

INTRODUCCION

En la actualidad existe gran interés de promocionar el cultivo de Cacao como alternativa económica y generadora de materia prima para la industria nacional y en el futuro para el mercado externo, pero para esto el país necesita replantear su explotación e industrialización teniendo como objetivo abastecer los mercados productos de confitería, pastelería, licores y cosmetología para lo cual se requiere un grano de excepcional calidad que no se produce actualmente principalmente en razón a la heterogeneidad que se presenta en las etapas de beneficio, recolección y desgrane, fermentación y secado.

En nuestro medio, las labores de beneficio del cacao han sido poco estudiadas, de ellas la fermentación juega un papel decisivo sobre la calidad porque es en esta donde se desarrollan las principales sustancias precursoras de sabor y aroma del chocolate.

La investigación realizada por la Universidad Industrial de Santander sobre los diferentes sistemas empleados por los productores para fermentar el grano en donde se compararon estos con un sistema mejorado de fermentador tipo «Tambor Rotatorio», demostraron un comportamiento superior de este respecto a los anteriores en términos de la calidad de la fermentación.

Resulta evidente que el sistema propuesto del Tambor Rotatorio modificado es una alternativa interesante para ser presentada a los productores de cacao con miras a su adopción y difusión masiva, pues ciertamente contribuye a lograr mejor calidad del producto a un costo relativamente bajo.

ANTECEDENTES

En Colombia, el cultivo del cacao es una actividad muy importante dentro de la economía nacional, produciéndose anualmente mas de treinta y ocho mil toneladas (38.000 t/año) valoradas en \$80.000.000,00 millones de pesos, que benefician a más de 27.000 productores, la mayoría de economía campesina y en condiciones sociales y económicas que requieren apoyo integral de las instituciones, los gremios y las empresas del sector.

El país cuenta con condiciones agroecológicas, apropiadas para producir cacao de buena calidad, ocupando a nivel internacional el décimo lugar, mientras que Santander es la principal zona productora aportando aproximadamente el 40% de la producción del país.

Dentro de los problemas que aquejan al sector productor de cacao sobresale la heterogeneidad de la calidad del grano causada entre otros factores por el manejo inadecuado del proceso de beneficio, especialmente en lo

referente a la forma como se efectúan las etapas de fermentación y de secado, etapas con gran influencia sobre las características organolépticas del grano. Se emplean por ejemplo, sistemas de fermentación diferentes (Cajón, tambor, sacos de fique) dependiendo de la zona, al igual que diferentes criterios para establecer los tiempos de fermentación y de secado adecuados.

En nuestro medio un alto porcentaje de los estudios realizados sobre cacao se han centrado en las áreas de fitopatología y mejoramiento y en menor escala en las áreas de suelos fertilizantes y fisiología. Recientemente se han entrado a evaluar la estructura socioeconómica de las zonas productoras (Fedecacao, 1998).

El beneficio del cacao y la calidad del grano (Perea y Col, 1996, 1998) han sido evaluados en los últimos años en el Centro de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Alimentos CICTA, de la UIS, tanto a nivel de campo como la de laboratorio, con el fin de determinar la influencia de los factores ambientales (clima, temperatura y humedad relativa) (Aragón y Luna, 1988) las variables que afectan el proceso de fermentación (tiempo de desgrane, remoción y cantidad de masa fermentable, tipo de fermentador) (Bolaños y Peñaranda, 1990; Corrales, P, 1992), los compuestos precursores del aroma y sabor de cacao (Ortiz y Otero, 1995, Chávez y Perea, 1997 y Moreno, Durán y Perea, 1998) Como resultado de estas investigaciones se logró el diseño de un sistema de fermentación utilizado como tambor rotatorio, el cual, en comparación con el método tradicional de cajón ha permitido obtener un grano con mejores características físico-químicas y organolépticas, además de incrementar el rendimiento del proceso.

A fin de transferir los resultados de estas investigaciones a los productores, la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) se unieron para presentar a PRONATTA un proyecto que permitiera ajustar, validar y transferir la Tecnología generada de forma tal que trajera beneficios al productor al generar un grano de mejor calidad, tener un sistema de fermentación de fácil manejo y de costo razonable respecto al sistema tradicional.

