



Conservación
& Desarrollo



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

Boletín Técnico No. 140

Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao

Juan Jiménez¹, Freddy Amores¹, Claire Nicklin², Daysi Rodríguez³, Fanny Zambrano³, Milton Bolaños⁴, Víctor Reynel⁴, Alfredo Dueñas² y Paúl Cedeño¹

**Quevedo - Los Ríos - Ecuador
Julio /2011**

-
- 1 INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue
 - 2 Fundación C&D
 - 3 CEFODI
 - 4 UTLVTE





Participación de productores en la micro fermentación de muestras de cacao



Procesos para la preparación de licor de cacao con el fin de conducir análisis sensorial

Índice del Contenido

	Pag.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
MARCO TEÓRICO	12
Fermentación del cacao	12
Remoción de la masa de cacao	14
Secado	14
Almacenamiento	15
Calidad sensorial	15
METODOLOGÍA	17
Micro fermentación en cajón	17
Primera y segunda remoción	18
Micro fermentación en cajas Rohan	20
Importancia de la remoción	21
Experimentos realizados	22
Primer experimento	22
Fermentación de las almendras	22
Secado del cacao	24
Segundo experimento	29
Manejo de las muestras en el laboratorio	29
Torrefacción, molienda y refinación de la pasta de cacao	30
Determinación de las distintas variables	31
Prueba de corte y determinación del porcentaje de fermentación	31
Índice de semilla	32
Porcentaje de cascarilla o testa	33
Distribución de la frecuencia del peso de las almendras	33
Atributos sensoriales	33
Variables químicas	34
Análisis de los datos	35
RESULTADOS	35
Primer experimento	35
Resultados físicos	35
Resultados sensoriales	38

Primer grupo (Frutal)	39
Segundo grupo (Amargor – Astringencia)	40
Tercer grupo (Floral – Amargor)	41
Segundo experimento	42
Resultados físicos	42
Resultados sensoriales (Panel de catación local)	48
Resultados sensoriales (Panel de catadores externo)	51
Resultados químicos	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	55
ANEXOS	57

Lista de Gráficos

No.	Título	Pag.
1	Efecto de los métodos de cajas Rohan y micro fermentación en una matriz de masa fermentante sobre el porcentaje de almendras fermentadas.	37
2	Agrupación de las muestras en el plano definido luego del Análisis sensorial multivariado (ACP).	38
3	Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra, compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Muisne.	46
4	Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Atacames.	46
5	Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Río Verde.	47
6	Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Quininde.	47
7	Agrupación de las muestras en el plano definido luego del Análisis multivariado (ACP) de los datos sensoriales.	48
8	Perfiles sensoriales obtenidos por el Panel INIAP (gráfico superior) y el Panel externo (gráfico inferior) para las muestras finalmente seleccionadas.	51

Lista de Figuras

No.	Título	Pag.
1	Vista superior y distribución en el plano horizontal de muestras de almendras de cacao en bolsas de malla antes de ser cubiertas por masa fermentante.	18
2	Posición de las muestras en el cajón antes y después de la primera remoción de la masa matriz y de las muestras en proceso de fermentación.	19
3	Vista Superior de una caja Rohan para fermentar muestras pequeñas de cacao.	20
4	Muestras de cacao colocadas en los distintos compartimentos de la caja Rohan para el inicio de la fermentación.	21
5	Apariencia de una almendra de cacao acriollado (la tonalidad original de los cotiledones es blanca) bien fermentada.	23
6	Almendra violeta que refleja la interrupción del proceso de fermentación.	23
7	Vista superior de la distribución de las muestras de cacao colocadas sobre las gavetas de madera para el secado.	24
8	Presencia de líquido color vinoso en el interior de la almendra al término del primer día de secado.	25
9	Escasa presencia de líquido y coloración oscura como característica de los cotiledones al final del segundo día de secado.	26
10	Presencia de líquidos en el interior de los cotiledones después del tercer día de secado de las almendras.	26
11	Apariencia de los cotiledones al final del cuarto día de secado de las almendras.	27
12	Apariencia de los cotiledones al final del quinto día de secado de las almendras.	28
13	Apariencia del interior de los cotiledones al completarse el último día de secado de las almendras.	28
14	Descascarillado, trituración de las almendras y refinado de la masa de cacao.	31
15	Clasificación de las almendras de cacao por el nivel de fermentación, utilizando la prueba de corte.	32

Lista de Cuadros

No.	Título	Pag.
1	Miembros del panel de catación externo que participaron en la última evaluación sensorial de muestras de licor de cacao.	34
2	Resultados de los análisis físicos de 36 muestras de almendras de cacao sometidas a dos técnicas de micro fermentación.	36
3	Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función de la presencia del sabor frutal.	39
4	Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función de la astringencia y amargor.	40
5	Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función del sabor floral.	41
6	Resultados de los análisis físicos de 45 muestras de almendras de cacao fermentadas por el método de cajas Rohan, colectadas en cuatro zonas de la provincia de Esmeraldas.	43-44
7	Estadísticos relacionados con el peso de las almendras de cacao provenientes de las zonas bajo estudio.	45
8	Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función de un mejor balance entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez.	49
9	Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función del bajo nivel de intensidad para el sabor a cacao y otras notas aromáticas.	50
10	Resultados del contenido de polifenoles totales, grasa, teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína para las muestras seleccionadas.	52

Lista de Anexos

No.	Título	Pag.
1	Ilustración de una pila de 12 cajas Rohan para fermentar grandes volúmenes de cacao, hasta una tonelada.	57
2	Parámetros para evaluar la calidad del cacao en grano beneficiado – Norma INEN 176 (Revisión 2006).	58
3	Formulario para la evaluación sensorial de cacao en muestras de licor.	69
4	Resultados sensoriales obtenidos por el Panel de catación externo (con especialistas internacionales y locales).	60
5	Resultados de los análisis físicos de muestras de cacao sometidas a dos métodos de micro-fermentación.	61-62
6	Resultados de los análisis sensoriales de 36 muestras de cacao.	63
7	Resultados de los perfiles sensoriales de las muestras de cacao fermentadas en cajas Rohan.	64

RESUMEN

Durante el periodo Abril 2008-Noviembre 2009, INIAP, C & D, CEFODI y UTLVTE, condujeron un estudio colaborativo para comparar dos métodos de micro-fermentación: 1) Colocación de pequeñas muestras de cacao (2 kg) en una matriz de masa fermentante, y 2) Cajas Rohan. La fermentación se realizó en las instalaciones de CEFODI, sur de la provincia de Esmeraldas. Las muestras se originaron en distintas zonas de la misma provincia (Atacames, Muisne, Rio Verde y Quinindé). En una primera etapa se fermentaron 36 muestras de árboles identificados con este propósito. El objetivo era decidir que método seguiría usándose para la micro-fermentación de las 45 muestras participantes en la segunda etapa de la investigación, la que incluyó algunas muestras (10) de la primera etapa. Todas las muestras se sometieron al análisis sensorial. También se registraron datos de algunas variables físicas (en la E. E. Pichilingue) y químicas (en la E.E. Sta. Catalina) para apoyar el proceso de selección de los árboles con las muestras mejor calificadas. El promedio del índice de semillas a través de muestras, igual a 1.31 g, refleja el buen tamaño de las almendras, coincidiendo con resultados previos obtenidos en el norte de dicha provincia. Un promedio de 13.2 % de cascarilla a través de muestras, garantiza un alto rendimiento de "nibs", cualidad que la industria del chocolate tiene en gran aprecio. Con uno u otro método el porcentaje de almendras fermentadas resultó similar. Las diferencias entre métodos para el porcentaje de fermentación estuvieron ausentes, incluso para diferentes tiempos de fermentación. En cualquier caso, más del 85 % de las muestras terminaron con un buen nivel de fermentación, arriba del 80%. En la segunda etapa, por la facilidad para conducir micro fermentaciones, se decidió continuar usando el método de cajas Rohan. El promedio de fermentación a través de muestras en esta etapa, más del 65% de almendras fermentadas, fue más bien moderado. Gran parte de los eventos de micro-fermentación tuvieron lugar en el verano 2009. La baja temperatura, usual en esta época del año, explicaría este resultado. En este contexto, la micro fermentación en una matriz de masa fermentante, parece ser una mejor opción durante periodos de baja temperatura. La interpretación de los resultados del análisis sensorial permitió la selección de las muestras: C-QU036 (Quinindé), C-QU042, (Quinindé), C-RV021 (Rio Verde), U-AT066 (Atacames) y U-AT067 (Atacames), que además exhiben valores promedios de índice de semilla mas allá de 1.30 g y contenido de cascarilla igual a 13.5 %. Los porcentajes más altos para el contenido de polifenoles totales y grasa, corresponden a las muestras C-QU036 y C-QU042. Con una excepción, los valores para la relación teobromina/cafeína (T/C) caen dentro del rango típico de los cacaos finos o de aroma. Las muestras U-AT066 y U-AT067 presentan una relación T/C tan baja como la de los cacaos Criollos.

INTRODUCCIÓN

La calidad es un concepto multidimensional al referirnos a cualquier producto. Y el cacao y los chocolates no son la excepción. Para construir la calidad hay que recorrer un largo camino invirtiendo mucho trabajo. El manejo post cosecha (fermentación, secado y almacenamiento) es una de las etapas con mayor influencia sobre el desarrollo de la calidad sensorial del cacao. Pero finalmente, es la torrefacción (tostado) de las almendras bien fermentadas y secas, la que libera la expresión del sabor y aroma del chocolate y otras notas sensoriales de interés.

En Ecuador hay zonas bien definidas para la producción de cacao. La mayor parte de las huertas tradicionales productoras de cacao tipo Nacional, con superficies que oscilan entre 0,5 a 10 hectáreas, se encuentra en manos de pequeños finqueros. En algunos casos, los dueños de las fincas pertenecen a una Asociación de productores que centraliza las tareas de acopio, fermentación, secado y almacenamiento en un lugar, usualmente la sede de la Asociación, dotada de la infraestructura para estos menesteres. El objetivo de la centralización del beneficio post cosecha es el de asegurar la calidad requerida en los lotes de cacao preparados para la exportación.

Usualmente, en las huertas tradicionales de cacao se encuentran árboles que por ser híbridos naturales, expresan una amplia variación de sus características productivas y sanitarias, entre otras. Solo unos pocos combinan alta productividad y resistencia a las enfermedades en el mismo árbol, combinación que como es de esperarse les confiere un mayor valor agronómico y económico. Tal circunstancia despierta el interés del productor para identificar y utilizar estos árboles como fuente de material de siembra clonal, con el objetivo de sembrar y aumentar el número de plantas productivas en su huerta. El resultado final será un aumento en los ingresos del productor por la venta de un mayor volumen de cacao.

La obtención de plantas clonales mediante la injertación de yemas obtenidas de árboles productivos, provistos de índices adecuados de semilla y mazorca, con almendras dotadas de perfiles sensoriales de interés, es una de las alternativas disponibles para rehabilitar y aumentar la producción en las huertas tradicionales de cacao, o para aumentar la extensión de la huerta con nuevas siembras en la cercanía.

Precisamente, con el objetivo de conocer el perfil de sabor de muestras de cacao proveniente de árboles identificados como productivos, es que surge la necesidad de la aplicación de técnicas para la fermentación de pequeñas cantidades de masa fresca de almendras. Naturalmente, un árbol no tiene la capacidad para producir un número suficiente de mazorcas maduras en un momento determinado, para disponer de volúmenes grandes que permitan la fermentación por los métodos tradicionalmente conocidos (cajón y montón).

A lo mejor, un árbol de interés, puede producir un centenar de mazorcas pero a través de varios meses. Pero ni aún así habrá suficiente masa fresca para una fermentación por los métodos tradicionales (por ejemplo para el caso de montón se requieren al menos de 30 kg de masa fresca. Para superar este problema, se han desarrollado técnicas de micro fermentación, aptas para fermentar volúmenes pequeños de masa fresca, usualmente hasta con un peso de 2 kilogramos.

Desafortunadamente, la experiencia disponible en el país con las técnicas de micro fermentación, es bastante limitada. Más si se trata de aplicar el criterio sensorial para reforzar la selección de árboles superiores en huertas tradicionales. Con el fin de ampliar esta experiencia y examinar el perfil sensorial de pequeñas muestras de cacao, se condujo un estudio para comparar dos técnicas de micro fermentación, recomendar aquella con el mejor desempeño y aportar con información sensorial para reforzar la selección de árboles superiores.

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Esmeraldas y la Estación Experimental Tropical Pichilingue, con la participación del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), CEFODI (Centro Esmeraldeño de Formación y Desarrollo Integral), C&D (Fundación para la Conservación y el Desarrollo) y la UTLVE (Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas). Las instituciones antes nombradas y el Programa CSO-CGIAR contribuyeron con financiamiento (dinero y especie) para el estudio.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hay escasa información sobre las características del cacao producido en fincas de la provincia de Esmeraldas (al igual que en otras zonas), menos aún sobre aquellas relacionadas con el sabor. La información sensorial disponible proviene de ejercicios de fermentación conducidos con los métodos tradicionales (cajón, sacos y montón), usando volúmenes grandes de masa fresca.

La observación de árboles dotados de atributos de interés (productividad, resistencia a enfermedades, tipo genético, etc.), es un hecho casi cotidiano con el que uno se topa, al recorrer una huerta tradicional de cacao. Frente a este hecho, surge en el productor el interés por “fijar” las ventajas observadas, multiplicando dichos árboles como clones. Sin embargo, cada vez hay más conciencia sobre la calidad sensorial como una dimensión clave de la calidad integral del cacao. A lo mejor, por allí hay árboles con un sabor particular, los que pueden representar el punto de partida para el desarrollo de huertas calificadas, cuya producción podría dirigirse a nichos particulares con precios más atractivos.

Para satisfacer la inquietud anterior se necesita contar con técnicas que permitan la fermentación de las pequeñas masas de cacao obtenidas de dichos árboles. Por el momento, el conocimiento sobre el uso de estas técnicas en nuestro medio es bastante limitado, por no decir desconocido. Los métodos tradicionales de fermentación no sirven para este fin como ya ha quedado señalado.

El presente estudio fue diseñado para obtener y diseminar información relevante sobre el desempeño comparativo de dichas técnicas, así como de los resultados de su aplicación en la selección de árboles superiores, basados en el criterio sensorial.

Los resultados se utilizaron como criterio para seleccionar árboles, entre un grupo identificado en fincas de productores, cuyas almendras exhiben notorias características aromáticas. CEFODI ha comenzado a multiplicar estos árboles como clones para “fijar” sus características y establecer parcelas de observación para monitorear su comportamiento y evaluar el potencial comercial. El proyecto se convirtió así en una valiosa oportunidad para ganar experiencia y reforzar destrezas, en el empleo de las técnicas de micro fermentación y la selección de árboles superiores, utilizando el análisis sensorial de las muestras fermentadas.

MARCO TEÓRICO

El estudio se sustentó de manera general en la teoría relacionada con el manejo post-cosecha (fermentación, remociones, secado y almacenamiento) del cacao. Y de manera particular, en metodologías utilizadas para fermentar volúmenes pequeños de masa fresca, procedentes de plantas experimentales, o de árboles identificados en huertas de productores. La evaluación de la calidad sensorial se apoyó en la teoría relacionada con la degustación, percepción y cuantificación de las dimensiones del sabor.

Fermentación del cacao

Según Llanos (1947), al tratar de fermentar pequeñas cantidades de cacao, lo más recomendable es la utilización de los llamados fermentadores solares ideados por el Colegio Imperial de Trinidad. Son cajas grandes con dimensiones de 1,8 m de largo por 1,2 m de ancho y 0,90 m de alto; encima se pone una tapa de vidrio con bisagras para moverla con facilidad. Dentro de las cajas grandes se colocan pequeñas cajas de 30 cm de lado y con perforaciones en cada lado, incluyendo las tapas. Las cajas, con capacidad para recibir hasta 25 kg de masa fresca de cacao se rodean con hojas de plátano antes de llenarlas. La masa de cacao se deja fermentar durante el tiempo necesario sin realizar ninguna remoción. En el interior de la caja grande se coloca una vasija con agua para mantener la humedad ambiental.

