresco, asegurándose de que los agujeros del fondo del cajón estén destapados para que drene correctamente. Si hay un solo cajón en la finca, hay que sacar el cacao y colocarlo temporalmente en una carretilla y en canecas, para poder revisar y destapar los agujeros de drenaje.
- Evitar que en la noche entre viento frío directamente en el cajón, sellando espacios debajo de puertas y ventanas.
- “Abrigar” el cajón forrando tanto sus paredes internas con sacos de fique (yute) como su parte superior. En los casos en que los cajones quedan más expuestos es necesario también “abrigar” todo el conjunto de cajones, para lo cual se puede usar tela de polipropileno.



Ilustración 36. "Abrigado" del cajón para conservar temperatura.

El primer volteo

Si bien no puede haber protocolos de fermentación preestablecidos, debido a las numerosas variables que determinan la actividad de los microorganismos y de las enzimas involucradas en el proceso de fermentación, sí se puede hacer una serie de recomendaciones al respecto.

Una primera recomendación general es la de hacer el primer volteo cuando se alcanza la temperatura de 45° C, idealmente dentro de las primeras 48 horas de fermentación. La razón es que aproximadamente a esta temperatura la fermentación anaerobia llega a su máximo nivel; los microorganismos aerobios empiezan entonces a predominar consumiendo más rápido el oxígeno disponible en el aire atrapado en la masa de fermentación, generándose así CO₂ y calor como producto de su metabolismo. Pero tal disponibilidad de oxígeno se empieza agotar, de ahí que el incremento de temperatura se haga más lento.

Las recomendaciones generales para tomar la decisión del primer volteo son:

- El cacao fresco ha escurrido suficientemente en los cajones donde se ha depositado inicialmente.
- Lograr un incremento de al menos 5° C en las primeras 12 horas de fermentación.
- Lograr como mínimo una temperatura de 45° C en las primeras 48 horas de fermentación.

Técnicas de remoción y volteo

Los objetivos de remover o voltear el cacao en fermentación son:

- Lograr que los granos de cacao no se queden en una sola ubicación, bien sea en el mismo cajón o en otro a donde se trasvasa. Especialmente para los granos que quedan en el fondo donde se acumula la mayor cantidad de líquidos.
- Introducir aire fresco en la masa de fermentación.
- Liberar el CO₂ que se ha acumulado.
- Facilitar la volatilización del ácido acético producido.

Resulta fundamental distinguir entre el volteo de la masa de fermentación y la remoción. Esta hace referencia a la utilización de palas o remos de madera para agitar la masa de cacao fermentado buscando los objetivos señalados anteriormente.

La remoción se usa especialmente en los casos en que solo se dispone de un cajón fermentador y no hay cómo trasvasar a otro. Sin embargo, esta técnica es limitada, ya que requiere de mucho esfuerzo físico para lograr una buena aireación, con lo cual se corre el riesgo de que los granos del fondo no cambien de posición dentro del cajón.



Ilustración 37. Remoción de cacao en fermentación.

El volteo se emplea principalmente cuando se cuenta al menos con un cajón libre, de modo que se traslada el cacao de un cajón a otro utilizando distintas herramientas o equipos, lo que mejora la aireación.

Una técnica difundida en Colombia es la recomendada por los técnicos de la empresa chocolatera Cacao Hunters, quienes han perfeccionado el volteo según las siguientes consideraciones:

- Cada vez que se va a voltear el cacao la masa se divide verticalmente en dos.
- Una de las partes se trasvasa al cajón nuevo con ayuda de palas plásticas y se coloca en la base.
- La segunda sección vertical se trasvasa colocándola horizontalmente en el nuevo cajón.

En los siguientes volteos se efectúa la misma operación, pero la división vertical se va cambiando 90° en el sentido de las manecillas del reloj, para poder recordar más fácil.

Siguientes volteos



Ilustración 38. Volteo con pala a otro cajón fermentador.

Aparte de los propósitos señalados para el primer volteo, se ha de agregar el del control de la temperatura, la cual puede empezar a incrementarse significativamente.

Si se controlan debidamente todas las variables de entrada al proceso y las relacionadas con el primer volteo, el monitoreo de la temperatura se debe continuar efectuando cada 12 horas a fin de obtener la información necesaria para tomar la decisión de efectuar los siguientes volteos. El principal criterio para realizar los siguientes volteos es:

- La temperatura del cacao en fermentación se debe mantener en el rango de 48 a 51° C.

Cuando la temperatura comienza a bajar o a superar estos límites se debe realizar un volteo o una remoción. La recomendación general es hacer esto cada 24 horas luego del primer volteo.