El proyecto aprobado a finales de 1995, con una duración de dos años y medio, se sustentó en la importancia socioeconómica del sistema, su relación con la industria del chocolate y principalmente en la etapa de fermentación clave para la calidad final del producto en términos de sabor, aroma, estructura, forma y color en el estudio se propuso además ajustar el sistema a las condiciones reales de trabajo en los diferentes tipos de explotaciones existentes en Santander en función de su versatilidad y de la calidad del grano.

Dentro de este marco el objetivo general del proyecto fue: «Mejorar el nivel de vida de los productores de cacao (inicialmente en el departamento de Santander), mediante actividades de investigación, ajuste, validación y transferencia de tecnología para el beneficio del grano, especialmente la etapa de fermentación con el fin de mejorar la calidad y de reducir los costos de producción.

Objetivos específicos:

1. «Ajustar y evaluar el sistema de fermentación de cacao utilizando tambor rotatorio en condiciones reales de producción en explotaciones cacaoteras del departamento de Santander»
2. «Analizar el efecto sobre la calidad del producto obtenido utilizando este sistema, en comparación con el sistema tradicional»
3. «Transferir a los productores la tecnología de fermentación mediante actividades de capacitación y asesoría de la construcción y utilización del sistema de tambor»

El cumplimiento de estos objetivos se logró mediante la ejecución del proyecto en tres etapas: la primera, que correspondió al ajuste del sistema de fermentación, la segunda la validación del sistema con estudios a nivel de laboratorio y la tercera la transferencia de tecnología a los productores, procesadores y técnicos. En este último caso, los resultados se transmitieron a más de 250 personas mediante el desarrollo de eventos de difusión, acciones de capacitación, edición de la cartilla «Fermente bien su cacao el tambor rotatorio una buena opción» y realización del I curso internacional de cacao en el cual participaron productores e investigadores del sector industrial y entidades del estado como el Ministerio de Agricultura.

En el presente informe se presentan los resultados obtenidos en cada una de estas etapas de forma que está distribuida así:

PARTE I

Capítulo 1. Estado actual del tema: en él se describen los principales fundamentos teóricos relacionados con el beneficio del grano de cacao.

Capítulo 2. Ajuste del sistema de fermentación en tambor rotatorio: Se presenta el diseño del prototipo de tambor rotatorio desarrollado en el proyecto.

Capítulo 3. Validación del sistema de tambor rotatorio: se presentan y analizan los resultados obtenidos en los estudios efectuados para validar el sistema de fermentación.

Capítulo 4. Transferencia de Tecnología: se relacionan las actividades y resultados de la transferencia de tecnología.

Capítulo 5. Logros: Se presentan los logros obtenidos con el desarrollo del proyecto con respecto a los objetivos planteados.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

Capítulo 7. Bibliografía

1. ESTADO ACTUAL DEL TEMA

El proceso de beneficio de cacao que comprende las etapas de desgrane, fermentación y secado es determinante para la obtención de un grano de calidad

1.1 DESGRANE

Consiste en partir la mazorca empleando un machete o un mazo en forma perpendicular a su mayor diámetro o destrozándola mecánicamente con una máquina especial para extraer los granos de la placenta en forma manual.

El tiempo de desgrane (tiempo transcurrido entre la toma de mazorca del árbol y la extracción del grano) afecta el posterior proceso de fermentación, razón por la cual este debe variar entre uno y dos días. Tiempos mayores originan el inicio de la fermentación dentro de la mazorca.

1.2 FERMENTACION

Los granos de cacao una vez extraídos de las mazorcas son sometidos a un proceso de fermentación que tiene por objeto: a) desprenderlos de la pulpa mucilaginoso que los protege, b) provocar la muerte del embrión e impedir la germinación de los granos de cacao y así facilitar su conservación y c) desencadenar modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que se traducen en una hinchazón de estos, desaparición de un color púrpura y aparición de un color pardo característico del cacao elaborado. El cambio trae como consecuencia una disminución del sabor amargo y de la astringencia y permite el desarrollo de los precursores del aroma que condicionan la calidad del chocolate.