En 1957 se realizaron experimentos de fermentación, utilizando una bandeja de madera con fondo enrejado, sobre el que se amontonaron uniformemente las almendras de cacao hasta una altura de 10 cm. Aunque los resultados no fueron concluyentes (Rohan, 1960), se tomaron como punto de partida para otros estudios que finalmente condujeron al desarrollo de una nueva técnica de fermentación, la de las cajas Rohan.

Wood (1982) reportó algunos resultados obtenidos por el Instituto de Investigaciones cacaoteras del África Occidental de Ghana en 1958. Se fermentaron montones de cacao de diferentes tamaños, observándose que en la capa superficial, entre 7 a 10 cm de profundidad, las almendras alcanzaban un buen grado de fermentación en dos o tres días, mucho antes que el resto del montón. A partir de estas observaciones se desarrolló un método de fermentación (el método Rohan) en el cual el espesor de la masa fresca es de 10 cm. Para el efecto, se construyen bandejas de madera con dimensiones de 1.20 x 0.80 y 0.10 m (largo, ancho y alto), divididas en dos secciones, cada

una con capacidad para fermentar hasta 45 kg de masa fresca.

Enríquez (1985) señala que para fermentar el cacao en capas de 10 cm se deben construir cajas de 1.2 x 0.8 y 0.1 m de largo, ancho y profundidad. En el fondo de la caja se dejan agujeros de 5 mm de ancho, separados 5 cm uno de otro, para permitir la salida de los exudados de las almendras. El cacao húmedo se coloca en las bandejas que luego se disponen una sobre otra, hasta un máximo de 12 bandejas. No hay necesidad de remover las almendras pero se recomienda cambiar diariamente la posición de las bandejas.

Pastorelly (1992) realizó estudios de fermentación mediante la técnica Rohan con muestras de cacao provenientes de árboles seleccionados en la colección Cacao de Aroma Tenguel, también conocida como CCAT. Todas las muestras se fermentaron durante tres días y luego del secado correspondiente se determinó que el promedio de fermentación fue del 81.3%. La proporción de la testa (cascarilla) varió entre 11.6 a 21.4%, según el árbol de cacao de donde procedía la muestra, demostrando la variabilidad genética para esta característica.

En otro estudio sobre métodos (cajas y montones) y tiempo de fermentación utilizando diferentes volúmenes (20, 40 y 60Kg.) de masa de cacao tipo Nacional, no se encontraron diferencias significativas con respecto al porcentaje de fermentación, con un promedio de 87% a través de tratamientos (Navarrete, 1992).

Se recomienda realizar la fermentación en un lugar donde el cacao se pueda proteger de las condiciones climáticas (hay que utilizar cubiertas si es necesario). La masa se cubre con hojas de plátano o bijao, colocando sacos de yute encima ya sea que la fermentación se realice en montones o cajones (Jiménez, 2000). No es conveniente utilizar plásticos como cobertura de la masa.

Sánchez (2007) utilizó una técnica de micro fermentación para la fermentación de 21 muestras cacao de árboles de origen Nacional y Trinitario. La técnica consistió en colocar bolsas agujereadas con las muestras en su interior, en medio de una masa grande de cacao, la que a su vez estaba contenida en un cajón con capacidad para 100 kg de masa fresca. Al final, el promedio de almendras fermentadas a través de muestras fue de 85.1%; el periodo de fermentación fue de cuatro días para todas las muestras. En otro estudio conducido en el norte de Esmeraldas, donde también se aplicó la técnica de micro fermentación previamente descrita, se obtuvo como resultado un promedio de 79.6 % de almendras fermentadas, después de un periodo de 4 días de fermentación (Palacios, 2008).

Remoción de la masa de cacao

Graziani (2003) estudió la fermentación del cacao Criollo usando dos diseños de cajas: cuadradas con dimensiones de 0.15; 0.15 y 0.15 m, y rectangulares con dimensiones de 0.1. .15 y 0.2 m (ancho, largo y profundidad). Los mejores resultados se lograron con las cajas diseñadas en cuadro, obteniéndose el 79 % de almendras fermentadas, aunque el resultado difirió muy poco del porcentaje obtenido con las cajas rectangulares. Al parecer, en el primer caso, se produjo una mayor acumulación de temperatura, la que fue reforzada por las remociones de la masa realizadas al segundo y cuarto día de la fermentación.

Salto (2005) no encontró diferencias en el porcentaje de fermentación en cajones al realizar una sola remoción, ya sea a las 24 o 48 horas de iniciado el periodo de fermentación de tres días. Los porcentajes de fermentación obtenidos promediaron entre 82.2 y 83.9%, en su orden. Tampoco se detectaron diferencias entre las temperaturas máximas registradas en la masa, ni en las características de los perfiles de sabor.

Según Jimenez et al (2009), la fermentación se expresa por los cambios que sufren las almendras por la acción de los microorganismos (levaduras y bacterias) al actuar sobre la masa fresca. Ellos transforman el azúcar en alcohol y este en poco tiempo (horas) se convierte en ácido acético. La segunda parte de este fenómeno es una reacción exotérmica que aumenta la temperatura de la masa hasta ubicarse en el rango de 45-50°C.

Los mismos autores argumentan que la combinación de la alta temperatura con el ácido acético, es la que conduce a la muerte del embrión, y posterior formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma a chocolate (aminoácidos, péptidos, azúcares reductores, entre otros). Con una fermentación es incompleta, la expresión sensorial de las almendras luego del tostado, se presenta debilitada.

Secado

Llanos (1947) recomienda el secado natural, colocando la masa de cacao sobre los tendales, inicialmente en capas de 3 a 6 cm de espesor, el que se reduce a medida que pasan los días. Cada media hora un hombre con un rastrillo debe remover y voltear los granos. Con temperaturas promedio de 28 a 30°C y con 6 horas diarias de exposición al sol, con 4 días de secado el cacao ya estará seco.

Barros (1970) recomienda distribuir el cacao en capas de 10 a 12 cm para el primer día de secado. Si el tiempo es húmedo el espesor de la capa disminuye a

5 - 7cm. Con un sol fuerte las almendras se exponen como máximo 2 horas durante el primer día. Al segundo día la exposición del cacao al sol será de 4 horas. A partir del tercer día las almendras se expanden en capas delgadas que se remueven frecuentemente para acelerar el proceso de secado.

Es conveniente que el secado natural del cacao se realice colocando las almendras en tendales de caña o madera, esto en vista que la temperatura se regula mejor que en tendales de cemento. Según Jimenez (2000) el cacao fermentado se coloca en capas gruesas de hasta de 4 cm para el primer día de secado. En los días siguientes, el espesor de la capa va disminuyendo gradualmente, hasta alcanzar aproximadamente 1 cm en el último día. De esta manera las almendras alcanzan el contenido adecuado de humedad (6 a 7 %) para el almacenamiento.

Almacenamiento

El almacenamiento del cacao con un porcentaje de humedad más allá de lo normal (7%) por periodos prolongados, conduce al deterioro de los componentes no grasos de las almendras. También provoca la oxidación de la grasa por acción de los hongos. Este último proceso conduce a su vez al aumento en la concentración de los ácidos grasos libres, la que en condiciones normales no debería ir más allá del 1%, pero niveles más altos afectan en forma importante la calidad del cacao y chocolate (Jiménez et al, 2009). De acuerdo con Urquhart (1963), el cacao se almacena en sacos que luego se colocan sobre tarimas de madera de 0.15 m de altura, para aislarlos del piso y mantenerlos alejados de otros productos. Las almendras absorben fácilmente aromas extraños de otros productos con los que está en contacto, o que se encuentran en la cercanía.

Calidad sensorial

Pérez (2009) señala que la calidad organoléptica del cacao se refiere al color, olor y sabor, parámetros que distinguen a los cacaos corrientes o básicos de los cacaos finos o de aroma. Estos últimos, se caracterizan por que el sabor a cacao se combina con otros sabores como el floral, frutal, nuez, etc., confiriéndoles una calidad más aromática.

Según Wood et al (1985), las almendras de cacao por naturaleza contienen pequeñas cantidades de ácido cítrico (0.5%) después de la fermentación y del secado. Este compuesto se encuentra estrechamente relacionado con el sabor frutal que exhiben algunos tipos de cacao. También señalan que los

aromas frutal y floral pueden surgir a partir de alcoholes producidos por las levaduras durante la fermentación y que completan su desarrollo durante el tostado de las almendras.

Los resultados de pruebas de catación en pasta o licor de cacao de muestras provenientes de árboles seleccionados en distintas zonas productoras del país, demuestran que poseen atributos de sabor floral con promedio de 2.8, acompañado de ligeras notas de sabor frutal y nuez, con promedios de 0.1 y 1.3, en su orden (Pérez et al 1998).

En otro estudio realizado por Sánchez (2007), se confirmó que existe una amplia variación sensorial en el cacao proveniente de distintas huertas tradicionales. Esta variación se puede aprovechar para seleccionar individuos que producen almendras con sabores especiales. Amores et al. (2009) mencionan que el cacao ecuatoriano posee un perfil suave y balanceado con un sabor intermedio a cacao y otras notas sensoriales vinculadas a los sabores frutal, floral y nuez, con valores promedios de 4.3; 3.1 y 2.4, en el mismo orden.

METODOLOGÍA

La descripción de la metodología se realiza de acuerdo al orden de la ejecución de las actividades. La fermentación del cacao se realizó usando dos técnicas: 1) Micro-fermentación dentro de una matriz fermentante en cajón, y 2) Cajas Rohan. El secado de las almendras se hizo en forma natural mediante la radiación solar. Las muestras ingresaron al laboratorio para los respectivos análisis (físicos, sensoriales y químicos). Los análisis físicos y sensoriales tuvieron lugar en el Laboratorio de calidad integral de cacao de la E. E. Pichilingue y los químicos en el laboratorio de Nutrición vegetal de la E.E Sta. Catalina. Las pruebas sensoriales se condujeron en primera instancia por intermedio de un panel de catación local, complementadas más tarde por un panel externo, conformado por especialistas de diferentes países. Los datos sensoriales se analizaron aplicando la técnica de Fridman y posteriormente mediante una prueba de análisis multivariado (Componentes Principales).

Micro fermentación en cajón

Consiste en la colocación de una pequeña cantidad de masa fresca de cacao, hasta 2,5 kg, dentro de una bolsa de tela de malla con dimensiones de 25 x 40 cm. Las bolsas vienen con un cordón de seguridad que facilita su cerramiento y evita que las almendras se salgan. Además, son lo suficientemente amplias para facilitar la remoción de la masa contenida en su interior, sin abrir la bolsa. Se colocan en medio de una matriz de masa fermentante de cacao fresco que usualmente llena un cajón normal de fermentación.

Para el presente estudio, las bolsas con las muestras de cada árbol, se distribuyeron en medio de la matriz de la masa fermentante, constituida por unos 150 kg de almendras frescas que llenaron el cajón. Las dimensiones del cajón son: 50 x 50 x 50 cm (largo, ancho y altura). La masa fermentante tuvo su origen en la cosecha de mazorcas proveniente de las huertas donde se seleccionaron árboles superiores, aunque también podía provenir de la cosecha de huertas vecinas. La Figura 1 ilustra la distribución de las bolsas con las muestras en el interior de la masa matriz.

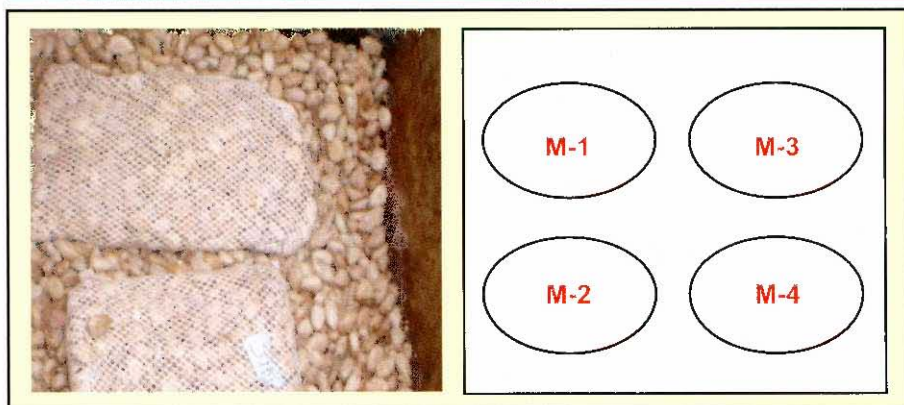


Figura 1. Vista superior y distribución en el plano horizontal de muestras de almendras de cacao en bolsas de malla antes de ser cubiertas por la masa fresca fermentante.

El primer grupo de bolsas conformado por 4 muestras, se colocó encima de una capa de masa fermentante con un espesor de 15 cm, medido a partir del fondo del cajón. Las muestras se cubrieron con 5 cm de masa fresca procediéndose después a colocar encima un segundo grupo (4) cubiertas igualmente con otra capa de 5 cm. A continuación, se colocó un tercer grupo de muestras (4) que se cubrieron con otra capa de cacao fresco con el mismo espesor antes señalado. Finalmente, sobre esta capa se distribuyó un cuarto y último grupo de muestras (4), añadiendo enseguida 15 cm de masa fresca, o la cantidad necesaria hasta llenar el cajón. En total, la masa fermentante conjuntamente con las muestras dentro del cajón, alcanzó la altura de 45 cm. Cuando el cajón estuvo lleno se cubrió con hojas de plátano y sacos de yute.

Primera y segunda remoción

Transcurridas las primeras 24 horas desde el inicio de la fermentación, se procedió a realizar la primera remoción de la masa matriz fermentante, así como de las muestras dentro de las bolsas de malla distribuidas dentro de dicha matriz.

La remoción se realizó retirando la masa de la mitad superior del cajón para colocarla y mezclarla en un recipiente aparte (recipiente 1). Luego se procedió de igual manera con la porción de la masa en la mitad inferior del cajón que se ubicó en otro recipiente (recipiente 2). Durante el proceso las bolsas con las muestras se extrajeron gradualmente, organizándose sobre una superficie plana de manera tal que se hiciera fácil tener presente su

posición original. Las bolsas se manipularon manualmente por separado para remover la masa muestral en su interior, tarea que se facilitó por la amplitud de las bolsas, antes de retornarlas al cajón en el interior de la masa matriz fermentante. La remoción de las muestras se hizo moviendo y mezclando varias veces las almendras de un extremo al otro en la bolsa. El objetivo final era contribuir a la homogenización de la fermentación.

Después de la remoción, la masa fermentante en el primer recipiente se retornó gradualmente al cajón hasta formar una capa de 15 cm de altura. Encima se distribuyeron las 4 bolsas, originalmente ubicadas en el estrato más superficial de la masa fermentante, al inicio de la fermentación. Se cubrieron con una parte de la masa remanente en el recipiente 1, hasta formar una capa con un espesor de 5 cm. Encima se colocó el segundo grupo de muestras, cubiertas a su vez con la última parte de la masa en el recipiente 1, hasta formar una capa de 5 cm de espesor. Enseguida se distribuyó el tercer grupo de muestras que terminaron cubriéndose con una porción de la masa del recipiente 2. Finalmente, en la parte más superior, se colocó y cubrió con la masa matriz, el último grupo de muestras (las que al inicio de la fermentación se encontraban en la parte más inferior del cajón). Por último, el cajón se cubrió con sacos de yute omitiéndose las hojas de plátano. La Figura 2 ilustra la disposición de las muestras al inicio de la fermentación comparada con la disposición en que quedaron después de completarse la primera remoción.