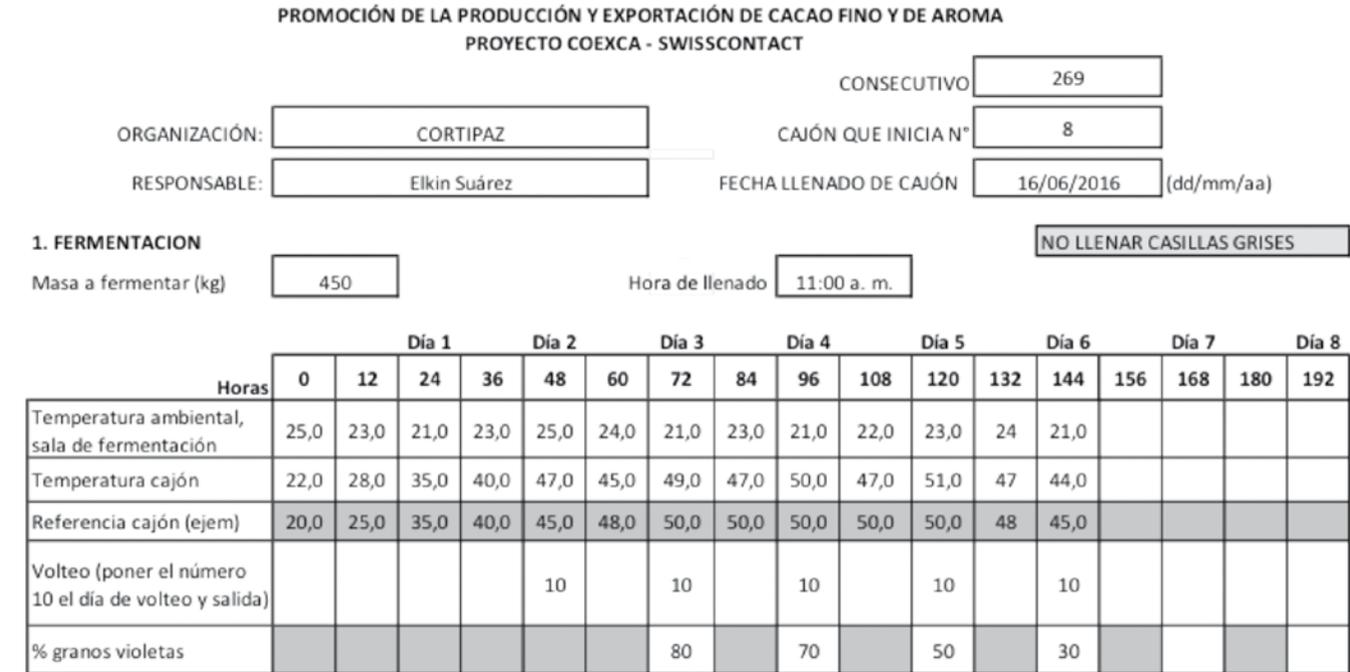
La dinámica de la actividad de los microorganismos, en función de la temperatura, los cambios en el pH, la disminución de los azúcares disponibles, entre otros factores, permite afirmar que los volteos se pueden realizar cada 24 horas luego del primer volteo. Sin embargo, las pruebas particulares de frecuencia de volteos y su relación con el perfil sensorial buscado resultan determinantes, antes de hacer una generalización.

Control del proceso de fermentación

Para facilitar el control del proceso se debe contar con formatos que permitan consignar la información del monitoreo de las principales variables a fin de poder analizarlas.

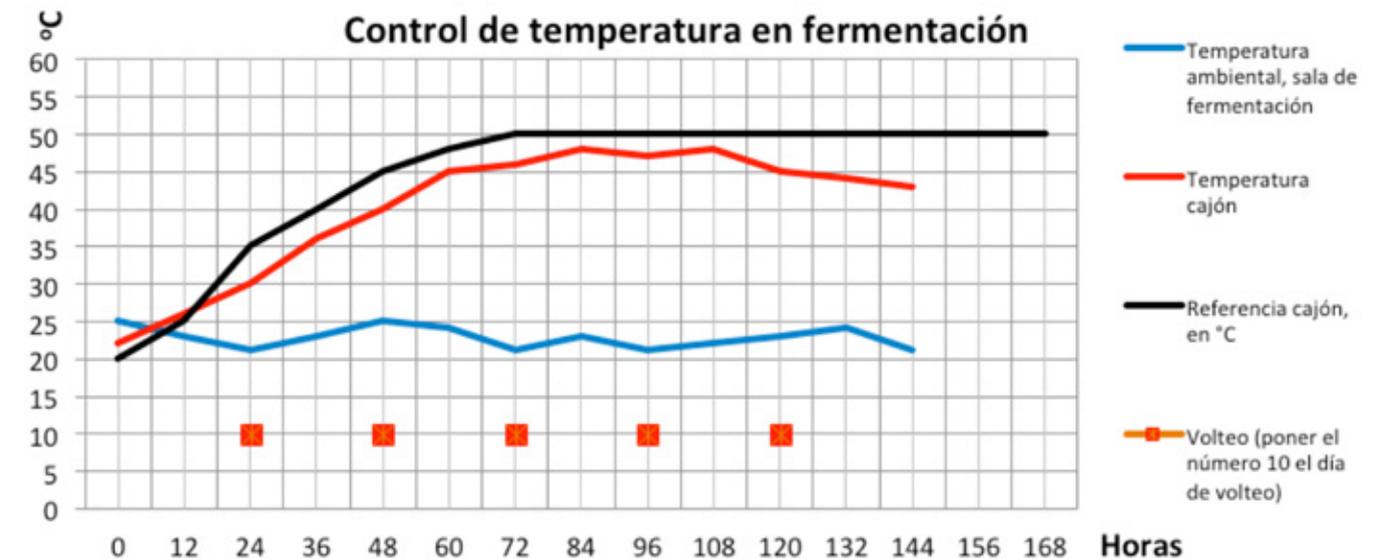
Aparte de los datos básicos de identificación, el registro de fermentación del ejemplo requiere la siguiente información:

- **Masa de fermentación:** Corresponde al peso en kilogramos del cacao fresco con el cual se llena un cajón, bien sea tal como se recibió del productor o después de un presecado o escurrimiento, pero siempre se tratará del peso real de lo colocado en el cajón.
- **Hora de llenado:** Es la hora en la cual se terminó de llenar un cajón.
- **Temperatura ambiental de la sala de fermentación:** Se refiere al lugar en donde se encuentran alojados los cajones. La temperatura se debe tomar en un lugar representativo en medio de las instalaciones.
- **Temperatura de cajón:** Para un cajón calibrado, la temperatura se mide en el centro de la cara superior del cacao en fermentación, a 20 centímetros de profundidad.
- **Referencia cajón:** Es la temperatura que se considera óptima durante el proceso de fermentación, en cada intervalo de 12 horas. Si bien puede haber recomendaciones generales, estas temperaturas deben ser determinadas en cada lugar en función de las particularidades y el perfil sensorial buscado.
- **Volteo:** Se señala en el intervalo de 12 horas en el momento en que se hizo un volteo o remoción. Para efectos de graficar posteriormente la curva de temperatura y volteos (en el formato de Excel) se solicita que se coloque el número 10.
- **Porcentaje de granos violetas:** El formato señala en los espacios blancos la frecuencia recomendada para hacer pruebas de corte de grano durante la fermentación. Para cada monitoreo se recomienda tomar 20 granos de distintas partes del cajón, cortarlos y colocarlos en una superficie con una iluminación que permita observar su color. El número de granos violetas se multiplica por 5 para expresarlos en porcentaje.