La fermentación comprende la fermentación propiamente dicha, provocada por microorganismos que afectan la pulpa y las reacciones intermedias, controladas por las enzimas contenidas en los tejidos de los cotiledones (Rohan, 1964; Braudeau, 1970).

Fermentación de la Pulpa

La pulpa es un medio favorable al desarrollo de levaduras y hongos debido a la presencia de ácido cítrico que le da un pH ácido. En el transcurso de la fermentación los cambios de pH originan una variación de la flora como se describe a continuación:

Primer día: La infección inicial causada al sacar los granos de la mazorca es superada por las levaduras que en condiciones anaeróbicas transforman por fermentación los azúcares de la pulpa en alcohol y ácido láctico. Esta etapa es conocida como fase alcohólica.

Segundo-cuarto día: la transformación previa de la pulpa permite que el aire penetre en la masa fermentable ocasionando el predominio de las bacterias acéticas aeróbicas, las cuales oxidan el alcohol a ácido acético. En este período conocido como fase acética se presenta un fuerte incremento en la temperatura, hasta valores de 45-50°C, y una disminución apreciable del pH de cotiledón desde 6.0 hasta 4-5 como consecuencia de la migración del ácido acético hacia el interior del cotiledón. En estas condiciones se produce la muerte del grano.

La muerte del grano se caracteriza por la inhibición de su poder germinativo, lo que se manifiesta en la pérdida de la integridad celular, permitiendo la mezcla de substratos y enzimas. De esta forma, en las 24 horas siguientes, las proteínas presentes en el cotiledón del aroma y sabor (Jinap y Dimik, 1990); Voigt y Col, 1994; Beckett 1994) otros compuestos como las antocianinas e hidrolizados (Beckett 1994).

Quinto-Séptimo día: en esta fase predominan las reacciones de pardeamiento enzimático. El grano cambia de color púrpura a marrón claro. Los aminoácidos pueden ser transformados en ácidos grasos, por lo cual se incrementa la acidez del grano además de originar olores y sabores indeseables. Esto último ocurre si hay proceso de sobre fermentación.

Reacciones internas en los tejidos de los cotiledones:

Están formados por dos tipos de células con pigmentos compuestos de polifenoles (taninos, catequinas, antocianinas, leucoantocianinas) y de purinas (teobromina y cafeína) y células de reserva, no coloreada que encierran los cristales de manteca de cacao, granos de almidón, proteínas y todas las enzimas.

Entre los polifenoles, los pigmentos antocianínicos son hidrolizados dando productos no coloreados que por oxidación ulterior, toman un color pardo característico. En cuanto a los otros compuestos fenólicos su desaparición parcial de los tejidos de los cotiledones es atribuida a una pérdida por ósmosis a través de los tegumentos de la semilla.

Las reacciones de hidrólisis se producen en la primera fase de la fermentación aeróbica y al final de la fermentación de la cual las reacciones de oxidación afectan todos los compuestos, los cotiledones toman un color pardo y disminuyen la astringencia por la insolubilidad de los productos de oxidación de los polifenoles.

Con los compuestos nitrogenados, se observa a lo largo de la fermentación una pérdida constante debido a la degradación de las proteínas y a la pérdida de la teobromina.

Por otra parte el desdoblamiento de las proteínas da origen a péptidos y aminoácidos que junto con el ácido acético se ha encontrado son los precursores del aroma y el sabor característico del chocolate.

El cotiledón del grano del cacao no es de naturaleza ácida, pero durante el proceso de fermentación los ácidos y otros compuestos que se producen debido a la fermentación microbiana, penetran en el cotiledón. La absorción de ácido por los cotiledones es esencial para el desarrollo del sabor. En ocasiones, la acidez del grano fermentado es aprovechada para formulaciones especiales de chocolate, pero cuando es excesiva disminuye la calidad del chocolate dándole un sabor ácido.

