

1.- INTRODUCCION

El cacao, es la base del chocolate, es un árbol nativo del trópico americano, especialmente de Mesoamérica.

México ocupa el séptimo lugar como productor mundial de cacao, ya que aporta el 1.6% de la producción total, por otro lado, si se le considera uno de los grandes productores de cacao en el mundo en cuanto a calidad se refiere, pues se producen 40 mil toneladas de cacao fino al año, con un valor de 551 millones de pesos. (Colegio de Post-graduados, 2007).

En los estados de Chiapas y Tabasco producen el 99.45% del total nacional de cacao; Tabasco es el estado con mayor superficie de cultivo, y Chiapas ocupa el segundo lugar con 35,014 hectáreas.

Chiapas posee nueve regiones económicas y once distritos agropecuarios, sin embargo, solo cinco de estos producen cacao: Pichucalco, Palenque, Tapachula y Selva. Es decir la Región del Soconusco y norte de Chiapas. (García Yanes, Mario. 1994)

En el Soconusco de Chiapas, las cooperativas o empresas acopiadoras del cacao seco, en términos generales no realizan una selección de granos y mezclan las semillas sin importar la variedad o procedencia de las plantas. Además, no establecen estándares relativos a los tiempos de fermentación y secado, por lo que se tienen los lotes de semillas sobre-fermentadas o no suficientemente fermentadas, así como semillas con distintos grados de secado. Como resultado, es la producción de cacao seco “a granel” que es utilizado en su mayoría en la elaboración de chocolate de mesa que no requiere estándares de calidad elevados.

Es por ello, para mejorar la calidad del grano y competir en el mercado internacionalmente, se realizó la investigación en diferentes muestras de cacao cultivadas en el Soconusco de Chiapas, todo esto a través de un estricto y controlado proceso de fermentación y secado, y posteriormente una serie de determinaciones fisicoquímicas, que nos permitieron estandarizar las condiciones de manejo y tratamiento del grano de cacao y definir su origen comercial bajo ciertos estándares de calidad, y ofrecer una semilla con un valor agregado a empresas transnacionales que están interesadas en producir chocolate de semillas de cacao Chiapaneco.

2.- JUSTIFICACIÓN

Para alcanzar una mejor calidad comercial en el cacao se requiere de un manejo poscosecha adecuado, resaltando el proceso de fermentación como una de las etapas de mayor importancia, para producir los precursores del sabor y aroma a chocolate.

Estados Unidos es el principal país que demanda productos derivados de cacao mexicano. En el periodo de 2002-2007, México exportó 781,258 toneladas de cacao y productos derivados, que representa 1,255,216 miles de dólares.

En Chiapas, aún existen plantaciones con cacaos no seleccionados que a través de procesos de fermentación y secado controlado, produzca una semilla con un aroma y sabor determinado. Este procedimiento es el principal responsable del éxito de la empresa italiana Domori, los primeros en recuperar el cacao criollo, y en considerar la calidad de la poscosecha como elemento clave para elaborar chocolate fino. Ellos seleccionaron plantaciones específicas de cacao venezolano y, mediante la estandarización, de los tiempos de fermentación y de secado, pusieron en el mercado internacional una variedad de chocolate muy cotizado, (una barra de 75 gramos cuesta aproximadamente 4 euros).

Por lo que una adecuada fermentación da como resultado un cacao de alta calidad que, al ser transformado, resulta un producto agradable sensorialmente y con alta remuneración económica.

El presente proyecto se basa en procesos de búsqueda y desarrollo de mercados diferenciados, como un camino para valorizar la producción cacaotera del sector Soconusco del Estado de Chiapas, México.

El cultivo de cacao es un generador importante de empleos e ingreso tanto para la población en las fases de cultivo como en la de transformación.

Complementariamente, la difusión de los resultados del estudio y perspectivas sobre su modo de utilización, proporcionarán al mercado externo y especializados, información útil sobre la visión y capacidad creciente del país para estructurar y caracterizar su producción cacaotera, en función de zonas y sectores geográficos específicos, como insumo básico para planificar la oferta y asegurar la calidad. El objetivo principal de este trabajo y estudios futuros es la descripción y definición de los orígenes de calidad que permitirá posesionarse de nichos de mercado de alto valor comercial.

3.- OBJETIVO GENERAL

Definir a través de la determinación fisicoquímica la calidad integral del Cacao producido en el sector Soconusco de Chiapas para construir su identidad como origen comercial.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el carácter físico y químico de mazorcas de cacao de especies Criollo, Forasteros y Trinitarios de la zona de Tuzantán y Rosario Izapa (RIM), Chiapas.

Desarrollar el proceso de fermentación y secado en granos de las especies obtenidas.

Realizar el análisis proximal a los granos secos y fermentados.

Evaluar la especie con las características más adecuadas para la industrialización y procesamiento.

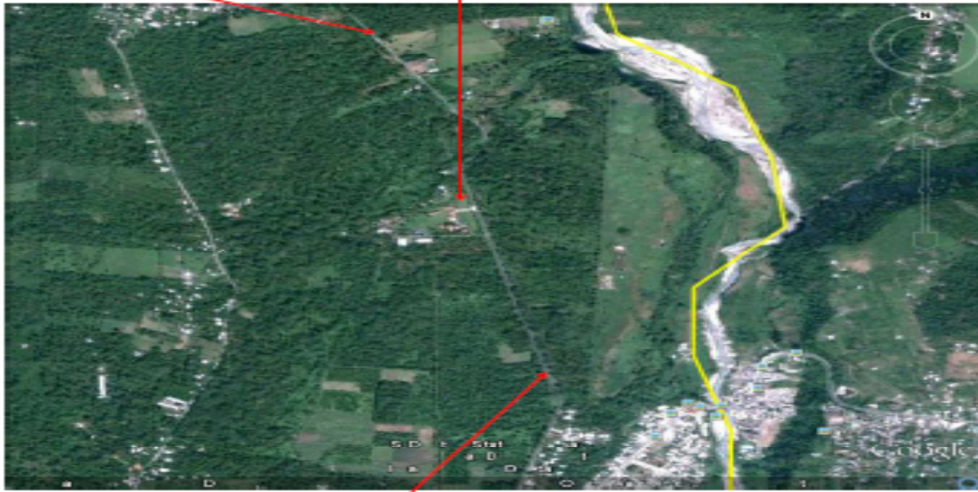
4.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ

Se trabajó en el área de biotecnología ambiental y las actividades que se reportan en el siguiente informe se llevaron a cabo en el laboratorio post cosecha; ubicado en el Km. 18 carretera Tapachula - Cacahoatán, Rosario Izapa, Tuxtla chico, Tapachula, Chiapas, mx.

C. E. Rosario Izapa

14°58'30.90"N
92° 9'17.03"O

A Cacaohatan.



A Tuxtla Chico

Área en que se desarrollo la investigación.



5.- PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS

La región soconusco es un área donde se cosecha Cacao de diversas especies sin estándares de calidad requeridos para su comercialización, dando como resultado una falsa información y desventajas para competir en el mercado.

Con el fin de evaluar las especies, surge la prioridad de una caracterización fisicoquímica para evaluar las especies, y desarrollar un proceso de beneficiado para construir su identidad de origen comercial y calidad integral del cacao producido en el sector Soconusco.

6.- ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

Con este proyecto se demuestra que las especies de Cacao cultivado en la Región Soconusco tienen las cualidades idóneas para lograr obtener un producto con características de origen y calidad para su comercialización internacional.

El presente estudio de la evaluación y la caracterización del Cacao, permitirán informar y difundir a los principales productores dedicados al cultivo y cosecha del grano de cacao los beneficios aportados.

Limitaciones

A pesar de algunos contratiempos por las condiciones climáticas se lograron cumplir con los objetivos planteados en este proyecto.

7.- FUNDAMENTO TEÓRICO.

7.1 Origen y grupos genéticos del Cacao (*Teobroma Cacao*)

Cacao (*Teobroma cacao*) es originario de América del Sur, específicamente de las cuencas hidrográficas del alto Amazonas y Orinoco, al este de la cordillera de Los Andes, en territorios que hoy corresponden a Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela y las Guyanas. En esa amplia zona aún persisten variedades silvestres (Rohan, 1960) conservando una gran diversidad genética de la especie, un recurso todavía escasamente explorado (Bartley, 2005) y aprovechado económicamente.

Según Bartley (2005), Pound constató la presencia de amplia variabilidad fenotípica en cacaos silvestres colectados cuando exploraba el bajo Amazonas en la década de 1930. Sugirió que el fenómeno había surgido por la diferenciación ocurrida en los valles formados por los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, afluentes del Amazonas, cerca de las fronteras orientales de Ecuador y Colombia, así como de algunos tributarios del río Orinoco como el Guaviare. Los españoles llegaron primero a México y Centroamérica y allí conocieron sobre el cacao y su uso. Más tarde, al llegar a territorio que hoy es el Ecuador, ya no se interesaron por este fruto.

El cultivo fue ampliándose hacia el norte, a lo largo de las vías fluviales, a medida que se incrementaba la demanda en Europa y decaía la producción en México y Venezuela, productores importantes de cacao en esa época. Se sugiere (Enríquez, 1985; Vera, 1993) que la variedad es originaria de los declives orientales de la Cordillera de Los Andes.

Según Hardy (1961), hay tres grandes grupos genéticos de cacao: Criollos, Forasteros y Trinitarios. Sin embargo, estudios contemporáneos de genética molecular confirman la amplia diversidad genética de la especie (Crouzillat et al, 2000). Estudios más recientes (Motamayor et al, 2008), sugieren inclusive la existencia de 10 grupos genéticos, como base para entender mejor la amplitud y estructuración de la diversidad genética del cacao en las poblaciones actuales. La confirmación de esta teoría traería implicaciones beneficiosas para el mejoramiento genético del cacao.

En el grupo del cacao Criollo, están incluidos genotipos con almendras dotadas de cotiledones de color blanco marfil, presentes principalmente en América Central, México y sectores de Venezuela y Colombia (*Soria, 1966; Braudeau, 1970, Vera, 1993*). Según *Arguello et al (2000)*, algunos de estos cacaos también presentan cotiledones violeta pálido o rosados y estaminoides color rosa pálido. Las mazorcas usualmente tienen una forma alargada, con punta acentuada en el extremo inferior, corteza marcada con diez surcos profundos, pericarpio rugoso y delgado y mesocarpio poco lignificado. En estado inmaduro la cáscara es de color rojo o verde, tornándose amarilla y anaranjado-rojiza a la madurez. Las almendras son gruesas casi redondas, con cotiledones ligeramente pigmentados. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación, es muy aromático y comercialmente se enmarca dentro de los llamados cacaos finos.

En el grupo de los cacaos Forasteros, se incluyen todos los llamados cacaos corrientes del Brasil y los que se cultivan en el oeste africano, así como otros cultivares encontrados en diferentes países de América Central y norte de América del Sur.

Los cacaos Forasteros son originarios de la alta Amazonía (*Enríquez, 2004*), y se les asigna esta denominación porque se distribuyen naturalmente en la cuenca del río que lleva este nombre. La zona localizada entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá en América del Sur, está considerada como el centro de origen de este grupo genético (*Soria, 1966*).

Las flores de los cacaos Forasteros, presentan estaminoides de color violeta y las mazorcas están dotadas de surcos y rugosidad notable, aunque en otros casos son lisas y con extremos redondeados; al madurarse se tornan amarillas. La cáscara es un poco gruesa y el mesocarpio lignificado, mientras que los granos lucen más o menos aplanados con cotiledones de color púrpura. Las almendras producen un chocolate con sabor básico de cacao. Pero el paradigma respecto a los cacaos Forasteros, como sinónimo de cacao corriente o básico está cambiando recientemente.

Algunas colecciones de cacao silvestre colectados en la región Amazónica del Ecuador y Perú, contienen accesiones con mazorcas que poseen almendras redondas y blancas (*Calderón, 2004*). Aunque la investigación sobre sus atributos sensoriales aún no comienza, los futuros resultados podrían deparar muchas sorpresas.

Antes se creía que la coloración blanco marfil de los cotiledones, era una característica exclusiva de los cacaos Criollos y por tanto estaba ausente en otros tipos de cacao.

El grupo conocido como cacao Trinitario pertenece botánicamente a un complejo constituido por una población híbrida originada en la Isla de Trinidad. La variedad original (Criollo de Trinidad) se cruzó con cacao Forastero

introducido de la cuenca del río Orinoco, para reemplazar las plantaciones que fueron destruidas en 1727 por un ciclón (Vera, 1993). Los caracteres botánicos de este grupo son difíciles de definir ya que pertenecen a una población híbrida polimorfa, pudiéndose observar todos los tipos intermedios de Criollos por un lado y Forastero por el otro (Braudeau, 1970). Los cacaos Trinitarios presentan mazorcas de diferentes formas y colores, verdes y rojos cuando están inmaduras, tornándose amarillo y anaranjado rojizo a la madurez. Por lo general, las almendras son de tamaño mediano a grande con cotiledones color violeta oscuro. Al procesarse, desarrollan un sabor a chocolate bastante pronunciado, acompañado en algunos casos de notas sensoriales afrutadas (Sukha et al, 2005).

Producción.

La distribución de la producción por estados en el año 2003 se comportó de la siguiente manera, Tabasco produjo 32,947 ton., Chiapas 16,746.41 ton., Oaxaca y Guerrero sumaron 271.32 ton.



Cuadro 1. Producción Nacional por estados SIAP 2003.

En Chiapas aproximadamente viven del Cacao 15 500 familias, cabe mencionar que los cultivos en estos municipios son Cacaos Forasteros y Trinitarios, y una minina parte Cacaos Criollos.

PRODUCCION DE CACAO EN EL SOCONUSCO POR REGION					
<u>Municipios</u>	<u>Superficie</u>		<u>Produccion</u>	<u>Productores</u>	<u>Comunidades</u>
	<u>Ha</u>	<u>% del total</u>	<u>Estimada Tons</u>		
NORTE					
Escuintla	315	2.2	141.75	219	12
Acapetahua	251	1.8	112.95	98	3
Acacoyagua	150	1.1	67.50	104	9
Mapastepec					
Sub total	716	5.07	322.20	421	24
CENTRO					
Tuzantan	3574	25.3	1,608.30	1320	27
Huehuetan	2572	18.2	1,157.40	751	35
Villa Comaltitlan	1453	10.3	653.85	713	32
Huixtla	779	5.5	350.55	348	16
Sub total	8378	59.3	3,770.10	3132	110
SUR					
Mazatan	338	2.4	152.10	168	15
Tapachula	1697	12.0	763.65	723	11
Tuxtla Chico	2627	18.6	1,182.15	1482	22
Sub total	4662	33.0	2,097.90	2373	48
FRONTERIZA					
Suchiate	248	1.8	111.60	64	6
Frontera Hidalgo	86	0.6	38.70	89	3
Cacahuatan	32	0.2	14.40	26	1
Sub total	366	2.6	164.7	179	10
TOTAL	14,122	100	6,355	6,105	192

Fuente: Sistema Producto Sagarpa, Federal y Secretaría del Campo
SIACON

Cuadro 2. Producción de Cacao en el Soconusco por Región.

AVANCE DE SIEMBRAS Y COSECHAS
RESUMEN NACIONAL POR PRODUCTO
PERENNES
2007
RIEGO-TEMPORAL

SITUACION AL 28 DE FEBRERO DE 2008

CACAO

Estado	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	sembrada	cosechada	siembrada	obtenida	obtenido
CHIAPAS	19,892	19,876		7,371	0.371
GUERRERO	240	240		196	0.818
OAXACA	60	34	24	30	0.882
TABASCO	40,833	40,800		24,891	0.610
TOTAL	61,024	60,950	24	32,489	0.533

Datos Preliminares.

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA.

Cuadro 3. Datos actualizados del 2008: Chiapas 19,892 has

Cacao criollo

Son aquellos granos de cacao incoloros (blancos o ligeramente pigmentados) y redondos, de sabor dulce que se caracterizan por sus frutos de cáscara suave.

- Cacaos criollos de México
- Estos granos de cacao tienen las características de los criollos con una mayor frecuencia de mazorcas verdes. Actualmente existen pocas plantaciones puras de criollos.

Las mazorcas varían de tamaño, desde aproximadamente 15 a 25 cm de largo; presentan punta en la mazorca, aunque no es prominente en la mayoría de los casos; las puntas recurvadas son menos frecuentes que las rectas.

La variación de la rugosidad de la cáscara también es notoria, yendo desde prominencias muy abultadas a una rugosidad fina.

El color de la cáscara también es muy variable, de verde claro con superficie blanquecina al verde normal, al rojo claro y a los intermedios entre estos.

El grosor de la cáscara también varía desde aproximadamente 8 a 20 mm; siempre es suave y fácil de romper a presión de la mano, cuando madura.

Los granos aunque todos blancos, varían grandemente en tamaño y forma, desde grandes redondos, hasta pequeños casi aplanados y alargados, pareciéndose los últimos a las semillas. Dado su valor genético y considerando la excelente calidad de este grano para la elaboración de chocolate fino, se hace patente la necesidad de la recolección y preservación de su germoplasma.

Caracterizado por un fruto con frecuencia alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda. La superficie es generalmente rugosa, delgada, de color verde frecuentemente con salpicaduras de rojo a púrpura oscuro y marcada por 10 surcos muy profundos.

Los granos son grandes, gruesos, de sección casi redonda con los cotiledones blancos o muy ligeramente pigmentados. De este tipo se obtiene el chocolate de más alta calidad.

Cacao Forastero en México.

Son los granos de cacao que provienen de variedades como el Guayaquil, Ceilán, Calabacillo, Patastillo, Soconusco, entre otros. Que presentan generalmente un grano aplanado, de color púrpura y sabor amargo.

Se caracteriza por sus frutos de cáscara dura leñosa, de superficie relativamente tersa.

En México, el grano de cacao que más se produce es en su mayoría forastero.

Cacao Ordinario. (Híbridos RIM)

Tipo Cruzamientos entre Forasteros, trinitarios y criollos. Forma amelonada, Cascara gruesa. Id. Rosario Izapa: RIM 24, 44, 56, 88, 105, etc. Con Alto Contenido de Grasa, Superficie lisa, Color Amarillo, Granos Violeta, Numero de Granos 40 Granos por Mazorca, Propagados por método de vareta o clones.

7.1.2 Entorno climático

Factores externos, internos y complejas interacciones influyen sobre la fisiología del cacao, dificultando la estimación de la influencia del ambiente sobre su producción y calidad. Puesto que el cacao es originario de la selva tropical amazónica, las mejores condiciones para su cultivo deberían parecerse al entorno climático de las poblaciones silvestres. Sin embargo, son varias las experiencias que muestran que se puede obtener buenos rendimientos en huertas cultivadas en entornos ambientales muy diferentes al de las poblaciones nativas (Bartley, 2005; Amores et al, 2009).

El crecimiento y el desarrollo del cacao está determinado por factores ambientales como: temperatura, luz, precipitación, humedad relativa y otros, que varían de acuerdo a la zona de cultivo. Esta variación hace que su comportamiento sea diferente en cada sitio y en ocasiones el entorno climático altera dramáticamente la fenología del cultivo (Daymond, 2000). De los factores

ambientales, la disponibilidad de energía y agua juegan un papel clave en la producción, a través de su influencia sobre los procesos físicos y bioquímicos necesarios para el desarrollo de las plantas (Ritchie, 1991).