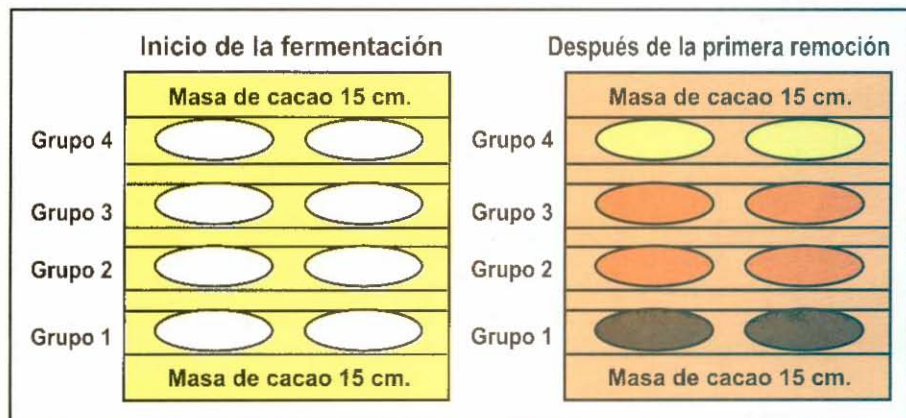


Figura 2. Posición de las muestras en el cajón antes y después de la primera remoción de la masa matriz fermentante y de las muestras en proceso de micro fermentación.

Luego de 72 horas del inicio de la fermentación se realizó la segunda remoción de la masa matriz fermentante, así como también de las muestras de cacao en las bolsas de malla. Se procedió de igual manera que en la primera remoción.

Micro fermentación en cajas Rohan

Para el presente estudio se realizó una pequeña modificación a las cajas Rohan del modelo original (ver el Marco teórico), con el fin de adaptarlo mejor a las circunstancias del presente experimento. El volumen de la caja se aumentó ligeramente, fijándose las siguientes dimensiones: 1.28 m x 0.87 m y 0.10 m de largo, ancho y profundidad. El fondo de la caja estuvo cerrado con tablas de 5 cm separadas 0.5 cm entre sí. El interior de la caja también fue objeto de modificación, dividiéndose en 20 secciones, con dimensiones de 15 x 20 cm, para el ancho y el largo, respectivamente, obteniéndose un total de 20 compartimentos. La altura se mantuvo en 10 cm igual que para la caja principal. Cada compartimento tiene capacidad para contener hasta 2.5 kg de masa fresca. En el caso que nos ocupa cada sección correspondía a muestras de árboles diferentes.

Al contorno de las divisiones internas de la caja hay un espacio o corredor de 10 cm de ancho. Allí se colocó masa fresca de cacao, diferente a las muestras en estudio, aunque proveniente de las mismas huertas donde se seleccionaron los árboles, o también de huertas vecinas. El propósito de esta masa es servir como barrera para evitar cualquier perturbación de la fermentación de las muestras en el interior de cada compartimento. La caja con las muestras se colocó sobre una mesa de 10 cm de alto para facilitar la evacuación de los jugos del mucilago. La Figura 3 ilustra la descripción de la caja Rohan.

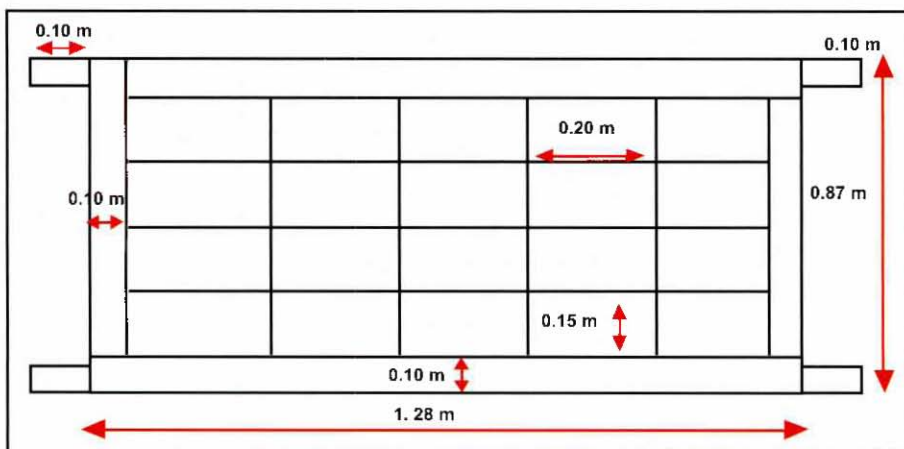


Figura 3. Vista superior de una caja Rohan para fermentar muestras pequeñas de cacao.

Luego de que los compartimentos se llenaron con la masa fresca de las distintas muestras debidamente identificadas (Fig. 4), la caja se cubrió con hojas de plátano y sacos de yute. A las 24 horas después del inicio del periodo de fermentación, se procedió a realizar la remoción de la masa en los diferentes compartimentos. Una vez completada la remoción la caja se volvió a cubrir con sacos. El método indicado es útil para la investigación sobre el comportamiento de la fermentación en muestras pequeñas de cacao, provenientes de plantas experimentales, o de árboles seleccionados en huertas de productores. Con este método, también se puede fermentar hasta una tonelada de masa fresca de cacao, mediante una batería formada por 12 cajas (ver ilustración gráfica en el Anexo 1), las que son colocadas una encima de la otra hasta alcanzar 1.20 m de altura.



Figura 4. Muestras de cacao colocadas en los compartimentos de la caja Rohan para el inicio de la fermentación.

Importancia de la remoción

La remoción es un componente clave del proceso fermentativo de la masa de cacao, y es particularmente necesaria en las masas con volúmenes grandes. Esta tarea se realizó después de transcurridas las primeras 24 horas de fermentación, en primera instancia para estimular la entrada del aire a la masa. Luego, a las 72 horas después del inicio de la fermentación se ejecutó una segunda remoción para asegurar un mayor porcentaje de almendras fermentadas.

Experimentos realizados

Basándose en la producción de los árboles de cacao previamente identificados en las distintas zonas de donde provinieron las muestras, se planificó la ejecución de dos experimentos, ambos en función de la disponibilidad de mazorcas maduras, los que coincidieron con la época lluviosa 2008 y seca del 2009.

Primer experimento

Fermentación de las almendras

Durante el periodo Abril–Junio 2008 se fermentaron un total de 36 muestras de cacao provenientes de árboles seleccionados en huertas tradicionales, en distintas zonas de la provincia de Esmeraldas. La fermentación estuvo bajo el control de técnicos de CEFODI y de la UTLVTE. El objetivo fue la comparación de los resultados de fermentación de las pequeñas muestras de cacao mediante dos métodos de micro fermentación: 1) Bolsas de malla con muestras insertadas en una masa matriz fermentante en cajón, y 2) Cajas Rohan.

Con cada método se aplicaron periodos de 3, 4 y 5 días de fermentación. Como ejercicio adicional se comparó el efecto de la remoción de la masa en distintos momentos durante la fermentación: 1) Remoción a las 24 y 72 horas después del inicio, y 2) Remoción a las 48 y 72 horas después del inicio.

Al finalizar la fermentación algunas almendras se cortaron longitudinalmente para observar el grado de formación de estrías y la intensidad de oxidación en los cotiledones (Fig. 5). Usualmente, las almendras fermentadas adquieren una coloración parda más o menos intensa, dependiendo del tipo de cacao. Si los cotiledones de las almendras frescas presentan un color violáceo oscuro, el pardeamiento al final de la fermentación es más intenso. La coloración es producida por la oxidación de las sustancias fenólicas, particularmente de la antocianina, el pigmento responsable de la coloración violácea al interior de la almendra.

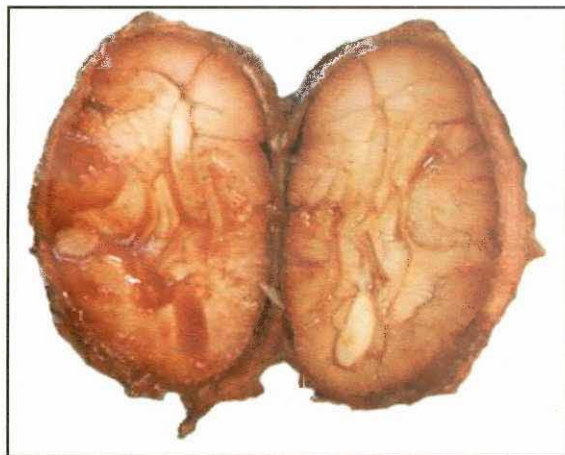


Figura 5. Apariencia de una almendra de cacao acríollado (la tonalidad original de los cotiledones es blanca) bien fermentada.

En algunas almendras el proceso de fermentación no logra completarse exitosamente. Como resultado los cotiledones terminan con una coloración violeta tal como se ilustra en la Fig. 6. En este caso particular, las estrías internas no se formaron porque el embrión no murió oportunamente. Al interrumpirse la fermentación deja de producirse la liberación y oxidación de los polifenoles, en gran parte antocianinas, razón por la cual tampoco tiene lugar el pardeamiento de los cotiledones.



Figura 6. Almendra violeta que refleja la interrupción del proceso de fermentación.

Secado del cacao

Las almendras recibieron secado natural, aprovechando la radiación solar. Con este propósito se utilizaron gavetas de madera dotadas de pequeñas divisiones internas para colocar y mantener separadas las muestras bajo estudio. Las dimensiones de la gaveta son: 2.40 x 1.20 y 0.10 m de largo, ancho y profundidad. Las dimensiones de cada división dentro de la gaveta son: 0.4 x 0.3 m de largo y ancho, como se observa en la Fig. 7.

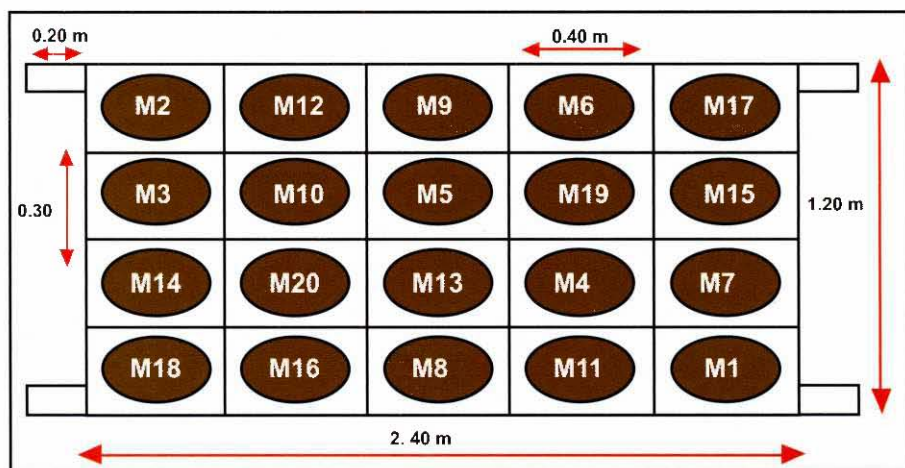


Figura 7. Vista superior de la distribución de las muestras de cacao colocadas sobre gavetas de madera para el secado.

El secamiento se controló estrechamente para que ocurra en forma lenta y pausada. Se buscó garantizar un flujo permanente de evaporación del agua para facilitar el arrastre de suficiente ácido acético desde los cotiledones hacia el exterior. Es importante tener en cuenta este aspecto de la eliminación del ácido acético, ya que al disminuir la acidez, la calidad sensorial del cacao aumenta. En cambio, si se produjera un secado rápido y violento, la pérdida de gran cantidad de agua en un corto periodo de tiempo hace que los cotiledones retengan gran parte de la acidez allí concentrada. A continuación se describe proceso de secado.

En el primer día las almendras en cada gaveta se distribuyeron en una capa de 5 cm de espesor. Su exposición al sol varió entre 3 y 4 horas, dependiendo de la intensidad de la radiación solar. Transcurrido este tiempo, las gavetas con las muestras se dejaron bajo sombra para que la evaporación continúe. Dentro de cada división o compartimiento las almendras se removieron con la mano para cambiar de posición. Los movimientos se realizaron dos veces

durante el tiempo en que las muestras estuvieron expuestas al sol para uniformizar el secamiento.

Al cortar varias almendras al final del primer día, se observó la presencia de una apreciable cantidad de un líquido color rojo-vinoso en el interior, como lo indica la Fig. 8. Este fenómeno ocurrió debido a la exudación de los cotiledones por efecto del calor y la oxidación de los polifenoles, proceso que se mantiene mientras la humedad no se convierta en un factor limitante. En el exterior de las almendras se observó algo del mucílago adherido a la cascarilla, con una coloración café rojizo-claro, que contribuye a la humedad y permeabilidad de la cáscara. A medida que el secado avanzaba se fue deshidratando.



Figura 8. Presencia de líquido color vinoso en el interior de la almendra de cacao al término del primer día de secado

En el segundo día las almendras se distribuyeron en capas más finas, de 4 cm de espesor, que se expusieron al sol durante un periodo más prolongado, en este caso igual a 5 horas. Al igual que el primer día se realizaron dos remociones para homogenizar el grado de secamiento. Al final del tiempo de exposición al sol, las almendras mostraban la presencia de poco líquido en su interior, aunque con un color más oscuro que en el primer día. La cáscara también estaba menos húmeda y por lo tanto con una permeabilidad decreciente al flujo del vapor de agua. El color de la cascarilla se había tornado café-rojizo oscuro, como se observa en la Fig. 9.



Figura 9. Escasa presencia de líquido y coloración oscura como característica de los cotiledones al final del segundo día de secado.

A medida que el secado progresaba, se aumentaron las horas de exposición al sol, en este caso hasta 6 horas, mientras que el espesor de la capa de almendras se iba recortando. Al tercer día era de 3 cm y se aumentó a tres el número de remociones por día. Al final del día, la presencia de la película líquida en el interior de los cotiledones era mínima, tal como se exhibe la Fig. 10. La cáscara se encontraba sólo ligeramente húmeda y permeable y casi no mostraba la presencia de mucílago en su contorno. El centro del cotiledón adquirió un tono café oscuro.

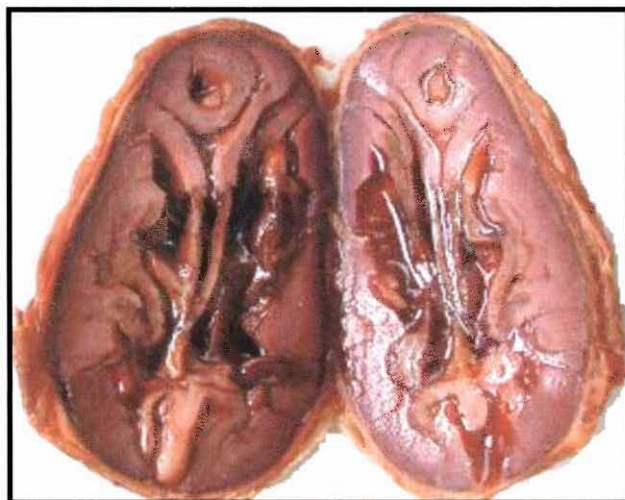


Figura 10. Presencia de líquidos en el interior de los cotiledones después del tercer día de secado de las almendras.

Al cuarto día de secado, el espesor de la capa de almendras en las gavetas se recortó hasta 2 cm, mientras que el periodo de secado se extendió hasta 8 horas. Las almendras se removieron al menos cuatro veces durante dicho periodo, dos veces en la mañana y otras dos en la tarde, para facilitar la homogenización del secado. El porcentaje de humedad de los cotiledones al final del día era de un 13 %. En el espacio entre el cotiledón y la cáscara aún se notaba la presencia de líquido (en la noche la humedad se redistribuye hacia el interior de la almendra), aunque exteriormente la cascarilla mostraba como que la fase de secado había terminado; la Fig. 11 ilustra este particular.