Cuando el tiempo de fermentación se incrementa a 6 o 7 días la concentración de ácido acético es muy alta. Como la acidez decrece con el incrementado del tiempo de fermentación se recomienda optimizar la duración del proceso de fermentación del grano.

En cualquier caso y en atención a las reacciones que ocurren durante la fermentación, es necesario establecer cuales son las condiciones óptimas en las cuales se debe realizar la fermentación, teniendo en cuenta que las principales variables que la afectan son: el tiempo de desgrane, la cantidad de masa fermentante y la periodicidad de la remoción de la masa de fermentación.

1.3 SISTEMAS DE FERMENTACION.

En Colombia, el proceso de fermentación varía de una región a otra pero prevalece el sistema en cajón y el sistema en tambor. En algunas regiones como en el Arauca emplean la fermentación en montones. Los cajones son de madera y se utilizan como un solo compartimento o también de tres compartimentos que se emplean en forma de escalera. Los sistemas de tambor, son de madera y su tamaño puede variar dependiendo el tamaño de la finca y la cantidad de cacao que se procesa.

Tradicionalmente en el país se ha utilizado el sistema en cajón, pero en la zona de Santander principal productor nacional, se emplea también el tambor rotatorio. Este sistema ha sido evaluado en investigaciones realizadas en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Industrial de Santander, único grupo que ha evaluado el proceso de beneficio del cacao en Colombia, con las variedades que se tienen en el país y en las condiciones climáticas propias.

1.4 SECADO

El principal objetivo del secado es disminuir el contenido de humedad, la acidez, y la astringencia y desarrollar el color chocolate característico de los granos bien fermentados. El secado puede ser natural o artificial. En el

país se emplea la casa elda, el secado en el patio, tendales y silos.

2. AJUSTE DEL SISTEMA DE TAMBOR ROTATORIO

El ajuste del sistema de fermentación en tambor rotatorio se realizó sobre el prototipo diseñado por Bolaños y Peñaranda (1990), especialmente en lo relacionado con: a) el sistema de remoción interna de la masa de fermentación lo cual implicó aumentar el grosor del eje central y la distribución y cantidad de paletas ubicadas en él y b) el sistema de manejo del fermentador por parte del productor.

En la etapa de ajuste se construyeron tambores de capacidad 100 kg, 200, 300, kg de masa fermentante y se ubicaron en Guayacanes y Guacharacales del municipio de Lebrija y en el centro de investigación la suiza de CORPOICA para observar su desempeño, especialmente la influencia del tamaño del tambor en su manejo y calidad del grano fermentado. La evaluación del sistema de fermentación de cacao mediante el tambor rotatorio se desarrolló a través de la interacción participativa de los técnicos y productores involucrados en el proyecto.

De esta forma después de desarrollar tres prototipos se obtuvo finalmente un sistema en el que la cantidad y distribución de las paletas en los diferentes planos permite reducir la resistencia de la masa a remover. Además al tambor se le implementó un sistema de freno para cargar y descargar del cacao, atendiendo las sugerencias de los productores.

Para mejorar la resistencia del tambor - rotatorio se reforzó el grosor del eje y de las paredes laterales y se montó un segundo sistema de rodamientos entre el eje y las paredes laterales del tambor.

De esta forma, el tambor rotatorio modificado como se observa en las figuras 2.1 y 2.2, consta de las siguientes partes:

1. CUERPO: es un cilindro de 1.0 m. de largo por 75 cm. de diámetro provisto de una tapa y dos paredes laterales. Se construye con listones de madera de 7 cm. de ancho por 3 cm de espesor. El cuerpo del tambor debe reforzarse con unas cintas metálicas para evitar su deformación.

Las paredes laterales que sirven de soporte a los listones que conforman el cuerpo del tambor, tienen 75 cm de espesor. Ellas en su centro tienen un orificio, donde se encaja la balinera que permite la rotación del eje. Estas paredes deben ser reforzadas para que puedan soportar la

presión causada por la remoción de la masa.