La temperatura media anual óptima para el cacao se sitúa alrededor de 25°C y no debe ser inferior a 21°C. Los niveles de temperatura son adecuados para el cultivo en las proximidades de la línea ecuatorial y a baja altitud. Hay plantaciones comerciales con buenos rendimientos en ambientes con temperatura promedio de 23°C. La media mínima diaria debe ser superior a 15°C y la mínima absoluta nunca inferior a 10° C; el cacao no soporta temperaturas bajo cero, aunque sea por poco tiempo.

Temperaturas muy altas afectan las funciones de la planta, entre ellas la floración y desarrollo foliar que se restringen con temperaturas superiores a 30°C (Hardy, 1961).

La fuerte interacción genotipo x ambiente respecto a la expresión de la floración, dificulta la evaluación de la influencia de la temperatura (Enríquez, 2004). La pérdida de la dominancia apical es otro síntoma del exceso térmico (Braudeau, 1970; Enríquez, 1985, Vera, 1987). Según un estudio conducido por Ramos (2008), la siembra de cacao Nacional a una altitud de 500 msnm combinada con una temperatura media anual de 23°C, produjo una tonelada de cacao seco/ha al quinto año después de establecida la plantación.

La temperatura también influye sobre el desarrollo de los frutos que en los meses más calurosos maduran entre 140 y 175 días, mientras que en los más fríos, la maduración ocurre entre 167 y 205 días. Las bajas temperaturas afectan la calidad de la manteca de cacao, porque son responsables de un

aumento en la proporción de grasas no saturadas. Como resultado la manteca exhibe un bajo punto de fusión (Enríquez, 1985), una característica indeseable para la industria de los chocolates.

7.1.3 Luminosidad

La energía solar radiante ilumina y calienta las plantas. El componente luminoso de esta energía se relaciona con la fotosíntesis, apertura estomática, crecimiento de las células, entre otros procesos fisiológicos de las plantas. Los factores que influyen en la cantidad total de radiación que recibe una zona determinada son: latitud, tiempo y nubosidad. La latitud determina el número de horas de luz diaria que se recibe en un sitio directamente encima de la capa de nubes (Arcila et al, 2007) y que es diferente de la heliofanía, es decir el número de horas de luminosidad efectiva que llega a la superficie sin interferencia de las nubes.

Para su crecimiento normal, el cacao joven requiere de una sombra relativamente densa que permita el paso del 30 a 50% de la luminosidad total recibida en el sitio (Sánchez, 1994), ya que a temprana edad las plantas no producen suficiente autosombreamiento.

Entre los beneficios del sombreamiento se cuentan la regulación térmica de las hojas, que de otro modo transpirarían agua en exceso para atenuar y disipar el excedente de energía recibida y transformada en calor. Varios días después del trasplante de plántulas de cacao, es común observar las hojas superiores “quemadas” por exceso de insolación, particularmente en ausencia de especies que les provean sombra temporal o permanente (Amores et al, 2009). Además, la sombra ejerce un efecto regulador de la temperatura del suelo que si se

eleva demasiado, por ejemplo arriba de 38°C, deprime la actividad microbiana, actúa contra el rol absorbente de los pelos radicales (Taiz y Zeiger, 1999), y acelera la pérdida de humedad.

Una vez desarrollado, el cacaotal se provee de autosombreamiento y en este escenario la intensidad lumínica media recibida por unidad de superficie foliar, disminuye sobre el conjunto del árbol. Por esta razón, a medida que crece la planta, es recomendable reducir progresivamente la sombra para permitir el paso del 70% de luminosidad, o más, si se trata de plantaciones sembradas con alta densidad y dotadas de copas densas que se traslocan en diversa medida (Braudeau, 1970). Sin embargo, es conveniente, para mejorar la funcionalidad de la huerta, individualizar cada árbol en su propio espacio, reduciendo al mínimo las interferencias con los árboles vecinos. En entornos climáticos con precipitación marcadamente estacional, si el cacao se cultiva a plena exposición solar, alcanzará máximos rendimientos únicamente combinando mediante el riego artificial. Caso contrario, la falta de sombra causará efectos depresivos sobre la productividad (Braudeau, 1970 y Arévalo et al. 2004) y la muerte a largo plazo de un porcentaje importante de árboles.

7.1.4 Humedad atmosférica (HR) y Precipitación.

Sin suficiente agua en el suelo las plantas se benefician de una alta humedad relativa en la atmósfera, circunstancia que restringe la transpiración foliar excesiva (Braudeau, 1970). Según Arévalo et al (2004), los niveles de humedad relativa superiores al 70% favorecen el establecimiento del cacao después del transplante, y una media de 75 a 80% parece ser la humedad relativa más conveniente para el cultivo. Pero valores superiores al 85%,

combinados con abundante precipitación y altas temperaturas, estimulan la presencia de enfermedades fungosas como la escoba de bruja y la moniliasis (Suárez, 2007), que destruyen la mitad de la producción de cacao en el Sur de América.

En zonas con exceso de lluvia, por ejemplo más de 3000 mm al año, la explotación comercial del cacao sólo resulta económica en suelos bien drenados o accidentados, donde el agua no se acumula por mucho tiempo. El anegamiento y estancamiento del agua en la huerta por más de cinco días, provoca la asfixia y muerte de las raíces y finalmente la muerte de las plantas (Amores, 1992; Arévalo et al, 2004). En zonas con un período seco prolongado por la marcada estacionalidad de las lluvias, el cacao necesita de riego frecuente para su desarrollo normal. Los suelos arenosos requerirán de mayor cantidad de agua durante períodos cortos, mientras que los arcillosos se riegan con más agua, pero dejando intervalos más largos entre cada evento de riego (Motato et al, 2008). En este punto es necesario señalar que los suelos franco-limosos son los mejores para cultivar cacao porque maximizan la retención de agua disponible después de un evento de riego.

7.1.5 El ambiente edáfico y los indicadores de fertilidad.

La planta de cacao se adapta a los más variados tipos de suelos, incluso llega a producir en suelos con baja fertilidad. En el último caso, aunque la producción es limitada, se lograrán rendimientos aceptables, solo si se practica el cultivo con sombreado suficiente para atenuar el efecto de los rigores climáticos (Braudeau, 1970), que debilitan e incluso causan la muerte de las plantas. Sin embargo, el cacao prefiere los suelos fértiles con alto contenido de materia

orgánica. Además tienen que ser francos, profundos, bien drenados y con buena retención de agua disponible (Amores, 2005). La profundidad efectiva del suelo, de al menos 1.5 m, promueve el buen desempeño del cultivo, al permitir el desarrollo normal de un amplio sistema radicular. La presencia de obstrucciones físicas como capas endurecidas o un nivel freático alto limitan grandemente el crecimiento de las raíces.

Entre las características que se examinan al evaluar la calidad del suelo para cultivar cacao se cuentan: cantidad de hojarasca en la superficie, espesor de la capa de suelo húmico y la porosidad de la capa inmediatamente inferior. No se recomienda la siembra de cacao en suelos pantanosos o anegadizos, con pendientes fuertes, pedregosos, poco profundos, infértiles y muy cercanos al mar por el riesgo de salinidad. El cacao es muy susceptible al problema de alta concentración de sales en el suelo (Amores et al, 2009).

La presencia de piedras o gravas dificultan el desarrollo radicular, más aún si la presencia de esos materiales es excesiva o si hay capas de suelo densas que impiden no solo el avance de la raíz principal, sino también el de las raíces secundarias y laterales.

La mayoría de las raicillas absorbentes, proliferan entre los 10 a 20 cm superiores del suelo y por ello las condiciones más favorables para su crecimiento se encuentran en este horizonte (Wood, 1982). De hecho, en cultivos de tipo semiarbóreo como el cacao, sólo alrededor del 30% de la masa radicular, está constituida por raicillas absorbentes. La mayor parte ejerce más bien la función de anclaje de la planta al suelo.

La textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. En el caso del cacao, la mejor textura corresponde a la llamada “tierra fina” compuesta por 30 a 40% de arcilla, alrededor del 50% de arena y 10 a 20% de limo (Wood, 1982; Thompson y Troeh, 1982). Pero los suelos más aptos para el cultivo del cacao son los aluviales de textura franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arenosa (Amores, 2005). Los suelos francos y franco-arcillosos, usualmente permiten una buena penetración y retención de agua y su fertilidad natural va de media a alta, con excepción de los ultisoles y oxisoles de baja fertilidad, por ejemplo los suelos de colinas rojas de la región Amazónica. El mal manejo de los suelos arcillosos, puede terminar en problemas de apelmazamiento, formación de costras y drenaje restringido (Graetz, 2000), dificultando la difusión de aire en el horizonte superficial donde se concentran las raíces absorbentes, con gran demanda de oxígeno en el proceso de captación de nutrientes.

Según Wood (1982) y Braudeau (1970), los suelos con capacidad para sostener con éxito una plantación de cacao, tienen las siguientes características:

1. Capacidad de intercambio de bases (CIC) en la capa superficial, no menor de 12 meq. /100 cc de suelo y en el subsuelo no menor de 5 meq. /100 cc.
2. Contenido medio de materia orgánica en los 15 cm superiores del perfil del suelo, no menor del 3.0 % (1.5% de carbono orgánico).
3. Saturación de bases en las capas sub-superficiales en un porcentaje que no sea inferior al 35% (a menos que la capacidad de intercambio de bases sea excepcionalmente alta).
4. Potencial de Hidrogeno (pH) en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial,

sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro.

El incumplimiento de estos estándares, de ninguna manera quiere decir que allí no crecerá el cacao, pero es posible que se presenten problemas de nutrición difíciles de corregir.

7.1.6 Materia orgánica (M.O), pH, Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y Conductividad eléctrica (CE).

La materia orgánica del suelo se compone del conjunto de residuos vegetales y animales descompuestos y transformados por acción de los microorganismos. Procede de los cultivos, arvenses (malezas), biomasa de plantas proveedoras de sombra, estiércol y abonos orgánicos, así como también de los restos de hongos, insectos, algas, bacterias y otros que hacen del suelo su hábitat. Por ello es un componente clave, con influencia directa sobre la estructura, retención de agua, aireación, contenido y disponibilidad de nutrientes, pH y capacidad de intercambio catiónico del suelo. Además, la materia orgánica incrementa la habilidad del suelo para retener nutrientes y oponerse a la compactación, entre otros beneficios (Sánchez, 1981).

La descomposición de la materia orgánica, produce la liberación de N y S, como única abastecedora natural de ambos nutrientes (Graetz, 2000), además de su importante contribución al P al suelo. Los agregados (gránulos), particularmente los más grandes, imparten una estructura conveniente a las capas superiores de los suelos con alta productividad. La estructura se mantiene estable por los compuestos orgánicos y residuos secretados por la micro fauna y micro flora que habita el suelo.

Estos compuestos unen las partículas de arena, limo y arcilla para formar los agregados, lo que a su vez conduce a la formación de la estructura granular que es la ideal para la mayoría de los cultivos.

La tala del bosque para sembrar cacao, expone el suelo a la radiación solar, acelerando la descomposición de la materia orgánica. Aún si el cacao se siembra inmediatamente después de la tala, se producirán pérdidas importantes de humus, a menos que se provea al terreno de una cubierta mediante la siembra de árboles de sombra (Urquhart, 1963). La rápida descomposición del humus desestabiliza la estructura del suelo y la recuperación del contenido de materia orgánica después de su agotamiento, es un proceso lento. Como contrapartida, se deben tomar medidas correctivas a través de la producción e incorporación de abonos verdes y residuos de animales, dirigidas principalmente a los suelos más frágiles y expuestos.

La acidez del suelo refleja la concentración del hidrógeno expresada mediante el parámetro denominado potencial de hidrógeno, es decir el pH, que es dependiente de las concentraciones relativas de los cationes promotores de la acidez (H y Al) y de las bases (Ca, Mg, K) adheridos a la superficie de las partículas de arcilla y coloides húmicos. El pH sube al aumentar las concentraciones de bases y baja al incrementarse las concentraciones de H y Al (Thompson y Troeh, 1982). La escala del pH varía de 0 a 14.

En respuesta al pH, a medida que se aumenta la acidez del suelo se reduce la disponibilidad del Ca, Mg, Mo y P, y se incrementa la del Fe, Mn, B, Cu y Zn (INPOFOS, 1993). La acidez también influye sobre la disponibilidad del N que se torna más asequible a las plantas con el pH entre 6.0 y 7.0, rango que

además es el mejor para la mayoría de los cultivos, entre ellos el cacao. Valores inferiores a 7 se traducen en diferentes intensidades de acidez, mientras que valores superiores representan diferentes grados de basicidad. Aunque el cacao es tolerante a la acidez, en el peor de los casos el pH para el cultivo no debería ubicarse debajo de 5.5.

La habilidad del suelo para retener cationes protegiéndolos de la lixiviación y manteniéndolos como reserva para la nutrición de las plantas, se llama Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y se expresa en mil equivalentes/100 g de suelo. La CIC es variable y se encuentra estrechamente asociada a la fracción arcillosa y materia orgánica del suelo. Con mayores contenidos de arcilla y materia orgánica, la CIC se incrementa. Esta propiedad también recibe influencia directa del pH, ya que disminuye al aumentar la acidez del suelo (Thompson y Troeh, 1982). Para su mejor desempeño, el cacao requiere suelos con un valor alto de CIC pues es un signo de buena fertilidad. La medición de la salinidad se realiza indirectamente a través de la determinación de la conductividad eléctrica (CE) en un extracto de la solución del suelo, cuya unidad de medida se expresa en mmhos/cm; a mayor CE la concentración de sales es mayor. La magnitud de este parámetro es variable, dependiendo del origen del suelo y el entorno climático en que se encuentra, particularmente de la cantidad de lluvia. Los valores de conductividad eléctrica oscilan desde menos de 1 hasta 20 mmhos/cm. Suelos salinos son aquellos cuya conductividad eléctrica supera los 2 mmhos/cm, aunque hay especies tolerantes que pueden soportar valores altos (Domínguez, 1984), pero ciertamente el cacao no es una de ellas.

Según Ibáñez (2007), los principales factores ambientales que contribuyen a la formación de los suelos salinos son los siguientes:

1. Climas cálidos con altos niveles de evaporación y escasa precipitación, es decir zonas en que la evaporación supera a la infiltración del agua.
2. Fuentes de agua ricas en sales: en el sentido amplio del término, incluyendo niveles freáticos próximos a la superficie y ricos en sustancias salinas; cauces fluviales que cruzan previamente substratos ricos en sales, etc.
3. Material parental ricos en sales.
4. Suelos con problemas de drenaje.
5. Suelos generados en determinadas localizaciones fisiográficas bajo ciertos entornos climáticos.

7.1.7 Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao.

Los suelos minerales contienen entre 90 y 99% de materia mineral y 1 a 10% de materia orgánica, como fuentes primarias de nutrientes. Sin embargo, las fuentes se debilitan con el pasar del tiempo, debilitamiento que es dependiente del tipo de suelo y la intensidad de su uso por la agricultura. Si tal cosa ocurre, surge la necesidad de abonar para agregar los nutrientes que se encuentran en insuficiencia (Ignatieff, 1950).

Las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas y es importante que estas proporciones se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. De acuerdo a la intensidad de la demanda, los nutrientes se clasifican en macro elementos: N, P y K; elementos secundarios: Ca, Mg y S; y micro elementos: Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y

B. Sin embargo, todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo de las plantas.

Previo al desarrollo de un programa de fertilización, es necesario disponer de un diagnóstico del nivel de fertilidad natural del suelo, preferiblemente a través de los resultados del análisis de suelo y foliar. El Cuadro 1 es una guía elaborada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para facilitar la interpretación del estado de la fertilidad de un suelo.

La acidez del suelo reduce la disponibilidad del K, Ca, Mg, Mo y P e incrementa la de Fe, Mn, B, Cu y Zn (INPOFOS, 1993). Por ser un catión, la dinámica del Ca en el suelo está gobernada por el fenómeno de intercambio catiónico. Generalmente, es el catión dominante, aún en suelos con pH muy ácidos, ocupando el 70% o más de los sitios de intercambio en los coloides del suelo. Respecto al Mg, en general hay suficiente de este nutriente en el suelo para sostener el crecimiento vegetativo. Sin embargo, su deficiencia ocurre con más frecuencia en suelos ácidos, característicos de zonas con alta precipitación, así como también en suelos arenosos. El K es adsorbido y fijado en el suelo y se pierde por erosión, mientras que en suelos donde el bajo potencial de adsorción y fijación se combina con una alta precipitación, el K se pierde en gran medida por lixiviación (Murrel, 2003). El K es uno de los nutrientes que más sale del terreno exportado por la cosecha de los cultivos. En el caso del cacao, la cáscara de las mazorcas representa un medio importante para exportar cantidades apreciables de K fuera la huerta, a menos que se tome la precaución de retornar prontamente los desechos al campo. Las principales causas de deficiencias de S son el bajo contenido de materia orgánica del suelo, la acidez que reduce la mineralización de la materia orgánica, lixiviación

de los sulfatos, sequía prolongada y el uso generalizado de abonos que no contienen S. El último caso es frecuente ya que existe la creencia equivocada de que la fertilización con urea, el fertilizante nitrogenado más conocido, basta para solucionar las limitaciones nutritivas que a veces muestran las plantas de cacao. La deficiencia de Fe es común en suelos calcáreos y suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica. La falta de Fe también es inducida por prácticas de sobre encalado o el abonamiento excesivo con Cu, Zn o Mn. La deficiencia de Mn se presenta en suelos ácidos con baja Capacidad de Intercambio Catiónico, sometidos a un alto nivel de lixiviación (Bruulsema, 2000) por mucho tiempo.

La materia orgánica es fuente importante de B, nutriente que por su movilidad es vulnerable a la lixiviación, particularmente en suelos arenosos y en zonas con abundante precipitación (INPOFOS, 1997). Plantas de huertas jóvenes de cacao exhiben frecuentes síntomas de deficiencia de B durante la época seca en algunas zonas de la Costa ecuatoriana, básicamente porque la falta de humedad impide la movilidad de este nutriente hacia las raíces. Usualmente, los suelos con poca materia orgánica presentan baja disponibilidad de Zn, situación que se agrava por la lixiviación que sufre este nutriente en zonas con mucha lluvia. Los suelos arcillosos tienen menos probabilidad de desarrollar deficiencias de este elemento. El Zn se vuelve menos disponible a medida que el pH se incrementa; los síntomas que sugieren su deficiencia, son comunes en plantaciones de cacao de la península de Sta. Elena, con valores de pH superiores a 7.0, típicos de suelos calcáreos (Mortved et al, 1972).

