

EVALUACION DE LA FERMENTACION DE ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA VEREDA SAN LUIS ROBLES, MUNICIPIO DE TUMACO¹

ASSESSMENT OF COCOA BEANS (*Theobroma cacao* L.) FERMENTATION IN SAN LUIS ROBLES, TUMACO MUNICIPALITY

Mery Cecilia Dajome Angulo², William Ballesteros Possu³

RESUMEN

Se evaluó la fermentación de almendras de diferentes fenotipos de cacao en Tumaco, utilizando un diseño experimental de Bloques Completos al Azar bajo un arreglo bifactorial 6 X 2, el factor A correspondió a seis tipos de cacao cosechado (CCN 51, Todos los clones universales (TLC) , criollos, vegetal, mezcla de criollo 50% y universales en 50% (MXC50%UN50%), mezcla de criollos en un 75% y universales en un 25% (MXC75%UN25%), y el factor B a dos tiempos de volteado de las almendras (24h y 48h), generando 12 tratamientos en tres repeticiones, siendo la unidad experimental 8 kg de cacao maduro y recién cosechado. Se analizó el tiempo óptimo de fermentación y las diferencias físicas de los granos de cacao mediante el uso de micro-fermentadores. Los tratamientos mostraron variaciones en los días de fermentación y temperaturas alcanzadas. Siendo los genotipos criollo y vegetal los que terminaron la fermentación más rápidamente, a su vez en estos el índice de transferencia es menor por tanto, conservan mayor peso de grano seco, debido a que presentan mejores características físicas para ser utilizados por la industria de chocolates.

PALABRAS CLAVES: Fase anaeróbica hidrolítica, cacao criollo, cacao vegetal, material CCN51, condensación oxidativa aeróbica.

ABSTRACT

Fermentation performance of cocoa beans from different cocoa tree phenotypes was evaluated using an experimental design of Randomized Complete Blocks under a bi-factor arrangement (6 X 2). The factor A were six types of cocoa beans (CCN 51, universal clones (TLC), Criollo, Vegetal, mixture of 50% Criollo and 50% universal (MXC50% UN50%), a mixture of 75%Criollo and 25% universal (MXC75% UN25%), and the factor B were two times for revolve almonds (24h and 48h), generating 12 treatments in three

¹ Trabajo de Grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniera Agrónoma, esta investigación se realizó con el apoyo de la FAO – Montebravo, Casa Luker y el proyecto Identificación, diseño y evaluación técnica y económica de arreglos agroforestales de cacao con maderables bajo las condiciones ambientales del municipio de Tumaco, Nariño, Cod: 20076407 261. Convenio universidad de Nariño – MADR – IICA.

² Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño (2010) e-mail: meroca29@hotmail.com

³ Profesor Asistente, M.Sc2, Docente Programa de Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail: wballesterosp@yahoo.com

replications, the experimental unit was 8 kg of fresh ripe cocoa beans, which was fermented by means of micro-fermenters. The optimal time of fermentation and physical characteristics of almonds were analyzed with SAS V.8. The treatments showed variations in temperature and times of fermentation, being native genotypes fermentation which ended more quickly, also in it's the rate of transfer was lower than the others, therefore its retain the most grain weight than those others, because they exhibit better physical characteristics to be used by chocolate's industry.

KEY WORDS: Anaerobic phase hydrolytic, Criollo cocoa, Vegetal cocoa, CCN52 clone, aerobic oxidative condensation

INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia de las Esterculiaceae, es uno de los cultivos tradicionales más importantes en la costa pacífica de Nariño, porque ha sido la base de la economía de los agricultores de bajos ingresos en el municipio de Tumaco. No obstante, el cacao de esta zona ha sido catalogado por la Casa Luker, como un cacao fino y de aroma, pero que dichas características se distorsionan debido a que los agricultores no realizan el proceso de fermentación y secado adecuado (Casa Luker, 1994).

En la región se han cultivado materiales criollos, híbridos y últimamente clones de rendimientos altos, los híbridos propiamente dichos han presentado alta incidencia de enfermedades fungosas, por no habérseles dado el manejo adecuado, constituyéndose estas en las principales causas de la deficiente producción y calidad. Cuenta con ventajas comparativas derivadas de las condiciones naturales para su producción. Es una materia prima de gran importancia para la industria confitera, productora de chocolate, de cosméticos, farmacéuticos y más recientemente de productos bioactivos como los antioxidantes. Actualmente en el país el total de la producción de cacao es demandada por la industria chocolatera (8.000T/año) que ha recurrido a la importación del grano ante la disminución de la producción nacional (COLCIENCIAS, 2006).

El proceso de beneficio (fermentación y de secado) determinan las características de aroma, sabor, textura y la calidad microbiológica del grano. En estas etapas se forman los compuestos precursores que durante el tostado fijan la calidad del mismo. Factores como el tipo de grano, el tiempo de desgrane, el tamaño de la masa fermentable, el tiempo de remoción, el sistema de fermentación y de secado, el sistema de empaque y condiciones de almacenamiento, influyen en la calidad final del grano. Prácticas inadecuadas de fermentación, secado y almacenamiento, pueden determinar la aparición de malos olores, como moho, ahumado, excesiva acidez y exagerado amargo y astringencia, además del aumento de cacao en grano pasilla. Lo anterior, disminuye la calidad y por ende la competitividad del grano (CORPOICA, 2008).

Por esta razón el proceso de beneficio incluido las etapas de fermentación y de secado determinan las características de aroma, sabor, textura y la calidad microbiológica del grano. En estas etapas se forman los compuestos precursores que durante el tostado fijan

la calidad del mismo (CORPOICA, 2008). Donde la grasa extraída de la semilla de cacao que se obtienen de forma natural son las que se transforman en manteca de cacao, también conocidas como aceites de *Theobroma*. La manteca de cacao es un poco de color amarillento, mientras la que se extrae del chocolate, es comestible y se emplea en la fabricación de chocolate blanco y algunos dulces, la manteca de cacao se utiliza en productos cosméticos y farmacéuticos (Chacón, 2006).

La esencia de la manufactura del cacao y del chocolate, reside en el desarrollo del sabor mediante el tostado del grano, seguido por la extracción de manteca de cacao de los cotiledones, para formar una masa y la adición a ésta de manteca de cacao y azúcar para obtener chocolate (Wood, 1982).