Gráfica 2. Registro y control de fermentación.

Gráfica 3. Ejemplo de gráfica de monitoreo de fermentación.



Terminación de la fermentación

Conforme el cacao se mantenga más días de manera adecuada en los cajones, el porcentaje de fermentación será mayor. Pero esto implica también un mayor costo en su proceso. De igual manera, el número de volteos, así como el cacao inicialmente utilizado en la fermentación, determinarán, junto con la posterior técnica de secado, la acidez residual en los granos.

Por esta razón es fundamental tener claridad sobre la calidad esperada en función de las oportunidades comerciales, puesto que el manejo para lograr cada calidad tiene un costo asociado.



Ilustración 39. Corte de granos en monitoreo de fermentación.

En términos generales se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- A menos días de fermentación se obtendrán menores porcentajes de granos secos fermentados.
- A menos volteos se obtendrán granos con sabor no deseado y mayor acidez.

Dependiendo de qué tipo de calidad se desea obtener se toma la decisión de cuántos días y cuántos volteos se van a realizar.

La mejor forma de conocer las distintas calidades posibles consiste en efectuar unos ensayos sencillos.

Ensayo 1

- Llenar un cajón y realizar volteos cada 24 horas. Tomar una muestra de 1 kilo inmediatamente después de cada volteo y secar. Luego evaluar la calidad de cada muestra y relacionar el porcentaje de fermentación con el número de días y volteos.

Ensayo 2

- Llenar un cajón y realizar el primer volteo a las 48 horas y después cada 24 horas. Tomar una muestra de 1 kilo inmediatamente luego de cada volteo y secar. Posteriormente evaluar la calidad de cada muestra y relacionar el porcentaje de fermentación con el número de días y volteos.

Para las calidades más altas de fermentación y baja acidez, se debe contar con algunos indicadores en el monitoreo que permiten determinar cuándo se puede sacar el cacao de los cajones de fermentación. Estos indicadores son:

- Luego de un volteo la temperatura no sube en las siguientes horas, como sí lo hacía en los volteos anteriores.
- El monitoreo de granos violetas no disminuye significativamente en relación con el último corte de granos.

- No quedan restos de la pulpa en la superficie del grano.

- El color externo del grano fermentado es marrón.

- Al momento del último volteo no se sienten tan fuertemente los vapores del ácido acético.

Internamente en el grano la acidez que se había concentrado en el centro del grano, ha empezado a salir hasta el punto en donde el pH de la parte interna y externa es igual.

Hay que tener en cuenta que, dependiendo del método de secado, se puede conseguir aumentar el porcentaje de fermentación final en grano seco hasta en un 10%.



Ilustración 40. Ensayos para relacionar porcentaje de fermentación, perfil sensorial, días en cajón y frecuencia de volteo



Transporte del cacao fermentado

El cacao se saca de los cajones y se coloca en una carretilla plástica limpia, en sacos o en canastillas que faciliten su pesaje y transporte.

Hay que asegurar la limpieza de los recipientes para que el cacao fermentado no absorba ningún olor extraño.

Un error común consiste en pasar con el cacao fermentado cerca de animales o de camiones con el motor encendido, lo que desmejora la calidad final a causa de la contaminación.

Ilustración 41. Pesaje y transporte del cacao fermentado.



Buenas prácticas de secado

4.1 Fundamentos técnicos del proceso de secado

Dependiendo del manejo que se le haya dado en la fermentación, el cacao recién sacado del cajón puede tener una humedad cercana al 65%, la cual debe ser disminuida hasta un rango del 6,5 a 7,0 %. De este modo, los microorganismos no encuentran un medio en el cual desarrollarse y las distintas enzimas existentes en el interior del grano se desactivan, con lo cual el cacao ya seco puede almacenarse de manera segura.

Sin embargo, mientras en el proceso de secado se alcanza la humedad de almacenamiento, se siguen dando varias reacciones al interior del grano que aportan al desarrollo de su sabor.

El efecto de secado se optimiza cuando se logra la combinación de los siguientes factores ambientales:

- *El menor porcentaje (%) de humedad en el aire que entra en contacto o está cerca del cacao.*
- *La mayor temperatura del aire, considerando un límite de 60° C.*
- *La mayor velocidad con la cual el aire se renueva pasando entre y sobre el cacao.*
- *El mayor porcentaje (%) de la superficie del grano queda expuesta al aire.*

Contrario a la creencia generalizada, el efecto de secado no se logra exclusivamente con altas temperaturas. Dicha creencia ha llevado a desafortunados diseños de instalaciones y secadores artificiales. Por ello resulta fundamental hacer énfasis en el tipo de infraestructura, en los equipos y en el manejo que se le da al cacao durante el tiempo de secado, esto con el fin de optimizar las variables ambientales mencionadas anteriormente.

De manera general hay dos tipos de secado: natural y artificial (o asistido).