2. SISTEMAS DE REMOCION INTERNO DEL GRANO: consta de un eje sobre el cual se distribuyen las paletas de remoción. La parte central del eje es cuadrada y las puntas donde encajan las balineras son torneadas (Ver figura 2.3). Las paletas de remoción son las que mueven la masa, por lo cual deben quedar ubicadas en diferentes planos del eje, de esta forma se disminuye la fuerza a aplicar para remover el grano.

3. PALANCAS: son cuatro y se encuentran ubicadas en uno de los lados del tambor sobre la pared lateral. Tienen 60 cm de longitud y sirven de apoyo para darle vueltas al tambor, por este motivo debe n ser resistentes.

4. MANIVELA: se utiliza para darle vueltas al eje y se ubica en uno de sus extremos. Debe tener como mínimo 1.20 m de longitud y debe resistir la fuerza aplicada por el operario. Es recomendable que el acople entre el eje y la manivela sea cuadrado, de esta forma, se asegura el movimiento del eje (ver figura 2.4).

5. FRENO: es un pasador de hierro que permite mantener el tambor rotatorio quieto, mientras es cargado y descargado por el operario.

6. BASES DEL TAMBOR: Son pilares o columnas de madera o cemento son suficiente capacidad de soportar más de 300 Kg. Del piso al eje del tambor se recomienda una altura de 80 cm. En el extremo superior de cada soporte o base se encajan las balineras que facilitan la maniobra para la remoción de la masa de cacao, durante la fermentación.

Una vez se estabilizó el prototipo, se mandaron construir nueve tambores para distribuirlos en Tibú (1),

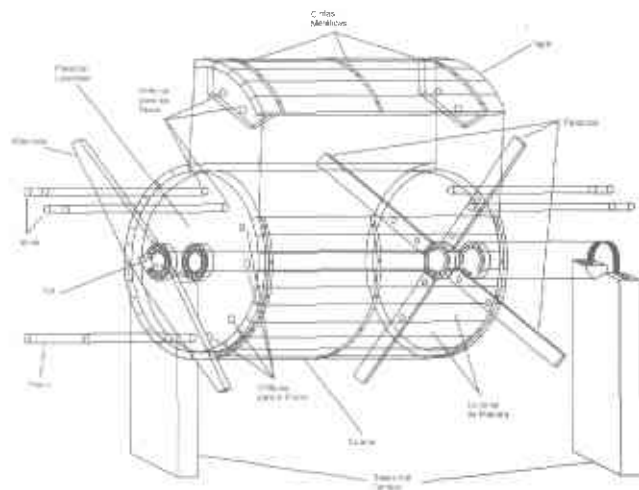


Figura 2.1 Partes del tambor modificado

Araucita (1), Rionegro (1), San Vicente (1), El Carmen (1), Landázuri (1) y Lebrija (1), en fincas de productores líderes y entidades vinculadas a la producción de cacao con el objeto de efectuar la validación del tambor y posterior transferencia de tecnología.

3. VALIDACION DEL SISTEMA DE FERMENTACION EN TAMBOR ROTATORIO

3.1 INTRODUCCION

Bolaños y Peñaranda, evaluaron la influencia del tiempo de desgrane (1-3 días) cantidad de masa fermentante (100,200 y 300 kilos) el tiempo de remoción de la misma (12,24,48 horas), encontrando como condiciones óptimas un tiempo de desgrane entre 1 y 2 días ; una cantidad de masa entre 200 y 300 kilos y la remoción de la misma cada 24 horas. En estas condiciones y teniendo en cuenta otros factores que afectan el proceso de fermentación como la aireación, se ajustó el diseño del sistema de fermentación mejorando la forma de remover la masa fermentante.

Como el modelo diseñado y teniendo en cuenta que el tambor de las fincas cacaoteras es variable, se diseñaron tambores con capacidad de 100,200,300 kilos. En estos se efectuaron procesos de fermentación con en los cuales se analizó el proceso de fermentación con base en parámetros físico -químicos. Paralelamente se realizaron experimentos en un sistema en cajón tradicional con capacidad para 300 kilos de masa.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que el sistema de fermentación en tambor es más favorable que el de cajón, debido a que permite mejorar las condiciones del proceso y las características finales del producto.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Muestreo, transporte y almacenamiento.