La falta de capacitación y asistencia técnica es evidente, es por eso que se produce cacao de baja calidad, debido a que los agricultores mezclan los frutos sanos con los enfermos, no fermentan las almendras o lo secan deficientemente en sitios no técnicos como andenes, carreteras, donde adquieren olores desagradables y sabores no originales; con las consecuentes posibilidades de afectar al consumidor final. Por otro lado, la falta de incentivo para mejorar la valorización de la calidad, desmotiva a los agricultores a realizar las labores apropiadas (Zapata, 2002).

La presente investigación se realizó con el objeto de evaluar la fermentación de almendras de cacao mediante el uso de micro-fermentadores y determinar el tiempo óptimo de fermentación para conocer el comportamiento de las características físicas del grano.

METODOLOGIA

Localización

El municipio de Tumaco está ubicado al sur de la costa pacífica, integrado por 50 corregimientos, entre los cuales se encuentra el corregimiento de San Luís Robles, localizada entre las coordenadas: LN 01° 48'24"; LW 78° 45'53", una altura promedio de 12 msnm, la precipitación va desde los 2.191 mm anuales, temperatura de 26 - 28 °C con clima cálido húmedo, la humedad relativa promedio del 87%, el brillo solar no supera las 3,5 horas luz /día (Vallejo y Peña, 2006).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo bifactorial 6 X 2, el factor A: correspondió a seis tipos de cacao cosechado (Colección Castro Naranjal (CCN 51) , Mezcla de los clones universales (TLC) , genotipo criollo, genotipo vegetal, mezcla de criollo 50% y universales en 50% (MXC50%UN50%), mezcla de criollos en un 75% y universales en un 25% (MXC75%UN25%), y el factor B: a dos tiempos de volteado de las almendras (24h y 48h), generando con 12 tratamientos en tres repeticiones, siendo la unidad experimental 8 kg de almendras de cacao maduro y recién cosechado.

Tratamientos

- T1. Colección Castro Naranjal (CCN 51)
- T2. Genotipo vegetal
- T3. Mezcla de los clones universales (TLC)
- T4. Genotipo criollo

T5. Mezcla de criollos (75%) y clones universales (25%)

T6. Mezcla de criollos (50%) y clones universales (50%)

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Cacao Criollo

Las mazorcas son grandes, cáscara (pericarpio) rugosa, gruesa, terminación puntas, el color es verde cuando esta inmadura, con salpicaduras de rojo a purpura oscuro y de color amarillo dorado cuando esta maduras, el tamaño oscila entre unos 35 cm de longitud y 35 a 40 granos/mazorca. Almendras grandes, cotiledón de color ligeramente rosado, beneficiado es de color marfil o castaño muy claro, sabor dulce, olor agradable, aroma delicado. (Federación Nacional de Cacaoteros, 2005).

Cacao vegetal

Tienen las misma características que los regionales o criollo, pero se debe tener en cuenta que en estos las mazorcas en estado inmaduras son verdes y cuando están maduras son de color amarillo. Las almendras son grandes, cotiledón blanco, cuando está fermentado es color marfil o castaño muy claro, sabor dulce, olor agradable, aroma delicado. (Federación Nacional de Cacaoteros, 2005).

Clones Universales

Los frutos inmaduros de estos materiales son de color morado, rojo y verde en estado de madurez se tornan de color amarillo rojizo, son cilíndricos alargados terminan en punta; Sus semillas son de tamaños medianos y pequeños, 35-48 granos/mazorca, de color violeta, beneficiado es de color oscuro el grano denota acidez, sabor amargo. Los materiales que se utilizaron fueron: (ICS-1, ICS-95, IMC67, MON-1, TSH565). (Federación Nacional de Cacaoteros, 2005).

Colección Castro Naranjal (CCN51)

Cacao originario del Ecuador, fue descubierto por Homero Castro Zurita en el año de 1960, proviene de una mezcla entre dos clones ICS-95 X IMC67; Con mazorcas de color rojizo intenso con tonos anaranjados en los surcos cuando está madura, su cascara es rugosa y la placenta es blanca y gruesa, su semilla es de color púrpura, 40-48 granos/almendras con alto contenido de mucilago, aunque su sabor altamente ácido, astringente (Rojas, 2010).

Cosecha

Se seleccionaron mazorcas de cacao maduro, sano, de tamaño medio, totalmente maduras, presentando pigmentación amarillenta, rojiza o anaranjado según el genotipo. Estas se abrieron, separando la placenta de las almendras en cada material, se transportaron en costales hasta los fermentadores; con ayuda de baldes plásticos se peso la muestra (8kg/material) los cuales se identificaron con etiquetas de cartulina y finalmente se depositaron cajones de madera para su fermentación (figura 1).

Figura 1. Proceso de selección, desgrane y transporte de los granos de cacao



Fuente: esta investigación

Fermentación

Se utilizaron cajones de madera de tangare (*Carapa guineensis*), de 25cm de largo, 23cm de ancho y 20cm de altura (Zapata, 2002); El motivo por el cual se va a utilizar laurel es porque esta madera no desprende malos olores que afecten los sabores que se determinan mediante la captación del licor del cacao. (Wood, 1982). En estos se depositaron los 8 kg de cada material, se taparon con hojas de plátano y luego con costales, para hacer que se eleve la temperatura y se realice el proceso adecuado de fermentación.

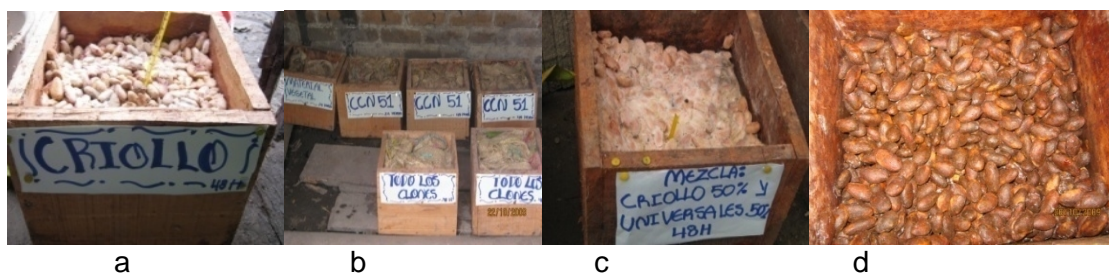
Variables Evaluadas.

- Tiempo de fermentación
- Temperatura
- Peso del producto fermentado
- Índice de transferencia
- Peso de 100 almendras fermentadas y secas
- Porcentaje de almendras llenas, medias y vanas
- Características físicas de las almendras
- Peso de grano seco
- Porcentaje de fermentación

Manejo

Los volteos de la masa en fermentación se realizaron cada 24 horas y cada 48 horas dependiendo del tratamiento (figura 2), antes de esta actividad se registraron las temperaturas. El final de la fermentación se determinó por la reducción de la temperatura y la aparición de un anillo pardo interior en los cotiledones, este anillo pardo se puede observar al realizar un corte transversal al grano, se supone que dicho anillo señala la terminación de la fase anaeróbica hidrolítica y el inicio de la condensación oxidativa aeróbica (Rohan, 1964), luego los granos son llevados al proceso de secado.