El secado natural se fundamenta en la optimización de las variables ambientales, sin utilizar equipos y energía adicional para ello. La principal fuente de energía natural empleada es el sol que calienta el ambiente, de modo que el aire se mueve naturalmente sin intervención del hombre.

En cambio, el **secado artificial o asistido** es el que utiliza fuentes de energía distintas al sol para calentar el aire, de ahí que este se mueve de manera forzada por maquinaria que consume energía. Los secadores artificiales pueden contar a su vez con mecanismos para remover constantemente el cacao, por lo cual los requerimientos de mano de obra son menores que en otros sistemas, aumentando de nuevo el consumo energético.

Durante el proceso de fermentación los líquidos enriquecidos con el ácido acético permean la cáscara del grano de cacao, dado lo cual este se hincha y reacciona bioquímicamente en su interior aportando a la formación del sabor.

Una vez terminada la fermentación y comenzado el secado, la diferencia de humedad del interior del grano con respecto al medio ambiente hace que los líquidos se empiecen a desplazar a la superficie de la cáscara, donde se van evaporando poco a poco.

Al principio del secado la humedad de la superficie y cerca de la superficie al interior del grano se secará relativamente rápido, pero la que se encuentra hacia el centro del grano tardará más en secarse, ya que tendrá más resistencia para salir a la superficie. En este proceso los granos pequeños se secan más rápido que los granos de gran tamaño.

Ya que el ácido acético y pequeñas proporciones de ácido láctico se encuentran disueltos en los líquidos al interior del grano, un secado lento asegura que salgan y no queden en exceso en el interior desmejorando la calidad sensorial.

A medida que los líquidos disminuyen en el interior del grano, el aire ingresa por los poros de la cáscara y el grano. Se realiza entonces la oxidación de los compuestos, especialmente de los polifenoles, por lo que se genera el color marrón característico en los granos bien fermentados.

La velocidad de secado es determinante para lograr la mejor calidad posible, ya que una velocidad muy alta o muy baja afectará el resultado final. Con una velocidad muy alta es factible que los granos guarden ácido acético en su interior y se aplasten por efecto de la contracción al perder humedad rápidamente. Con una velocidad muy baja existen altas probabilidades de que los granos formen hongos internos y externos, haciéndolos no comerciales.

La remoción del cacao durante el secado busca que todos los granos reciban condiciones similares, evitando que queden unos debajo de otros que no se sequen de igual manera. Tanto la frecuencia y el tipo de remoción como las características de la superficie en donde se coloca el cacao afectarán finalmente variables como la velocidad de secado, el porcentaje de cáscara, el porcentaje de granos partidos, el porcentaje de granos pegados y el porcentaje de impurezas.

4.2 Infraestructura para secado natural

En el secado se utilizan distintas estructuras y superficies que permiten colocar el cacao en capas delgadas para que reciban el sol y el viento. Las instalaciones pueden ser construcciones rudimentarias o costosas, de ahí que la eficiencia y la inocuidad sean distintas, al igual que las condiciones operativas.

Las recomendaciones generales para cualquier tipo de instalaciones de secado son:

■ Evitar que alrededor de la zona de secado existan obstáculos a la circulación natural del aire. Si el viento cruza una zona de vegetación frondosa antes de pasar por la zona de secado es posible que aumente su porcentaje de humedad y disminuya la eficiencia de secado.

■ Hay que efectuar un drenaje perimetral en la zona de secado, garantizando que el agua libre escurra lo más rápido posible desde el interior, así como controlando el escurrimiento superficial y subsuperficial externo. Se recomienda una profundidad mínima de 50 centímetros en los drenajes.



Ilustración 42. Drenaje perimetral de invernadero

■ No ubicar el área de secado cerca de instalaciones donde se generen olores o gases que puedan contaminar el cacao. Se deben tener en cuenta, por ejemplo, los gases de combustión de los automotores que pasen cerca, así como los gases de fábricas distantes que pueden ser llevados por el viento hasta las instalaciones.

■ No ubicar el área de secado cerca de cultivos donde se empleen agroquímicos y no existan la distancia y las barreras que controlen la contaminación cruzada.

■ Contar con vigilancia o con cercas perimetrales para evitar el robo o la contaminación intencional.

Secado en suelo de cemento

Consiste en utilizar superficies planas con una base sobre la cual se ha fundido una plancha de cemento con refuerzos. En algunos casos se hace con desnivel hacia los costados para que el agua de lluvia escurra de mejor manera y no se acumule. El cacao se coloca directamente en el suelo, para moverlo luego con la ayuda de palas plásticas, de madera o metálicas, procurando hacer caminos para transitar e hileras de distinta altura, según las necesidades y la velocidad de secado deseadas.



Ilustración 43. Secado de cacao en el suelo. (Agro arriba Ecuador)

Secado sobre mantas de lona o polipropileno

Sobre un piso plano se colocan mantas de gran tamaño, confeccionadas con materiales que no transfieren olor al cacao. Generalmente son de lona o polipropileno, 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 recoge en hileras altas y se tapa con las mismas mantas.



Ilustración 44. Secado de cacao en lonas. (UNOCASE Ecuador)

Secado en mesones levantados con superficie en madera

Este sistema es muy usado en varias zonas de Colombia. Consiste en emplear mesones levantados en una estructura de madera directamente sobre la tierra. Los mesones cuentan con superficies de madera donde se destaca la esterilla de guadua. Generalmente no tienen paredes en los bordes. Ocasionalmente se usan plásticos o telas de polipropileno encima de la esterilla.



Ilustración 45. Secado en camas levantadas, ejemplo con esterillas de guadua.