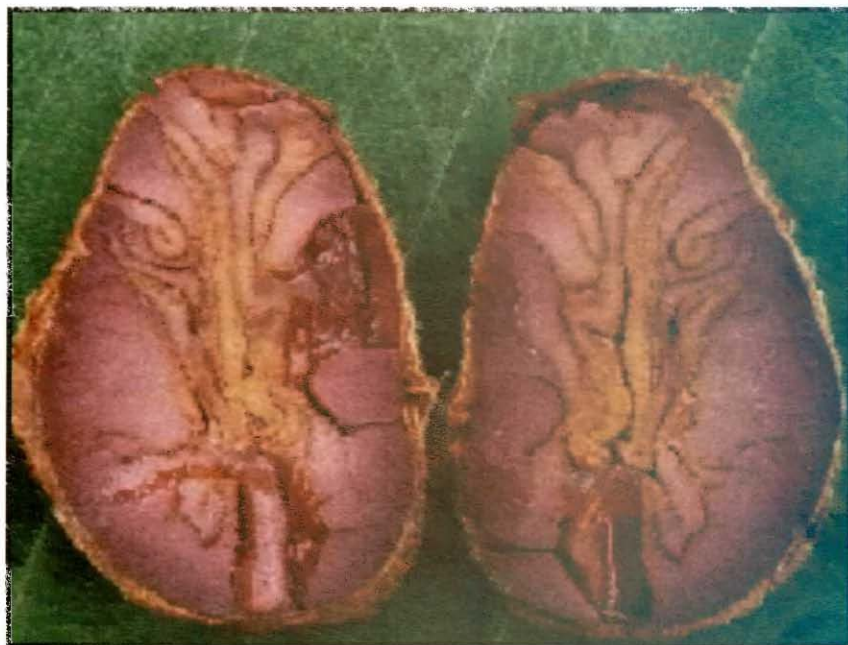


Figura 11. Apariencia de los cotiledones al final del cuarto día de secado de las almendras.

Para el quinto día, el espesor de la capa se recortó al mínimo, igual al espesor de las almendras. Estas se mantuvieron expuestas al sol durante todo el día. De igual manera se realizaron cuatro remociones para homogenizar el secado. El corte de varias almendras al final del día mostró a los cotiledones prácticamente secos. El color de la cáscara se tornó más oscuro aunque ligeramente brillante tal como se observa en la Fig. 12, mientras que el interior de los cotiledones adquirió un color café claro.



Figura 12. Apariencia de los cotiledones al final del quinto día de secado de las almendras.

Al sexto día las almendras se expusieron al sol durante 8 horas. La capa, con un espesor igual al de las almendras, se removió por cuatro ocasiones. El corte de varias almendras al final del día reveló que estaban secas y con un 7% de humedad. La cascarilla se sentía totalmente sólida al tacto y al apretar las almendras entre la yema de los dedos se percibía como un crujido al romperse una galleta. La Fig. 13 ilustra la apariencia de una almendra seca.



Figura 13. Apariencia del interior de los cotiledones al completarse el último día de secado de las almendras

Segundo experimento

Entre Julio y Noviembre del 2009 se visitó otro grupo de fincas en las distintas zonas cubiertas por el estudio. El objetivo era identificar más árboles de interés, con énfasis en aquellos en que la morfología de las mazorcas se acercara a la de los cacaos acriollados.

En total en esta segunda fase de la investigación, se identificaron 45 árboles, colectándose igual número de muestras. Los árboles están ubicados en fincas cacaoteras de los cantones Atacames, Río Verde, Muisne y Quininde. Las muestras se identificaron a través de códigos relacionados con la institución que los recolectó y zona de procedencia. Por ejemplo: C-RV significa que la identificación del árbol y recolección de la muestra la hicieron técnicos del CEFODI en la zona del cantón Río Verde. U-AT significa que la identificación y recolección fue realizada por técnicos de la Universidad Luís Vargas Torres de Esmeraldas en la zona de Atacames. Las muestras C-QU y C-MU, corresponden a las zonas de Quininde y Muisne, en su orden.

Teniendo como antecedente los resultados del primer experimento, se decidió que las nuevas muestras se fermentarían aplicando el método Rohan. En primera instancia se adoptó un periodo de fermentación de 4 días. Más tarde, hubo necesidad de alargar en día el tiempo de fermentación, en vista que los resultados que iban surgiendo no eran satisfactorios.

La maduración de las mazorcas se presentó dispersa en el tiempo como era de esperarse. En algunos casos hubo la necesidad de realizar hasta tres fermentaciones por árbol, con el fin de acumular una cantidad suficiente de almendras fermentadas y secas, para cumplir con los análisis planificados. A pesar de este esfuerzo, el peso acumulado de algunas muestras solo alcanzó para conducir análisis físicos.

Manejo de las muestras en el laboratorio

Las muestras codificadas se ingresaron al laboratorio de Calidad Integral de Cacao en la E.E. Pichilingue. Una parte del manejo tuvo que ver con el secado complementario de aquellas muestras con porcentajes de humedad superiores al 7. Con tal propósito se secaron por 2 horas a 50°C en una estufa de aire forzado hasta que la humedad final se ubicara entre el 6 y 7 %. Después se procedió a eliminar de cada muestra todas las almendras partidas, vanas o con algún otro defecto. Una parte de cada muestra (500 g.) se

utilizó para generar datos de un grupo de variables físicas relacionadas con la fermentación. 50 g se utilizaron para determinar el porcentaje de testa. Otra parte (150 g) se utilizó para la preparación de la pasta o licor de cacao previa torrefacción de las almendras.

Torrefacción, molienda y refinación de la pasta de cacao

Para la torrefacción (tostado) las almendras de cacao se colocaron en bandejas de aluminio perforadas en la base. Las bandejas con las muestras se introdujeron en la estufa una vez que la temperatura alcanzó 112 °C. Allí se mantuvieron por 12 minutos tiempo suficiente para completar la torrefacción. Esta particular combinación de tiempo y temperatura es el resultado de varios ejercicios de torrefacción realizados en años anteriores con muestras de cacao de distintas zonas del país. Es la razón por la que fue seleccionada aunque siempre hay espacio para seguir experimentando y ajustando este aspecto del procesamiento del cacao. Al terminar la torrefacción, las muestras se extrajeron de la estufa y se sobre un mesón para que pierdan calor, a la temperatura ambiente climatizada por aire acondicionado.

Luego de que las almendras se enfriaron lo suficiente se procedió a descascarillarlas manualmente para separar los cotiledones de la testa (cascarilla). Los cotiledones sin cascarilla se trituraron en un molino para granos secos, obteniéndose fragmentos gruesos cuyo tamaño osciló entre 1 y 3 mm. Para la molienda fina de los cotiledones y obtención-refinado de la pasta, se utilizó un molino dotado de un sistema de enfriamiento incorporado, el que se basa en la circulación de agua fría. La Fig. 14 describe el proceso para la obtención de la pasta-licor de cacao.

Al final de la molienda y refinado se obtuvieron entre 100 y 120 g de pasta-licor de cacao para cada muestra que luego se almacenaron en un refrigerador. Cuando llegó el momento, se fueron retirando gradualmente del refrigerador, a medida que avanzaba el proceso de medición de las distintas variables asociadas al sabor.



Figura 14. Descascarillado, trituración de las almendras y obtención de la pasta-licor de cacao.

Determinación de las distintas variables

Se utilizó una muestra de almendras procedente del clon EET 103 como control para comparar los resultados de los análisis físicos, sensoriales y químicos de las demás muestras.

Prueba de corte y determinación del porcentaje de fermentación

Se tomaron aleatoriamente 100 almendras para obtener su peso. Luego, con la ayuda de una guillotina especializada para este propósito, se cortaron longitudinalmente. La superficie interna del cotiledón expuesta por el corte permitió observar y clasificar las almendras de acuerdo a su grado de fermentación en: bien fermentadas, medianamente fermentadas, violeta y pizarra. La Fig. 15 muestra los diferentes niveles de fermentación en las almendras. La prueba de corte sirvió también para identificar, cuantificar y separar aquellas almendras con defectos tales como infestación por insectos, colonización por hongos, granos vanos, etc.



Figura 15. Clasificación de las almendras de cacao por el nivel de fermentación utilizando la prueba de corte.

La determinación del porcentaje de fermentación se realizó basándose en los criterios descritos en la Tabla de la Norma INEN 176 (ver Anexo 2). Las almendras con los cotiledones de color marrón o marrón rojizo, acompañados de estrías bien abiertas, se clasificaron como bien fermentadas. Aquellas almendras con los cotiledones parcialmente estriados y franjas de color violeta en los bordes, se clasificaron como almendras con mediana fermentación. Sumando el porcentaje de almendras con buena y mediana fermentación se determinó el porcentaje total de almendras fermentadas.

Se identificaron como almendras violetas aquellas cuyos cotiledones presentaron en su totalidad un color violeta intenso, como resultado de la fermentación muy limitada, lo que impidió la liberación y oxidación de los polifenoles. Finalmente, las almendras identificadas como pizarras presentaron cotiledones de color gris negruzco y aspecto compacto, producto de la ausencia de fermentación. Se consideraron como granos defectuosos aquellos con deterioro en su estructura interna por la acción de insectos y hongos que se alimentan de los cotiledones.

Índice de semilla

Para determinar el índice de semilla se tomaron aleatoriamente 100 almendras fermentadas y secas que luego se pesaron. El peso obtenido se dividió para 100 y el resultado correspondió al índice de semilla.

Porcentaje de cascarilla o testa

Para cada muestra se procedió a pesar un grupo de almendras hasta completar 30 g. Las almendras se descascarillaron manualmente para separar los cotiledones de la cascarilla, obteniéndose luego el peso de los cotiledones por separado. Este valor se restó de 30 g para determinar el peso de la cascarilla. A su vez, el último peso se dividió para 30 multiplicándose el resultado por 100 para determinar el porcentaje de cascarilla. La cantidad porcentual de cascarilla en las almendras tiene gran importancia para la evaluación del rendimiento industrial del cacao.

Distribución de la frecuencia del peso de las almendras

Individualmente se pesaron 200 almendras de cada muestra. Los pesos correspondientes a la sub muestra de cada zona se organizaron en forma ascendente. Luego, mediante técnicas de estadística descriptiva, se procedió a estructurar los datos de peso en 10 clases con sus respectivas frecuencias. Los resultados se utilizaron para comparar entre zonas los perfiles del peso de las almendras, un aspecto que proporciona pistas sobre su homogeneidad. El conocimiento sobre la variabilidad del peso de las almendras es otro aspecto de importancia para evaluar la calidad integral del cacao.

Atributos sensoriales

Un primer panel de catadores compuesto por 4 personas del ámbito local, cuantificó a través de la escala numérica 0 – 10, la intensidad de las siguientes variables asociadas al sabor: frutal, floral, nuez, dulce, cacao, acidez, astringencia y amargor. Los datos emitidos por los panelistas se registraron en un formulario que se utiliza en el laboratorio (Anexo 3) de la E.E. Pichilingue. La intensidad de cada sabor crece a medida que aumenta el valor dentro de la escala señalada. Durante el ejercicio se detectaron algunos defectos sensoriales (moho, crudo, etc.) adquiridos como consecuencia de situaciones anormales ocurridas durante las fases de beneficio y almacenamiento. Hay que tener en cuenta que tales defectos usualmente se trasladan a las muestras de licor y se reflejan en el sabor.

En base a los resultados de esta primera evaluación sensorial, se seleccionaron un grupo de 17 muestras de las 45 analizadas originalmente, las que se sometieron a una evaluación adicional por un Panel compuesto esta vez por catadores nacionales e internacionales, con amplia experiencia en esta clase

de ejercicios. En el Cuadro 1 se muestra más información al respecto. El segundo análisis incluyó primero la degustación de varias muestras de referencia (Forastero, Criollo, Trinitario y Nacional). El objetivo era facilitar la tarea de los catadores al momento de procesar y cuantificar sus reacciones frente a una misma nota sensorial (ver Anexo 4) en las muestras sujetas a la evaluación. La aplicación de los resultados así obtenidos permitió la selección definitiva de los árboles dotados con los mejores perfiles de sabor, tanto por el balance como por la combinación de los atributos sensoriales.

Cuadro 1. Miembros del Panel de Catación externo que participaron en la última evaluación sensorial de muestras de licor de cacao.

Panelistas	Institución	País
Gladys Ramos	CAPEC	Venezuela
Emile Cros	CIRAD	Francia
Mónica Gómez	Marianacocoaexport	Colombia
David Pastorelly	COFINA S.A	Ecuador
Lorena Vásquez	El Café C.A	"
Alejandra Saltos	C&D	"
Alfredo Dueñas	C&D	"
Juan Jiménez	INIAP	"
Ángela Palacios	"	"
Paúl Cedeño	"	"
Gladys Rodríguez	"	"
Eddyn Solórzano	"	"

Variables químicas

Unos 300 g de las muestras (5) que alcanzaron la etapa final de selección se remitieron al laboratorio de Nutrición y Calidad de la E.E. Sta. Catalina del INIAP, para la determinación de los porcentajes de grasa, polifenoles y purinas (teobromina y cafeína).

Análisis de los datos

Se aplicó la técnica estadística de Friedman para explorar posibles diferencias entre muestras para distintas características físicas. Las dimensiones del sabor (cacao, acidez, astringencia, amargor, frutal, floral y nuez) en conjunto, se sometieron al análisis multivariado de Componentes Principales (ACP) para visualizar en el plano definido por los componentes (X, Y) que exhibieron los mayores porcentajes de la varianza total, la manera como tendieron a distribuirse y agruparse las muestras analizadas.

RESULTADOS

Primer experimento

Resultados físicos

A través de muestras, el peso promedio de las 100 almendras es igual 133.1 g y el índice de semilla igual a 1.33 g (ver Cuadro 2), satisface ampliamente las exigencias establecidas para la comercialización y la industrialización del cacao. Se considera aceptable un índice de semilla de 1.2 g hacia arriba. Según el mismo Cuadro, el nivel promedio de fermentación a través de muestras es igual a 86,8%. Los promedios antes señalados se enmarcan claramente dentro de la categoría ASSS. Según la Norma INEN 176, se relaciona el peso de las 100 almendras con los niveles de fermentación como base para asignar los lotes de cacao a las distintas categorías de exportación: ASE, ASS y ASSS. La humedad promedio de las muestras analizadas igual a 6,1 % también se enmarca dentro del estándar establecido.

El contenido promedio de cascarilla igual al 13.0%, coincide con resultados similares a los obtenidos para varias muestras, tomadas en algunas provincias del país (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Guayas) con promedios de 13.4; 13.8; 14.1 14.5% en su orden (Amores et al 2006). Urquhart (1963) señala que el contenido de cascarilla para distintos orígenes de cacao en América varía entre el 14 y el 16%. Es evidente que el porcentaje de cascarilla para el cacao ecuatoriano en general, y las muestras que participan en este estudio en particular, se ubican fuera del límite inferior de este rango lo que aumenta su atractivo comercial. También se determinaron variables como la humedad de las almendras y defectos adquiridos durante el proceso de beneficiado, tal como se muestra en el Anexo 5.

El análisis no reveló diferencias estadísticas entre muestras, lo que quiere decir que las distintas muestras analizadas se comportan de manera similar para las variables en cuestión, es decir peso de 100 semillas, nivel de fermentación y porcentaje de cascarilla.

Resultados sensoriales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) revela que el 35,7% de la varianza total se encuentra explicada por el componente 1 y el 31,5% por el componente 2. Es decir que el 67,2 % de la variabilidad entre tratamientos está explicada por ambos componentes. El Gráfico 2, muestra la manera como se distribuyen y agrupan las muestras en el plano definido por los ejes (X y Y) asignados a ambos componentes.