Figura 2. Proceso de fermentación de los diferentes genotipos a= cacao fresco, b= genotipos en cuarto oscuro, c= volteo de la masa, d = cacao fermentado.



Secado

Después de la fermentación, las almendras se esparcieron en camas de madera, o muelles para que lentamente disminuya la humedad (Zapata, 2002), (figura 3). Durante el primer día los tratamientos se sometieron a pocas horas de sol (2 a 3 horas) para evitar la desecación rápida, el segundo día se expusieron al sol por 5-6 horas y del tercer día en adelante la exposición al sol se realizó durante todo el día, hasta que disminuyeron al mínimo la humedad, la cual se determinó mediante la observación visual y el tacto.

Figura 3. Estructuras de guadua (muelles) para el secado tradicional del cacao



Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza con un diseño de Bloques Completos al Azar, los factores que presentaron diferencias estadísticas se sometieron a una prueba de Rangos Múltiples de Duncan con una probabilidad del 95%. Para procesar los datos se utilizaron los programas de Excel y SAS V 8.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tiempo de fermentación y temperatura

En los tratamientos con volteo de la masa cada 24h, (figura 4) los genotipos criollo y vegetal necesitaron 3 días para fermentar equivalente a 72 horas de fermentación; mientras que el material CCN 51 necesitó 6 días, la mezcla de 75% de criollos y 25% de clones universales (MXC75%UN25%) alcanzó la fermentación a los 3 días, mientras que la mezcla de los criollos y clones universales en proporción del 50% necesitaron 5 días.

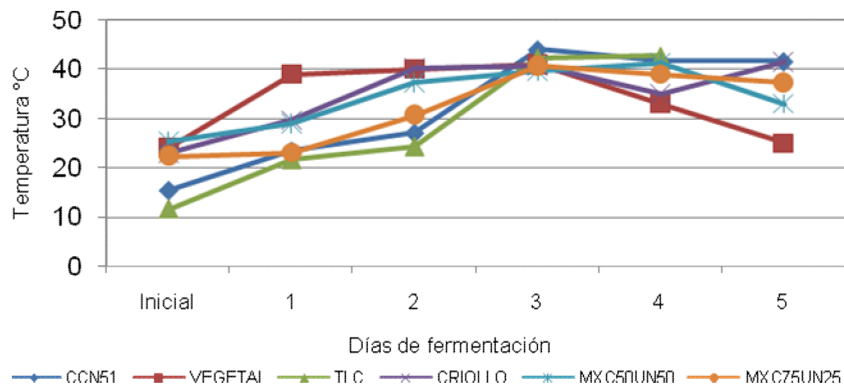


Figura 4. Tiempo de fermentación y temperatura del cacao en fermentación con volteos cada 24h

Los tratamientos que fueron fermentados con volteo cada 48 horas (figura 5), el material tipo criollo necesitó de 2 días para presentar buena fermentación, necesitándose solamente un volteo, la mezcla de criollos en un 75% y universales en un 25% (MXC75%UN25%) necesitó 4 días (2 volteos), la mezcla de todos los clones (TLC) no alcanzó la fermentación a los 6 días.

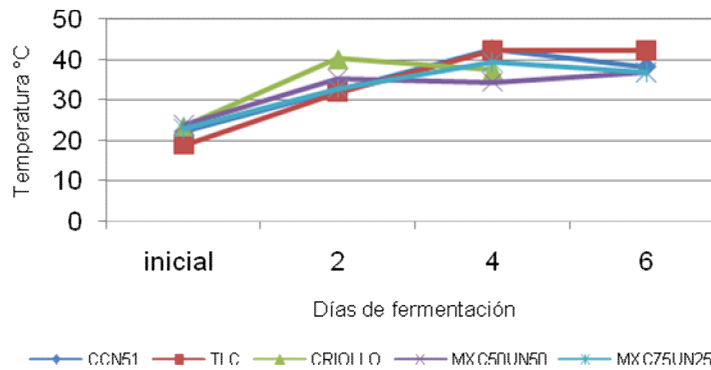


Figura 5. Tiempo de fermentación y temperatura del cacao en fermentación con volteos cada 48h

Los resultados indican que existe un comportamiento diferencial de cada uno de los materiales utilizados cuando se someten a determinado tipo de volteos de la masa, por su parte, el cacao tipo criollo puede ser fermentado con volteos cada 24h durante tres días, pero también se pueden fermentar con un volteo cada 48h, las mezclas de materiales procedentes de clones universales se deben fermentar por 5 días con volteos cada 24 h o 48 h, mientras que el material CCN 51 alcanzó la mayor temperatura de fermentación (44°C) y el tiempo más largo (6 días) para alcanzar la fermentación.

Esto concuerda con Perea y Col. (1998, 2000). El tiempo de desgrane no puede ser mayor de 24 horas, las remociones deben inicialmente ser de 48 horas y posteriormente cada 24 horas, hasta alcanzar un tiempo de 6 días, para el sistema en cajón y 5 días para el sistema en tambor rotatorio.

Barel, y Torres et al., (1987- 2004) Manifiestan que el almacenamiento de la mazorca previo a La fermentación acelera el proceso fermentativo, debido a que la temperatura se elevan más rápidamente y los valores alcanzados son más altos.

La frecuencia de remoción de la masa fermentante durante la fermentación del cacao, también ejerce un efecto significativo sobre los precursores del sabor. Puziah et al., (1998). Esto concuerda con Senanayake *et al.*, (1997), que dice que cuando se realizan las remociones de las masas fermentantes se incrementa la aireación, lo que conlleva a una regulación de la acidez del producto y de la velocidad del proceso fermentativo, ya que el desarrollo de la temperatura y la acidez depende de la aireación de la masa en fermentación. Además, la remoción impide la aglomeración de los granos y el consecuente desarrollo de hongos en la superficie y en las esquinas de los fermentadores. Sin embargo, si la masa se remueve muy frecuentemente se produce mucha aireación y un descenso de la temperatura, y en consecuencia, disminución de la velocidad metabólica y alta concentración de ácido acético en los granos (Puziah et al., 1998).

Portillo, *et al.*, (2005) manifiesta en estudios realizados sobre el cacao porcelana del sur del lago de Maracaibo, obtuvo un máximo de temperatura en el día tres de fermentación del cacao.