Secado en casa elvas

Comprende una construcción tradicional en algunas zonas de producción de cacao en Colombia. Se trata, fundamentalmente, de una superficie de madera ubicada encima de la casa del productor. Cuenta con un techo corredizo que deja expuesto el grano al sol y al viento durante el día; se puede cerrar en la noche o cuando llueve. La superficie de secado está constituida por listones de madera ensamblados y la cubierta del techo por tejas metálicas. El espacio entre la superficie de secado y el techo es muy poca, del orden de 80 centímetros en la parte más alta del techo.



Ilustración 46. Casa elvas tradicionales.



Mesones corredizos

Son mesones de secado de distintas alturas y con un sistema de ruedas que permite colocar un nivel bajo de otro, en una zona cubierta. La superficie de secado es de madera, ensamblada con bordes laterales que impiden que caigan los granos por los lados. Los rieles por donde corren los mesones son metálicos y la estructura generalmente en madera, pero se requiere una estructura más sólida. La cubierta del techo está constituida por tejas metálicas.

Ilustración 47. Mesones corredizos.



Ilustración 48. Invernaderos en madera con cubierta plástica. Ventilación lateral de invernadero.

Ilustración 49. Invernadero de madera con cubierta de plástico



Invernaderos con plástico y mesones levantados

Son estructuras en madera con cubierta de plástico especial que permite resistir la continua radiación solar. La ventilación, la temperatura y la humedad relativa se controlan parcialmente subiendo o bajando las cortinas laterales del invernadero. Si el ancho del invernadero es mayor a 5 metros la ventilación lateral se hace insuficiente, por lo cual hay que incorporar aberturas cenitales (en el techo).

Las superficies de secado en los mesones levantados son generalmente de esterilla de guadua, entramados de caña brava y, en algunos casos, de mallas plásticas con apertura de 0.4 x 0.4 centímetros.

Los invernaderos deben permitir subir y bajar las cortinas de plástico, bien sea las laterales o las culatas, para poder cumplir con su función de ventilación (**ventilación lateral**).

Si el ancho del invernadero es mayor a 5 metros es muy posible que necesite aberturas en el techo, lo que se conoce como **ventilación superior**.

Para el diseño de invernaderos se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Índice de ventilación lateral mínimo de 15%: Corresponde al área que mínimo se debe poder levantar de todas las cortinas laterales en relación al área total cubierta por el invernadero.

$$\text{Índice ventilación lateral} = \frac{\text{Área de apertura lateral (mt}^2\text{)}}{\text{Área total de superficie (mt}^2\text{)}} \geq 15\%$$

Por ejemplo:

- Invernadero de 8 mt. de ancho x 10 mt. de largo, Área total de 80 mt².
- Las cortinas se pueden subir 0,5 metros de altura solo en los lados más largos del invernadero, 2 laterales x 10 mt. de largo x 0,5 mt. de apertura, total de 10 mt²

$$\text{Índice ventilación lateral} = \frac{10 \text{ mt}^2}{80 \text{ mt}^2} = 12,5\%$$

En este caso, el índice de ventilación lateral es menor a 15 %, por lo tanto una solución es adecuar la apertura de las cortinas laterales para que puedan subir más.

Índice de ventilación superior mínimo de 7%: corresponde al área que mínimo debe sumar la apertura superior de los invernaderos, respecto al área total cubierta. Aplica especialmente para los invernaderos que tengan más de 5 metros de ancho.



Ilustración 50. Ventilación superior en invernaderos.

$$\text{Índice ventilación superior} = \frac{\text{Área de apertura superior (mt}^2\text{)}}{\text{Área total de superficie (mt}^2\text{)}} \geq 7\%$$

Por ejemplo:

- Invernadero de 8 mt. de ancho x 10 mt. de largo, Área total de 80 mt².
- Dos aperturas superiores de 0,3 mt. a lo largo de la estructura, 2 x 10 mt. de largo x 0,3 mt. de ancho, total de 6 mt²

$$\text{Índice ventilación superior} = \frac{6 \text{ mt}^2}{80 \text{ mt}^2} = 7,5\%$$

En este caso, el índice de ventilación superior es mayor a 7 %, y cumple los requisitos para una adecuada ventilación.

Los invernaderos son muy eficientes en el secado del cacao, ya que trabajan bajo el principio del equilibrio de temperatura en las masas de aire interna y externas, lo que genera una ventilación continua.

A interior del invernadero se obtiene una mayor temperatura que en el ambiente exterior, de modo que el aire se mueve de afuera hacia adentro tratando de igualar la temperatura y densidad del aire. Este movimiento de aire suele ser más constante que el logrado solo con los vientos naturales. Así pues, masas de aire caliente y con alta humedad provenientes del secado del cacao son desplazadas por masas de aire más frío y con menor humedad relativa, y por ende, con mayor capacidad de adsorber humedad.

Para que el invernadero funcione correctamente debe mantener como mínimo 4,0° C de diferencia de temperatura interna respecto a la externa, lo cual se consigue manejando la apertura de las cortinas de ventilación. Si se abren mucho estas cortinas y los índices de ventilación son altos, es posible que la temperatura interna y externa sean iguales y no se produzca la ventilación necesaria. Si se abren muy poco las cortinas laterales, la temperatura interna puede subir considerablemente y, al estar restringida la ventilación, el aire dentro del invernadero se puede saturar de humedad y no efectuar el secado esperado.