7.1.8 Beneficiado del cacao.

Clave para el éxito en la comercialización internacional de los “commodities” agrícolas es la calidad integral. La comprensión acerca de los componentes de la calidad de cualquier producto, contribuye a la construcción de mejores estrategias de competitividad en una economía globalizada. El nivel de calidad de un bien determina su mayor o menor demanda y valoración en el mercado, afirmación particularmente cierta para el cacao (Amores, 1999; Reyes et al, 2004). La calidad final del cacao resulta de un largo proceso que se inicia en la finca con la selección del terreno y la siembra del material genético apropiado, continúa con la aplicación de buenas prácticas agrícolas, combinado con la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo del fruto. Luego prosigue con la fase de beneficio que abarca la cosecha, apertura de mazorcas, extracción de semillas, fermentación y secado, y culmina con la clasificación, empaque y almacenamiento de las almendras (Moreno y Sánchez, 1989). Por otro lado, Jiménez (2000) y Amores (1999), concuerdan con esta opinión al referirse a la calidad final del grano como la capacidad para generar sabor y aroma a chocolate, en un contexto de inocuidad y pureza, calidad que es dependiente del material genético y correcto proceso de fermentación y secado. La combinación de diferentes niveles de estos factores produce resultados distintos, unos más ajustados a los requerimientos de la industria que otros. La calidad de los productos a base de cacao que consumen los usuarios finales, es el resultado de la acción de todos los actores de la cadena productiva que intervienen en el proceso de adicionar valor al cacao, pasando de un eslabón a otro, hasta la manufactura, distribución y venta minorista de los bienes de consumo. La disponibilidad de políticas para

incentivar la calidad y sistemas de control que aseguren la aplicación de esas políticas, es condición necesaria para el cumplimiento de esta responsabilidad integral, tanto en los países productores como consumidores. Al final de cuentas, la baja calidad genera consumidores insatisfechos con impacto negativo sobre la demanda y el consumo total. Y la principal consecuencia de una demanda debilitada es el descenso de los precios y la reducción de ingresos. El beneficiado se refiere a la preparación de las almendras como paso previo para su comercialización e industrialización. Con este propósito, se ejecutan una serie de operaciones ordenadas que se inician con la cosecha de las mazorcas en el punto de maduración adecuado para extraer las almendras, seguida por la fermentación y concluyendo con el secado del grano. Las almendras fermentadas y secas representan un producto de mejor calidad cuyo transporte y almacenamiento es más fácil (Jiménez, 2003).

7.1.9 Cosecha del cacao

La cosecha consiste en la recolección de las mazorcas sanas y maduras. Si las mazorcas son de color verde adquieren un color amarillo vistoso al madurar, y si son rojas se tornan amarillo naranja. Otra señal de madurez, es el sonido que se produce en la mazorca al golpearla ligeramente, sugiriendo que algo se encuentra suelto en el interior (Moreno y Sánchez, 1989). La cosecha frecuente evita la sobre maduración de las mazorcas y germinación de las almendras en su interior. La presencia de almendras “picadas” en lotes comerciales de cacao, como resultado de la cosecha de mazorcas sobremaduras con almendras germinadas, es un grave defecto porque los hongos invaden estas almendras, influyendo negativamente sobre el sabor del chocolate y poniendo en riesgo su inocuidad. En huertas de gran extensión, la cosecha se efectúa cada semana o

quincenalmente; si la huerta es pequeña la cosecha es quincenal durante los periodos “pico” de cosecha y mensual (Enríquez, 1987) el resto del año. El hecho de cosechar mazorcas pintonas también representa un problema porque las almendras no han alcanzado el desarrollo completo, ni la pulpa contiene la cantidad de azúcar suficiente para la oxidación (fermentación) alcohólica (Rohan, 1964). Con seguridad se obtendrán más almendras violetas al final de la fermentación.

7.2.0 Apertura de la mazorca y extracción de almendras

Una vez cosechadas, las mazorcas se transportan en cajas de madera, sacos plásticos, “chalos”, etc., al sitio escogido para su apertura. Allí se abren con machete en mano, o golpeándolas contra un machete fijado a dos trozos de madera clavadas en el suelo. Con las mazorcas abiertas, las almendras se extraen con los dedos o herramientas especiales diseñadas para este propósito, evitando en lo posible su contacto con superficies metálicas. Es preferible abrir las mazorcas y extraer las semillas lo más pronto que se pueda después de la cosecha, aunque tal cosa no siempre es posible. En caso de que la cosecha no se complete el mismo día, las mazorcas pueden esperar cosechadas hasta tres días antes de abrirlas, particularmente si se trata de cacaos de tipo Forastero o Trinitario. El periodo de espera también se llama “aguante” y es de dos días para los cacaos Criollos. Pero eso sí, hay que tener el cuidado de extraer las almendras el mismo día en que se va a poner a fermentar la masa de cacao, de lo contrario se pierde gran parte del mucílago y azúcares incrementándose el riesgo de sub fermentación (Ramos, 2004).

7.2.1 Fermentación del Cacao.

El uso del término fermentación, aunque bien establecido como parte del léxico cacaotero, no es del todo satisfactorio. La descomposición de la pulpa si es una verdadera fermentación, pero las reacciones que ocurren dentro del cotiledón ya no corresponden a este fenómeno (Urquhart, 1963). Según Gutiérrez (1988), en el amplio sentido de la palabra, el fenómeno de la fermentación incluye la inducción de reacciones y cambios bioquímicos dentro de las almendras, necesarios para producir los precursores del sabor y aroma a chocolate, previo a la industrialización del cacao. La fermentación es el proceso de transformación de los azúcares de la baba o mucílago en alcohol etílico mediante la acción de las levaduras. Esta fase es seguida por la transformación del alcohol en ácido acético, por la intervención de bacterias lácticas y acéticas. Hasta aquí la fermentación en el estricto sentido de la palabra. El ácido acético atraviesa la testa y se difunde hacia el interior de los cotiledones. Luego, mediante la acción combinada y balanceada de la temperatura, acidez y humedad, ocurre la muerte del embrión. Con el embrión muerto, se rompen las estructuras de almacenamiento en el interior de células de los cotiledones, produciéndose la liberación de los polifenoles y proteínas de reserva, seguida por las reacciones químicas que generan los compuestos precursores del sabor y aroma del sabor a cacao y chocolate. Las almendras no fermentadas o con fermentación insuficiente producen lotes de cacao con baja calidad sensorial (Ramos, 2004, Rohan, 1964). Para el mejor desarrollo de la fermentación, se requiere que esta se lleve a cabo en un lugar que no se encuentre expuesto a corrientes de viento fuertes, aunque si tiene que estar ventilado. El sitio es especial y destinado solamente

para el cacao, teniendo el cuidado de no ubicar en los alrededores materiales como combustibles, agroquímicos o cualquier otro contaminante. Tampoco hay que permitir la entrada de animales como aves, cerdos, perros, etc., al área de fermentación, y cuyos desechos en contacto con el cacao afectan seriamente su calidad final. El sistema de fermentación del cacao varía de acuerdo con el volumen de producción de la finca y es complejo y costoso cuando los volúmenes cosechados son grandes. Existen varios tipos de instalaciones para fermentar (Ramos, 2004; Gutiérrez, 1988; Moreno y Sánchez, 1989; Arévalo et al. 2004) y los más utilizados se describen a continuación.

1) Cajones de madera a un nivel. Los cajones se construyen con tablonces de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, etc., que no desprendan sustancias extrañas, taninos por ejemplo, que interfieren con la calidad final del cacao. Descansan sobre patas o largueros separados del suelo a una altura de 0.2 m. Las dimensiones varían de acuerdo a la producción del predio y pueden ser de 0.60 x 0.60 x 0.60 m. ó 1.0 x 1.0 x 1.0 m.

2) Cajones de madera tipo escalera. Este sistema se forma con varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles, como formando una escalera. El cacao recién cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (a las 24 horas), la masa se vierte en el cajón inmediatamente inferior. Luego de transcurrido igual tiempo la masa se vierte en el último cajón. Este procedimiento propicia la aireación de la masa, condición que es de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo.

3) Fermentación en montón. Se hace un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera o un piso de caña para amontonar allí las almendras frescas. Luego éstas se cubren con el mismo tipo de hojas para que comience la fermentación. Los montones se tapan adicionalmente con sacos de yute para reducir la pérdida de calor.

4) Fermentación en sacos. Una práctica común del productor es llenar sacos con cacao fresco para luego dejarlos colgando con el fin de facilitar el escurrimiento. Alternativamente, acostumbra amontonar los sacos en el piso por un periodo de 5 a 7 días, o los que sean necesarios según el tipo de cacao. De cuando en cuando mueve la masa dentro de los sacos para promover la aireación y completar la fermentación. Si el método no se maneja bien, da lugar a un alto porcentaje de almendras tipo violeta y pizarra, afectándose seriamente la calidad sensorial del cacao.

5) Micro fermentaciones. Es un sistema útil para fermentar pequeñas cantidades de masa de cacao fresco. Ha sido adaptado para pruebas de investigación acerca del proceso fermentativo y es el que se utilizó en el presente estudio. Se utilizan muestras de cacao hasta de 4 Kg, colocando la masa en pequeños sacos de tela con mallas de 45 cm de largo por 25 cm de ancho. La masa queda holgada dentro de la malla para facilitar la eliminación natural del mucílago y la remoción de las almendras cuando sea necesario. Los pequeños sacos se ubican en el interior de una gran masa fermentante, preferiblemente más de 100 Kg, para simular las condiciones y reacciones normales del proceso de fermentación (Jiménez, 2003). El cacao Nacional necesita un tiempo de fermentación más prolongado que el cacao Criollo que usualmente se fermenta por tres días. Los cacaos de tipo

Forastero se fermentan por cinco a siete días (Braudeau, 1970; Moreno y Sánchez, 1989; Ramos, 2004). La longitud del tiempo de fermentación está relacionada con la cantidad de pulpa y concentración de polifenoles en las almendras, según el genotipo de que se trate. Por lo general, mientras el color de los cotiledones es más violeta-oscuro, el tiempo de fermentación se prolonga más. La intensidad de la coloración depende a su vez de la concentración de antocianina, un pigmento que es parte de la carga total de polifenoles que contiene el cacao. Los cacaos Criollos tienen menos antocianina y en general polifenoles, por eso fermentan más rápido. Durante los primeros días de fermentación, la temperatura de la masa varía entre 45 y 50°C, una variación normal dentro de este proceso. Luego empieza a descender lentamente para volver a subir a 48 y 50°C, luego de la primera remoción de la masa. El embrión en el interior de la almendra muere cuando la temperatura llega a 45°C, marcándose el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de los precursores del sabor y aroma a chocolate (Wood, 1983; Enríquez, 2004). Las temperaturas más altas se producen en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día a partir del inicio de la fermentación (Semiglia, 1979). Esta afirmación es corroborada por Saltos (2005), quién logró establecer una diferencia de 6°C entre la temperatura de la capa superior de la masa fermentante y la de la capa inmediatamente inferior. Las condiciones climáticas particulares durante el año, así como el genotipo, ejercen un papel importante en la fermentación y el secado. En zonas con climas calientes, la fermentación tarda menos que en otras con temperaturas más moderadas. Como es de esperarse, tales condiciones influyen sobre la calidad final del producto (Braudeau, 1970; Moreno y Sánchez, 1989).

7.2.2 Proceso de Secado.

Durante el secado el aire penetra a las almendras a través de la cutícula o testa, oxidándose parte de los polifenoles que aún quedan en el grano. Esta fase es la continuación de las reacciones bioquímicas internas que conducen al desarrollo de los precursores del sabor y aroma del cacao en almendras bien fermentadas. Al final, la oxidación se detiene porque la falta de humedad en la almendra inactiva las enzimas que regulan el proceso oxidante. Cabe señalar que al completarse la fermentación, las almendras terminan con alrededor del 55% de humedad, la que mediante el secado baja hasta 6 o 7%, nivel necesario para su almacenamiento seguro (Gutiérrez, 1988; Braudeau, 1970 y Wood, 1982). El secado también contribuye a la disminución del amargor y la astringencia del cacao y a reducir el riesgo de que se desarrollen olores no deseados en las almendras (Mossu, 2002). Se utilizan dos métodos para el secado: el natural (secado al sol) y el artificial (secadoras mecánicas). Aunque más aconsejable es el primero por su aporte para la disminución de la acidez volátil del grano.

Secado natural (al sol). La longitud del tiempo de secado depende de las condiciones climáticas, número de horas de iluminación y de la intensidad de los rayos solares. Durante el primer día el secado se realiza por dos a tres horas, esparciéndose las almendras en una capa de 4 a 5 cm de espesor, la que se remueve varias veces a día. El espesor de la capa disminuye gradualmente a medida que pasan los días (Gutiérrez, 1988); y el último día el espesor es de un cm o el equivalente al diámetro de las almendras. Paralelamente, el periodo de exposición al sol se va ampliando. Hay que evitar que se produzca el secado rápido de las almendras porque previene la

oxidación del ácido acético en su interior, quedando una proporción importante de este compuesto atrapado en las almendras y afectando negativamente la calidad sensorial. Por el contrario, el secado muy lento causa el desarrollo de mohos que pueden penetrar la testa y alcanzar el cotiledón, destruyendo la calidad sensorial y creando serios problemas a la industria. La velocidad del secado depende de tres factores: Transferencia de calor al interior de la almendra, movimiento de vapor de agua desde la almendra al aire circundante, y la cantidad de superficie de las almendras expuesta al aire (Mossu, 1992).

Secado artificial (estufas). Este tipo de secado es una alternativa necesaria para reducir la humedad del cacao en zonas con lluvias frecuentes, en períodos pico de cosecha, o en plantaciones de gran extensión, donde es difícil el secado natural de toda la producción. Hay varias alternativas de secadoras mecánicas, pero la mayoría se basa en el paso del aire seco y caliente por la masa de cacao (Enríquez, 2004); el calor para calentar el aire proviene usualmente de un quemador a gas. Para la utilización más efectiva de los secadores artificiales, se recomienda que la fuente de calor se sitúe lejos de la superficie donde se ubican las almendras, reduciéndose el riesgo de contaminación del cacao con olores extraños, particularmente de combustible. Con frecuencia se combina el secado artificial con el secado natural, eliminándose gran parte de la humedad con el primer método que luego se complementa con el segundo.

7.2.3 Almacenamiento del cacao

El cacao fermentado y seco se almacena en un lugar cerrado, ventilado y libre de humedad, alejado de productos dotados de algún olor como plaguicidas, desinfectantes y combustibles. Para el almacenamiento, las almendras se colocan en sacos limpios que se ubican sobre repisas o tablas para evitar el contacto directo con el suelo y también con las paredes. El cacao es un producto higroscópico capaz de absorber la humedad del aire (Moreno y Sánchez, 1989; Jiménez, 2003). De allí que puede ser necesario secar cada cierto tiempo los lotes de cacao almacenados, para disminuir el riesgo de la presencia de mohos, sobre todo los que producen ocratoxinas (usualmente, son las especies del género *Aspergillus* spp), o el ataque de insectos y roedores.

7.2.4 Evaluación de la calidad

La calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (tamaño, peso, grosor de la cáscara), químicas (contenido de grasa, polifenoles, etc.) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma (Reyes et al, 2004). Con la excepción del contenido de humedad, la calidad comercial se aprecia con métodos subjetivos, mediante la aplicación de la prueba de corte (un total de 100 almendras se cortan por la mitad para observar el grado de fermentación en los cotiledones), en ocasiones complementada con lecturas de degustación. Esta última práctica se está generalizando y volviendo cada vez más importante para adaptar el comercio a la segmentación creciente del mercado cacaotero. Un componente valioso de la calidad total, por su influencia en las características de los chocolates negros, es la dimensión aromática. El perfil

aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras, la que a su vez queda determinada por factores ambientales, genéticos, manejo post cosecha, torrefacción, entre otros (Cros, 2004).

La calidad física es la forma como los países compradores clasifican las almendras de cacao por su apariencia, humedad, contenido de materiales extraños, mohos, insectos, y otros. Hay características afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca; por ejemplo la deficiencia de agua y nutrientes impide que las semillas alcancen su tamaño normal. De allí que el índice de semilla, es más alto al final del periodo lluvioso por las mejores condiciones para el desarrollo de las almendras. La comercialización internacional requiere cacaos con índice de semilla arriba de 1 g. El porcentaje de la testa o cascarilla posee un fuerte componente genético moviéndose en un rango que va desde 6 al 16%. Usualmente, mantiene una relación inversamente proporcional con el tamaño de la almendra (Alvarado y Bullard, 1961), es decir que el porcentaje es más alto en las almendras pequeñas y menor en las más grandes. De la magnitud del porcentaje de cascarilla se derivan importantes implicaciones económicas para el transporte y el rendimiento de “nibs”, es decir de los cotiledones triturados. Obviamente, el mercado prefiere almendras con más “nibs” y menos cascarilla.

7.2.5 Prueba de corte para el análisis de fermentación

Es una prueba subjetiva que requiere de la observación visual y se utiliza para determinar el grado de fermentación de las almendras, por su influencia directa sobre el sabor y aroma a chocolate. Es recomendable su aplicación como máximo a los 30 días después del secado, para aislar en lo posible el efecto de

oxidación que continúa en alguna medida durante el almacenamiento. La oxidación de los tejidos en los cotiledones, hace que los colores internos cambien naturalmente, pudiendo estos adquirir un color marrón típico de la fermentación, pero el sabor y aroma de las almendras no mejora (Stevenson et al, 1993).

Según Stevenson et al (1993), la masa de cacao que ha recibido una fermentación normal, debe satisfacer de manera general los siguientes requisitos: 0–2% de almendras pizarras, 35% de almendras parcial o totalmente violetas, 65% de almendras completamente marrones. Al sobrepasar el último porcentaje se corre el riesgo de una sobre fermentación. Sin embargo, Ramos (2004) señala que la proporción de almendras fermentadas en relación con las no fermentadas debe superar el 75%. Cuando las almendras están bien fermentadas son fáciles de reconocer porque su interior es de color marrón y son quebradizas al tacto, como galletas. Las almendras con cotiledones blancos (por ausencia de antocianina) presentan un color pardo marrón claro al final del proceso fermentativo. Los resultados de la prueba de corte permiten la clasificación de las almendras en las clases que se describen a continuación.

a) Almendras de color marrón o café: poseen una fermentación completa; los ácidos han causado la muerte del embrión y apertura de las vacuolas celulares de pigmentación. Las almendras están hinchadas y la testa se separa fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptimo para la elaboración de chocolates gourmet.

b) Almendras marrón con bordes violetas: han sufrido solo una fermentación parcial; los ácidos no han penetrado completamente y una proporción de las

vacuolas está intacta; el cotiledón está algo compacto y la testa moderadamente suelta. La calidad del sabor es regular y aprovechable para producir chocolate.

c) Almendras violetas: son aquellas que no se han fermentado completamente; contienen un exceso de acidez procedente de la pulpa, la que en forma de ácido acético penetró tempranamente a los cotiledones. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta; son la fuente de un sabor astringente y ácido.

d) Almendras pizarrosas (de color gris oscuro como el de una pizarra escolar): las almendras no han logrado fermentar, entre otras razones porque provienen de mazorcas pintonas; la compactación es extrema y producen sabores amargos y astringentes de alta intensidad; el color gris pizarra es un defecto muy serio para la industria.