La discriminación de aquellas muestras con sabor frutal es notoria en el grupo formado en la parte superior izquierda del eje cartesiano. Aquellas con mayor astringencia y amargor, un detalle que reduce la calidad sensorial, también se agrupan claramente en la parte superior derecha del plano definido. Hay un tercer grupo de muestras que combinan el sabor floral con amargor. Más detalles sobre las características sensoriales de las muestras contenidas en cada grupo se presentan en los Cuadros 3, 4 y 5. La muestra FYB4 se aparta ampliamente de cualquiera de los grupos formados y al parecer exhibe una combinación bastante específica para los sabores floral y frutal. El Anexo 6, muestra los datos sensoriales producidos por el panel del INIAP.

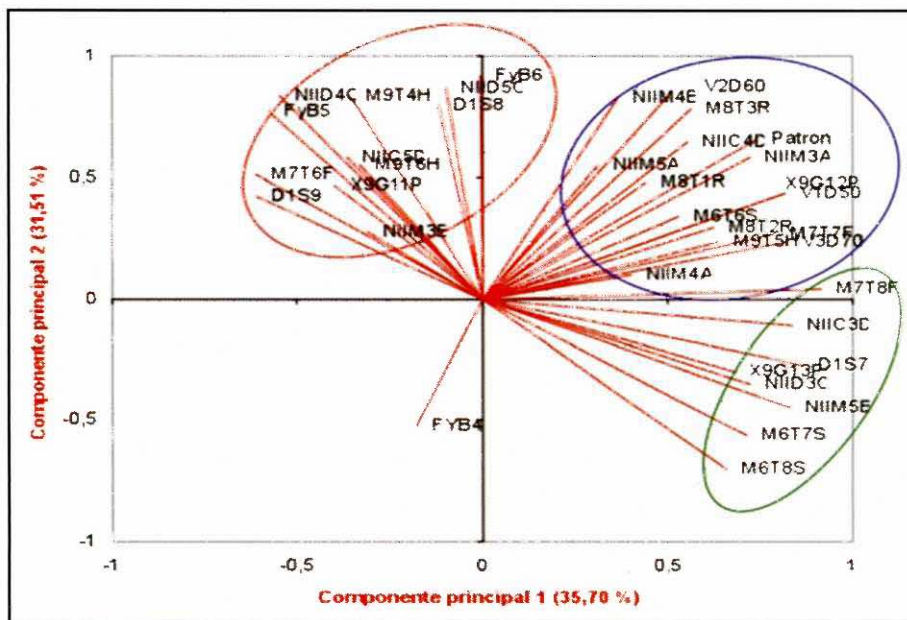


Gráfico 2. Agrupación de las muestras en el plano definido luego del Análisis sensorial multivariado (ACP).

Primer grupo (Frutal)

El 33% del total de las muestras sometidas a evaluación se encuentra en primer grupo. Son las 12 muestras que aparecen en el Cuadro 3 exhibiendo un perfil sensorial donde destaca el sabor frutal matizado con una acidez ligera y dulzor agradable al gusto. El sabor afrutado cuantificado a través de muestras tiene un promedio igual a 3.5 dentro de la escala utilizada, mientras que el rango varía de 2 a 4. Al compararse con los otros grupos surgen claras diferencias entre sus perfiles sensoriales.

En este grupo, el 50 % de las muestras se fermentaron por 5 días; el 25% se fermentaron por 4 días y las restantes por 3 días. Otro aspecto que merece señalarse, es que el 58% de la muestras se fermentaron bajo la técnica de micro fermentación en una matriz de masa fermentante, y el 42% mediante el sistema de cajas Rohan. Los resultados coinciden en gran medida con aquellos provenientes de otra investigación en el nor oriente de la provincia de Esmeraldas (Amores et al 2009). Allí se encontró una prevalencia del sabor frutal sobre el floral en el perfil sensorial de casi todas las muestras provenientes de esa zona.

Cuadro 3. Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función de la presencia del sabor frutal.

Código de las muestras	Método/Remoción (horas)	Fermentación (días)	Sabores						
			Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Amargor	Acidez	Astringencia
M7T6F	Rohan/48 - 72	5	3,0	4,0	1,0	3,0	3,0	1,5	2,5
M9T4H	Micro/48 - 72	3	3,0	4,0	1,0	2,0	2,0	4,0	2,5
M9T6H	Micro/48 -72	5	4,0	4,0	1,0	0,0	2,5	2,0	1,0
NIID4C	Rohan/24 - 72	4	2,5	4,0	0,0	2,0	2,0	2,5	2,0
NIID5C	Rohan/24 - 72	5	2,0	3,5	0,0	2,5	3,5	3,5	2,5
NIIC5D	Rohan/48 - 72	5	3,0	2,5	0,0	2,0	2,0	1,0	2,5
NIIM3B	Micro/48 - 72	5	3,0	2,0	0,0	4,0	3,0	2,0	2,0
FYB5	Micro/24 - 72	4	2,0	4,0	0,0	2,5	2,0	2,5	2,0
FYB6	Micro/24 - 72	3	2,5	3,0	0,0	2,0	2,5	4,0	3,0
D1S8	Micro/48 - 72	4	1,0	4,0	0,0	2,0	2,0	5,0	2,5
D1S9	Micro/48 - 72	5	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0
X9G11P	Rohan/24 - 72	3	3,5	3,0	1,0	1,5	2,0	1,0	2,5
	Promedio		2,6	3,5	0,5	2,1	2,3	2,7	2,3

Segundo grupo (Amargor – Astringencia)

El 42 % de las muestras estudiadas se encuentra formando parte del segundo grupo producto de la estructuración causada por el ACP. Son las 15 muestras que aparecen descritas en el Cuadro 4. De éstas el 53 % se fermentaron con la técnica de micro fermentación dentro de una matriz de masa fermentante y el 47 % en cajas Rohan. A su vez el 47 % recibió 4 días de fermentación mientras que el porcentaje restante se repartió entre 3 y 5 días de fermentación.

La astringencia y el amargor son los parámetros con la mayor intensidad en este grupo, con promedios a través de muestras iguales a 4 y 3.7, en el mismo orden. En algunas muestras se detectó el sabor conocido como “verde” originado en la presencia de almendras tipo violeta que no han completado su fermentación, o bien porque el proceso de secado no fue el mejor. Jimenez (2000) señala que si la fermentación es más corta que lo normal, la acidez, astringencia y amargor se expresan con mayor intensidad. Sánchez (2007) por su parte, indica que la degustación permite identificar muestras con fermentación incompleta o contaminada por olores y sabores extraños.

Cuadro 4. Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función de la astringencia y amargor

Código de las muestras	Método/ Remoción (horas)	Fermentación (días)	Sabores						
			Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Acidez	Astringencia	Amargor
M6T6S	Rohan/24 – 72	5	0,0	1,0	0,0	2,0	1,0	4,0	5,5
M7T7F	Rohan/48 – 72	4	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	5,0	4,5
M8T1R	Micro/24 – 72	3	2,0	2,0	2,0	0,0	4,0	2,0	2,0
M8T2R	Micro/24 – 72	4	2,0	2,5	3,5	0,0	4,5	3,0	3,0
M8T3R	Micro/24 – 72	5	1,0	2,0	0,0	0,0	5,0	4,0	3,5
M9T5H	Micro/48 – 72	4	4,0	1,0	2,5	0,0	3,5	3,0	3,0
NIIM3A	Micro/24 – 72	3	1,0	1,0	0,0	0,0	3,0	6,5	5,0
NIIM4A	Micro/24 – 72	4	1,0	0,0	0,0	4,5	1,0	5,0	5,0
NIIM5A	Micro/24 – 72	5	2,0	2,5	2,0	0,0	3,0	2,0	2,0
NIIM4B	Micro/48 – 72	4	2,0	3,0	1,0	0,0	2,5	3,5	3,0
NIIC4D	Rohan/48 – 72	4	1,5	3,0	2,0	0,0	3,0	3,5	3,5
V1D50	Rohan/48 – 72	3	1,0	0,0	1,0	0,0	4,0	6,0	3,0
V2D60	Rohan/48 – 72	4	2,0	3,0	1,0	1,5	4,0	4,5	4,0
V3D70	Rohan/48 – 72	5	3,5	2,0	3,0	1,5	3,0	4,0	4,5
X9G12P	Rohan/48 – 72	3	1,0	2,0	2,5	0,0	3,5	4,5	4,0
	Promedio		1,6	1,7	1,4	0,8	3,2	4,0	3,7

Tercer grupo (floral – amargor)

En el Cuadro 5 se aprecian los resultados de las muestras contenidas en el tercer grupo generado por el ACP. Dicho grupo está conformado por 8 muestras que representa el 25% del número total de las muestras analizadas. El 67% de las muestras se fermentaron en cajas Rohan y el 33% a través de micro fermentaciones en una matriz de masa fermentante. Por otro lado, el 67% de las muestras se fermentaron por 3 días, mientras que el 22% recibió 5 días de fermentación y el 11% sólo 4 días.

El sabor floral, con una intensidad promedio a través de muestras igual a 3,4, ocupa un lugar destacado en el perfil sensorial de este grupo, revelándose diferencias importantes al compararse con la intensidad registrada para otros sabores, frutal y nuez por ejemplo. La intensidad promedio del amargor no se diferencia claramente de aquella del sabor floral. Esta última es una característica del cacao tipo Nacional que usualmente expresa un sabor floral fuerte con tonalidades de amargor. Vera (1993) menciona que el cacao Nacional se diferencia de otros genotipos por que exhibe un sabor floral intenso.

La mayoría de las muestras con sabor floral se fermentaron por 3 días. Los periodos cortos de fermentación ayudan a la concentración de polifenoles y antocianinas. Eso explicaría la mayor intensidad del amargor.

Cuadro 5. Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función del sabor floral.

Código de las muestras	Método/Remoción (horas)	Fermentación (días)	Sabores						
			Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Acidez	Astringencia	Amargor
M6T7S	Rohan/24 -72	4	1,0	0,0	4,0	3,0	4,0	2,0	3,0
M6T8S	Rohan/24 -72	3	1,0	0,0	4,5	2,0	3,0	2,0	2,0
M7T8F	Rohan/48 -72	3	2,0	0,0	3,0	2,0	5,0	3,0	6,0
NIID3C	Rohan/24 -72	3	1,0	0,0	2,5	2,0	2,0	3,0	2,0
NIIC3D	Rohan/48 -72	3	2,0	0,0	3,0	0,0	2,0	3,0	2,5
NIIM5B	Rohan/48 -72	3	2,0	0,0	3,5	1,5	3,5	1,5	3,0
FYB4	Rohan/24 -72	5	2,0	3,0	4,5	1,5	1,0	1,5	2,0
D1S7	Micro/48 -72	3	3,0	0,0	3,5	2,0	4,0	3,5	3,0
X9G13P	Rohan/24 -72	5	3,0	0,0	2,5	2,0	3,5	2,5	2,0
	Promedio		1,9	0,3	3,4	1,8	3,1	2,4	2,8

Segundo experimento

Resultados físicos

En el segundo experimento se registraron y analizaron datos de 45 muestras procedentes de igual número de árboles seleccionados en el centro y sur de la provincia de Esmeraldas. En el Cuadro 6 se muestran los resultados del peso de 100 almendras, índice de semilla, porcentaje de cascarilla, porcentaje de fermentación y color de los cotiledones para cada muestra. Algunas de las cifras exhibidas son promedios de dos sub muestras. El clon EET 103 actuó como muestra control.

El peso promedio de 100 almendras igual a 129.0 g se ubica considerablemente debajo del 150 g de la muestra control, mientras que el índice de semilla con 1.29 g presenta un buen nivel, aunque el rango se extiende desde 0.84 hasta 1.60 g. El promedio a través de muestras para el porcentaje de cascarilla es igual a 14.1% superior al 11.47% del control. El nivel de fermentación de la muestra control con 86%, es ampliamente superior al obtenido para el promedio del resto de muestras analizadas, igual a 68.5 %. La fermentación de la muestra control (EET 103) se realizó en la E.E. Pichilingue. La fermentación de las muestras en estudio se centralizó y llevó a cabo en la planta de beneficio post cosecha de CEFODI en Esmeraldas.

Al observar el desempeño individual de las distintas muestras, algunas se destacan por sus características físicas favorables como el peso de 100 almendras, nivel de fermentación y porcentaje de cascarilla. Por ejemplo, en la muestra del árbol C-AT012, las variables señaladas exhiben valores de 160.2 g; 93% y 13.47 %, en su orden. Otro árbol cuya muestra se destaca es el C-QU036 con 154.3 g, 88% y 14.8% para las variables nombradas, en el mismo orden. La muestra del árbol C-AT017 con valores de 151.5 g, 84% y 13%, respectivamente, se posiciona como otra muestra de interés. En general, las muestras restantes muestran valores con menor interés comercial.

El color interno de los cotiledones varió entre café rojizo y café rojizo-claro; este último es el que predomina en la mayoría de las muestras. Se encontraron algunas almendras con cotiledones de color blanco en cinco de las muestras, es decir en el 11% del total de muestras estudiadas. La muestra C-AT017 con el 54 % de almendras blancas se coloca en primer lugar para esta característica además de que tiene prometedor índice de semilla. Desafortunadamente, esta muestra no participó en los análisis químicos y sensoriales porque era una

muestra pequeña. Se obtuvo también la distribución de frecuencias para el peso de las almendras fermentadas y secas en cada muestra. Esta es una característica importante al momento de evaluar la homogeneidad del cacao por su implicación en la calidad de la torrefacción.