Invernaderos con estructura metálica, cubierta de policarbonato y mesones de secado

Esta estructura es la más costosa de todas, pero es la de más duración y la que ofrece mayor eficiencia y control del proceso. La cubierta de plástico puede tener una vida útil de 2 a 3 años, dependiendo del manejo y



Ilustración 51. Invernaderos y mesones en metal con mallas plásticas (izquierda) y cubierta de tejas de policarbonato.

mantenimiento; las tejas de policarbonato tienen garantía de 10 años. Asimismo, la estructura metálica, especialmente la de acero galvanizado, tiene una duración superior a los 15 años con un manejo adecuado

Los valores y manejos señalados anteriormente en relación con el invernadero, así como el índice de ventilación lateral y superior, el manejo de cortinas laterales, son igualmente aplicables a estos invernaderos, teniendo en cuenta que las tejas de policarbonato tienen mayor transmisión de luz y energía y por lo tanto estos invernaderos calientan más que los de cubierta plástica.

La estructura de los mesones levantados puede ser en madera, pero es preferible que sean metálicos para que tengan una durabilidad similar a la estructura del invernadero.

La superficie de secado recomendada está constituida por mallas plásticas resistentes con aperturas de 0,4 x 0,4 centímetros. Estas mallas ofrecen muy buena aireación del cacao por la parte inferior mejorando la aireación y adicionalmente junto con las remociones permiten que residuos, granos partidos y hasta granos planos y pequeños (pasilla), puedan caer al suelo y dejar más limpio el cacao seco.

Para manipular el cacao se recomienda emplear rastrillos de madera o PVC, asegurándose de que las partes en contacto con el cacao no sean muy pesadas y gruesas, evitando así partir los granos.



Ilustración 52. Superficie de secado en malla plástica y rastrillo con dientes plásticos.

Un resumen de las características de los sistemas de secado se presenta en el siguiente cuadro.

	PISO DE CEMENTO	MANTAS PLÁSTICAS	MESONES LEVANTADOS EN MADERA	CASA ELVAS	MESONES CORREDIZOS	INVERNA-DEBOS CON PLÁSTICO Y MESONES LEVANTADOS	INVERNA-DEBOS CON POLICARBONATO Y MESONES LEVANTADOS
Temperaturas de secado	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
Velocidad de secado	Alta	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta
Cantidad de cacao por m ²	Alta	Alta	Media	Media	Media	Media	Media
Valor de inversiones	Media	Media	Media	Media-alta	Alta	Alta	Alta
Inocuidad	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Alta
Riesgo de acidez residual en grano	Alta-media	Alta-media	Alta-media	Alta-media	Media	Baja	Baja
% de cáscara	No cambia	No cambia	No cambia	No cambia	No cambia	No cambia	No cambia
% de granos partidos	Disminuye	Aumenta	No cambia	Aumenta	Aumenta	Disminuye	Disminuye
% de granos pegados	Disminuye	Disminuye	Aumenta	Disminuye	Disminuye	Disminuye	Disminuye
Mano de obra	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Riesgo por lluvias repentinas	Alta	Alta	Media	Media	Media	No hay	No hay
Mantenimiento	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Riesgo de contaminación por olores	Alto	Alto	Medio	Alta-media	Alta-media	Bajo	Bajo
Riesgo de rehumedecimiento nocturno	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Pérdidas	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Duración de la infraestructura	Media	Alta	Baja	Media	Media	Media	Muy alta

Tabla 1. Características de distintos sistemas de secado.

4.3 Proceso de secado

El proceso de secado se puede dividir en dos momentos importantes, cada uno de los cuales demanda un manejo distinto.

4.3.1 Secado lento o presecado

En esta etapa se busca lo siguiente:

- *Un secado lento para que salga la mayor cantidad de ácido acético del interior del grano. Un secado muy rápido tendrá el efecto de contraer la parte externa de la cáscara y sellarla, dificultando la salida de la humedad y los ácidos. A causa de un secado muy rápido se pueden también aplanar los granos por la misma razón de la contracción.*
- *No puede ser exageradamente lento porque los microorganismos tendrían una superficie ideal para establecerse, creando una capa de hongos externos dañando el cacao.*
- *Permitir una buena oxidación y la continuación de las reacciones bioquímicas que se estaban dando en la fermentación, a fin de acentuar más los distintos sabores.*
- *Lograr un nivel de humedad y de acidez del grano que permita pasar a un secado más rápido.*

Llenado de las superficies de secado

El cacao recién fermentado debe ser pesado una vez sale del cajón, donde ha perdido en promedio cerca de un 25% del peso inicial, controlándose así el peso exacto que entra a secado.

Cada sistema de secado tiene distinta capacidad de carga en la superficie donde se coloca el grano, en función de su porosidad, facilidad de manipulación, capacidad térmica y de ventilación del sistema en general.

En relación con el llenado de las superficies se habla de la altura de la capa, entendiendo que una capa sencilla tiene la altura de un grano, una capa doble de dos granos, y una capa triple tres granos.

Para el proceso de presecado, se recomienda trabajar con capa doble o triple, cerca de 3 a 6 centímetros de altura, lo cual representa más de 20 kilos de cacao fermentado por m². Estas alturas de capa permiten optimizar la capacidad de carga del sistema de secado, siempre que se realicen las remociones con la frecuencia adecuada. Si por alguna circunstancia no se puede cumplir la frecuencia de remoción, hay que disminuir la altura de capa y trabajar con menos kilos por metro cuadrado de superficie de secado.

Cuando los bordes de la superficie son en madera, se recomienda rebordear con un trozo de madera delgado, separando los granos, ya que en este punto generalmente se empiezan a formar los hongos superficiales.

Las siguientes recomendaciones sobre la frecuencia de remoción de cacao se realizan con miras a la obtención de la mejor calidad posible, especialmente para lograr la menor acidez acética. Algunos clientes solicitan que el cacao tenga una acidez frutal, la cual proviene principalmente del material genético y del tipo de fermentación. Tal acidez

frutal se puede resaltar en el secado al disminuir un poco la frecuencia de las remociones, lo cual hay que ensayar previamente para conocer con precisión según el sistema de secado.