7.2.6 Composición química del grano de cacao

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. El beneficio postcosecha también influye sobre su composición química. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos (Wakao 2002). Ver Cuadro 4 para mayor información

Componentes	Fermentado y seco (%)	Cáscara (%)	Germen o Radícula (%)
Agua	5,00	4,50	8,50
Grasa	54,00	1,50	3,50
Cafeína	0,20		
Teobromina	1,20	1,40	
Polihidroxifenoles	6,00		
Proteína bruta	11,50	1,90	25,10
Mono- oligosacáridos	1,00	0,10	2,30
Almidón	6,00		
Pentosanos	1,50	7,00	
Celulosa	9,00	26,50	4,30
Ácidos carboxílicos	1,50		
otras sustancias	0,50		
Cenizas	2,60	8,00	6,30

Fuente: Belitz y Grosch, citados por Calderón 2002.

Cuadro 4. Composición química de almendras de cacao fermentadas y secas.

7.2.7 Contenido de grasa

El contenido de grasa usualmente varía del 50 al 55% en cacao fresco y luego de ser tostado dicho contenido oscila entre 48 y 52% en el licor de cacao. La grasa está constituida principalmente por glicéridos como el ácido oleico, laúrico, palmítico y esteárico (*Wakao, 2002; Cocoa Beans, 1996*).

7.2.8 Concentración de polifenoles

Los polifenoles de la semilla del cacao están almacenados en células distribuidas en grupos a través de los cotiledones. Son compuestos que participan activamente en las modificaciones bioquímicas en el interior de las almendras durante la fermentación. Una de ellas, la oxidación enzimática, causa la disminución del contenido de polifenoles (Calderón, 2002), a través de la hidrólisis de las antocianinas y la polimerización de los monómeros y

oligómeros de flavonoles, transformándolos en compuestos insolubles. Como resultado disminuye la astringencia y el amargor (Cros, 2004 b), influyendo positivamente sobre la calidad sensorial del cacao. En las almendras violetas o pizarras, este fenómeno es incompleto o no se ha producido, por lo que la intensidad de amargor y astringencia se encuentra asociada a una mayor concentración final de polifenoles totales. Si la fermentación es bien llevada, la concentración de polifenoles totales en los granos de cacao, se reduce en un 40% o más (Calderón, 2002; Amores et al, 2007). Según otro estudio conducido por Hasing (2004), luego de cinco días de fermentación los polifenoles totales disminuyeron hasta un 48%. La determinación de compuestos fenólicos puede servir para la diferenciación entre genotipos, ya que algunos terminan con más compuestos fenólicos que otros al final de la fermentación.

Los polifenoles son responsables en gran parte por la astringencia y amargor del cacao (Calderón, 2004), pero la epichatequina, uno de los miembros de este grupo, de hecho el segundo en importancia, produce beneficios para la salud por su función antioxidante y este concepto tiene una creciente inclusión en las estrategias de mercadeo (Amores y Jiménez, 2006).

7.2.9 Ácidez y pH

El contenido de ácidos orgánicos, compuestos que aportan a la acidez del perfil sensorial del cacao, varía entre el 1.2% y 1.6%. Algunos, entre ellos el acético, cítrico y oxálico, se forman durante la fermentación (Armijos, 2002). El Cuadro 5 muestra las cifras de seis ácidos diferentes en muestras de cacao fermentado

y seco de varios orígenes internacionales. El ácido acético y el ácido cítrico destacan por su mayor presencia.

País	Ácidos orgánicos, g /100g de muestra					
	Acético	Oxálico	Cítrico	Málico	Succínico	Láctico
Brasil	0,81	0,06	0,37	0,19	0,19	0,27
Ecuador	0,51	0,08	0,43	0,28	0,16	0,29
Venezuela	0,62	0,09	0,76	0,33	0,37	0,21
Rep. Dominicana	0,55	0,17	0,86	0,28	0,23	0,30
Ghana	0,51	0,10	0,58	0,14	0,36	0,22
Malasia	0,76	0,08	0,52	0,20	0,26	0,50

Fuente: Armijos 2002.

Cuadro 5. Contenido de ácidos orgánicos en muestras de cacao fermentado y seco de distintos orígenes internacionales.

La escala del pH (rango 0-14) permite cuantificar la acidez o la basicidad de un producto a partir de mediciones en disoluciones acuosas. La acidez de una sustancia también se determina por métodos volumétricos, por ejemplo mediante la titulación, que implica tres agentes: el titulante, el titulado y el colorante. Si un ácido y una base se ponen en contacto, surge una reacción observable indirectamente a través de la fenolftaleína (C₂₀ H₁₄ O₄), colorante que cambia de color azul a rosa en presencia de una reacción ácido-base. El agente titulante es la base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido, y que en el cacao es una solución obtenida a partir de los cotiledones triturados.

La fermentación causa cambios en la magnitud del pH de la testa o cascarilla (asciende) y de los cotiledones (desciende), pero ambos valores tienden a coincidir hacia el final del proceso fermentativo. En los cotiledones el pH desciende desde aproximadamente 6.5, en almendras frescas, al momento de

colocarse la masa en los cajones de fermentación, hasta valores dentro del rango de 5.0 a 5.5, en almendras fermentadas (Amores et al, 2007). Jinap, citado por Armijos (2002), también señala que durante la fermentación ocurren grandes cambios tanto en el tiempo como en la concentración de los ácidos del cacao, tal es así que inicialmente el pH de las almendras frescas es de 3.5 en la pulpa y de 6.5 en el cotiledón.

Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la acidez excesiva del cacao fermentado y seco, pues es un defecto que disminuye la calidad sensorial. La acidez titulable aumenta con los días de fermentación, ya que se requieren más ml de NaOH 0.01 N, para neutralizar los valores de pH en descenso. Sin embargo, hay diferencias notorias en la acidez promedio de los cacaos para las distintas zonas.

7.3.0 Teobromina y Cafeína

La teobromina y la cafeína pertenecen a la familia de las purinas y representan más del 99% de los alcaloides presentes en el cacao. La concentración final de ambos, está determinada por el genotipo, el grado de maduración de las almendras y el nivel de fermentación (Wakao, 2002). Durante la fermentación, el contenido de teobromina y cafeína se reduce entre el 20 y el 30%, contribuyendo al descenso en el nivel de amargor de los granos al reducirse el aporte de la teobromina en la expresión de este rasgo sensorial.

Según Braudeau (1970), el sabor amargo del cacao está influenciado en gran parte por el contenido de las purinas (teobromina y cafeína) y en menor grado por los compuestos fenólicos. Señala que los cacaos Criollos poseen menor índice de amargor, en respuesta a una menor concentración de teobromina,

comparados con otros grupos genéticos. La reducción de las purinas causada por la fermentación, es similar en porcentaje para la teobromina y cafeína, concordando con resultados de un estudio conducido por Amores et al (2007).

Según un reporte final de investigación (Amores et al, 2006), sobre los resultados de un estudio de fermentación, se señala que la tasa de disminución de la teobromina al terminar el proceso fermentativo, es similar, ya sea que este se realice en la época seca o lluviosa, o en almendras presecadas o sin presecar. Un estudio conducido por Wakao (2002) también demostró que los contenidos de teobromina y cafeína, disminuyen a medida que avanza la fermentación, en proporciones que varían entre el 15 y el 24%. Además encontró que los distintos tipos de cacao presentaron diferencias en el contenido de cafeína y de teobromina, sugiriendo su posible utilidad para la diferenciación de genotipos. El Cuadro 6 muestra la dinámica del contenido de teobromina en el cotiledón y la cascarilla, como resultado de la exudación que se produce a través de la testa de los granos durante la fermentación.

Duración de la fermentación	Cáscara seca, Teobromina, %	Cotiledón desgrasado y seco Teobromina, %
0	0,28	2,96
2	0,28	3,05
4	2,35	2,57
6	2,35	2,36
8	2,33	2,23

Fuente: Wakao 2002.

Cuadro 6. Evolución del contenido de teobromina en la cáscara y cotiledón del grano del cacao durante 10 días de fermentación.

Grupos	Valor de Relación Teobromina / Cafeína
Cacao Forastero	15 – 10
Cacao Trinitario	10 – 5
Cacao Criollo	2 – 1

Fuente: Hasing, H. 2004.

Cuadro 7. Valores de la relación Teobromina / Cafeína para diferentes grupos genéticos de cacao

7.3.1 Perfil sensorial del cacao

Degustar un alimento o “catarlo”, significa probarlo con la intención de evaluar su calidad sensorial. La palabra CATA de origen griego es sinónimo de prueba, mediante la cual el degustador (persona seleccionada) valora sensorialmente un alimento a través del gusto, color, textura, etc., comparando con modelos ya establecidos (Sancho et al, 1999).

La evaluación sensorial como método, utiliza panelistas previamente entrenados para medir, analizar e interpretar las reacciones de los sentidos (vista, olfato y gusto), frente a las características de los alimentos. En el caso del cacao, las reacciones se determinan sobre una pasta preparada según procedimientos universalmente establecidos, para la identificación y valoración de sabores y aromas. Con los datos resultantes se construye el perfil sensorial para los distintos tipos de cacao. Se requieren procesos bien llevados de fermentación y secado para construir la calidad, tanto en la dimensión física como en la sensorial, ambas importantes para la comercialización del cacao. Se ha observado que en la Costa ecuatoriana, el cacao cosechado durante la época lluviosa logra mayores índices de fermentación que en la época seca, con un mayor potencial para producir perfiles sensoriales apreciados por la

industria. La explicación es que el cacao se beneficia del mayor tiempo que permanece amontonado y cubierto como protección contra las frecuentes lluvias, circunstancia que favorece la fermentación (Semiglia, 1979; Moreno et al, 1983; Navarrete, 1992). Por el contrario, en los meses secos, los productores quieren tener el cacao listo para la venta en el menor tiempo posible, librándose de la pulpa y humedad excesiva mediante el secado rápido, limitándose así las oportunidades de buena fermentación.

Periodos prolongados de fermentación, con la idea de lograr porcentajes superiores de almendras fermentadas, puede terminar en la sobre fermentación del cacao, generando sabores y olores tipo jamón o podrido, que constituyen defectos graves para la industria. Las cualidades sensoriales del cacao se desarrollan y expresan normalmente con periodos de fermentación y secado que son estandarizados para zonas y tipos de cacao, en base a estudios previos (Braudeau, 1970). Los precursores del sabor que se forman durante la fermentación, se recombinan durante el tostado de las almendras para expresar el aroma típico del cacao y chocolate. Los azúcares reductores originados en la hidrólisis de la sacarosa durante el proceso de fermentación, desempeñan un papel primordial en este proceso (Cocoa beans, 1996) al combinarse con los compuestos nitrogenados. Es la conocida reacción de Maillard.

Las condiciones de torrefacción o tostado, se calibran y aplican según el tipo de cacao que se procesa. El tostado prolongado con alta temperatura, por ejemplo 140-150°C, elimina las especificidades aromáticas de los cacaos finos. Y por el contrario, favorece el desarrollo de aromas de naturaleza térmica, con base en la presencia de azúcares reductores (glucosa y fructuosa), que son también

compuestos precursores del sabor, junto con otros como los aminoácidos y péptidos (Rohan, 1964). Si la temperatura de tostado es alta por mucho tiempo, las almendras terminan por quemarse. El sabor a quemado ocurre cuando ya no existe fructuosa en el grano (Cros, 2004 a; Ramos, 2004).

Sabores como el amargor, astringencia, acidez, azucarado, se dan en las almendras de cacao por la presencia de compuestos no volátiles como los alcaloides, polifenoles, etc. La astringencia de las almendras disminuye a medida que avanza la maduración de las mazorcas, aparentemente por la condensación de los polifenoles (Calderón, 2002; Cros, 2004 a). Esa es la razón por la que hay que evitar la cosecha de mazorcas pintonas, o que aun no han terminado de madurar, ya que se afecta la calidad final del producto fermentado.

7.3.2 Normas para controlar la calidad del cacao

Las características que deben reunir los granos de cacao destinados a la comercialización, han sido fijadas por el Comité respectivo en la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. También se aplican Normas de la Organización Mundial de la Salud OMS en lo que tiene que ver con los límites para la presencia de aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados. Se aplica la Norma INEN – NTE (2006) que se describe a continuación.

- 1) El máximo porcentaje de humedad para el cacao beneficiado debe ser 7%.
- 2) El cacao beneficiado no debe estar infestado por ningún tipo de insectos.
- 3) El cacao beneficiado no deberá exceder el 1 % de granos partidos.

- 4) El cacao beneficiado debe estar libre de olores a: moho, humo, ácido butírico (podrido), agroquímicos, o cualquier otro que se considere objetable.
- 5) El cacao beneficiado debe estar libre de impurezas y materias extrañas.
- 6) El contenido de grasa debe ser el más alto posible, preferible sobre el 50%.
- 7) El peso promedio de un grano fermentado y seco no debe ser inferior a un gramo.
- 8) La cutícula o testa será suelta y entera, bastante fuerte para evitar la ruptura y su valor no debe pasar del 12 % del peso de la almendra.
- 9) Las almendras deben tener la capacidad de desarrollar un buen chocolate después de su beneficio.
- 10) La muestra debe estar libre de granos sin fermentar (pizarras) de color gris oscuro, o mal fermentados (violetas) y totalmente morados.

La heterogeneidad y variedad genética del cacao en las huertas tradicionales, dificulta la obtención de lotes de cacao sin almendras violetas, o con porcentajes de testa del 12%.

Varios orígenes ampliamente comercializados en el mercado internacional tienen almendras que superan el 12% para el contenido de testa (ATLAS de Cacao, 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 A.S.E.							
*** La coloración varía de marrón a violeta							

Cuadro 8. Normas de Calidad para evaluar y clasificar el cacao en grano beneficiado.

NMX-FF-103-SCFI-2003. Productos agrícolas no industrializados – cacao en grano (*Theobroma cacao* L).

Cacao en grano lavado. Es el grano entero y sano extraído de las mazorcas maduras de árboles de la especie *Theobroma cacao* L. de la familia de las esterculiáceas, al que se le quita el mucílago adherido a la cascarilla por acción del agua y secado natural o artificialmente, sin aplicar ningún proceso de fermentación y que cumple con los parámetros sensoriales, físicos y microbiológicos.

Cacao criollo. Son aquellos granos de cacao incoloros (blancos o ligeramente pigmentados) y redondos, de sabor dulce que se caracterizan por sus frutos de cáscara suave.

Cacaos criollos de México. Estos granos de cacao tienen las características de los criollos con una mayor frecuencia de mazorcas verdes. Actualmente existen pocas plantaciones puras de criollos. Las mazorcas varían de tamaño, desde aproximadamente 15 a 25 cm de largo; presentan punta en la mazorca, aunque no es prominente en la mayoría de los casos; las puntas recurvadas son menos frecuentes que las rectas. La variación de la rugosidad de la cáscara también es notoria, yendo desde prominencias muy abultadas a una rugosidad fina. El color de la cáscara también es muy variable, de verde claro con superficie blanquecina al verde normal, al rojo claro y a los intermedios entre estos. El grosor de la cáscara también varía desde aproximadamente 8 a 20 mm; siempre es suave y fácil de romper a presión de la mano, cuando madura. Los granos aunque todos blancos, varían grandemente en tamaño y forma, desde grandes redondos, hasta pequeños casi aplanados y alargados, pareciéndose los últimos a las semillas. Dado su valor genético y considerando la excelente calidad de este grano para la elaboración de chocolate fino, se hace patente la necesidad de la recolección y preservación de su germoplasma.

Cacao forastero. Son los granos de cacao que provienen de variedades como el Guayaquil, Ceilán, Calabacillo, Patastillo, Soconusco, entre otros, que presentan generalmente un grano aplanado, de color púrpura y sabor amargo. Se caracteriza por sus frutos de cáscara dura leñosa, de superficie relativamente tersa. En México, el grano de cacao que más se produce es en su mayoría forastero.

Designación y clasificación del producto

El cacao en grano Criollo objeto de esta norma se designa de acuerdo a los siguientes tipos:

TABLA 1.- Designación de tipos de cacao	
Tipo 1	Tipo 2
Lavado	Fermentado

Clasificación

El cacao en grano objeto de esta norma y de acuerdo a sus designaciones, se clasifica en los siguientes grados de calidad:

Tipo 1 Lavado y Secado. Son todos los tipos de cacaos forasteros y trinitarios que sólo han sufrido un proceso de secado más no el de fermentación, exento de olores extraños al característico al grano y de cualquier otro signo de adulteración.

Tipo 2 Supremo Extra Criollo. En este grupo se encuentran todos los tipos de cacaos criollos fermentados y secos sometidos a un adecuado proceso de fermentación y secado.

Tipo 2 Primera. Son todos los tipos de cacaos forasteros o trinitarios, fermentados y secos, exentos de olores diferentes al característico del grano y de cualquier otro signo de adulteración.

Tipo 2 Estándar. Son todos los tipos de cacao, forasteros y trinitarios, fermentados y secos, exentos de olores extraños y de cualquier otro signo de adulteración cuya operación desde la selección de la mazorca hasta el proceso de secado no está plenamente controlada.

TABLA 2. Grados de Calidad para las diferentes designaciones de los granos de cacao.

CARACTERÍSTICAS	LAVADO Y SECADO (Tipo1)	FERMENTADO Y SECADO (Tipo 2)		
		Supremo Extra Criollo	Primera	Estándar
Granos con mohos % máximo	2,0	1,0	2,0	4,0
Granos dañados por insectos % máximo	4,0	1,0	2,0	6,0
Granos con mohos + granos dañados por insectos % máximo	6,0	2,0	3,0	8,0
Grano roto % máximo	2,0	1,0	2,0	2,0
Pacha % máximo	2,0	1,0	1,0	2,0
Cascarilla % máximo	No aplica	10,0	14,0	15,0
Pizarroso % máximo	No aplica	2,0	5,0	8,0
Violáceo % máximo	No aplica	4,0	10,0	10,0
Peso promedio de granos (g/grano)	0,80 – 1,20	0,80-1,43	0,80-1,20	0,80-1,20

NMX-FF-103-SCFI-2003

TABLA 3. Especificaciones sensoriales para el grano de cacao

Características externas		
CARACTERÍSTICA	GRANO LAVADO	GRANO FERMENTADO
Apariencia	Grano entero libre de mucilago.	Grano hinchado, con restos de mucilago.
Textura y consistencia	Grano liso con cascarilla difícil de desprender, resistente al corte.	Grano rugoso y quebradizo, Cascarilla fácil de desprender.
Características internas (prueba de corte)		
CARACTERÍSTICA	GRANO LAVADO	GRANO FERMENTADO
Apariencia	Lisa y uniforme.	Estriada, porosa.
Color	Café oscuro.	Café pardo oscuro
Textura y conformación	Liso y resistente al corte.	Rugosa, frágil a la presión y al corte.
Sabor	Amargo, ligeramente ácido y astringente, libres de sabores extraños.	Ácido, libres de sabores extraños.
Olor	Característico del cacao no fermentado, libres de olores extraños (tierra, humo, diesel etc.)	Penetrante, característico propio de la fermentación acética, libres de olores extraños (tierra, humo, diesel)

NMX-FF-103-SCFI-2003

Físicas

Tabla 4. Potencial de Hidrógeno (pH) para Cacao Criollo

	Lavado y Secado (Tipo 1)	Fermentado y Secado (Tipo 2)
pH	5,8 – 6,2	4,8 – 5,5

NMX-FF-103-SCFI-2003

Humedad.