Se seleccionaron tres fincas ubicadas en la finca la Suiza propiedad de Corpoica, municipio de Rionegro, Finca Guayacanes y finca Guacharacales, municipio de Lebrija. En estas fincas se ubicaron tambores de 100,200 y 300 kilos, en cada uno de los cuales se realizaron procesos de fermentación con cacao con tiempo de desgrane de un día y removiendo la masa a las 48 horas y posteriormente cada 24 horas, durante mínimo 5 días. Las fermentaciones en cajón se realizaron en la finca Guacharacales y Guayacanes, empleando 300 kilos de masa fermentada de cacao con un tiempo de desgrane de un día. El tiempo de remoción fue igual al utilizado para el sistema en tambor.

En cada caso se tomaron 2 kilos de muestra que fueron transportadas al laboratorio en neveras de icopor garantizando una temperatura de 4°C. Una vez allí, se retiró la

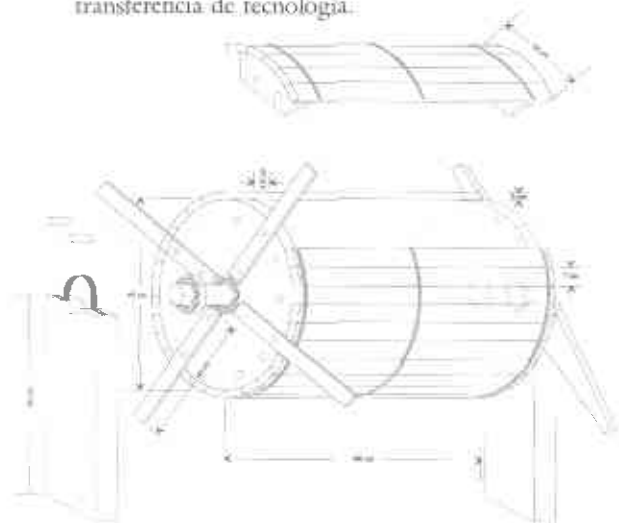


Figura 2.2 Medidas del tambor modificado

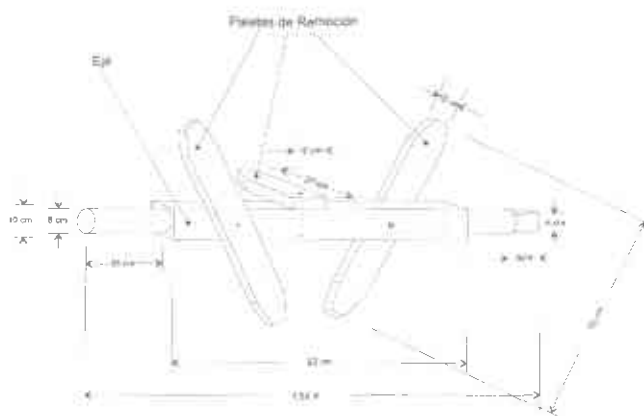


Figura 2.3 Sistema de Remoción interna del grano

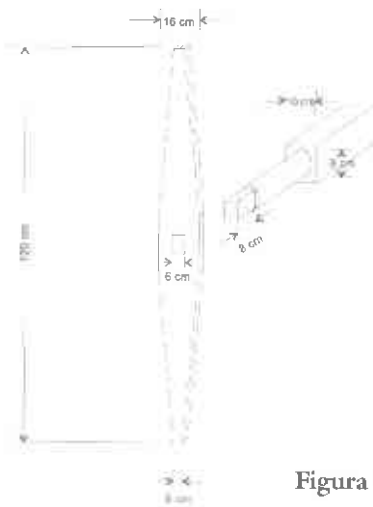


Figura 2.4 Manivela

pulpa, secándose la muestras a bajas temperaturas. Posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno impermeable para ser analizadas.