Una cantidad considerable de calor se desprende durante la fermentación mientras la pulpa se desintegra. Este incremento en la temperatura es el causante de la muerte del embrión y es precisamente en este momento cuando se inician los cambios bioquímicos internos de la semilla: el cambio de color violeta a marrón claro, disminución del sabor amargo y el desarrollo de los sabores precursores del chocolate. (Paredes, 2004).

Peso final e índice de transferencia

Se presentaron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos en el peso del cacao fermentado ($Pr > F < 0001$), al hacer la comparación del peso inicial (8 000g) y el peso final de la masa fermentada, los tratamientos con cacao vegetal y criollo alcanzaron los mayores pesos promedios finales con 4,450g y 4270g respectivamente, mientras que el tratamiento TLC (mezcla de clones universales), presentó el peso más bajo (3,340g) como se observa en la (figura 6).

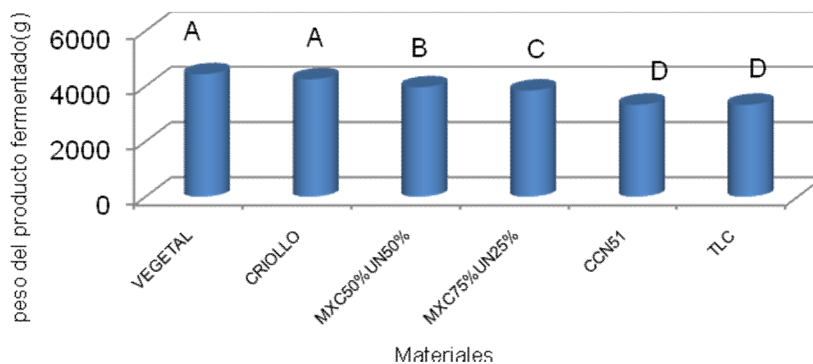


Figura 6. Peso e índice de transferencia de la masa de cacao al final de la fermentación.

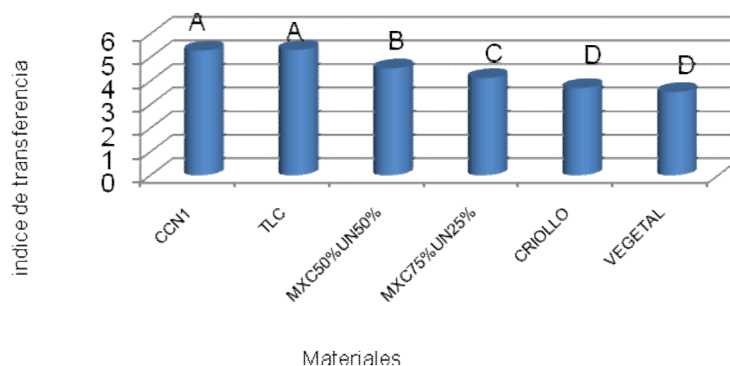


Figura 7. Índice de transferencia de los materiales de cacao al final de la fermentación

El tratamiento que tiene el mayor peso después de fermentado es el vegetal el cual tiene un índice de transferencia muy bajo lo que puede estar relacionado con el índice de hinchamiento (IH), el cual es causado por transformaciones bioquímicas que ocurren en el interior de los cotiledones, las cuales ocasionan una hinchazón del grano (Braudeau, 1970).

El peso del producto fermentado también puede estar relacionado con el tiempo de fermentación, ya que en este proceso, el cacao criollo fermenta más rápidamente que el forastero, tardando el primer tipo de cacao de 2 a 3 días y el segundo de 5 a 7 días, no obstante, las condiciones climáticas, el volumen de la masa y el método aplicado ejercen un papel importante sobre la duración del proceso y pueden causar grandes variaciones en muchas características como en el peso (Braudeau, 1970).

Peso de cien almendras fermentadas y secas

Los materiales en estudio presentaron diferencias estadísticas en el peso promedio de las semillas secas ($Pr > F < 0001$), siendo el material vegetal el que alcanzó el mayor peso promedio (172,4 g), mientras que las mezclas de cacao criollo y lo clones universales en proporciones de 50%; 75 y 25% presentaron pesos más bajos con 125,1 g y 121 g al igual que el cacao criollo puro con 121,6 g) (figura 8).

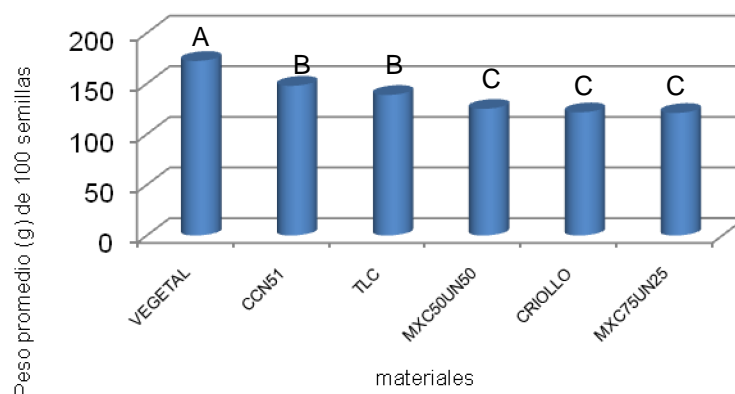


Figura 8: Peso de 100 semillas secas de cacao en cada uno de los tratamientos

El tiempo de remoción de la masa de semillas (24h y 48h) presentó diferencias estadísticas significativas ($P > F 0.0215$) alcanzando el mayor peso seco promedio con remoción cada 24h (136.619 g)

Estas diferencias en el peso de las almendras se debe a las diferencia físicas de las almendras de cacao, ya que esto influye en el peso del producto final; el tratamiento vegetal mostró características físicas que resaltaron entre los otros tratamientos en estudio. Teniendo en cuenta el peso de las almendras desde el punto de vista del fabricante, no tiene valor tratar de producir granos muy grandes, si estos no presentan características organolépticas agradables según el mercado donde se comercializa el producto final; se podría considerar que el material, por tener buenas características físicas puede ser utilizado de acuerdo al tipo de materiales derivados que se deseen obtener (Wood, 1982).

El peso de 100 granos de cacao debe ser en promedio 120g, lo que corresponde a un índice de semilla de 1,2; según las normas un grano de cacao no debe pesar menos de 0,73 g, ya que los granos de cacao deben de tener un tamaño uniforme y solo el 12% de los granos pueden desviarse del 33% del peso promedio. Un grano grande tiene un peso promedio de 1 g, la cutícula (testa) representa \pm un 10% y la grasa es $>$ del 60%. Los granos pequeños pesan entre 0,5 a 1 g, la cutícula oscila entre el 12 y 16%, contienen un 3% menos de grasas con relación a las grandes. (NTC 1252, 2003).