El contenido de humedad para todas las designaciones y grados de calidad no deberá rebasar el 7,5 %.

Microbiológicas.

Los granos de cacao destinados a la elaboración de productos de consumo humano deben cumplir las tolerancias referentes a las toxinas producidas por los mohos del género de los *Aspergillus* de acuerdo a lo establecido en la NOM-186-SSA1/SCFI.

Materia Extraña.

Los granos de cacao materia de esta norma, en todas sus designaciones y grados de calidad, no deben presentar más de: 0,5% Materia Extraña (madera, tallos, restos de mazorca, piedras, fibras). 22 mg/kg Excretas de roedor.

Contaminantes

El productor de cacao, así como los comercializadores del mismo, cada uno en el ámbito de su competencia deben observar que las sustancias empleadas para la eliminación de plagas en cualquier parte del proceso, cumplan con las especificaciones establecidas en el Catálogo Oficial de Plaguicidas, emitido por

la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).

Almacenamiento y transporte

Los locales, instalaciones y transportes que se utilicen para el almacenamiento del producto objeto de esta norma deben cumplir con las disposiciones aplicables de la autoridad competente y con las especificaciones descritas.

Muestreo

El muestreo se establece de común acuerdo entre fabricante y comprador. A falta de este acuerdo se recomienda el uso del método de muestreo para el cacao en grano que se indica a continuación:

-Consignación: cantidad de cacao en grano despachada, transportada a un tiempo y cubierta por un contrato específico o documento de embarque.

-Unidad de producto: se considera como una unidad de producto, un saco de cacao de 60 kg a 65 kg para el cacao fermentado y de 65 kg a 70 kg para el cacao lavado.

-Lote: cantidad de granos de cacao proveniente de un mismo ciclo, que se presume de características uniformes, tomada de una consignación que permite evaluar la calidad de la mercancía.

-Muestra primaria: pequeña cantidad de granos de cacao tomados de un punto del lote.

-Muestra compuesta: cantidad de granos de cacao formada por la combinación y mezcla de muestras primarias de diferentes puntos del lote.

-Muestra reducida: cantidad de granos de cacao obtenida, por la reducción de la muestra compuesta y de la que es tomada la muestra final del lote.

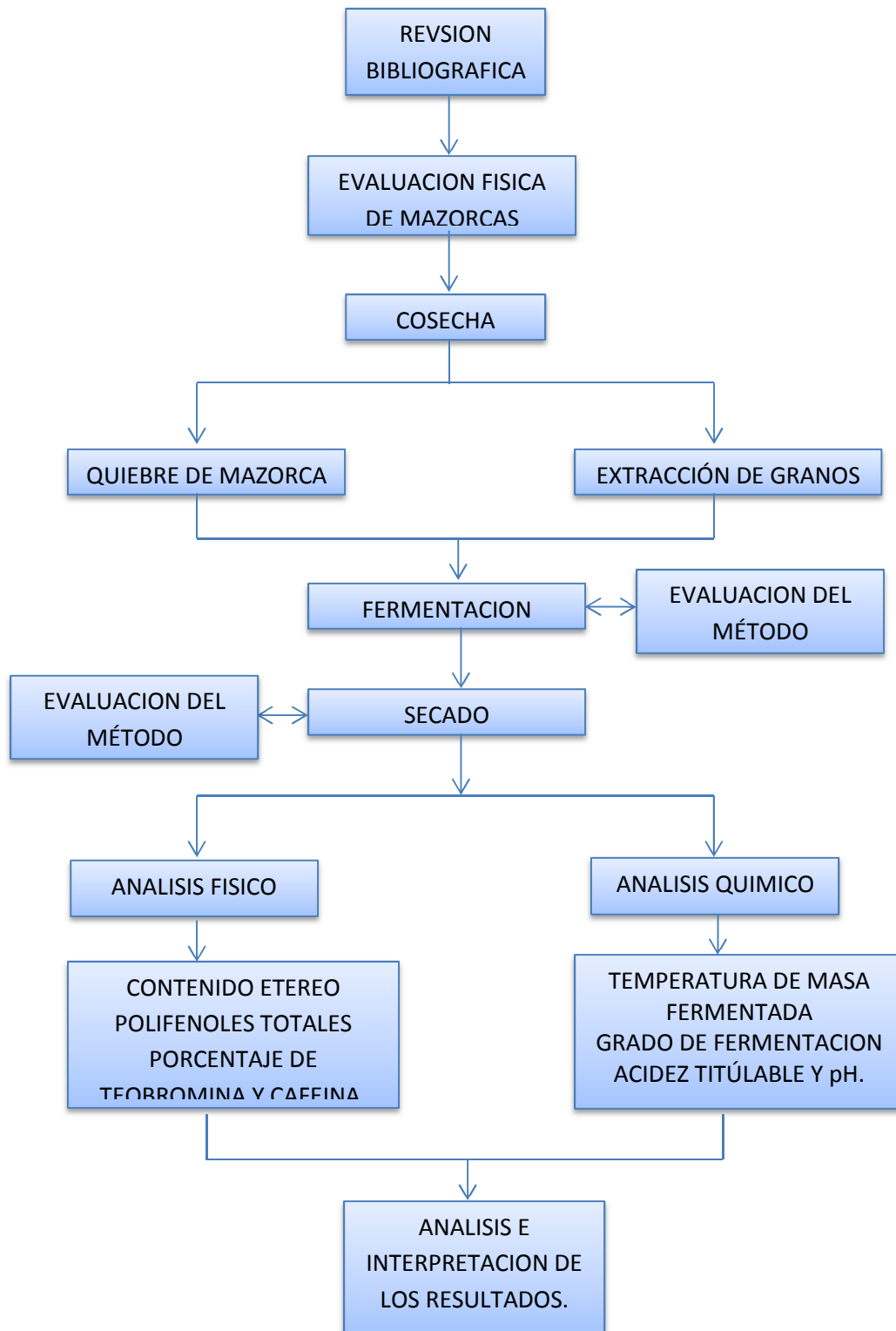
8.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.1 Recolección y evaluación física.

La recolección, fermentación y secado se llevó a cabo en instalaciones del Campo Experimental Rosario Izapa. Se utilizó granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la cosecha del ciclo productivo 2011-2012 cosechado con la ayuda de jornaleros y en las huertas donde también se llevaron a cabo la evaluación visual de las mazorcas y su maduración, y programar los días para la cosecha, además de las labores de partido y desgrane de las mazorcas. Posteriormente se trasladó el grano en costales de plástico a la fermentadora. Después de la recepción y pesado del grano se llenaron las cajas para iniciar con el proceso de fermentación que se realizó en cajas cuadradas construidas con madera de melina. Se llenaron los contenedores con grano fresco y una vez que dejó de escurrir se comenzó la remoción del mismo cada 24 horas. Las cajas se mantuvieron cubiertas para evitar el escape de calor. La fermentación varía de acuerdo al tipo de Cacao, tuvo una duración de 72 a 168 horas.

Muestreo. Se tomaron muestras de 1 kg de cada tratamiento cada 24 horas misma que se llevó a secado hasta una humedad aproximada de 7%. El secado se realizó en el invernadero, al sol y en la estufa, esto para muestras de Cacao Forastero de Tuzantán y del Campo Experimental Rosario Izapa, con remociones cada dos horas para propiciar la aireación y evitar enmohecimiento de los granos. Para las muestras de Cacao Criollos, híbridos y clones con fermentación de 72 horas, se llevaron a secar al invernadero, también hasta alcanzar una humedad de 7%.

Las variables evaluadas fueron temperatura de la masa de fermentación, pH y acidez titulable del cotiledón de los granos secos mediante método AOAC (1990) modificado para granos de cacao, grado de fermentación (% de granos violetas, pizarrosos y bien fermentados) en grano seco y determinación de contenido etéreo, Polifenoles, contenido de Teobromina y Cafeína.



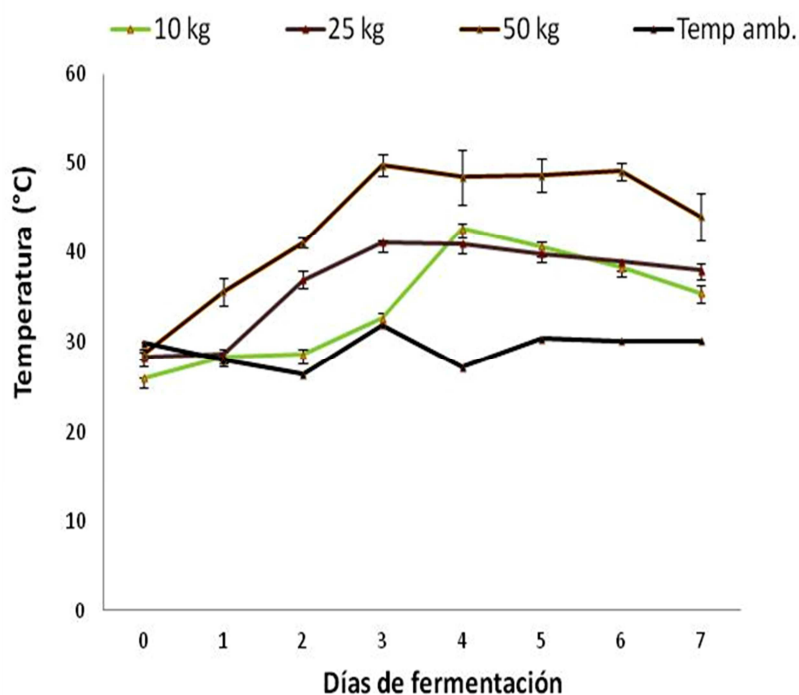
9.- RESULTADOS

Durante el proceso de fermentación el pH en el cotiledón comienza a descender pasando de 6.42 a 5.2 del segundo al cuarto día, en el caso de la testa + mucilago se incrementa a partir de 4.1 a 4.7.

La modificación del pH da como resultado un incremento de la acidez debido a la migración de los ácidos generados en el mucilago hacia el cotiledón, presentando el cotiledón al cuarto día un porcentaje de acidez de 1.4.

Los valores de pH en cotiledón y testa + mucilago cercanos a 5 puede ser considerados como un indicativo para el término del proceso en este tipo de granos. La temperatura ambiente osciló alrededor de 26 a 31 °C.

**Fig.1 Grafica
Relación
Temperatura-
fermentación.**



La elevación de la temperatura de fermentación se correlaciona con la velocidad de la muerte de la semilla, la cual es indispensable para que se realicen las reacciones bioquímicas en el interior del grano.

Tabla 5. Variación de la Temperatura de Fermentación de distintos volúmenes.

VOLUMEN (KG)	TEMPERATURA DE FERMENTACION (°C)							
	0 DIAS	1 DIA	2 DIA	3 DIA	4 DIA	5 DIA	6 DIA	7 DIA
10	26.00 b	28.33 b	28.66 c	32.67 c	42.67 a	40.66 b	38.33 b	35.50 b
25	28.33 a	28.67 b	37.00 b	41.16 b	41.00 a	39.90 b	39.00 b	38.00 b
50	28.67 a	35.67 a	41.13 a	49.81 a	44.49 a	48.69 a	49.11 a	44.10 a

Para el 4 día no había diferencias significativas para los tres volúmenes, con temperaturas de 41-44.5 °C. En Los días 5 y 6 no existieron diferencias para los volúmenes 10 kg y 25 kg con temperaturas de 39-40.6 °C, siendo diferente el volumen de 50 Kg, que tenía temperaturas de cercanas a los 50 °C.

9.1 Evaluación del pH en el proceso de fermentación.

Los valores iniciales de pH medidos en el cotiledón oscilan entre 6.4-6.9, los cuales conforme transcurre el proceso de fermentación descienden, manteniéndose sin muchas variaciones al final del proceso.

Los valores iniciales del pH de la pulpa + testa oscilan entre 3.9-4.1, al transcurrir la fermentación se incrementan. Al término de la fermentación estos valores tienen llegar a un mismo punto cercano a 5.



Fig. 2. Porcentaje de acidez en cotiledón de granos de cacao criollo con diferentes días de fermentación.

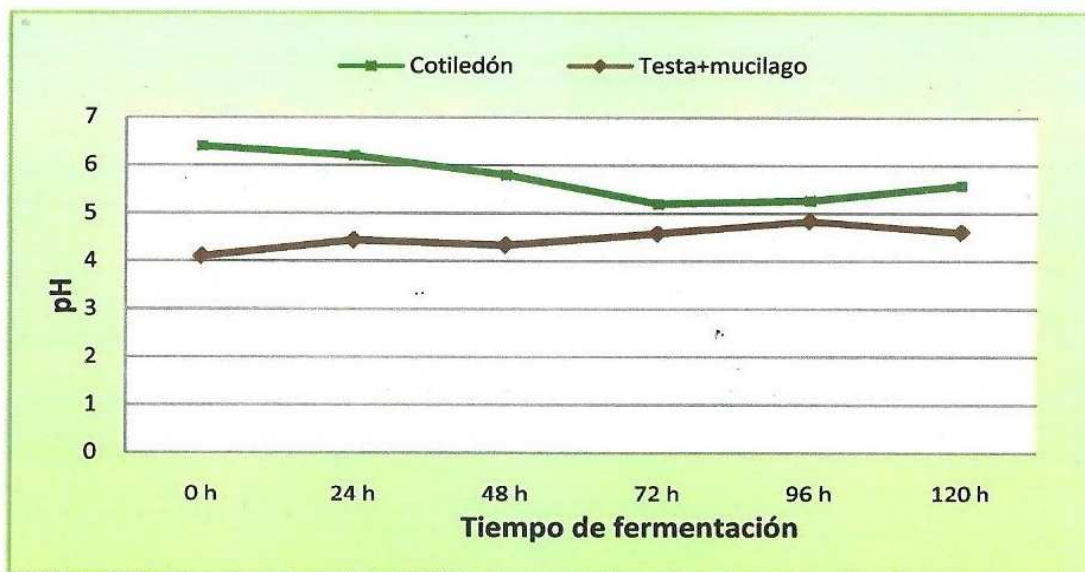


Fig. 3. pH en cotiledón y testa+mucilago de granos de cacao criollo con diferentes días de fermentación.

Los volúmenes de 25Kg y 50 kg producen el mismo efecto en el pH del cotiledón.

Peso de la masa de cacao Fermentado	Análisis de Varianza para pH
10 kg	5.48 a
25 kg	4.81 b
50 kg	4.72 b
<i>Dms</i>	<i>0.17</i>

Los DF producen diferente efecto en el pH del cotiledón.

Tabla 7. Para los niveles de Días de Fermentación en el pH del Cotiledón.	
Días de Fermentación	Análisis de varianza en pH
6 DF	5.22 a
7 DF	5.00 b
5 DF	4.70 c
Dms	0.17

Los valores de pH cercanos de 4.5 -5.0 se consideran los recomendables para una correcta fermentación. Las combinaciones 50 kg, para los tres días de fermentación evaluados no tienen diferencias significativas, así como 25 kg para 5 y 7 DF. Los 10 kg con 5DF es el que presenta mayor pH.

Tabla 8. Para la combinación volumen por los Días de Fermentación.	
Volumen de masa por días de fermentación.	Análisis de Varianza de pH
10 kg*5df	5.76 a
10 Kg* 6df	5.53 ab
25 Kg* 6 df	5.33 b
10 kg* 7df	5.16 bc
50 kg * 6 df	4.79 cd
50 kg *5 df	4.73 d
50 kg * 7df	4.65 d
25 kg * 7df	4.60 d
25 Kg *5 df	4.50 d

pH EN PULPA+TESTA

Los volúmenes no producen el mismo efecto en el pH de la pulpa + testa.

Tabla 9. Para los niveles de volumen en el pH de la pulpa + testa.	
Peso de la pulpa y testa.	Análisis de Varianza en pH
25 kg	4.94 a
50 kg	4.88 ab
10 kg	4.48 b
Dms	0.41

Para 5DF se obtiene el menor pH. No existía una elevación requerida cercana a 5. Los DF no producen el mismo efecto en el pH de la pulpa + testa.

Tabla 10. Para los niveles de Días de Fermentación en el pH de la pulpa + testa	
Días de fermentación	Análisis de Varianza en pH
7 df	5.56 a
6 df	4.58 b
5 df	4.16 c
Dms	0.41

Los DF no producen el mismo efecto tanto el pH del cotiledón como el pH de la pulpa + testa.

Conforme transcurre el proceso de fermentación gradualmente existe cambios de color en los granos (sin testa), indicativo del término del proceso (Figura 10), además, los granos se presentan hinchados y con agrietamiento

pronunciado en el cotiledón. El cambio de coloración externa de los granos (con testa) no es notorio (Figura 4).



Figura 4. Coloración de granos de cacao (sin testa) con diferentes días de fermentación, a) 0 días de fermentación, b) 4 días de fermentación, c) 7 días de fermentación.



Figura 5. Coloración externa de granos de cacao con diferentes días de fermentación, a) 0 días de fermentación, b) 5 días de fermentación y c) 7 días de fermentación.

Referente al color del grano (sin testa) pueden ser considerado como indicativo de una correcta fermentación. Además para determinar el término del proceso, no así el color externo, debido a que el cambio de coloración externa no es notorio, como suele presentarse en los cacaos forasteros y trinitarios, en donde el cambio de coloración externa se considera como un parámetro para determinar el fin de la fermentación. La fermentación debe realizarse con remociones diarias para evitar la proliferación de hongos que afecten el proceso de fermentación, con la remoción se evita que los granos se

aglomeren y con ello se evita el desarrollo de hongos en la superficie y esquina de fermentadores.

Se recomienda no realizar aguante de las mazorcas, debido a que el cotiledón de los granos tiende a ser un poco menos húmedo desfavorable para la fermentación, obteniéndose una fermentación incompleta.

9.2 Evaluación de la acidez total en el Proceso de Fermentación.

Existe una elevación de la acidez en el cotiledón del grano y una disminución de la acidez en la pulpa + testa. Lo cual es atribuido a la absorción de los ácidos producidos por la degradación microbiana de la pulpa, los cuales son difundidos hacia el cotiledón, provocando reacciones de hidrólisis y oxidación de pigmentos. Los valores iniciales de acidez en el cotiledón son de 0.30-0.40 %, los cuales conforme transcurre el proceso de fermentación debe incrementarse.

9.2.1 Acidez en el cotiledón

Los volúmenes no producen el mismo efecto en la acidez total del cotiledón siendo 10 Kg el que menor acidez produce.

Tabla 11. Para los niveles de volumen Acidez Total en el cotiledón.	
Peso del cotiledón	Análisis de varianza en acidez total
25 kg	1.00 a
50 kg	0.87 b
10 kg	0.61 c
Dms	0.04

Los DF no producen el mismo efecto en la acidez en el cotiledón. Siendo el 5 df el que presenta menor Ácidez.