Cuadro 6. Resultado de los análisis físicos de 45 muestras de almendras de cacao fermentadas por el método de cajas Rohan, colectadas en cuatro zonas de la provincia de Esmeraldas

Código de las muestras	Índice de semilla (g)	Peso de 100 almendras (g)	Fermentación (%)			Defectos (%)		Cascarilla (%)	Color del cotiledón
			Buena	Parcial	Total	Violeta	Pizarra		
C-MU008	1.13	111.8	25.5	559.5	85.0	14.5	0.0	14.1	Café rojizo claro
C-MU009	1.20	120.1	28.0	61.0	89.0	8.0	3.0	14.0	Café rojizo claro
C-MU010	1.12	111.8	27.0	44.0	71.0	26.0	0.0	14.4	Café rojizo claro
C-AT011	1.26	126.2	27.0	48.0	75.0	16.5	0.0	13.1	Café rojizo claro
C-AT012	1.60	160.2	26.0	67.0	93.0	1	0.0	13.47	Café rojizo claro
C-AT013	1.31	130.9	10.0	50.0	60.0	7.0	33.0	13.5	Café rojizo claro
C-AT014	0.84	87.4	28.0	29.0	57.0	32.0	9.0	14.5	Café rojizo claro
C-AT015	0.99	99.2	0.0	56.0	56.0	44.0	0.0	19.30	Café rojizo claro
C-AT017	1.51	151.5	22.0	62.0	84.0	15.5	0.0	13.0	Blanco (54); rojizas (44)
C-AT018	1.43	143.5	24.0	52.0	76.0	20.0	2.0	14.4	Café rojizo claro
C-AT019	1.42	142.2	14.0	55.0	69.0	30.0	1.0	13.9	Café rojizo claro
C-RV021	1.35	135	9.0	37.0	46.0	10.0	43.0	11.0	Café rojizo
C-RV022	1.05	105.3	10.0	44.0	54.0	45.0	0.0	13.7	Blanco (7); Café rojizo claro (93)
C-RV023	1.44	144.0	11.0	49.0	60.0	43.0	0.0	19.7	Café rojizo claro
C-RV024	1.21	121.5	30.0	25.0	55.0	3.0	33.0	14.6	Café rojizo claro
C-RV025	1.04	103.9	27.0	37.0	64.0	31.0	2.0	18.8	Blanco (4) Café rojizo claro (96)
C-RV026	1.42	142.0	40.0	48.0	88.0	4.0	1.0	14.97	Café rojizo claro
C-RV027	1.23	123.9	48.0	44.0	92.0	4.0	0.0	12.57	Café rojizo claro
C-RV028	1.48	148.0	42.0	42.0	84.0	12.0	0	13.00	Café rojizo claro
C-RV029	1.20	120.8	1.0	70.0	71.0	28.0	0.0	17.61	Café rojizo claro
C-RV030	1.01	101.8	4.0	44.0	48.0	52.0	0.0	13.14	Café rojizo claro

Viene de página 41

C-QU031	1.14	114.1	24.0	25.0	49.0	10.0	41.0	18.3	Café rojizo claro
C-QU032	1.16	115.6	14.5	50.0	64.5	28.5	5.5	15.0	Café rojizo claro
C-RV033	1.16	115.6	15.0	52.0	67.0	33.0	0.0	16.1	Café rojizo claro
C-QU034	1.18	117.6	13.0	24.5	37.5	27.5	34.5	13.9	Blanco (5) café rojizo claro (95)
C-QU035	1.12	112.0	18.0	59.0	77.0	23.0	0.0	8.9	Café rojizo claro
C-QU036	1.54	154.3	24.0	64.0	88.0	12.0	0.0	14.8	Café rojizo claro
C-QU037	1.43	143.1	24.0	34.0	58.0	40.0	2.0	14.5	Café rojizo claro
C-QU038	1.38	138.4	13.0	53.0	66.0	34.0	0.0	17.0	Café rojizo claro
C-QU039	1.35	135.5	10.0	78.0	88.0	12.0	0.0	11.7	Café rojizo claro
C-QU040	1.44	143.6	4.0	17.0	21.0	49.0	20.0	15.1	Café rojizo claro
C-QU041	1.40	140.5	19.3	44.7	64.0	6.3	41.0	13.1	Café rojizo claro
C-QU042	1.33	132.9	33.0	43.7	76.7	17.0	10.0	14.2	Café rojizo claro
C-QU043	1.36	136.2	24.5	27.0	51.5	6.5	59.0	12.5	Café rojizo claro
C-QU044	1.28	128.2	35.5	40.5	76.0	14.0	12.0	13.5	Café rojizo claro
C-QU045	1.34	134.0	29.3	32.7	62.0	23.3	17.0	12.2	Café rojizo claro
C-QU046	1.33	133.3	0.0	4.0	4.0	0.0	96.0	10.3	Café rojizo claro
U-AT047	1.45	144.6	25.0	43.0	68.0	7.0	18.0	13.0	Café rojizo claro
U-AT048	1.42	142.0	30.0	22.0	52.0	13.0	35.0	12.5	Café rojizo claro
C-QU049	1.35	134.6	12.0	46.0	58.0	2.0	43.0	11.5	Café rojizo claro
U-AT051	1.23	123.4	29.0	66.0	95.0	4.5	0.0	14.1	Café rojizo claro
U-AT052	1.37	137.3	41.0	55.0	96.0	2.0	0.0	11.9	Café rojizo claro
U-AT054	1.28	127.8	34.5	59.0	93.5	5.5	1.0	14.1	Café rojizo claro
U-AT066	1.31	130.9	53.0	42.0	95.0	5.0	0.0	14.3	Café rojizo claro
U-AT067	1.39	138.7	28.0	70.0	98.0	0.0	0.0	14.0	Café rojizo claro
Promedio	1.29	129.0	22.4	46.1	68.5	18.3	12.8	14.1	
EET 103	1.50	150	26	60	86	14	0	11.47	Café rojizo claro

Según el Cuadro 7 hay diferencias estadísticas entre zonas para los promedios del peso de almendras. Este resultado es un hallazgo importante como posible diferenciador de la producción de cada zona y que amerita continuar realizando estudios en este ámbito para probar la hipótesis planteada. El peso promedio de una almendra en la zona de Quininde es igual a 1.38 g similar al de la muestra control con 1.50 g. Sin embargo, el peso promedio del control supera claramente al de las zonas de Muisne, Atacames y Río Verde. La desviación estándar del peso de las almendras de cada zona varía entre 0.20 y 0.31. La muestra de la zona de Río Verde presenta el valor más alto para este estadístico, en respuesta a la gran amplitud disponible entre el rango inferior y superior del peso de las almendras. En el lado opuesto, la muestra de la zona de Muisne es la más homogénea con una desviación estándar de 0.20.

Cuadro 7. Estadísticos relacionados con el peso de las almendras de cacao provenientes de las zonas bajo estudio.

Zonas	Número de almendras en la muestra	Peso Promedio de una almendra (g)	Desviación estándar	Peso Mínimo (g)	Peso Máximo (g).
Muisne	799	1.11	0.20	0.63	1.84
Atacames	2248	1.29	0.28	0.60	2.55
Río Verde	987	1.16	0.31	0.36	2.17
Quininde	2897	1.38	0.28	0.60	2.44
EET 103	300	1.50	0.25	0.61	2.70

Los Gráficos 3, 4, 5 y 6 ilustran la distribución de frecuencias para el peso de las almendras de las muestras compuestas en cada zona. Cada muestra compuesta se conformó tomando 200 almendras al azar de cada árbol seleccionado dentro de una zona determinada las que luego se mezclaron. Se procedió así para todas las zonas.

Las muestras de las zonas de Muisne y Río verde presentan el mayor porcentaje de almendras pequeñas, es decir aquellas con peso inferior a 1.1 g (57 y 47%, en su orden). Las almendras de las zonas de Atacames y Quininde son las de mayor tamaño, ya que el 42 y 53% en el mismo orden, superan el peso de 1.2 g. El tamaño de la almendra es una cualidad de gran aprecio por la industria. En la muestra de la zona de Quininde, apenas el 21% se considera como almendras pequeñas y el 53 % se ubica, en función del peso, dentro de la categoría de calidad ASSS. Aunque la muestra de Muisne es la más homogénea, en cambio apenas el 11 % de las almendras se ubican dentro de la categoría ASSS, el porcentaje más bajo entre las zonas comparadas.

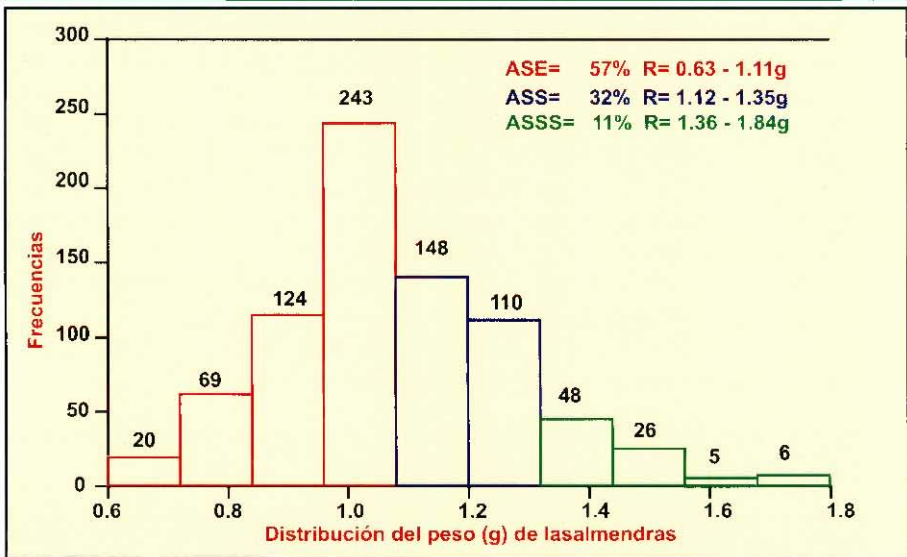


Gráfico 3. Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Muisne.

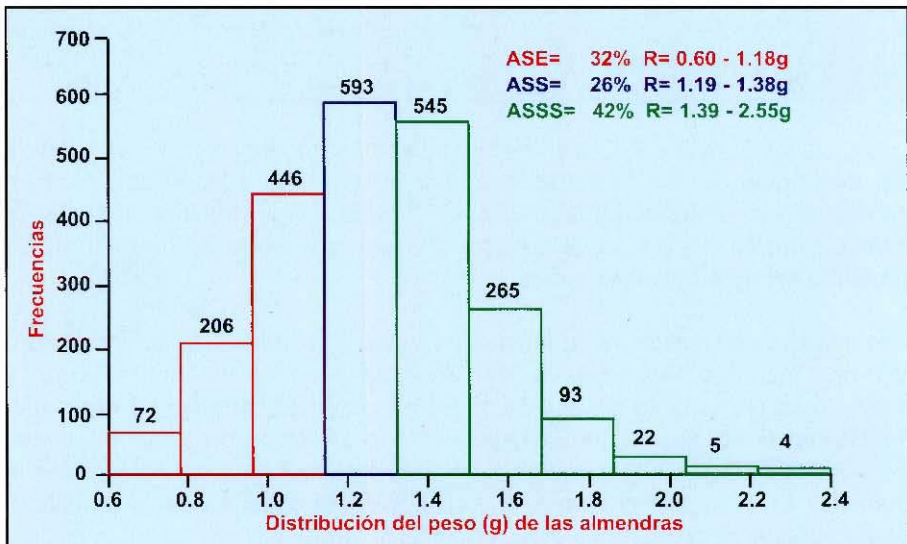


Gráfico 4. Distribución de frecuencias de peso de las almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Atacames.

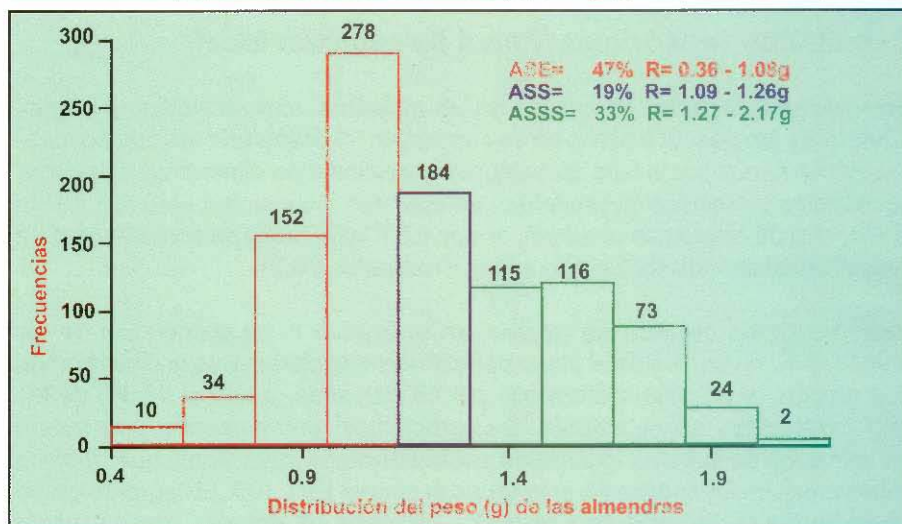


Gráfico 5. Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Río Verde.

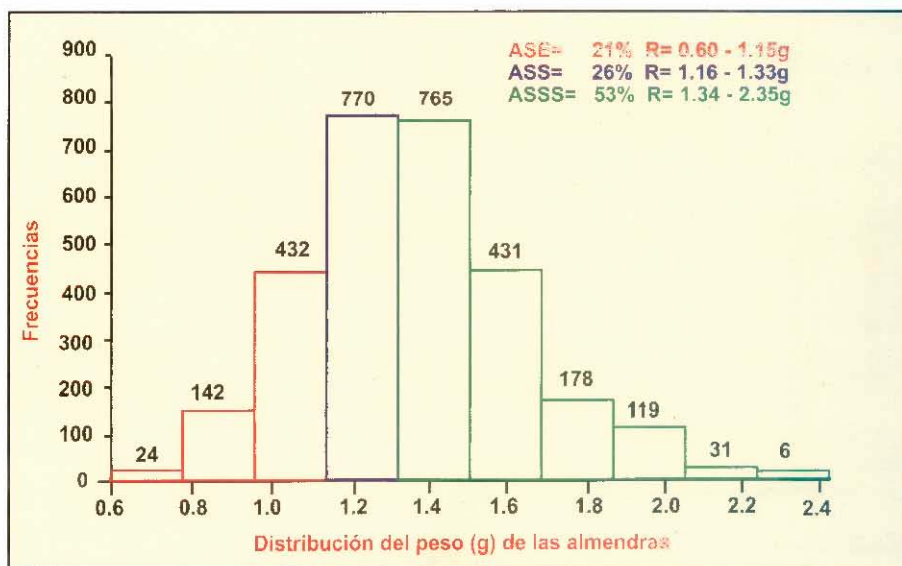
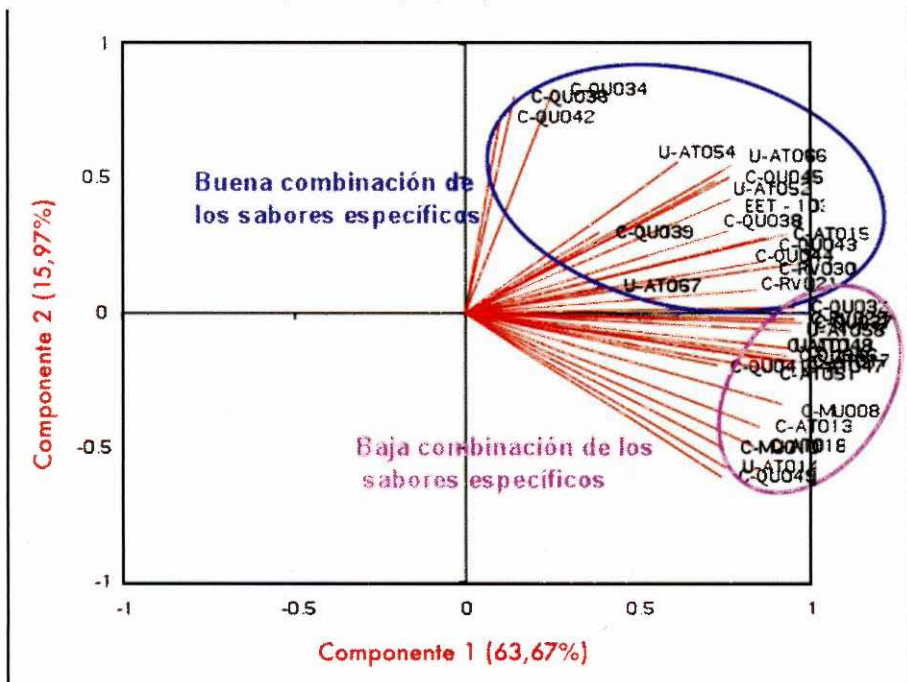


Gráfico 6. Distribución de frecuencias de peso de almendras de una muestra compuesta a partir de las muestras individuales de los árboles seleccionados en la zona de Quinde.

Resultados sensoriales (Panel de catación local)

Se realizaron análisis sensoriales en 35 muestras correspondientes a igual número de árboles. El análisis no se cumplió en 10 árboles de los originalmente seleccionados por la falta de un número suficiente de almendras. Los datos sensoriales promedios se presentan en el Anexo 7 conjuntamente con los de la muestra de referencia o control, el clon EET 103. Todos se sometieron a un Análisis multivariado de Componentes Principales (ACP).

Los resultados del ACP se exhiben en el Grafico 7. La distribución de las muestras como puntos en el plano definido permite claramente la distinción de dos grupos: el primero conformado por 16 muestras, o sea el 48.3% de las que participaron en el análisis. Se caracterizan por presentar una buena combinación de sabores especiales, particularmente frutal, floral, nuez y dulce o caramelo, incluyéndose en este grupo el control EET 103. El segundo grupo se compone de las muestras restantes, es decir 18, dotadas de una mayor intensidad para el amargor, astringencia y acidez.



Gráficos 7. Agrupación de las muestras en el plano definido luego del Análisis ACP de los datos sensoriales.