Porcentaje de almendras llenas, a medio llenar y vanas

Almendras llenas

Para esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > F 0,010$) siendo el tratamiento vegetal el que alcanzó el mayor porcentaje (87%), mientras que el tratamiento de TLC (mezcla de clones universales) obtuvo un porcentaje del 52%(figura 9).

El tiempo de remoción de la masa de semillas (24h y 48h) presentó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.0296$) alcanzando el mayor porcentaje de almendras llenas con remoción cada 24h (70.37%); presentándose con menor porcentaje el tratamiento TLC.

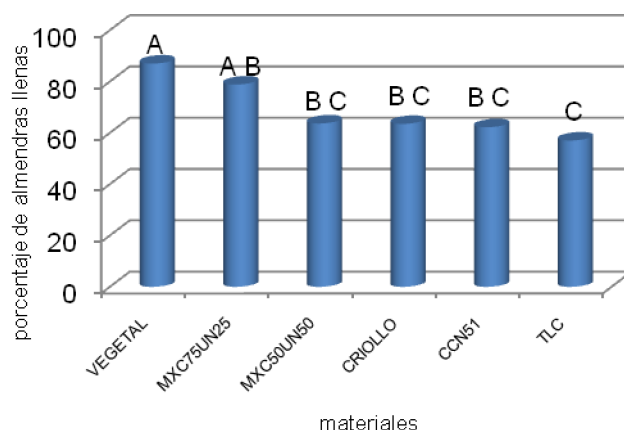


Figura 9: porcentaje de almendras llenas de cada uno de los tratamientos

Almendras a medio llenar

Los materiales en estudio no presentaron diferencias estadísticas en el peso promedio de las semillas a medio llenar ($Pr > F > 0,01$) siendo el tratamiento TLC el que alcanzó el mayor peso promedio (37%), mientras que el tratamiento vegetal obtuvo el peso más bajo que fue 13% como se puede observar en la (figura 10).

El tiempo de remoción de la masa de semillas (24h y 48h) presentó diferencias estadísticas significativas ($Pr > F < 0.21$) alcanzando el mayor porcentaje de almendras a medio llenar con remoción a las 48h (35,46%).

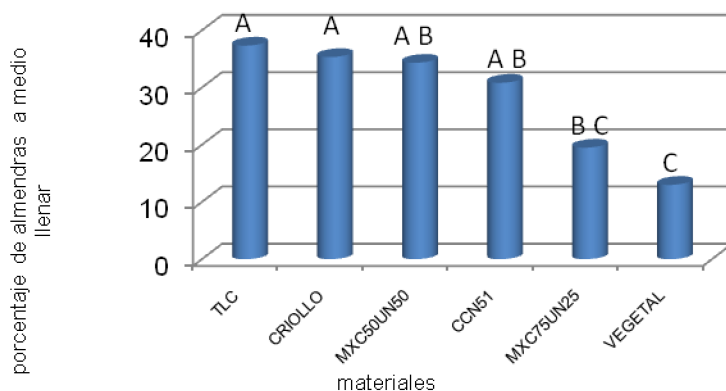


Figura 10: porcentaje de almendras a medio llenar de cada uno de los tratamientos.

Almendras vanas

No se presentaron diferencias estadísticas en el porcentaje de semillas vanas ($Pr > F < 0,011$) siendo el tratamiento CCN51 el que alcanzó el mayor peso promedio de semillas vanas (7,0%), mientras que el tratamiento vegetal obtuvo el peso más bajo que fue (0%) como se puede observar en la (figura 11). El tiempo de remoción de la masa de semillas (24h y 48h) presentó diferencias estadísticas significativas ($Pr > F < 0.18$) alcanzando el mayor % de almendras vanas con remoción cada 48h (3,66g).

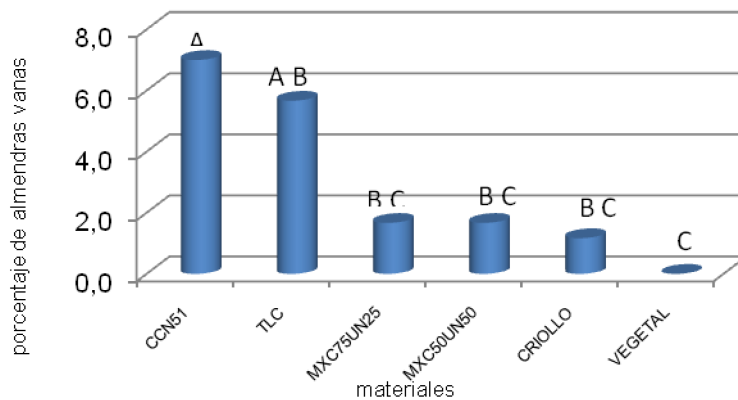


Figura 11: Porcentaje de almendras vanas de cada uno de los tratamientos

El tratamiento de cacao vegetal presentó el mayor porcentaje de almendras llenas, y el menor porcentaje de almendras a medio llenar, esto puede darse debido a las características fisiológicas de los materiales en estudio, o debido posiblemente a que cuando se forman las mazorcas se presentan características diferentes en la cantidad y calidad de las semillas; puede deberse también que son materiales nativos o originarios de la región y hace que tengan un mejor comportamiento en los procesos fisiológicos.

Durante la fermentación del cacao ocurre la descomposición microbiana de la pulpa que causa ruptura de las células y desprendimiento de jugos (Braudeau, 1970). Parte del agua es eliminada en el exudado y se establece un equilibrio osmótico entre la pulpa y los cotiledones, de forma que los productos de la fermentación se difunden a través de la testa hacia el cotiledón (Rohan, 1964).

El tratamiento CCN51 (materiales forasteros) presentó un alto porcentaje de almendras vanas, esto pudo darse por nutrición, adaptación a la zona, polinización y otras características genotípicas propias de este material o de todos aquellos tratamientos que presentaron pesos bajos los cuales pueden ser considerados pasilla al momento de la comercialización. El contenido de granos vanos en una muestra de 100 granos debe ser de 1-2 granos (NTC 1252, 2003). La calidad no puede modificarse por medios artificiales, pero sí puede ser mejorada por la cura (fermentación). La calidad se hereda, los caracteres heredables son: peso de la almendra, porcentaje de testa o cascarilla, contenido de grasa la cual oscila entre el 48 a 60%, dureza de la manteca y sabor (aroma y gusto) del cacao (Reyes y Capriles de Reyes, 2000).