Primer día de secado

En las primeras 24 horas de secado, si se busca obtener baja acidez final, se deben hacer remociones cada 30-35 minutos durante el día (cerca de 16 remociones/día). No obstante, si el sol es directo, si sube mucho la temperatura y la humedad relativa es baja, es necesario aumentar la frecuencia y hacerlas cada 25-30 minutos. Luego de las remociones siempre hay que dejar la misma altura de capa y rebordear.

Segundo día de secado

Se recomienda efectuar las remociones cada 60 minutos durante el día (8 remociones/día). Luego de las remociones siempre hay que dejar la misma altura de capa y rebordear. Si el sol es muy fuerte se deben hacer remociones cada 45 minutos.

4.3.2 Secado rápido

Siguientes días de secado

Se deben hacer remociones cada 2 horas, así el sol esté muy fuerte. Asimismo, se debe dejar la misma altura de capa; ya no se requiere rebordear. A partir del cuarto día de secado es conveniente tomar la humedad del grano cada 12 horas, para poder conocer relacionar las condiciones ambientales y la curva de secado.

4.3.3 Registro y monitoreo

Se puede usar un formato similar al siguiente:



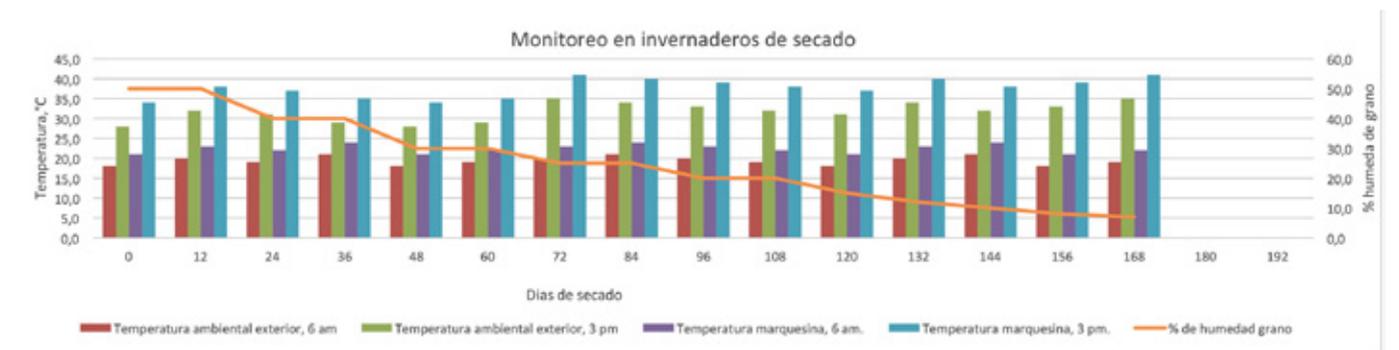
Masa a secar: Corresponde al cacao fermentado cosechado de un cajón específico.

Temperatura ambiental exterior: en el caso de invernaderos se debe tomar la temperatura exterior a las 6 am y 3 pm.

Temperatura marquesina: Es la temperatura al interior del invernadero. Si se deja un termómetro fijo dentro del invernadero se debe evitar que le dé directamente el sol. La medición se hace a las 6 am y a las 3 pm.

Porcentaje de humedad ambiental marquesina: Se toma en el punto más crítico, a las 6 am.

A manera de ejemplo, los datos del monitoreo de temperatura se traducen en una gráfica del siguiente tipo:



Gráfica 4. Temperatura y humedad relativa dentro y fuera de invernaderos (ejemplo).

La realización sistemática de este monitoreo permite conocer el comportamiento del invernadero de secado a fin de optimizar su funcionamiento.

Cuando el cacao alcanza un porcentaje de humedad entre 6,5 y 7,0 se puede recoger para terminar el proceso de secado.

En cuanto a su posterior clasificación y empaque, se debe tener en cuenta que si el cacao se recoge estando caliente, es posible que gane un poco de humedad cuando se enfríe.



5. Dimensiones y rendimientos de procesos

5.1 Capacidad instalada de fermentación y secado

Para determinar la capacidad instalada se requiere conocer previamente la curva de producción de la finca o de un conjunto de fincas que van a alimentar un centro de beneficio comunitario.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% DE LA PRODUCCIÓN ANUAL	5%	1%	3%	7%	8%	7%	10%	12%	12%	15%	10%	10%

Luego hay que calcular la producción del mes con mayor porcentaje. Octubre en el ejemplo:

$$\text{Producción anual estimada} = 100 \text{ tn.}$$

$$\text{Mayor producción mensual cacao seco} = 100 \text{ tn} \times 15\% = 15 \text{ tn/mes}$$

Normalmente el ciclo de fermentación no dura más de 7 días, por lo cual se estima que en el mes se logran hacer 4 fermentaciones. La producción de cacao seco para una semana pico se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Cacao seco en semana pico} = 15 \text{ tn} \div 4 = 3,8 \text{ tn} = 3.800 \text{ kilos semana}$$

Hay que asumir un porcentaje de conversión de cacao en fresco a cacao seco. Este factor puede cambiar dependiendo de muchas variables, siendo la época de lluvia, una de las principales (con la lluvia, el cacao fresco tendrá más humedad y el rendimiento a cacao seco será menor).

Para el ejercicio se toma el factor de 33%, es decir, de cada 100 kilos de cacao fresco se obtienen 33 kilos de cacao seco.