En el Cuadro 8 se presentan aquellas muestras dotadas de una combinación más balanceada del sabor a cacao y sabores especiales. En este caso, prevalece también el sabor frutal sobre el floral, coincidiendo parcialmente con los resultados del primer experimento; algunas muestras se destacan más que otras. Por ejemplo, la muestra U-AT067 con 4.3 de intensidad para el sabor floral es ampliamente superior al del control. La muestra C-QU042 combina sabor floral, nuez y dulce. A su vez, la muestra C-QU039 está dotada de una combinación equilibrada de los sabores frutal, floral y dulce. Finalmente, la C-QU038 presenta la mayor intensidad de sabor frutal con intensidad de 3.4 y supera ampliamente a la muestra control.

Cuadro 8. Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función del mejor balance mostrado entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez.

Código de las muestras	Sabores							
	Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Dulce o Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia
C-AT015	3.9	1.9	0.9	0.1	0.4	3.4	2.1	3.8
C-RV021	3.4	1.5	2.7	1.3	0.8	3.8	1.4	3.8
C-RV030	3.4	1.4	1.3	1.0	0.3	3.3	1.9	3.9
C-QU034	4.2	2.8	0.9	2.2	1.0	1.8	1.6	1.6
C-QU036	2.9	2.7	1.8	1.0	1.6	1.5	3.6	1.8
C-QU038	2.9	3.4	1.2	0.1	1.0	3.4	4.0	4.0
C-QU039	2.5	2.9	1.3	0.0	2.2	2.5	3.8	3.3
C-QU042	3.5	1.7	2.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0
C-QU043	3.1	2.6	1.0	1.0	1.2	3.4	3.0	3.0
C-QU044	3.0	1.7	0.3	1.7	0.7	3.2	3.5	4.2
C-QU045	3.0	2.2	2.2	1.7	1.2	2.5	1.9	2.7
U-AT052	2.9	2.8	0.7	1.6	1.1	3.2	1.9	2.7
U-AT054	3.0	1.5	1.0	1.7	0.7	2.5	1.2	1.7
U-AT066	4.0	2.3	1.0	1.2	0.4	2.9	1.8	2.5
U-AT067	2.7	2.1	4.3	1.1	0.4	2.3	1.5	3.2
Promedio	3.2	2.2	1.5	1.2	1.0	2.3	2.5	2.9
EET - 103	4.2	3.2	1.9	1.7	1.5	3.3	4.0	3.8

En el Cuadro 9 se describen los resultados de la evaluación sensorial para las muestras del segundo grupo. Como rasgo más destacado se observa que los promedios (a través de muestras) de intensidad son más bajos para el sabor a cacao y las otras notas aromáticas, mientras que son más altos para el amargor y astringencia.

Cuadro 9. Muestras de cacao agrupadas por el ACP en función del bajo nivel de intensidad para el sabor a cacao y otras notas aromáticas.

Código de las muestras	Sabores							
	Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Dulce o Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia
C-MU008	1.3	0.9	1.1	0.3	0.1	5.0	1.2	4.3
C-MU010	1.7	0.5	1.3	1.0	0.5	4.0	0.0	2.9
C-AT011	2.0	1.4	1.1	0.9	1.0	4.1	1.8	3.5
C-AT013	0.8	1.0	1.5	0.0	0.0	3.8	1.5	3.5
U-AT014	0.7	0.0	0.7	1.0	0.0	2.7	0.7	4.3
C-AT017	2.1	0.9	0.7	1.2	0.4	4.0	1.7	3.5
C-AT018	1.3	0.8	0.3	0.5	0.0	5.0	0.8	3.8
C-RV029	2.7	0.2	0.6	0.4	0.0	3.0	1.1	3.4
C-QU032	2.7	1.7	0.3	0.7	0.3	4.1	1.0	3.3
C-QU037	3.4	1.2	1.7	0.4	0.0	5.0	3.0	5.5
C-QU041	2.0	1.3	1.9	1.3	1.4	2.5	3.0	3.1
C-QU046	1.8	1.2	0.7	0.8	0.1	3.8	2.7	3.6
C-AT047	2.5	0.5	0.3	0.8	0.3	3.8	0.8	3.3
U-AT048	2.3	1.5	1.0	1.5	0.5	4.5	1.3	4.3
C-QU049	0.4	0.4	0.6	0.2	0.0	5.3	2.4	5.0
C-AT051	1.4	1.6	0.4	1.0	0.6	2.2	1.2	2.4
U-AT058	2.0	1.7	1.3	0.3	0.0	3.7	2.0	5.0
Promedio	1.8	1.0	0.9	0.7	0.3	3.9	1.5	3.8

A partir de los resultados obtenidos por el Panel INIAP, se preseleccionaron varias muestras dotadas de una combinación atractiva y balanceada de notas sensoriales, entre los sabores cacao, floral, frutal sabor y nuez, las que además presentan valores moderados de acidez, amargor y astringencia. Las muestras preseleccionadas se sometieron a evaluación por parte de un panel de catación externo. El objetivo fue la verificación de resultados y hacer la selección definitiva de las mejores en base a su valor sensorial.

Resultados sensoriales (Panel de catación externo)

La evaluación por parte de un Panel de Catación externo compuesto por especialistas de varios países, entre ellos el Ecuador, permitió la confirmación del valor sensorial de las muestras en primer grupo (obtenidas como resultado del ACP), el que incluye el control EET 103. La aplicación de los resultados de esta evaluación de verificación permitió la selección definitiva de cinco muestras correspondiente a igual número de arboles distintos.

En el Grafico 8 se comparan los perfiles sensoriales obtenidos por el panel INIAP y el panel externo para las muestras que finalmente fueron seleccionadas. Se puede observar que los resultados coinciden en gran medida. Además, estas muestras exhiben buenos índices de semilla e índices moderados de cascarilla. Hay que señalar que la selección fue posible a pesar de que el beneficio post cosecha de algunas muestras no fue el mejor, circunstancia que refuerza el valor de la metodología aplicada, así como el potencial sensorial del cacao de los arboles seleccionados.

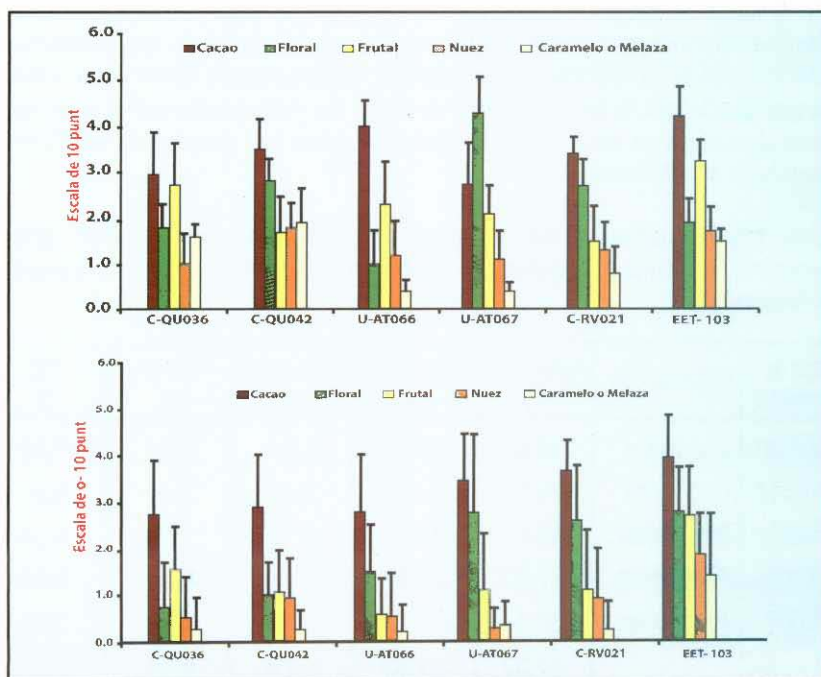


Gráfico 8. Perfiles sensoriales obtenidos por el Panel de catación INIAP (gráfico superior) y el Panel externo (gráfico inferior) para las muestras finalmente seleccionadas

Resultados químicos

En el Cuadro 10 se presentan los resultados para polifenoles totales, grasa, teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína (T/C). Los contenidos más altos de polifenoles corresponden a las muestras C-QU042 y C-QU036, ambas de la zona de Quinindé. Ambas igualmente comparten la mayor concentración de grasa en relación con las demás muestras. Con excepción de la muestra C-RV021, con un valor alto para la relación T/C que se acerca a la de los cacaos básicos comerciales (usualmente referidos a los orígenes de Ghana, Costa de Marfil, Nigeria y otros), las demás se enmarcan claramente dentro del rango típico de los cacaos finos o de aroma. Aun más, los bajos valores de la relación T/C para las muestras U-AT066 y U-AT067, con 2.56 y 1.94 respectivamente, son típicos de los cacaos Criollos. Ambas muestras provienen de la zona de Atacames y coincidentemente sus porcentajes de grasa se encuentran a la zaga del de las otras muestras seleccionadas.

La muestra C-RV021 presenta un buen balance sensorial, lo que se contrapone con el valor de su relación T/C, igual a 9.95, el más alto de todos. Tal resultado permite suponer que podría tratarse de un error analítico, particularmente en relación con la concentración de cafeína, la que parece haber sido subestimada por el análisis al ser notoriamente baja. Se está gestionando una nueva muestra de cacao de este árbol en particular para una prueba de verificación del resultado en cuestión.

Cuadro 10. Resultados del contenido de polifenoles totales, grasa, teobromina, cafeína y la relación teobromina/cafeína para las muestras seleccionadas.

Código de las muestras	Procedencia	Polifenoles (*)	Grasa %	Teobromina %	Cafeína %	T/C %
C-QU036	Quininde	40.57	43.49	1.81	0.51	3.55
C-QU042	Quininde	79.75	47.42	2.44	0.42	5.81
C-RV021	Río Verde	44.31	41.88	2.19	0.22	9.95
U-AT066	Atacames	27.12	37.64	1.15	0.45	2.56
U-AT067	Atacames	20.1	38.04	0.91	0.47	1.94
Promedio		42.37	41.69	1.70	0.41	4.76
EET 103	Pichilingue	28.99	37.62	1.22	0.27	4.52

* = mg de ácido málico/g de muestra

CONCLUSIONES

1. Los métodos de fermentación para volúmenes pequeños de masa fresca de cacao, mediante la micro-fermentación de muestras en una matriz de masa fermentante y fermentación en cajas Rohan, produjeron resultados similares. Sin embargo, es preferible usar el método de cajas Rohan. La razón es que con frecuencia no se dispone de suficiente masa matriz fermentante, con una base genética al menos parecida a la de las muestras de un árbol determinado, limitándose el uso del primer método. Además el método de cajas Rohan es más fácil de conducir.
2. A partir de un total de 45 muestras provenientes de igual número de árboles, y en base al análisis sensorial, se seleccionaron de manera definitiva los árboles: C-QU036 (Quinindé), C-QU042, (Quinindé), C-RV021 (Río Verde), U-AT066 (Atacames) y U-AT067 (Atacames). Las muestras de estos árboles exhiben además almendras con un peso promedio superior a 1.30 g, aspecto que representa una ventaja importante, la que se añade a la de su perfil sensorial.
3. Las concentraciones más altas de polifenoles y grasa corresponden a las muestras de los árboles C-QU036 y C-QU042. Todas las muestras, con excepción de la C-RV021 (posiblemente afectada por un error analítico que subestimó seriamente el porcentaje de cafeína), presentan valores para la relación teobromina/cafeína (T/C) que están enmarcados claramente dentro del rango usualmente considerado para los cacaos finos o de aroma. Las muestras U-AT066 y U-AT067 presentan los valores más bajos para la relación T/C, atributo usualmente asociado a los cacaos tipo Criollo.
4. El alto porcentaje de almendras con cotiledones blancos (54 %) para la muestra C-AT017, sugiere que este árbol podría producir un tipo de cacao con atributos sensoriales muy particulares, además de que su índice de semilla es alto (1.51 g) y el porcentaje de cascarilla se encuentra entre los más bajos (13%). El pequeño volumen de la muestra disponible solo permitió solo la realización de análisis físicos. Por tal razón se amerita continuar estudiando este árbol y las características de su cacao, particularmente sensoriales y químicas, para decidir acerca de su valor como árbol superior.

RECOMENDACIONES

Para aprovechar las ventajas de los árboles seleccionados, primero es necesario su multiplicación como clones para fijar en ellos los atributos de interés. Se requiere producir suficiente material de siembra con el fin de establecer parcelas de observación para confirmar su desempeño clonal. El riesgo de que un clon proveniente de un árbol no desarrolle completamente las características observadas en su progenitor, siempre estará presente, y ya ha sucedido en otros casos, de allí la importancia de las parcelas de observación.

Además, debe continuarse con el monitoreo productivo y sanitario de los árboles originales en las huertas donde se identificaron, al menos por un par de años, para confirmar el comportamiento que dió lugar a su selección inicial. Además, y esto es muy importante, hay que determinar su grado de auto compatibilidad, incompatibilidad o inter compatibilidad sexual entre ellos. Estos pasos deben cumplirse antes de recomendar la siembra comercial de clones multiplicados a partir de estos árboles.

BIBLIOGRAFÍA

Amores F, Butler D, Ramos G, Sukha D, Espín S, Gómez A, Zambrano A, Jiménez J, Hollywood N, Van Loo R and Seguíne E. 2007. Project to establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine or flavour and bulk cocoa. Completion Report. Prepared by INIAP. Quevedo – Ecuador.

Amores F, Palacios A, Jiménez J y Zhang D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de la calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de Esmeraldas. INIAP. Boletín técnico 135. Quevedo – Ecuador. p 85-86.

Barros O. 1970. El cacao en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Cacao. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira. Bogota D. E. – Colombia. p 68.

Enríquez G. 1985. Curso sobre el Cultivo del Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba – Costa Rica. p 200- 201.

Graziani L. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacyt). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Aragua – Venezuela. agrotrop@inia.gov.ve

ITC 1991. Fine or flavour Cocoa. An overview of the world production and trade. International Center Trade. UNCTAD/GATT. Geneva. p 14.

INEN. 2006. Cacao en grano. Norma Técnica Ecuatoriana NTE 176. Primera edición, cuarta revisión. Quito – Ecuador. p 1- 4.

Jiménez J. 2000. Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao *Theobroma cacao* L. Cultivado en la zona de Quevedo provincia de Los Ríos. Tesis. Ing. Agro. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador. p 28.

Jiménez J. y Amores F. 2009. Buenas prácticas para el beneficio del cacao. Cartilla. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quevedo – Ecuador.

Llanos E. 1947. Cultivo del cacao. Publicaciones del ministerio de la Economía Nacional. Bogota – Colombia. p 100 – 111.

Navarrete J. 1992. Evaluación del tiempo y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao (*Theobroma cacao* L.) de ascendencia Nacional, para las condiciones tropicales húmedas. Tesis de Ing. Agr. Universidad técnica de Manabí. Portoviejo Ecuador. p 53-58.

Palacios A. 2008. Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao* L.) producidas en dos zonas identificadas en el norte y sur del litoral ecuatoriano. Tesis de Ing. Agro. Universidad técnica de Manabí. Santa Ana – Ecuador. p146.

Pastorelly D. 1992. Evaluación de algunas características del cacao tipo Nacional de la colección de la zona de Tenguel. Tesis de Ing. Agro. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador. p 74-82.

Pérez R. 1998. Informe trimestral N° 9. In. Proyecto Ecu B7/3010/93/176. ed. Proyecto Reactivación de la producción y mejora de la calidad del cacao de Ecuador. Documento de proyecto # 27. Guayaquil – Ecuador. p 21 – 22.

Pérez R. 2009. La Calidad del Cacao. Memoria. Programa de Capacitación a Facilitadores y Agricultores en la Cadena del Cacao. Consorcio Camaren. Quito – Ecuador. p 44- 45.