Tabla 12. Para los niveles Df en la acidez del cotiledón	
Días de fermentación del cotiledón	Análisis de Varianza en acidez total
6 df	0.92 a
7 df	0.81 b
5 df	0.75 c
Dms	0.04

Tabla 13. Para la combinación volumen*DF en la Acidez del cotiledón.	
Peso de cotiledón por días de fermentación.	Análisis de Varianza en Acidez Total.
10 kg*5df	5.76 a
10 kg*6df	4.00 b
10 kg*7df	3.70 bc
25 g*7df	2.96 cd
50 kg*7df	2.30 de
25 kg*5df	1.92 ef
25 kg*6df	1.90 ef
50 kg*5df	1.74 ef
50 kg*6df	1.24 f

La combinación 10 kg*5 df es la que presenta mayor acidez, significativamente diferente al resto de los tratamientos. Para 25 Kg y 50 kg para 7 df no existen diferencias significativas así como para los 25 Kg 50 Kg con 6 df y 25 y 50 Kg con 5 df.

9.3 Porcentaje de granos fermentados

El volumen no produce el mismo efecto en el porcentaje de granos bien fermentados.

Tabla 14. Para los niveles de volumen de % de Fermentación.	
Peso de Granos fermentados.	Análisis de Varianza en granos bien fermentados.
50 kg	81.88 a
25 kg	77.22 b
10 kg	63.77 c
Dms	3.92

Los niveles de fermentación de igual o mayor 75 % se consideran un nivel apropiado de una correcta fermentación.

Tabla 15. Para los niveles de DF en % de Fermentación.	
Días de Fermentación	Análisis de Varianza en granos bien fermentados
6 df	80.11 a
7 df	76.11 b
5 df	66.66 c
Dms	3.92

Los días de fermentación no producen el mismo efecto en el nivel de granos con correcta fermentación Siendo 5 df no adecuado para obtener granos con buena fermentación.

En las combinaciones de 50 kg con 5, 6 y 7 DF, no existen diferencias significativas con 78-86 % de granos bien fermentados. En las combinaciones de 25 kg con 5, 6 y 7 DF no existen diferencias significativas con 77 % de granos bien fermentados.

Pero para las combinaciones 10 kg con 6 DF, presenta 77 % aceptable. No así para los 7 y 5 DF.

Tabla 16. Para la combinación volumen por % de Fermentación.	
Peso de granos fermentados por días de fermentación.	Análisis de Varianza de granos bien fermentados
50 kg*6df	86 a
50 kg*7df	81 a
50 kg*6df	78 ab
25 g*6df	77 ab
10 kg*6df	77 ab
25 kg*7df	77 ab
25 kg*5df	77 ab
10 kg*7df	69 b
10 kg*5df	45 c



Fig. 6 Muestras analizadas de Cacao.

9.4 Caracterización Física y Química.

Las muestras de cada zona fueron obtenidas en los cultivos que se caracterizan por su buen manejo y que poseen pequeños jardines clonales con edades mayores a 3 años, y fueron comparadas con Cacao Forastero de la zona de Tuzantan y del Campo Rosario Izapa (RIM), compuesto por una mezcla de granos provenientes de materiales híbridos y criollos. Las muestras fueron conformadas por 100-120 mazorcas maduras y sanas, que se pesaron antes de iniciar el proceso de beneficio. Para cada proceso de fermentación se usaron cantidades de granos de 150 a 200 mazorcas sanas, dentro de las cuales se ubicó las muestras para la evaluación.

El termino DF indica los días de fermentación que corresponde a cada muestra, cabe mencionar que las muestras con tratamiento de 3DF son Cacaos Criollos, clones de criollos e híbridos.

MUESTRA	CLAVE	TUZANTAN	RIM	DF
CATONGO	CI007		X	3
CC-210	CI009		X	3
PA 121	CI012		X	6
PA 169	CI014		X	6
RIM 106	CI017		X	6
RIM 2	CI020		X	6
RIM 6	CI021		X	6
SIAL 58	CI022		X	3
CARMELO	CI024		X	3
CRIOLLO PORCELANA	CI026		X	3
CC-125	CI032		X	3
H-12	CI034		X	6
RIM 101	CI037		X	6
RIM 88	CI042		X	6
SIAL 407	CI043		X	3
RIM 56	CI046		X	6
C-1	CI046		X	3
4D1RT	01		X	4
5D1RT	02		X	5
6D1RT	03		X	6
7D1RT	04		X	7
SF1RT	05		X	0
SFDS1RT	06		X	0
4D2RT	07	X		4
5D2RT	08	X		5
6D2RT	09	X		6
7D2RT	10	X		7
SF2RT	11	X		0
7DS2RT	12	X		0
CUADRO 9. MATERIALES EVALUADOS DE LA ZONA.				

La caracterización química.

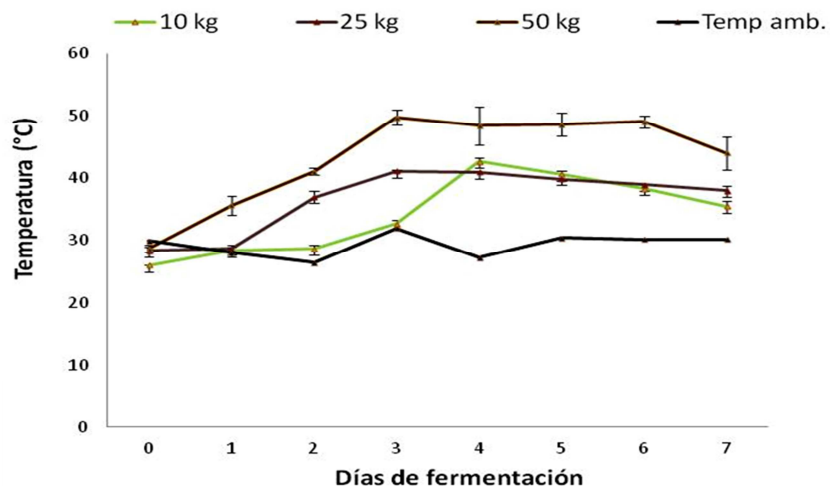
Las evaluaciones bromatológicas de todas las muestras fueron realizadas en el laboratorio de Postcosecha del Campo Experimental Rosario Izapa.

De la composición química del grano seco se evaluaron las siguientes variables: pH (método del potenciómetro), Acidez titulable, porcentaje de humedad, porcentaje de grasa (método Soxhlet), porcentaje de proteína (método de Kjeldahl), y contenido de Teobromina y Cafeína. Los resultados obtenidos fueron analizados de forma comparativa al interior de cada una de las regiones agroecológicas evaluadas y presentadas en tablas para su mejor comprensión.

9.4.1 Resultados de las Caracterización físicas del grano

Según la Fig. 7, el porcentaje de almendras fermentadas, aumento paulatinamente hasta el quinto y sexto día de fermentación, mientras el de las almendras violetas disminuyo. La ausencia de almendras pizarras era de esperarse pues ocurren cuando el tiempo de fermentación es muy reducido.

Fig.7. Relación de Temperatura con tiempo de Fermentación.



Tal resultado también puede ser influenciado por el descenso de la temperatura con la consiguiente disminución del porcentaje de fermentación. Un descenso brusco de la temperatura con una excesiva precipitación explica la medida de los resultados obtenidos. Niveles de fermentación superiores al 75 %, responden a un buen manejo de este proceso, en un entorno ambiental no aceptable durante el tiempo de la investigación.

9.4.2 Tiempo de fermentación

Los puntos que representan los porcentajes de fermentación en diferentes momentos del proceso en la Fig. 7, con el objetivo de visualizar mejor su comportamiento y definir el tiempo que produce el mayor porcentaje de almendras fermentadas. Al cuarto día de la fermentación de las almendras se ubicó alrededor del 60%, todavía insuficiente para el desarrollo avanzado de los precursores aromáticos y reducción de la astringencia y amargor. Según la teoría disponible sobre el tema, el porcentaje de almendras fermentadas, debe alcanzar como mínimo el 75% para que la industria se beneficie al máximo del sabor y aroma a chocolate el mismo que resulta de la torrefacción de almendras bien fermentadas y secas. La cantidad de almendras fermentadas llegó al 70 % al quinto día y alcanzo 85% en el sexto, aunque la prolongación de un séptimo día de proceso hasta este punto, puede acarrear el riesgo de una sobre fermentación y la generación de olores inconvenientes para la calidad del cacao. Debe señalarse que tal defecto si llegó a percibirse en algunas muestras con los siete días de fermentación. Estos resultados permiten concluir que bajo las condiciones ambientales del Soconusco, cuatro días de fermentación es insuficiente pero 6 días es el periodo adecuado para

lograr un buen nivel de almendras fermentadas, sin riesgo de sobre fermentación.

9.4.3 Índice de semilla, número de semillas en 100 gramos y porcentaje de testa.

Para el índice de semilla con un valor alrededor de 1.35 g, del rango establecido para calificar este atributo en el comercio internacional. Como referencia, el peso promedio mínimo para el cacao comercial es de 1.0 g.

Distribución de peso de las almendras La proporción con un peso debajo de 1.0 g es 14.4 %, y por encima de 1.4 g es de 39.6%. Ambos porcentajes son componentes importantes para construir la identidad del origen que nos ocupa. El 71.9 % del total de almendras registra pesos que caen dentro de la categorías correspondientes a las mejores calidades de exportación, es decir, ASS, ASSS Y ASSPS, atributo que representa un recurso valioso de este origen ya que supera al encontrado para otras zonas. El hecho de que el exceso de lluvias no constituya un factor limitante, ni favorece el desarrollo y crecimiento de las almendras.

La caracterización física del grano seco recomendados por la zona soconusco. (Cuadro 10), Los materiales RIM 2, RIM 56 Y Criollo Porcelana poseen el mejor índice de mazorca, pues requieren solamente de 12 mazorcas sanas para obtener un kilogramo de cacao seco adecuadamente beneficiado, favoreciendo al agricultor económicamente, por su mayor rendimiento con el menor número de frutos. Contrario a esto se observa que el material de Tuzantan requiere mayor cantidad de mazorcas (20 mazorcas/kg), lo cual implica para el

productor un requerimiento de mayor cantidad de mano de obra en el proceso de beneficio y mayores costos en general.

					PORCENTAJE		
Clave	Muestra	Zona	INDICE DE MAZORCA (Unidad)	INDICE DE GRANO	CASCARILLA %	ALMENDRA %	% GRANO BIEN FERMENTADO
07	4D2RT	TUZANTAN	19	0.98	11.11	102	67
08	5D2RT	TUZANTAN	18	1.046	12.17	96	72
09	6D2RT	TUZANTAN	18	0.963	13.82	96	80
10	7D2RT	TUZANTAN	19	0.992	13.85	101	62
CI042	RIM 88	RIM	16	1.940	8.01	116	70
CI046	RIM 56	RIM	14	2.161	7.93	118	85
CI020	RIM 2	RIM	14	1.788	9.45	115	82
CI034	H 12	RIM	17	1.653	10.10	114	79
CI024	CARMELO	RIM	17	1.321	11.50	113	73
CI046	C-1	RIM	14	1.679	10.02	113	80
CI007	CATONGO	RIM	15	2.415	7.34	120	82
CI009	CC-210	RIM	16	1.132	11.56	109	74
CI012	PA 121	RIM	17	1.427	12.89	114	76
CI014	PA 169	RIM	16	1.294	13.01	112	72
CI017	RIM 106	RIM	15	1.789	9.32	115	75
CI021	RIM 6	RIM	16	1.354	10.23	112	71
CI022	SIAL 58	RIM	17	1.098	13.15	107	69
CI026	C. PORCELANA	RIM	14	1.823	9.76	115	83
CI032	CC 125	RIM	17	1.326	10.98	101	77
CI037	RIM 101	RIM	16	1.781	8.93	112	73
CI043	SIAL 407	RIM	17	1.211	11.23	113	76
05	SF1RT	RIM	16	1.345	13.56	80	72
06	SFDS1RT	RIM	17	1.298	13.32	82	71
13	SF2RT	TUZANTAN	19	1.001	13.98	93	69
11	SFDS2RT	TUZANTAN	18	0.996	13.87	95	72
01	4D1RT	RIM	17	1.187	9.90	82	60
04	7D1RT	RIM	16	1.411	13.66	82	71
02	5D2RT	RIM	17	1.411	10.4	88	80
03	6D1RT	RIM	17	1.189	11.40	82	82

Cuadro 10. Análisis Físico de diferentes muestras del Soconusco.

De acuerdo con los parámetros de las industrias, se observa que la gran mayoría de Las muestras evaluadas producen granos con pesos secos que permiten clasificarlos en el promedio alto de las características exigidas, variando los resultados entre 2.415 gramos/grano y 1.001 gramos/grano. Sólo en el caso del material de Tuzantan se observó un promedio de grano clasificado en el parámetro deficiente.

Es de resaltar que los materiales Catongo y RIM 56, mantuvieron un índice de grano superior a 2 g/ grano, resultado alto.

En cuanto al porcentaje de almendra se presentó una variación entre 120 % y 82%. Este valor muestra que la mayoría de los materiales evaluados, poseen un porcentaje de almendra dentro de las exigencias de las industrias procesadoras, es decir mayor de 88% de almendra, favoreciendo el contenido de grasa obtenido en el "licor de cacao" y naturalmente presentando bajos valores para la cascarilla, lo cual es deseable.

El porcentaje de testa o cascarilla suele variar del 6 al 16 % de acuerdo al genotipo de cacao, mientras que el comercio internacional prefiere valores que se encuentren alrededor del 12 %. Los porcentajes de cascarilla medidos estuvieron alrededor del 14%, un valor medianamente alto, y que puede representar una desventaja moderada en el comercio ya que significa que las almendras tienen menor rendimiento de "nibs" (cotiledones triturados de cacao) al retirar la cascarilla, pero esta desventaja es ampliamente compensada por ventajas comparativas como el índice de semilla, alto en comparación con muchos orígenes internacionales.

Finalmente, en la evaluación de las características físicas del grano seco de cacao se debe indicar que a través del proceso de beneficio que se propone se puede obtener, en la mayoría de los casos, un porcentaje superior al 65% de granos bien fermentados, cumpliendo satisfactoriamente en un todo con la norma actual de calidad para el grano, es decir la 1252 del ICONTEC.

9.4.4 Caracterización química del grano

En el caso del pH, la mayoría de los materiales cumplen con el rango normal. Sólo los materiales de 4D2RT Y 5D2RT de Tuzantán presentaron valores inferiores a este rango (< 5.0). Continuando con el proceso de caracterización del grano, los resultados obtenidos en el laboratorio.

De las 29 muestras evaluadas se debe resaltar el alto porcentaje de grasa con un mayor del 58.43%, por los contenidos en los materiales Catongo, criollo Porcelana, Carmelo, RIM 56, y RIM 2, que de acuerdo con los parámetros de la industrias se ubican en un nivel alto de esta variable.

En general los materiales evaluados poseen un nivel normal del contenido de grasa. Este buen comportamiento de esta variable química del grano facilita su comercialización cuando proviene de estos materiales que satisfacen las exigencias de las compañías chocolateras (Cuadro 11).

Clave	Muestra	Zona	pH	Ácidoz (% de ácido acético)	Grasa (%)	H u m e d a d %	Polifenoles Totales (miligramos de ácido gálico/g)	Teobromina (%)	Cafeína (%)	T/C (relación)
07	4D2RT	TUZANTAN	6.2	0.92	52.37	7	25.97	1.59	0.38	4.20
08	5D2RT	TUZANTAN	5.4	0.6	52.15	7	26.89	1.59	0.38	4.20
09	6D2RT	TUZANTAN	4.83	1.14	56.25	7	27.67	1.60	0.38	4.20
10	7D2RT	TUZANTAN	5.6	1.8	52.40	7	26.98	1.60	0.38	4.20
01	4D1RT	RIM	5.2	0.8	54.85	7	31.10	1.63	0.40	4.10
02	5D1RT	RIM	5.5	1.08	56.75	7	32.25	1.64	0.41	4.00
03	6D1RT	RIM	5.6	1.12	56.85	7	33.54	1.64	0.41	4.00
04	7D1RT	RIM	5.2	0.81	50.45	7	32.45	1.64	0.41	4.00
CI007	CATONGO	RIM	5.5	1.10	60.14	5	46.10	1.70	0.46	3.69
CI009	CC 210	RIM	5.6	1.21	52.23	5	43.50	1.68	0.34	4.94
CI012	PA 121	RIM	5.5	0.89	55.79	6	33.54	1.70	0.46	3.69
CI014	PA 169	RIM	5.6	0.71	56.45	6	33.89	1.72	0.33	5.21
CI017	RIM 106	RIM	5.5	1.15	58.90	6	58.10	1.70	0.46	3.70
CI020	RIM 2	RIM	5.5	1.32	60.21	6	47.71	1.75	0.28	6.25
CI021	RIM 6	RIM	5.5	1.15	59.90	6	48.65	1.76	0.26	5.76
CI022	SIAL 58	RIM	5.5	1.12	50.15	6	35.37	1.72	0.33	5.21
CI024	CARMELO	RIM	5.4	1.32	60.40	5	41.02	1.78	0.40	4.45
CI026	C.PORCEL ANA	RIM	5.5	1.11	60.50	5	43.10	1.76	0.27	6.51
CI032	CC 125	RIM	5.6	1.23	56.12	5	34.42	1.57	0.23	5.82
CI034	H 12	RIM	5.7	1.32	55.70	6	38.54	1.66	0.41	4.04
CI037	RIM 101	RIM	5.6	0.97	63.25	6	41.89	1.70	0.40	4.25
CI042	RIM 88	RIM	5.5	1.01	59.90	6	45.18	1.79	0.45	3.97
CI043	SIAL 407	RIM	5.9	0.99	57.55	6	36.78	1.60	0.38	4.22
CI041	RIM 56	RIM	5.5	1.13	60.89	6	44.19	2.10	0.51	4.12
CI046	C-1	RIM	5.4	0.98	59.15	5	39.86	1.90	0.39	4.87
05	SF1RT	RIM	5.4	0.94	54.90	6	31.23	1.59	0.36	4.42
06	SFDS1RT	RIM	5.6	1.41	50.58	7	30.56	1.59	0.37	4.30
13	SF2RT	TUZANTAN	5.7	1.53	51.16	7	28.45	1.57	0.37	4.24
11	SFDS2RT	TUZANTAN	5.3	1.09	51.05	7	29.31	1.57	0.36	4.36

Cuadro 11. Análisis químico de diferentes muestras de Cacao.

9.4.5 Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en muestras fermentadas y secas, fue significativamente superior en varias muestras desde los 43 mg de ácido gálico/g al compararse al valor mínimo obtenido de 25 mg de ácido gálico/g, es difícil proponer una explicación para esta diferencia, se utilizó la misma metodología de análisis.

Nuevas determinaciones en distintas muestras, incluyendo las de Tuzantán, pueden arrojar más luz para interpretar esta diferencia, más aun teniendo en cuenta que la capacidad antioxidante. El polifenol epicatequina es el sustento de dicha capacidad antioxidante, un concepto terapéutico de creciente uso como para de las estrategias de mercadeo de los chocolates negros (con alto contenido de cacao).