El mayor o menor porcentaje de almendras llenas define el peso final del producto y a su vez en la calidad; esto se debe a las características físicas propias de las almendras de cada tratamiento y al resultado de las adecuadas labores de manejo del cultivo (Zapata, 2002).

Largo de las almendras

Se presentaron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos en la variable largo de las semillas secas ($P > F < 0001$), siendo el tratamiento vegetal el que alcanzó largo de semilla (2,65cm) mientras que el tratamiento criollo presentó las semillas más cortas (2,22cm) como se observa en la (figura 12).

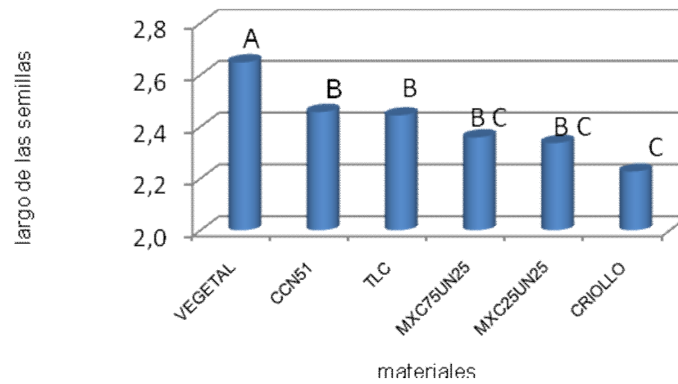


Figura 12: Promedio del largo de las semillas de cacao de cada uno de los tratamientos

Ancho

Para esta variable se presentaron diferencias estadísticas ($Pr > F > 0,0004$), siendo el tratamiento vegetal el que alcanzó el mayor ancho de semilla (1,36cm) mientras que el tratamiento MXC75UN25 obtuvo las semillas mas angostas (1,24cm) como se puede observar en la (figura 13).

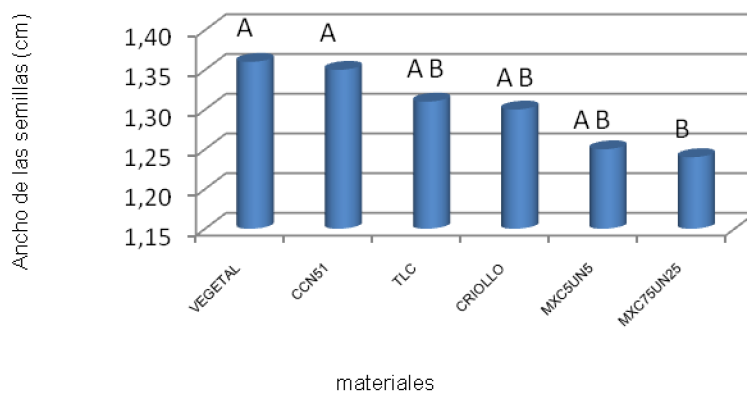


Figura 13: Promedio del ancho de las semillas de cacao de cada uno de los tratamientos.

Espesor

Relacionado al grosor de la lamina de la almendra cuyo contenido es cacao, los materiales en estudio presentaron alta significancia estadísticas para los tratamientos (Pr

> F <0001), siendo el tratamiento TLC el que alcanzó el mayor espesor de semillas (0,93cm) mientras que el tratamiento criollo presentó el menor espesor de semillas (0,75) como se observa en la (figura 14).

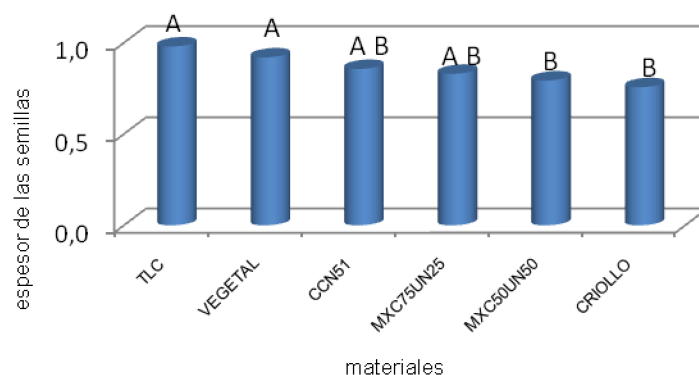


Figura 14: Promedio del espesor de las semillas de cacao de cada uno de los tratamientos.

AREA

Se presentaron diferencias estadísticas en el área de las semillas ($P_r > F < 0,0003$), donde la prueba de Duncan muestra que el tratamiento vegetal alcanzó la mayor superficie en semilla con 3,15cm cuadrados, mientras que el tratamiento criollo obtuvo la menor área de semillas con 2,65cm cuadrados, como se puede observar en la (figura 15).

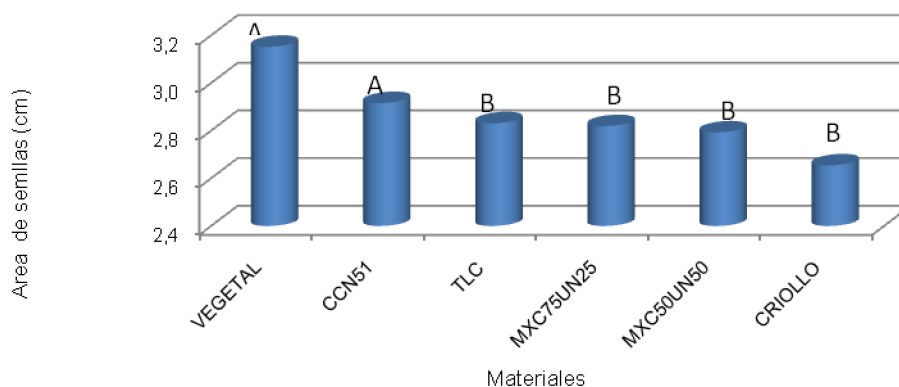


Figura 15: Promedio de área de las semillas de cacao de cada uno de los tratamientos.

Las características físicas de las almendras de cacao, el tratamiento vegetal presentó las mejores características de longitud, ancho y área, y en espesor el tratamiento TLC, y aquellos tratamientos que obtuvieron características físicas relativamente inferiores se debe al genotipo y fenotipo propia de cada material de cacao, como también a las influencias ocasionadas por las inadecuadas labores de campo realizadas. Esto

concuera con Barel, (1987), quien dice que el (ÍH) está relacionado con el largo y espesor de los granos por lo tanto depende del tipo de cacao, ya que las características de las semillas difieren entre ellos; las del tipo criollo fueron grandes y redondas, en cambio las de los forasteros fueron más aplanadas y más pequeñas.