Rohan T. A. 1960. El beneficio del cacao. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín no oficial de trabajo N° 5. Roma – Italia. p 60-61.

Salto A. 2005. Efecto de dos métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del complejo Nacional x Trinitario. Tesis de Ing. Agro. Universidad de Guayaquil. Instituto Tecnológico Agropecuario de Vinces. Vinces – Ecuador. p 12,16, 42.

Sánchez V. 2007. Caracterización organoléptica de cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis. Ing. Agro. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. p 55 - 59.

Vera. J. 1993. Beneficio de las almendras. In Suárez, C. ed. Manual del cultivo del cacao (Manual # 25). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quevedo – Ecuador. p 128.

Urquhart D. H. 1963. Cacao. Versión en español. Instituto Interamericano de ciencias Agrícolas de la O. E. A. Turrialba - Costa Rica. p 155, 205, 213.

Wikipedia. 2008. Evaluación sensorial. La enciclopedia libre. http.es.wikipedia.org/wiki/evaluacion_sensorial. Pagina modificada por última vez, 12 de agosto del 2008.

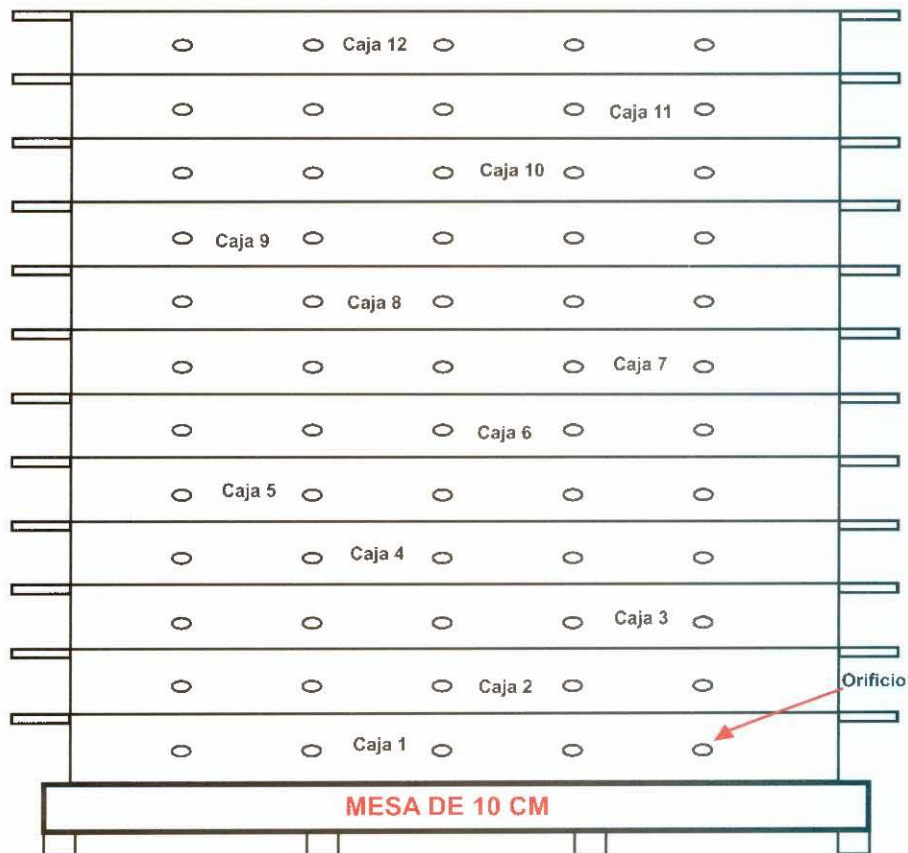
Wikipedia. 2008. La calidad de los alimentos. La enciclopedia libre. [http.es.wikipedia.org/wiki/calidad de los alimentos](http.es.wikipedia.org/wiki/calidad_de_los_alimentos). Pagina modificada por última vez, 7 de julio del 2008

Wood. G.A.R. 1982. Cacao. Compañía Editorial Continental, S.A. México DF. Primera Edición en español de la tercera edición en ingles. México. p 268 – 270.

Wood and Lass. 1985. Cocoa Flavors and Chocolate. 4th. Edition. Longman. London. p 48 – 49.

ANEXOS

Anexo 1. Ilustración de una pila de 12 cajas Rohan para fermentar grandes volúmenes de cacao, hasta una tonelada.



Anexo 2. Parámetros para evaluar la calidad del cacao en grano beneficiado -Norma INEN 176 (Revisión 2006).

Requisitos	Unidad	ASSPS	ASSS	ASS	ASN	ASE	CCN-51
100 granos pesan	g	135-140	130-135	120-115	110-115	105-110	135 -140
Buena Fermentación (mínimo)	%	75	65	60	44	26	*** 65
Mediana Fermentación * (mínima)	%	10	10	5	10	27	11
Violeta máximo	%	10	15	21	25	25	18
Pizarra – pastoso (máximo)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máximo)	%	1	1	2	3	4	1
Totales (análisis sobre 100 granos)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos (análisis sobre 500 granos)	%	0	0	1	3	** 4	1
TOTAL FERMENTADO (mínimo)	%	85	75	65	54	53	76

ASSPS = Arriba Superior Summer Plantación Selecta.

ASSS = Arriba Superior Summer Selecto.

ASS = Arriba Superior Selecto.

ASN = Arriba Selección Navidad

ASE = Arriba Superior Época.

* **Coloración marrón violeta**

** **Se permite la presencia de granza solamente para el tipo ASE.**

*** **La coloración varía de marrón a violeta**

Anexo 4. Resultados sensoriales obtenidos por el Panel de catación externo (con especialistas internacionales y locales).

Muestras	Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Caramelo o melaza	Amargor	Acidez	Astringencia
Ghana	5.6	2.3	0.3	2.3	1.6	2.5	2.6	2.6
CRIOLLO	3.0	1.4	0.3	1.1	2.6	3.2	2.4	3.9
Trinitario Ecuador	4.8	2.4	1.0	1.4	1.0	4.1	3.6	3.9
EET416	2.6	2.8	2.3	0.1	0.6	4.3	7.6	4.9
EET-103	4.2	3.2	1.9	1.7	1.5	3.3	4.0	3.8
Nacional	3.9	1.5	1.3	0.3	0.4	3.5	3.0	3.2
Trinitario Trinidad	5.5	1.8	1.0	0.7	0.9	3.5	3.8	2.9
CCN 51	3.4	0.9	1.0	0.6	0.1	3.4	2.1	4.4
U-AT052	3.6	2.0	0.3	0.8	0.3	4.0	2.6	4.4
C-QU045	4.6	1.4	1.3	0.8	0.6	4.3	2.9	4.4
C-QU044	3.5	1.3	0.4	0.9	0.3	3.6	2.4	4.1
C-QU043	3.3	1.6	1.1	0.8	0.1	3.9	4.6	5.8
C-QU036	2.9	1.6	0.8	0.5	0.3	4.6	5.9	5.8
C-QU041	3.0	0.4	1.5	0.4	0.1	3.4	2.5	4.3
C-QU042	3.1	1.1	1.1	1.0	0.3	4.8	4.6	6.1
C-QU046	2.4	1.2	0.5	1.3	0.7	3.7	2.6	3.9
C-QU038	3.2	0.9	1.1	0.6	0.2	5.2	3.3	5.8
U-AT066	3.0	0.6	1.6	0.6	0.2	3.7	2.6	4.4
U-AT067	3.7	1.2	3.0	0.3	0.4	4.9	3.2	4.9
C-RV021	3.9	1.2	2.8	1.0	0.3	4.6	2.6	5.1
U-AT054	3.1	1.5	0.9	1.1	0.3	3.8	2.4	3.7
C-QU037	3.4	1.2	1.7	0.4	0.0	5.0	3.0	5.5
C-RV030	3.4	1.4	1.3	1.0	0.3	3.3	1.9	3.9
C-RV029	2.7	0.2	0.6	0.4	0.0	3.0	1.1	3.4
C-AT015	3.9	1.9	0.9	0.1	0.4	3.4	2.1	3.8

Anexo 5. Resultados de los análisis físicos de muestras de cacao sometidas a dos métodos de micro-fermentación

Código	Método / Remoción (horas)	Tiempo de fermentación, (días)	Humedad (%)	Índice de semilla (g)	Peso de 100 almendras (g)	Fermentación (%)			Defectos. (%)		Cascarilla (%)
						Buena	Día	Total	Violeta	Moho	
M6T8S	Rohan / 24 - 72	3	6.0	1.36	136.2	44	48	92	6	2	10.21
M6T7S		4	5.5	1.28	128.5	45	42	87	1	12	11.26
M6T6S		5	5.6	1.33	133.3	18	67	85	3	12	10.47
M7T8F	Rohan / 48 - 72	3	5.3	1.37	137.3	28	56	84	15	1	12.23
M7T7F		4	6.1	1.55	155.0	15	77	92	7	1	12.73
M7T6F		5	5.5	1.38	138.3	24	69	93	5	2	11.46
M8T1R	Micro / 24 - 72	3	5.8	1.22	122.1	27	57	84	16	0	16.54
M8T2R		4	7.0	1.42	142.6	29	43	72	27	1	15.30
M8T3R		5	6.5	1.36	136.0	25	57	82	18	0	15.28
M9T4H	Micro / 48 - 72	3	6.2	1.37	137.4	20	59	79	21	0	14.69
M9T5H		4	5.1	1.41	141.3	26	61	87	13	0	12.86
M9T6H		5	5.9	1.34	134.3	29	52	81	19	0	12.60
NIID3C	Rohan / 24 - 72	3	5.4	1.33	132.7	14	67	81	19	0	13.54
NIID4C		4	5.9	1.32	131.9	16	76	92	8	0	13.31
NIID5C		5	5.9	1.25	125.0	25	45	70	30	0	11.90
NIIC4D	Rohan / 48 - 72	3	6.4	1.38	138.5	23	76	99	1	0	11.84
NIIC3D		4	6.3	1.23	123.5	34	53	87	13	0	13.73
NIIC5D		5	6.7	1.42	142.4	44	54	98	2	0	9.60

NIIM3A		3	5.0	1.24	124.0	20	77	97	1	2	12.14
NIIM4A	Micro /	4	6.6	1.33	133.1	22	76	90	2	0	12.70
NIIM5A	24 - 72	5	5.0	1.23	123.5	19	74	93	6	1	11.95
NIIM3B		3	7.0	1.37	137.4	28	60	88	12	0	12.75
NIIM4B	Micro /	4	6.4	1.43	142.7	26	73	99	1	0	12.79
NIIM5B	48 - 72	5	6.0	1.44	143.9	16	76	92	6	2	12.70
FYB6		3	6.5	1.15	116.2	13	72	85	15	0	14.40
FYB5	Rohan /	4	6.0	1.14	114.4	12	70	82	18	0	15.60
FYB4	24 - 72	5	5.6	1.26	126.4	27	58	85	15	0	13.16
D1S7		3	5.6	1.21	120.9	22	64	86	14	0	12.98
D1S8	Rohan /	4	6.9	1.11	111.3	19	67	86	14	0	14.62
D1S9	48 - 72	5	6.4	1.33	133.5	27	62	89	11	0	13.27
V1D50		3	6.9	1.36	136.3	10	77	87	10	3	13.20
V2D60	Micro /	4	5.6	1.42	141.7	7	77	84	16	0	14.67
V3D70	24 - 72	5	5.4	1.37	136.6	10	71	81	19	0	12.50
X9G11P	Micro /	3	6.4	1.38	138.5	17	67	84	15	1	11.52
X9G12P	48 - 72	4	6.4	1.38	137.7	16	64	80	20	0	13.98
X9G13P		5	5.9	1.40	139.6	15	78	93	6	1	12.10
	Promedio		6.0	1.33	133.2	22.6	64.5	86.8	11.8	1.1	13.0

Rohan/24 - 72 = Fermentación de las almendras de cacao en cajas Rohan con remociones de la masa a las 24 y 72 horas

Rohan/48 - 72 = Fermentación de las almendras en cajas Rohan con remociones de la masa a las 48 y 72 horas

Micro/24 - 72 = fermentación de las almendras mediante micro fermentaciones con remociones de la masa a las 24 y 72 horas

Micro/48 - 72 = fermentación de las almendras mediante micro fermentaciones con remociones de la masa a las 48 y 72 horas

Anexo 6. Resultados de los análisis sensoriales de 36 muestras de cacao

Código	Método/ Remoción (horas)	Tiempo de Fermentación (días)	Sabores							
			Cacao	Acidez	Astring.	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Verde
M6T6S	Rohan/ 24 -72	5	0	0	4	5.5	1	0	2	0
M6T7S		4	1	1	3	4	0	4	3	2
M6T8S		3	1	1	2	3	0	4.5	2	0
M7T6F	Rohan/ 48 -72	5	3	3	2.5	3	4	1	3	0
M7T7F		4	0	0	5	4.5	0	1	2	3.5
M7T8F		3	2	2	6	5	0	3	2	2
M8T1R	Micro/ 24 - 72	3	2	2	2	2	2	2	0	2
M8T2R		4	2	2	3	3	2.5	3.5	0	2
M8T3R		5	1	1	4	3.5	2	0	0	2.5
M9T4H	Micro/ 48 - 72	3	3	3	2.5	2	4	1	2	0
M9T5H		4	4	4	3	3	1	2.5	0	1.5
M9T6H		5	4	4	1	2.5	4	1	0	0
NIID3C	Rohan/ 24 -72	3	1	1	2	2	0	2.5	2	0
NIID4C		4	2.5	2.5	2	2	4	0	2	0
NIID5C		5	2	2	2.5	3.5	3.5	0	2.5	0
NIIC3D	Rohan/ 48 -72	3	2	2	2.5	2	0	3	0	2
NIIC4D		4	1.5	1.5	3.5	3.5	3	2	0	0
NIIC5D		5	3	3	2.5	2	2.5	0	2	1
NIIM3A	Micro/ 24 - 72	3	1	1	6.5	5	1	0	0	4
NIIM4A		4	1	1	5	5	0	0	4.5	0
NIIM5A		5	2	2	2	2	2.5	2	0	0
NIIM3B	Micro/ 48 - 72	3	3	3	2	3	2	0	4	0
NIIM4B		4	2	2	3.5	3	3	1	0	0
NIIM5B		5	2	2	3	3.5	0	3.5	1.5	0
FYB4	Rohan/ 24 -72	3	2	2	2	1	3	4.5	1.5	2
FyB5		4	2	2	2	2	4	0	2.5	0
FyB6		5	2.5	2.5	3	2.5	3	0	2	0
D1S7	Rohan/ 48 -72	3	3	3	3	4	0	3.5	2	0
D1S8		4	1	1	2.5	2	4	0	2	4
D1S9		5	2	2	2	1	4	2	2	0
V1D50	Micro/ 24 - 72	3	1	1	6	3	0	1	0	4
V2D60		4	2	2	4.5	4	3	1	1.5	1.5
V3D70		5	3.5	3.5	4	4.5	2	3	1.5	3
X9G11P	Micro/ 48 - 72	3	3.5	3.5	2.5	2	3	1	1.5	0
X9G12P		4	1	1	4.5	4	2	2.5	0	3.5
X9G13P		5	3	3	2	3.5	0	2.5	2	0

Rohan/24 - 72 = Fermentación de las almendras de cacao en cajas Rohan con remociones de la masa a las 24 y 72 horas

Rohan/48 - 72 = Fermentación de las almendras en cajas Rohan con remociones de la masa a las 48 y 72 horas

Micro/24 - 72 = fermentación de las almendras mediante micro fermentaciones con remociones de la masa a las 24 y 72 horas

Micro/48 - 72 = fermentación de las almendras mediante micro fermentaciones con remociones de la masa a las 48 y 72 horas