9.4.6 pH y Acidez

Como era de esperarse, las cifras de pH determinadas en los cotiledones a lo largo del periodo de fermentación, resultaron inversamente proporcional a los valores de acidez titulable. El promedio entre las muestra: 6D1RT, 6D2RT, RIM 2, 6, 56, 88, 101 y 106, PA-121, PA-169 y H-12, para el pH del cotiledón con seis días de fermentación fue de 5.48.

Los resultados para la acidez titulable de los cotiledones, resultaron significativamente alto, es decir que las muestras cosechadas y beneficiadas terminaron con más acidez, es decir un pH más bajo.

Posibles fallas durante el secado, podrían haber dado lugar a tasas muy rápidas de evaporación del agua de las almendras, causando el secamiento

drástico de la cascarilla y la consiguiente reducción en las tasas de pérdida de la acidez volátil, particularmente el Ácido Acético. Durante el proceso de evaporación, el agua arrastra el ácido acético, pero frente a un secado violento de la cascarilla por excesiva exposición solar por ejemplo, el arrastre de esta sustancia volátil se debilita marcadamente, limitándose los beneficios que una menor acidez del grano puede aportar a la calidad sensorial del cacao.

9.4.7 Teobromina y Cafeína y relación Teobromina/Cafeína

Las concentraciones de teobromina para las almendras fermentadas y secas determinadas son inferiores al promedio de 2.0%, encontrados en cacaos de otra procedencia, exportados como cacao finos de aromáticos. Valores bajos para este indicador, representan un atributo interesante para el cacao del Soconusco porque lo convierte en un cacao menos amargo.

Con relación a la cafeína, otro alcaloide de importancia, se determinaron porcentajes de 0.36 % y 0.42%. Estos porcentajes guardan consistencia con el promedio de 0.46 % encontrado para cacao de Ecuador, Ghana, Venezuela, importantes proveedores para el nicho de los cacaos finos.

Los valores para la relación teobromina/cafeína son de 4 a 5, el rango para la relación teobromina/cafeína para los cacaos aromáticos comercializados internacionalmente, se extiende de 2.0 a 6.5.

Altos valores para la relación teobromina/Cafeína, están asociados con orígenes de una menor calidad aromática. Si esta relación se acerca o separa la cifra de 10, ciertamente corresponderá a orígenes considerados como cacao corriente.

9.4.8 Variables organolépticas

Al analizar las tendencias para interpretar el comportamiento de los diferentes perfiles sensoriales, emergieron valores medios para los atributos aromáticos cacao, frutal, floral y nuez. El amargor, acidez y astringencia como rasgos de sabor, se mantuvieron más bien en un ámbito de moderación. Se destaca una predominancia del sabor frutal y floral, en ese mismo orden, mientras que los demás parámetros sensoriales parecen coincidir en sus intensidades

10. DISCUSIONES, CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

DISCUSIONES

La temperatura circundante a la masa de fermentación osciló las más bajas durante noche y las más altas después del mediodía, condición que fue apropiada para el desarrollo de un buen proceso de fermentación. En una misma caja se registraron variaciones de temperatura en los puntos monitoreados, esto se debió principalmente a que las corrientes de aire que penetran a través de las ranuras y perforaciones de las cajas provocan el descenso de la temperatura en la masa fermentativa. Cabe señalar que el incremento más notable de temperatura ocurrió simultáneamente al agotamiento de los sólidos de la pulpa (datos no mostrados) en todos los tratamientos. En las cajas de 50 kg la temperatura alcanzó 48°C manteniéndose con ligeras variaciones hasta las 150 horas de fermentación. En las cajas con 25 kg la temperatura se mantuvo alrededor de 44°C a partir de las 64 horas sin registrarse grandes variaciones hasta el final del proceso.

El pH comenzó a descender desde 6.42 a 5.2 manteniéndose sin muchas variaciones hasta el final del proceso fermentativo, correspondiendo este descenso con el máximo incremento en la temperatura de la masa de fermentación y con el incremento de acidez. En el día seis el pH fue ligeramente más elevado que en el día cinco y el día siete lo cual indica una menor acidez en los granos como se confirma con el comportamiento de la acidez titulable en los tratamientos. Al día seis se observa una reducción en la acidez de los granos de las cajas.

Uno de los controles de calidad usados para determinar el precio final del cacao es la prueba de corte. La evolución en el grado de fermentación medida con esta prueba de corte, fue gradual aumentando del día cinco en la caja de 66% y alrededor de 70% en las cajas de 50 y 25 kg al día seis, es decir se notó un proceso de fermentación más lento en el inicio del tratamientos, sin embargo al día seis se obtuvieron resultados similares en los tratamientos. Al momento en que se detuvo la fermentación (día siete) se obtuvieron 82% de granos bien fermentados en las cajas de 50 kg, 77% en las cajas de 25 kg, 75% y en las cajas de 10 kg un 70%. En el análisis estadístico de los resultados se determinó que a éste día los tratamientos producen el mismo efecto sobre el grado de fermentación ya que no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de granos bien fermentados. El mejor índice de mazorca para obtener un kilogramo de cacao seco se obtiene cuando se requiere 12 mazorcas. El índice de semilla evalúa a las nuestras en promedio alto a los resultados que varían entre 2.4 y 1.0 gramo/grano.

En cuanto al porcentaje de almendras se presentó una variación entre 120% y 82%, valor que demuestra la mayoría de los materiales evaluados, poseen un porcentaje de almendra dentro de las exigencias de las industrias procesadoras, mayor de 88% de almendra, favorece el contenido de grasa y naturalmente presenta bajo niveles de cascarilla.

El menor contenido de polifenoles puede interpretarse como que el cacao es más suave, sensorialmente hablando, sin notas excesivas de amargor y astringencia, atributos apreciados por la industria. Por otro lado, la nula o escasa presencia de antocianina en el 11% de las almendras, confirma la influencia de cacao tipo Criollo en la producción de este sector, pues tal

característica se encuentra asociada a este grupo genético. Finalmente, el mayor porcentaje de las almendras se distribuyen en las categorías de mejor calidad, que supera al de otras zonas cacaoteras del país.

Las concentraciones de Teobromina son inferiores al promedio de 2.0% en cacaos de otra procedencia y cacaos finos de aroma. Valores bajos para este indicador representa un atributo para relacionarlo con la astringencia.

Con relación a la cafeína el porcentaje promedio es de 0.46% para importantes proveedores para el nicho de los cacaos finos y los resultados similares pueden definir una similitud en las características de calidad.

El rango de la relación Teobromina/Cafeína para los cacaos aromáticos comercializados internacionalmente se extiende de 2.0 a 6.5, resultados que nos indican que con una relación teobromina/cafeína de 4 a 5 son aceptables.

Altos valores para esta relación están asociados con orígenes de una menor calidad aromática. Si esta relación se acerca o separan la cifra de 10, ciertamente corresponderá a orígenes considerados como cacao corriente.

CONCLUSION

En general, todos los materiales evaluados bajo la metodología propuesta cumplieron no solo satisfactoriamente por encima de las exigencias del mercado nacional, sino que con las normas exigidas en comparación del mercado extranjero, ubicándose entre los niveles altos de evaluación tenidos en cuenta para las variables índice de grano y porcentaje de buena fermentación, según la norma recientemente revisada del ICONTEC, año 2003.

El comportamiento de la temperatura mensual fue relativamente homogéneo durante la temporada de la investigación. La temperatura media mensual de 28.2 °C, con una diferencia de 10 °C entre ellas, pero aun así se ubican en el rango normal para el cacao. Pero la relación de almendras fermentadas con las condiciones ambientales es proporcional a su incremento.

La óptima fermentación se logró con muestras de 50 kg con seis días de fermentación siendo el punto máximo de incremento de temperatura de cercana a los 50°C.

La acidez de los cotiledones al final de la fermentación, cae dentro del rango obtenido para las mismas muestras, siendo el volumen de 10 kg y 5 días de fermentación el que menos acidez produce.

Al final del secado el pH se ubica fuera del extremo inferior del rango con un valor de (5.1) considerado los recomendables para una correcta fermentación. No existió efecto en relación con los días de fermentación y los diferentes volúmenes evaluados.

El volumen no produce efecto en el porcentaje de granos bien fermentados, pero significativo para los 6 días de fermentación. El índice de almendra, alrededor de (1.35) g, un peso promedio moderadamente alto, es un atributo valioso para el origen estudiado, que se combina positivamente con la relativa homogeneidad del peso de las almendras.

El 71.9 % del total de almendras registra pesos que caen dentro de las categorías correspondientes a las mejores calidades de exportación, como atributo de un recurso valioso de este origen ya que supera el encontrado para otras zonas. La proporción de cascarilla con un valor alrededor de 14% considerado medianamente alto, podría afectar la ventaja comparativa de este origen.

La concentración de grasa, cae dentro del rango formado por los valores de este componente correspondientes a distintas muestras. Cabe resaltar el alto porcentaje de grasa mayor a 58.43%, por los contenidos en los materiales Catongo, Criollo Porcelana, Carmelo, RIM 56 y RIM 2 con los parámetros de la industria se ubican en un nivel alto de esta variable.

El contenido promedio de polifenoles obtenido de las muestras analizadas se ubica a cierta distancia de contenidos típicos para otros orígenes de cacao en el país resumidos en un promedio de 43 mg de ácido gálico/g.

Los contenidos promedios de teobromina y cafeína, 1.76 % y 0.39%, y la relación teobromina/cafeína con un valor de 4.59, se ubican claramente dentro del rango correspondiente a los cacaos finos aromáticos. Valores inferiores de 2.0% para este indicador, representa un atributo interesante para el cacao del Soconusco porque lo convierte en un cacao menos amargo.

La relación teobromina /cafeína, se determinaron porcentajes de 4 a 5, un clasificador para el grupo de los cacaos finos, ubica al origen Soconusco a gran distancia de los orígenes de cacao corriente.

La caracterización de las diferentes especies nos conocer las especies más adecuadas para la industrialización y su procesamiento, alcanzado niveles muy altos de calidad, son los materiales RIM 2, RIM 56, Criollo Porcelana, Catongo, y Carmelo.

Los resultados obtenidos en ámbito de las características físicas y químicas del cacao producido en el soconusco de Chiapas, demuestra la singularidad de este origen comercial y contribuye a definir su identidad, cabe mencionar que para detallar otras características como es las genéticas y sensoriales necesitan de un estudio más profundizado.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados de este trabajo se puede inferir que para satisfacer las necesidades físicas y químicas que exigen las industrias internacionales, es necesario una campaña a nivel nacional que fomente la cultura del buen beneficiado del grano.

Se recomienda un nuevo proceso de caracterización con los mismos materiales, en las mismas regiones en épocas y condiciones medioambientales diferentes que permitan evaluar la respuesta de la interacción genotipo-ambiente. Esta recomendación es aplicable a otras zonas productoras con iguales o diferentes materiales.

BIBLIOGRAFIA

15th Conferencia internacional de investigación en cacao. COPAL. San José, Costa Rica. 7 p.

Agama, J. 2005. Selección de progenies y plantas élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la evaluación de características agronómicas y resistencia a enfermedades. Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Quito Ecuador. 112 p.

Agama, J; Zambrano, J; Bolaños, M; Quiroz, J; Amores, F; y Vasco A. 2007. Explorando la presencia de genotipos de cacao Criollo en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Poster Divulgativo. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Amores, F. 2002. Requerimientos de suelo para el cultivo del cacao. Revista SABOR ARRIBA. Año 1, # 2. ANECACAO. Guayaquil-Ecuador, p.18-20.

Amores, F. 2009. La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. Conferencia presentada en Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado. Abril 2009. INIAP, Estación Experimental Boliche.

Amores, F; Jiménez, J y Peña, G. 2005. Influencia del tiempo de fermentación y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate en almendras de cacao de la variedad Nacional.

Amores, F; Jiménez, J; y Saltos A. 2007. Comportamiento del perfil organoléptico de los cacaos CCN-51 y Nacional, en respuesta a la introducción del presecado de las almendras en el protocolo de fermentación. Reporte Final. INIAP/ APROCAFA/CORPEI. INIAP, Estación Experimental Pichilingue. Quevedo-Ecuador.

Arévalo, E.; Zúñiga, LB.; Arévalo, C.E.; Adiazola del Águila, J. 2004. Cacao. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana. Primera edición – Impresiones Castillo S.A. (074) 227952- Chiclayo, Perú. p. 18, 19, 119, 121, 122.

Arguello, O.; Mejía, A. y Palencia, G. 2000. Clasificación de especies cultivares de *Theobroma cacao* L. In Mejía y Arguello. Comp. Tecnología para el mejoramiento del sistema de multiplicación de cacao. Corpoica, Colombia.p.11.

ATLAS DEL CACAO, 2006. Foundation of the German Cocoa and Chocolate Industry. Prof. Dr. R. Lieberei; Dipl. Biol C. Rohsius. All rights reserved. Edition – Cocoa Statistics 2005/2006. Bartley, B.G 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. p. 14-110.

Borbor, F. y Vera, M. 2007. Manual del cultivo de cacao para productores. Unidad ejecutora del programa Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones CORPEI, y Co – ejecutor Asociación Nacional de Exportadores de cacao Anecacao. Enero del 2007. Guayaquil, Ecuador. 47 p.

Braudeau, J. 1970. El cacao. Traducido por Hernández C. Editorial Blume, Barcelona, España. 283. p.

CACAO ECUADOR, 2005. Descripción de Asociaciones y Exportadores. Características del Producto. Organización: "APROCANE". Consultado el 7 de abril del 2008. Disponible en <http://www.ecuadorcocoaarriba.com/esp/caracteristicas-producto-arriba-ecuador-procane.php>. 4 p.

Contreras, C.; Ortiz, B. L.; Graziani, F. L. y Parra, P. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía tropical* 54: 219-232.

El Cacao en Tabasco (Ponencia) Colegio de Post-Graduados, Campus Tabasco. 31 de marzo 2007.

Domínguez A. 1984., Tratado de fertilización. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. p. 94 – 96.

Enríquez, G. 1985. Curso sobre el cultivo de cacao, Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p. 1 – 28; 46 - 47; 79 – 85.

Espín, S. y Armijos, A. 2001. Determinación de Ácidez titulable, total y pH en cacao. In. Manual de Calidad. Departamento de Nutrición y Calidad. Versión 1. Procedimiento normalizado. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 3 p.

García Yanes, Mario. El Cacao: Origen, Cultivo e Industrialización en Tabasco. Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias. 1994. Pg.14-15

Graetz, H.A. 2000. Suelos y fertilización. Manual para educación agropecuaria. Traducido por Orozco, F. Colaboración Kirchner, F.; López, E. y Berlín, J. Séptima reimpresión. Editorial Trillas, IMPREMAX, México, Distrito Federal. 80 p.

Graziani, F. L.; Ortiz, B. L.; Álvarez, N. y Trujillo, A. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía tropical* 53: 175-187.

Graziani, F. L.; Ortiz, B. L.; Lemus, M. y Parra, P. 2002. Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacaos sobre algunas características químicas durante la fermentación. *Agronomía tropical* 52: 325-342.

- Gutiérrez, H. 1988. El Beneficio del cacao, Gobernación de Antioquia Secretaria de Agricultura. Publicación Técnica N° 9. Medellín, Colombia. 55 p.
- Hardy, F. 1961. Manual de Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 439 p.
- Hasing, M.E. 2004. Estudio de la variación en los contenidos de polifenoles y alcaloides, en almendras de cacao por efecto de los procesos de fermentación y tostado. Tesis de doctorado en Bioquímica y Farmacia, Escuela Superior PO-BOLETÍN TÉCNICO #135 / INIAP 93 Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 129 p.
- Loor, R.G. 2002. Caracterización Morfológica y Molecular de 87 Clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Instituto de Recursos genético y productividad. Programa en genética. Noviembre del 2002. Montecillo, Texcoco, México. 96 p.
- Millon, R. F. 1955. When money grew on trees: a study of cacao in ancient Mesoamerica. Ph.D. diss. Columbia University, Ann Arbor, Michigan.
- Mite, F. y Motato, N. 1993. Suelos y fertilizantes. In Suárez, C. ed. Manual del cultivo de cacao, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, publicado por Estación Experimental Tropical "Pichilingue". Segunda edición. Manual N° 25. Quevedo - EC. p. 70 – 89.
- Moreira, D. M. 1994. La Calidad del Cacao. Revista INIAP. N° 4. p 24 - 26.
- Moreno, L.; Cadavid, S.; Cubillos, G.; Sánchez, J. 1983, Manual para el cultivo del cacao, Editado por la Compañía nacional de Chocolate. Impreso en Colombia. p. 91, 96.
- Navarrete, J. 1992. Evaluación de tiempos y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao (*Theobroma cacao* L.) de ascendencia Nacional, bajo condiciones Tropicales. Tesis de Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. 85 p.
- Nosti, J. (1953). Cacao, Café y Té. Ed. Salvat. Primera edición Barcelona – Madrid, España. p. 11, 13.
- Reyes, H.; Vivas, J. y Romero, A. 2004. La calidad en el cacao. Factores determinantes de la Calidad del cacao. Disponible en www.ceniap.gov.ve. 5 p.
- Rohan, T. 1960. El Beneficiado del Cacao. Boletín de trabajo N° Oficial 5, Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia. p. 1 - 3, 12, 25.

Rohan, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.

Rohan, T. 1964. El beneficio del cacao en bruto destinado al mercado. FAO. Roma, Italia. P.79-113.

Sabino, H; Lavres J. y Ferreira de Moraes, M. 2007. Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Informaciones Agronómicas. Boletín N° 65.

Saltos, A. 2005. Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del "Complejo Nacional x Trinitario". Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 59 p.

Sancho, J.; Bota, E.; de Castro, J. 1999. Introducción al análisis de los alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona, España. pp. 28 - 215.

Schwan. R.; López, A.; Silva, D. and Vanetti, M. 1990. Influencia da frecuencia e intervalos de revolvimentos sobre a fermentada do cacao e qualidades do chocolate. *Agrotropica* 2: 22-31.

Soria, V.1966. Principales variedades de cacao cultivadas en América tropical. *Revista Turrialba*. Turrialba, Costa Rica. 16 (3). p. 261 – 266..

Thompson L y Troeh F. 1982. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Editorial Reverté. S.A. p.55 – 57; 188 – 200; 203 – 206; 209 – 210.

Torres, O.; Graziani-De Fariñas, L.; Ortiz-De Bertorelli, L. y Trujillo, A. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía tropical* 54: 1-12.

Wakao, H. 2002. Estudio de la variación del contenido de alcaloides en cacao (*Theobroma cacao* L.) de producción nacional, durante el proceso de beneficio. Tesis de Licenciatura en ciencias químicas, especialidad Química analítica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de ciencias exactas y Naturales. Departamento de ciencias químicas. Quito, Ecuador. EC. 91 p.

Wood, G. 1982. Cacao, Trad. por Marino, Primera edición en español, Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F. p. 53 -69; 255 - 274.

Wood, G. 1983. Cacao. Traducido por Ambrosio, Tercera edición en español, México, D.F. p. 258 – 267.

Anexos

Evaluación de métodos de secado

Se lleva a cabo el acopio de grano de cacao en plantaciones de diversos poblados del Soconusco. La fermentación y secado se llevó al Área de Manejo Poscosecha del INIFAP en cajas cuadradas construidas con madera de melina. La fermentación se hizo durante siete días y se procedió al secado.