El tamaño de las almendras, de acuerdo a las exigencias del comercio y la industria, es de gran importancia para el agricultor, por cuanto el peso del producto final, le será relevante y económicamente más rentable. Las características físicas de las almendras se pueden mejorar, realizando adecuadas labores de campo y en el momento apropiado, con la finalidad de que las mazorcas y por ende las almendras, puedan desarrollar una completa formación, disminuyendo la presencia de almendras medias y vanas (Zapata, 2002).

las mazorcas inmaduras dan origen a granos deficientemente fermentados, por no tener la pulpa o mucílago suficiente cantidad de azúcar la cual es necesaria para que ocurra una fermentación satisfactoria, además, se obtienen un exceso de granos color violeta, aplastados, arrugados y pizarrosos cuando las mazorcas están inmaduras; también hay reducción del rendimiento en cacao seco (Rohan, 1964). El tipo criollo presenta semillas grandes y carnosas con cotiledones blancos o ligeramente pigmentados, de sabor dulce o levemente amargo. En el forastero, las semillas son pequeñas y algo aplanadas con cotiledones de color violeta oscuro, algunas veces casi negro, de forma triangular y sabor astringente. El grupo trinitaria está constituido por poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y forasteros, presentando las semillas características intermedias entre los dos tipos que le dieron origen (Braudeau, 1970; Enríquez, 1985).

Peso de grano seco

Los materiales en estudio presentaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos para el peso de granos secos ($Pr > F < 0001$), siendo el material vegetal el que alcanzó el mayor peso (1,82g) mientras que el tratamiento MXC75UN25 presentó el peso más bajo (1,14g) (figura17).

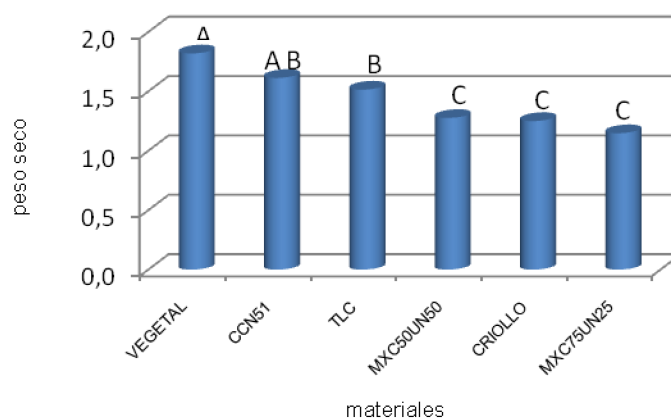


Figura 17: Peso promedio de un grano de cacao de cada uno de los tratamientos.

El tratamiento que presentó el mayor peso en grano seco fue el vegetal, el de menor peso el tratamiento MXC75UN25. Esto se debe ya que este material presenta características físicas que resaltan entre los otros materiales como tamaño grande de los granos, o puede ser por su coloración clara dentro de las almendras las cuales son de muy alta calidad, con respeto a los materiales de mínimo peso que presentan una amplia variabilidad genética.

Manifiestan que los granos que son tomados de las vainas y secados directamente no desarrollan un flavour típico a chocolate. Esto indica que la fermentación de los granos de cacao es necesaria para la formación de constituyentes llamados precursores de aroma y sabor, compuestos que posteriormente durante el proceso de secado y tostado, generan el flavour característicos del cacao (Tomlins, 1992; Abdul, 1993)

Las industrias necesitan almendras con pesos superiores a 1 gramo, contenidos de grasa del orden del 55% del peso del grano seco sin cascarilla y ésta no debe superar el 12% del peso total del grano. (Federación Nacional de Cacaoteros, 2005).

(Federación Nacional de Cacaoteros, 2005). Opinan que la calidad final del grano de cacao depende de factores tales como:

- Las características hereditarias del material genético del cual proviene las semillas y/o yemas empleadas para la propagación de la planta.
- Las condiciones climáticas en las cuales se desarrolla la planta.
- El manejo técnico que se le dé a la plantación.
- Las prácticas de beneficio a que se someta el grano de cacao
- Las condiciones y manejo del almacenamiento de cacao una vez beneficiado.

Resultados de laboratorio sobre las características físicas de las almendras realizados por la Casas Luker

Los resultados de laboratorio demuestran que todos los tratamientos obtuvieron porcentajes de humedad óptimos por debajo de lo estipulado por las normas ICONTEC, fermentación superior al 80% e índice de grano superior a 1,2g (Tabla 1).

Descriptor	Tratamiento	CCN51	Criollo	TLC	MXC50UN50	MXC75UN25	Vegetal
Humedad (%)	24H	5,3	5,7	5,3	5,5	6	6
	48H	5,8	5,7	5,5	5,9	6,2	
Número total de granos	24H	614	672	651	797	723	628
	48H	442	726	714	653	785	
Granos bien fermentados%	24H	80	85	88	88	78	89
	48H	93	93	76	93	78	
Granos insuficientemente fermentado%	24H	20	14	12	11	18	7
	48H	7	5	24	7	20	
Granos pizarrosos%	24H	0	1	0	1	4	4
	48H	0	2	0	0	2	
Granos mohosos%	24H	0	16	6	8	0	8
	48H	0	11	0	19	5	
Índice de grano	24H	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,6
	48H	1,4	1,4	1,38	1,2	1,2	
Número de granos sanos	24H	601	667	648	795	713	619
	48H	437	721	708	648	775	
Granos germinados (%)	24H	1,8	0,7	0,02	0,25	0,4	0,5
	48H	0	0,7	0,14	0,3	0,5	
Impurezas (en peso) (%)	24H	0,01	0	0,2	0,03	0	0,01
	48H	0	0	0	0	0	
Pasillas (en número) (%)	24H	0,3	0	0,3	0	1	1
	48H	0,5	0	0,7	0,5	0,8	
Granos dañados por insectos %	24H	0	0	0	0	0	0
	48H	0,7	0	0	0	0	

El secado de los granos fermentados tiene por objeto eliminar, el exceso de humedad que contienen, del 53-55% a 7-8%, (valor que se exige como máximo contenido de agua en las compras) y completar las reacciones de oxidación. Un secado lento, como el secado natural, permite que la humedad del centro del grano emigre poco a poco a la superficie, y se evapore. Cuando el cacao no se seca oportunamente adquiere un olor desagradable y se cubre de mohos externos (JINAP, 1994).