Total cacao seco a producir en centros de beneficio semana pico (kilos)	3.800
% conversión promedio húmedo a seco	33,0 %
Cacao baba en semana pico de cosecha (kilos)	11.515



Posteriormente hay que determinar la capacidad de llenado por cajón en función de sus dimensiones:

VARIABLES TÉCNICAS FERMENTACIÓN	
Largo de cajón (metros)	1
Ancho de cajón (metros)	1
Alto de cajón (metros)	0,8
Volumen de cada cajón (m3)	0,8
Capacidad seleccionada en kg en baba/cajón	500
% disminución de peso luego de fermentar	25%

Conociendo la capacidad por cajón, se calcula cuántos cajones se van a necesitar, teniendo en cuenta que por cada línea de cajones se requiere uno libre para poder hacer los volteos en una sola línea y no tener que trasladar cacao de una línea a otra. Esto es muy importante en los casos de cajones en escalera, dada la dificultad que habría para trasladar a cajones que están más arriba.

En el siguiente ejemplo se utiliza el factor de 25% de reducción desde cacao fresco para calcular el total de cacao fermentado:

	Centro 1
CAPACIDAD DE FERMENTACIÓN TOTAL SEMANAL	100%
Cajones fermentadores por volumen semana pico	23
Número de líneas de cajones	5
Total cajones	28
Capacidad de fermentación de baba kg/semana	11.515
Cacao fermentado kg/semana	8.636

Posteriormente se calcula el requerimiento de metros cuadrados de superficie neta de secado, teniendo en cuenta el sistema y técnica de secado:

CAPACIDAD DE SECADO		m2	
Elvas y/o marquesinas	kilos fermentados/m2 neto	20	432
Producción semana pico	kg cacao seco		3.800

Teniendo el dato del número de cajones y de los m2 netos de secado, se pueden construir o adaptar las instalaciones de fermentación y secado necesarias para cubrir las necesidades en los periodos de máxima producción.

Bibliografía

Afoakwa, E.O., Kongor, J.E., Takrama, J.F. and Budu, A.S. (2013). Changes in acidification, sugars and mineral composition of cocoa pulp during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Teobroma cacao*) beans. In *International Food Research Journal*, 20(3):1215-1222. Malaysia.

Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, C., De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Teobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Miranda). Venezuela.

APPCACAO, (2014). Manual técnico de cacao. Lima.

Ganeswari, I., Khairul Bariah, S., Amizi, M. A and Sim, K.Y. (2015). Effects of different fermentation approaches on the microbiological and physicochemical changes during cocoa bean fermentation. In *International Food Research Journal*, 22(1):70-76. Malaysia.

García, P., Urrieta, J.M., Morales, R., García, M.A. (2002). Perfiles de concentración interna de acidez volátil a través de la fermentación de cacao. *Memorias III Encuentro Internacional de Biotecnología*. UPIBI. México.

Lasisi, D. (2014). A comparative study of effects of drying methods on quality of coco beans. In *International Journal of Engineering Research & Technology*. Vol. 3 Issue 1, January-2014.

Lutheran World Relief. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la cosecha, fermentación y secado del cacao. Nicaragua.

Moreau, J.F., Bacelar, P., Soares, S.E., and Silva, E. (2013). Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. In *Academic Journals, African Journal of Biotechnology*. Vo. 12(33), pp.5218-5225. Africa.

Rivera, R.D., Mecías, F.W., Guzmán, A.M., Peña, M.M., y otros. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Teobroma cacao* L.) tipo Nacional. En: *Ciencia y Tecnología* 5(1):7-12.2012. Ecuador.

Rodriguez, J., Escalona, H.B., Orozco, I., Cervantes, E.L., Jaramillo, M.E. (2010). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Teobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. In *Food Research International*, Elsevier.

Rodriguez, M., Orozco, S. (Ed.). (2012). Calidad de cacao en Centroamérica: un vistazo a la situación en 2009. Foros Nacionales de Calidad de Cacao: Insumos para una estrategia Nacional. En serie técnica. Reuniones técnicas/ CATIE: no.17. Turrialba.



Creamos oportunidades

© 2017 Swisscontact

ISBN 978-958-56212-1-3

Citese como: Pérez, Miguel A.; Contreras, José D. 2017. Instructivo de buenas prácticas de cosecha y pos-cosecha. Swisscontact Colombia. Bogotá D. C. 60 p.

Autores: Miguel Ángel Pérez B. y José David Contreras M.

Fotos: José David Contreras M. y Miguel Ángel Pérez B.

Diseño Gráfico: Ricardo Gómez / Bocetos

Elaborado para: Proyecto Promoción de la producción y exportación de cacao fino de aroma de Colombia – COEXCA / Cooperación Suiza – SECO / Swisscontact - Fundación Suiza para la Cooperación Técnica

Swisscontact

Fundación Suiza para la Cooperación Técnica

Carrera 48 # 93-51 | Bogotá D.C.

+571 4029084

www.swisscontact.org/colombia

Swiss NPO-Code: La organización y administración de Swisscontact se rigen por las Directrices de Gobernanza Corporativa para organizaciones sin fines de lucro publicadas por las presidentas y los presidentes de las principales organizaciones benéficas de Suiza. Una evaluación encargada por esta organización demostró que los principios del código Suizo NPO se cumplen.

Sello de calidad de ZEWO: Swisscontact ha sido distinguida con el sello de calidad ZEWO. Esta certificación se entrega a organizaciones sin fines de lucro para avalar el manejo responsable de los fondos recibidos; certifica que el manejo sea adecuado al fin propuesto, el uso económico y eficiente de las donaciones, y da fe del uso transparente y confiable de las organizaciones con estructuras funcionales de control, que velan por la ética y la recaudación de fondos. Swisscontact es auditado de manera regular sobre el cumplimiento de estos criterios. (Fuente: ZEWO).

El contenido del presente documento está protegido por los derechos de autor. Swisscontact estimula la difusión del presente trabajo por lo que autoriza la reproducción de sus partes, siempre y cuando se citen adecuadamente, como se especifica al final de este documento.