Los tratamientos para la experimentación son: secado directo al sol, secado al sol en condiciones de invernadero, y secado en estufa (Figura 8).

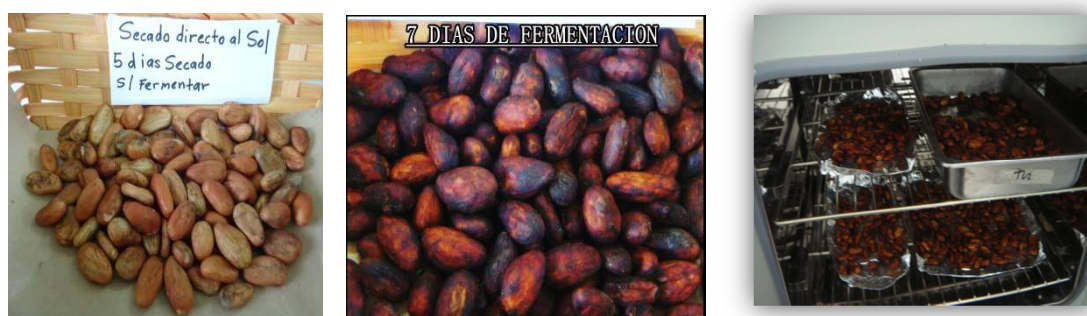


Fig. 8

- a) **Secado directo al sol** b) **Secado al sol en condiciones de invernadero** c) **Secado en la estufa**

En los tres tratamientos es necesario monitorear la temperatura, la humedad (hasta alcanzar 7%) y remover el grano cada tres horas.

Siendo así que se cosecho únicamente frutos maduros (Figura 8), las mazorcas inmaduras no se deben recolectar, debido a que las sustancias azucaradas que recubren el grano no se encuentran en condiciones óptimas para el desarrollo de los procesos bioquímicos ocurridos durante la fermentación.

La cosecha debe hacerse con las herramientas adecuadas (tijeras de podar, machetes y cuchillas con mangos de madera), el corte debe hacerse cerca de la mazorca, sobre su base (Figura 9).

No debe cosecharse las mazorcas arrancándolas con la mano debido a que se destruye el cojinete floral y se puede causar heridas al árbol.



Figura 9.1. Frutos (mazorcas) de cacao criollo.



Figura 9.2. Corte de mazorca de cacao.

Para el proceso de fermentación no debe emplearse granos germinados o los provenientes de mazorcas con algún daño causado por plagas o enfermedades. (Fedecacao, 2005; Packiyasothy et al., 1981).

b) Extracción de granos

Para realizar el quiebre de las mazorcas y extraer los granos comúnmente se utilizan machetes o son golpeadas con mazos de madera. Con las mazorcas abiertas, las almendras fueron extraídas deslizando los dedos a lo largo de la vena central, evitando extraerla para no mezclarla con los granos; se recomienda que el quiebre de las mazorcas y extracción de los granos se realice el mismo día de la cosecha (Figura 10).



Figura 10. a) Extracción de granos, b) Granos de cacao criollo con mucilago

Los granos extraídos fueron depositados en el fermentador, sin rebasar el borde, el cual lo cubrimos con sacos de yute o plástico, con la finalidad de evitar la pérdida de temperatura y desecación de los granos.

Cuando no se dispone de suficiente grano se puede realizar este proceso a través de microfermentaciones, el cual es un sistema útil para fermentar pequeñas cantidades de masa de cacao, el cual adaptamos para ciertas muestras de nuestra investigación. Se utilizan muestras de cacao de aproximadamente 4 kg, colocando la masa en pequeños sacos con agujeros para facilitar la eliminación natural del líquidos exudados.

Los sacos se ubican en el interior de una gran masa fermentable, para simular las condiciones y reacciones normales del proceso de fermentación. Se recomienda no mezclar granos cosechados en diferentes días para evitar una mala fermentación.

Evaluación del método de la fermentación

Se consideran a las cajas de madera como el fermentador más usado y adecuado para realizar ésta práctica (Figura 11), debido a que favorecen las características sensoriales de los granos. Sus dimensiones varían de acuerdo con el volumen a fermentar.

La madera usada para su construcción es la de huanacaxtle, ceiba, tepemixtle, melina, laurel, mango dependiendo de la región. Los clavos o tornillos empleados para su construcción no deben estar en contacto directo con los granos, los fermentadores deben tener orificios en el fondo y colocarse de 10 a 15 cm por encima del suelo para facilitar el drenaje de los líquidos exudados. El

lugar para colocarlos y llevar a cabo la fermentación debe estar ventilado y protegido de la lluvia.



Figura 11. Fermentadores de madera, a) a nivel, b) tipo escalera

La fermentación es un proceso de transformación externa, llevada a cabo en la pulpa o mucilago, en donde ocurre una fermentación microbiológica, así también, es un proceso de transformación interna del cotiledón, en donde se efectúan las reacciones bioquímicas que determinan los cambios físicos y sensoriales del grano (Figura 12).



Figura 12. Granos de cacao criollo, a) Con mucilago y testa, b) Cotiledones (sin mucilago y testa)

En la fermentación del cacao, el mucilago es descompuesto por acción microbiana, lo que ocasiona ruptura de las células y desprendimiento de líquidos. Al ser eliminada parte del agua en el exudado, se establece un equilibrio osmótico entre el mucilago y los cotiledones con difusión de los

productos de la fermentación hacia el cotiledón a través de la testa. Los granos deben removerse, para que se fermenten bien y evitar que se aglomeren y se desarrollen hongos en éstos y en los fermentadores. Para ello es necesario cambiar los granos de fermentador, debe hacerse un cambio diario a partir del segundo día. Al terminar ésta actividad de debe tapar nuevamente los fermentadores. Al realizar la fermentación de granos de cacao criollo, se observa que este proceso está acompañado de un incremento de la temperatura de la masa de cacao, la cual es atribuible al calor producido por la respiración de las almendras, que propicia la actividad de las bacterias que deben desarrollarse y que son las responsables de la producción de ácidos necesarios para ocasionar la muerte del embrión. En condiciones bajo techo, en donde se lleva a cabo el proceso de fermentación, la temperatura ambiental oscila entre 26-28 °C, mientras que la temperatura de la masa de fermentación se incrementa a 45 °C.

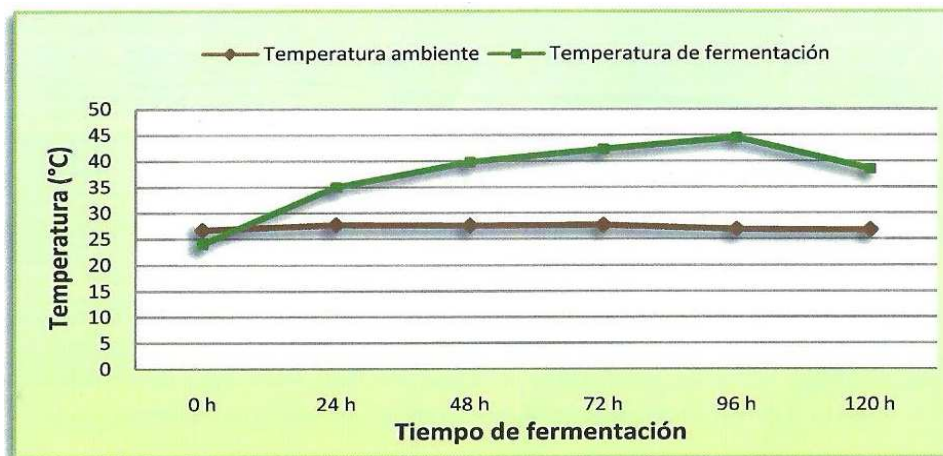


Fig. 13. Evolución de las condiciones de temperatura de fermentación y de la temperatura ambiente.

Se llevó a cabo la fermentación de cacao, en cajas cuadradas en donde se fermentaron volúmenes de 10, 25 y 50 Kg, así mismo se evaluó los días de

fermentación en 5, 6 y 7 días de fermentación (DF) para cada volumen. Una vez que el grano en las cajas no tuvo lixiviado se removió una vez al día y cubiertas para evitar la pérdida de calor.

Al término de cada tiempo de fermentación se procedió al secado bajo invernadero hasta obtener una humedad en los granos de 7-7.5 %.

La fermentación va acompañada de un incremento de la temperatura de la masa de cacao, la cual es atribuible al calor producido por la respiración de las almendras.

Este aumento de temperatura propicia la actividad de las bacterias que deben desarrollarse y que son responsables de la producción de ácidos que son necesarios para la muerte del embrión.

Además del calor se requiere los ácidos para que ocurran las transformaciones bioquímicas en el grano de cacao.

Prueba de corte para granos de cacao

Fundamento.

El método consiste en cortar longitudinalmente los granos de cacao y efectuar un análisis visual de las dos caras del cotiledón utilizando un cuchillo, navaja o guillotina, para determinar los posibles defectos que puedan presentar, así como el grado de fermentación.

Expresión de resultados

Expresar el resultado para cada tipo de defecto como un porcentaje de los 100 granos examinados.

% de defectos = Número de granos defectuosos.

Determinación de materia extraña

Fundamento.

Consiste en la separación y cuantificación de materias extrañas utilizando una balanza analítica con exactitud de 0,01 g que atraviesen la criba No. 18 de orificios circulares de 7,14 mm (18/64 de pulgada) de diámetro, así como todo material que aunque no haya atravesado la criba, sea diferente al grano de cacao.

Procedimiento.

De la muestra representativa ya homogeneizada se toma la submuestra y se vierte en la charola de la balanza, cerciorándose que el peso sea de un kilogramo. Colocar la criba (No. 18) de orificios circulares de 7,14 mm (18/64 de pulgada) de diámetro sobre la charola de fondo. Verter la submuestra de granos de cacao sobre la criba, agitar con movimientos oscilatorios y circulares durante un minuto aproximadamente para facilitar la separación de las materias extrañas tales como malezas, semillas de malezas, piedras, terrones, insectos, excretas y pelos de roedor.

Se separa manualmente todo aquel material que no haya atravesado la criba y que sea diferente al grano de cacao, integrando esta porción a la charola de fondo.

Expresión de resultados.

Las materias extrañas se expresan en por ciento (%), hasta una décima de unidad.

Determinación de pH.

La determinación del potencial de hidrogeno o pH, se efectuó en almendras. Se trituró en un mortero una cantidad de grano seco de cacao sin cáscara de la cual se tomaron 10 g para preparar una solución de 100 ml en agua destilada. Se homogenizó esta solución en una licuadora y posteriormente se realizó calentamiento y agitación de la solución durante 15 min. Se tomó la lectura de pH con el potenciómetro Hanna Instrument con una exactitud de por lo menos $\pm 0,05$ a 28°C. El pH sugerido es de 5.0 y debe ser entendido el valor en el cotiledón ((NMX-FF-103-ScFI-2003).

Determinación acidez titulable.

Se realiza la acidez titulable tomando una solución de 10 ml de muestra homogenizada y se tituló con una bureta de 25 ml a un pH de 8.3 con una solución de NaOH 0.1N. Los datos se reportan en % de ácido acético. La acidez titulable del cotiledón se obtiene mediante el método AOAC (1990) modificado para granos de cacao: se toman 10 g del cotiledón, posteriormente se vierten 100 ml de agua destilada antes de someter la mezcla a ebullición, licuándose continuamente durante 5 minutos para finalmente proceder al filtrado. Del filtrado resultante se toma 10 ml agregando 4 gotas fenolftaleína como indicador, se realiza la titulación mediante un potenciómetro y una bureta “encerada” con NaOH 0.1 N. la Determinación se realizó por triplicado en cada muestra para obtener un promedio. Consistió en adicionar NaOH hasta que el electrodo registro un pH en el rango 8.27-8.33. Los resultados se expresan en ml de Hidróxido de sodio gastados para neutralizar la acidez libre contenida en

un gramo de cacao (ml de NaOH 0.1 N / g de cotiledón ó ml de NaOH 0.1 N / g de grano de cacao).

El análisis se realiza para grano de cacao y cotiledón únicamente. Acidez total sugerida es de 3.0 – 3.5 ml de NaOH 0.1 N/ g (NMX-FF-103-ScFI-2003).

Monitoreo de temperatura.

Se registró la temperatura de la masa de fermentación y el ambiente circundante desde las 0 horas hasta las 168 horas utilizando un sensor de temperatura Hanna Instruments.



Figura 14. Monitoreo de la temperatura de la fermentación en cajas de madera.

Índice de semilla.

En una balanza analítica se determinó el peso de 100 almendras fermentadas y secas tomadas al azar. Esta cifra se dividió para 100 obteniéndose como resultado el índice de semilla (IS) en gramos, repitiéndose dos veces la operación por muestras para promediar el IS. El indicador señalado proporciona una idea de acerca del valor central y peso más frecuente de los granos en una muestra o lote de cacao.

Numero de almendras en 100 gramos.

En 100 gramos de almendras fermentadas y secas tomadas aleatoriamente, se procedió a contar el número de almendras necesarias para alcanzar dicho peso. La operación se repitió dos veces por muestra para obtener un promedio.

Porcentaje de testa.

Se pesaron 10 almendras fermentadas y secas tomadas aleatoriamente. Después de separar la testa (cascarilla) del cotiledón, se obtuvo el peso acumulado de la cascarilla y se dividió para el peso total de las 100 almendras. El cociente se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de testa. La operación se repitió dos veces por muestra para obtener un promedio.

De cada muestra se apartó una submuestra (mediante "cuarteo") equivalente aproximadamente a un cuarto del peso inicial, para separar la testa o cascarilla de los cotiledones. Después se tomaron 10 g de cotiledones que fueron triturados por 30 segundos en un molino de hélice hasta lograr una consistencia polvosa. El polvo se tamizó por un minuto para concentrar partículas con un tamizador. El producto de la tamización se depositó en recipientes de plástico con la identificación correspondiente a cada muestra. El material se utilizó para determinar grasa y la muestra que se desgrasó se utilizara posteriormente como sustrato para realizar distintos análisis.

Porcentaje de Humedad en grano.

Se colocó en la estufa de vacío capsulas de vidrio con tapa a peso constante, sometiéndolo durante un día a $100 \pm 5^\circ\text{C}$. Posteriormente, se obtiene por reducciones sucesivas de la muestra representativa, aproximadamente 10 g de granos de cacao. Moliendo estos granos en un mortero durante un minuto, de tal manera que las dimensiones de las partículas mayores no excedan de 5 mm, evitando la formación de una pasta. Se cubrió la caja con su tapadera y pesar con aproximación de 0,001 g. Después se colocaron las capsulas que contenga la porción de prueba en el horno a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ junto con la tapadera. Manteniéndolas ahí por $16 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$, cuidando de no abrir el horno. Al finalizar este período, se sacó la caja, cubriéndola inmediatamente con su tapadera y colocándola en un desecador. Pesándola, aún cubierta, con aproximación de 0,001 g, después de que se haya enfriado a temperatura ambiente, durante 30 min a 40 min. Se efectuaron dos determinaciones, cada una con una cantidad

de granos que hayan sido tratados individualmente. Se continuó la desecación hasta alcanzar peso constante.



Fig. 15. Capsulas con muestra en la estufa de secado.

Porcentaje de grasa.

El método seleccionado es el de extracción soxhlet, debido a su alto porcentaje de recuperación de grasas y aceites, además es el considerado por la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2000.

Se pesaron en balanza analítica 2,0 g de muestra seca, la cual se depositó en el interior del cartucho o dedal (previamente colocado el cartucho o dedal con el algodón a peso constante), cubriendo con un tapón de algodón la parte superior para evitar que salga la muestra. Así se transfirió a un desecador, posteriormente al enfriar y pesarlo. Se introdujo el cartucho dentro del extractor Soxhlet, colocando en el interior del matraz unos cuerpos de ebullición (se llevó a peso constante el matraz bola de fondo plano con perlas o piedras de ebullición en la estufa a 100°C, aproximadamente 2 hrs.), después se conectó el refrigerante y la circulación de agua fría. Se adiciona el éter de petróleo por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 o 3 descargas del extractor (alrededor de 80 ml), esto se logró regulando el calentamiento de la parrilla hasta obtener un flujo de 2 gotas por segundo. Se efectuó la extracción durante un periodo aproximado de 5 a 6 h, al finalizar este tiempo, se evapora lentamente el éter del matraz y luego se llevó a la estufa de aire 100°C hasta peso constante.

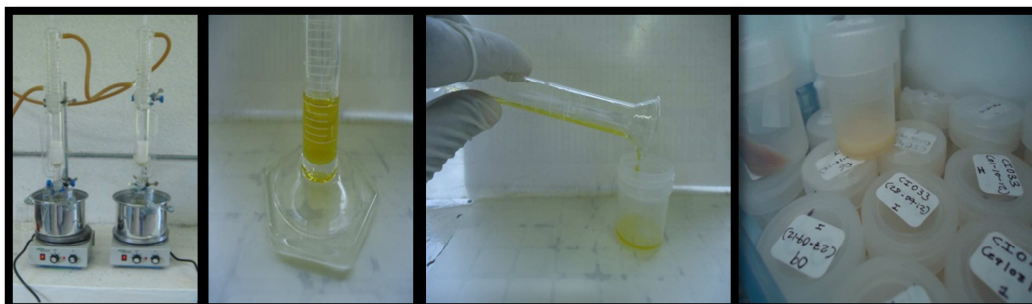


Fig.16. Determinación de grasa.

Polifenoles totales, Teobromina y Cafeína.

Con este propósito se pesó en un recipiente erlenmeyer 1 g. de cacao en polvo de las diferentes muestras desengrasadas. Al contenido del recipiente se adicionaron 75 ml de MeOH (metanol) acuoso al 70%. La mezcla se agito completamente mediante un agitador magnético y la solución resultante debidamente decantada del material sólido, se filtró en papel Whatman #4. La mezcla se agito completamente mediante un agitador magnético y la solución resultante debidamente decantada del material sólido, se filtró en papel Whatman #4. El siguiente paso consistió en colocar 5 ml del extracto de la filtración en un balón aforado de 50 ml, llevado posteriormente a un volumen convenido utilizando agua destilada.

La solución se utilizó para la determinación de los polifenoles totales a través de un equipo espectrométrico con detector UV/VIS. La unidad de medida es mg de ácido gálico/g.

Contenido de teobromina y cafeína y relación Teobromina/Cafeína. Los contenidos de teobromina y cafeína se determinaron en porcentaje utilizando muestras de polvo de cacao desengrasado. Ambos compuestos fueron extraídos a partir de un medio acuoso, separados por HPLC y cuantificados por medio de un detector de UV-VIS. La relación teobromina/Cafeína se obtuvo dividiendo entre si los respectivos contenidos porcentuales de ambos compuestos.

Cabe mencionar que este análisis no se pudo realizar en los laboratorios del Campo Experimental Rosario Izapa debido a las condiciones climáticas, por lo que se obtuvieron en colaboración de otras instituciones de investigación.

Estos fueron los últimos resultados entregados a principios del mes de noviembre del presente año y mes, 2012.



Algunas muestras que se realizaron las determinaciones.