Por su parte Graziani de Fariñas, L.L. Ortiz de Bertorelli y P. Parra. (2003). Manifiesta que la pulpa, constituida principalmente por agua, presenta un contenido promedio de humedad de 79% en estado fresco, mientras que el cotiledón sólo tiene un 36%.

En cuanto al porcentaje de fermentación según las normas ICONTEC colombianas, los porcentajes de fermentación que se obtuvieron con temperaturas de 24 y 48 horas sobrepasan los rangos que se exigen para catalogar un cacao como premio, corriente y pasilla. Un valor mayor o igual al 60% fue tomado como índice óptimo de fermentación (Barel, 1987).

El porcentaje de fermentación depende también del adecuado manejo que se le dé al material tomando en cuenta desde el momento de clasificar el tipo de material libre de impurezas hasta el secado, ya que los granos que son tomados de las vainas y secados directamente no desarrollan un flavour típico a chocolate. Esto indica que la fermentación

de los granos de cacao es necesaria para la formación de constituyentes llamados precursores de aroma y sabor, compuestos que posteriormente durante el proceso de secado y tostado, generan el Flavour característico del cacao, el cual es considerado como un conjunto de impresiones organolépticas incluyendo tacto, gusto y olfato. (Tomlins, 1992; Abdul, 1993).

El índice de fermentación aumenta a medida que transcurre el PF, aumento producido por las reacciones que ocurren en el interior del grano en fermentación y que causan la aparición de un color pardo característico en el cotiledón (Braudeau, 1970).

CONCLUSIONES

El uso de micro-fermentadores en el proceso de fermentación de almendras de cacao es una tecnología adecuada para la zona para lograr una fermentación óptima de cacao cuando se tienen pequeñas cantidades.

Los genotipos de cacao criollos se pueden fermentar con un volteo a las 48 horas o dos volteos cada 24 horas ya que estos terminan el proceso de fermentación en 3 días generalmente

Los materiales criollos presentan mejores características físicas (largo, ancho, espesor y área) con respecto a los forasteros o clones universales por tanto pueden ser usados más eficientemente por la industria.

El índice de transferencia en los materiales criollos es menor, debido a que sus granos presentan menos contenido de mucílago y polifenoles lo cual hace que los granos se fermenten más rápidamente y haya menos pérdida de líquidos lo cual influye en el peso final del grano.

BIBLIOGRAFIA

ABDUL, KARIM M. I. 1993. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 9: 381-382.

BAREL, H. 1987. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. Café Cacao Thé. 31(2) - 141-150.

BRAUDEAU, J. 1970. Técnicas agrícolas y producciones tropicales, pp. 185-205. Trad. Por Ángel M. Hernández C. El cacao, Primera edición Edit. Blume, Barcelona, España, 297p.

_____ 1970. Curso sobre el cultivo del cacao, Costa Rica, CATIE, pp. 183-216.

CASA LUKER, 1994. La Cadena del Cacao en Colombia. Bogotá, /Actores involucrados. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia www.agrocadenas.gov.co, 51pp; consultar: marzo 2005.

COLCIENCIAS, 2006. Plan estratégico. Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Pecuaria, Bogotá D.C. www.colciencias.gov.co/. 68p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA CORPOICA. 2008. Sistema Integral de Gestión de Proyectos (Manejo Pos-cosecha del Grano de Cacao y Subproductos para Mejorar la Competitividad del Sistema). Bogotá D.C. www.corpoica.org.co. 60p.

ENRIQUEZ, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Serie Materiales de Enseñanza N° 22. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp. 183-216.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS, 2005. Fondo Nacional del Cacao Programa de Comercialización. (Caracterización - Físicoquímica y Beneficio del Grano del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Bogotá – Colombia. 32p

GRAZIANI DE FARIÑAS, L.L. ORTIZ DE BERTORELLI Y P. PARRA. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Trop.* 53(2):133-144.

GRAZIANI DE FARIÑAS, L. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Trop.* 53(2):133-144.

JINAP. 1994. *Journal of Food Science. Sci Food Agric.* (55): pp. 547-550.

MC DONALD, J. 1936. A New Method of curing small quantities of cocoa. In Imperial college of Tropical Agriculture. Trinidad, annual report cocoa research, 1935. Port of Spain, Trinidad, pp. 48-55.

NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS (NTC 1252, 2003). Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) apartado 14237 Bogotá. D.C. 9 p.

CHACÓN, O. 2006. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. Grasas y ciencia: las grasas del cacao grasasciencia.blogspot.com/.../la-grasa-del-cacao.html.

PAREDES A. M. 2004. Manual del Cultivo del Cacao, primera edición, Lima –Perú, Programa para el Desarrollo de la Amazonia Proamazonia, 83p.

PEREA, A. COL. 1998, 2000. XIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Santiago de Chile. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1: 142-143.

PORTILLO E, L, 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L) en el sur del Lago de Maracaibo. Venezuela, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 22; 394-406.

PUZIAH, H.S.1998.Effect of mass and turning time on free amino acid,peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. J. Sci. Food Agric. 78:543-550.

ROJAS A. J. 2010. Tipos de Fermentación de Cacao según Requerimientos del Mercado. Ecuador, /Actores involucrados. Federación Nacional de Cacaoteros. Sp.

ROHAN, T. H. 1964; El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. FAO: Estudios Agropecuarios. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 223 p. El benéfico del cacao. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín no oficial de trabajo No.5. 105p.

REYES H. Y L. CAPRILES DE REYES, 2000. Moderna tecnología para su cultivo, Edi. Chocolates El Rey, Venezuela, 270 p.

ROHAN, 1964; BRAUDEAU, 1970. Influencia de varios factores sobre el índice físico de los granos de cacao en fermentación. Ligia Ortiz, B. Gervaise Rovedas L. Lucia Graziani F. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, 59(1):81-89.2009.

SENANAYAKE, M., E, 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. J. Scj. Agric. 74:42-48.

TOMLINS, 1992. Food Chemistry, pp. 603-604. Word Journal of Microbiology and Biotechnology 46:257-263.

TORRES O, L. 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 Trop. 54(4):481-495.

VALLEJO, G; PEÑA. E. 2006. Plegable promocional N° 47 Centro Regional de Investigación el Mira. CORPOICA Tumaco-Nariño.

WOOD, 1982. El Cacao, Traducida al español por Antonio Marino, Guatemala Continental. México pp. 258-329.

ZAPATA, ARÉVALO, R. 2002. Determinación del tiempo optimo de fermentación mediante el uso de micro-fermentadores y la variabilidad en la calidad de las almendras de seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región Amazónica Ecuatoriana. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 109p.