3.2.1 Análisis físicos

En el sitio de fermentación, durante los días que duró la fermentación se realizaron las siguientes mediciones: la temperatura y el pH de la masa fermentante antes y después de remover y homogeneizar la masa. Para medir el pH se utilizó un pH-metro portátil Fischer, debidamente calibrado y para la medida de la temperatura se empleó un termómetro bimetálico de escala de 0.100°C.

3.2.3 Análisis Químicos

Humedad: se determinó empleando el método de la estufa, secándose las muestras descascarilladas a 110°C hasta alcanzar peso constante.

pH del cotiledón y acidez titulable: se pesaron 10 gramos de muestra seca y finalmente molida, y se adicionaron 25 ml de agua, agitándose a 200 rpm durante 30 minutos. La muestra obtenida se centrifugó a 4500 rpm durante 10 minutos determinándose en el sobrenadante el pH y la acidez titulable mediante valoración con NaOH 0.1N. La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido acético.

Índice de Nitrógeno: se define como la relación entre el nitrógeno soluble y el nitrógeno total.

Nitrógeno soluble: Dos gramos de muestra de cacao seco finamente molido se mezclaron con 100ml de agua, calentándose a ebullición durante 10 minutos. A la suspensión caliente, se adicionaron 2 ml de alumbre potásico al 10% (p/v) seguido de 25 ml de una solución de sulfato de cobre al 6% (p/v) y 25 ml de hidróxido de sodio al 1.25% (p/v). La mezcla obtenida se dejó en reposo 12 horas al cabo de las cuales se filtró, lavándose el precipitado con agua caliente hasta que la combinación filtrado y aguas de lavado alcanzaron un volumen de 250 ml., de los cuales 25 ml., se utilizaron para la determinación de nitrógeno según el método de Kjeldahl.

Nitrógeno total: se determinó siguiendo el método de Kjeldahl., 1984)

Índice de azúcares: representa la relación entre los azúcares solubles y los azúcares totales.

Azúcares solubles: Cinco gramos de cacao seco y finamente molido se mezclaron con 50ml de agua destilada, calentándose a 50°C con agitación ocasional durante 30 minutos, al cabo de los cuales se enfrió en un baño de hielo - agua para solidificar la grasa, y removerla junto con el residuo insoluble mediante filtración al vacío. El residuo insoluble se lavó con agua destilada fría y la mez-

cla resultante se trató con una solución acuosa de 10 ml., de acetato de plomo. Transcurridos diez minutos se agregó 1 ml de oxalato de potasio. Se neutralizó con NaOH gota a gota hasta pH 7.0 completándose a 500ml con agua destilada. La solución resultante se agitó y filtró, primero en papel de filtro de poro grueso y luego en papel de filtro normal (Solución A). De la solución A obtenida, se tomaron 5 ml de muestra en los cuales se determinó el contenido de azúcares reductores, por el método del ácido 3,5- dinitrosalicílico.

Azúcares totales: se tomaron 100 ml., de la solución A y se mezclaron con 3 ml., de HCl concentrado, calentándose a baño maría a 70°C durante 5 minutos, al cabo de los cuales, se enfrió y neutralizó con NaOH 1 N utilizando fenofaleina como indicador. Sobre la mezcla resultante se determinaron azúcares por el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico.

Determinación de ácidos orgánicos: Los ácidos orgánicos no volátiles se determinaron mediante cromatografía de gases utilizando el método descrito por Holm y Astom, (1993), utilizando un cromatógrafo de gases Perkin. Elmer. Los ácidos extraídos fueron tratados con metanol-ácido sulfúrico, para obtener los metilésteres. Su identificación se basó en los tiempos de retención obtenidos, comparados con los de patrones puros.

Determinación de aminoácidos: El contenido en aminoácidos se evaluó utilizando el método de Alaiz, y Col (1992), preparado derivados de fenilisotiocinato los cuales fueron analizados mediante cromatografía líquida de alta resolución empleando un cromatógrafo líquido marca Waters. Su identificación se efectuó con base en el tiempo de retención obtenido para las muestras y para patrones puros.

Determinación de las muestras organolépticas del grano: Sobre el cacao fermentado se analizaron las características organolépticas correspondientes, color interno y externo del grano, y textura.

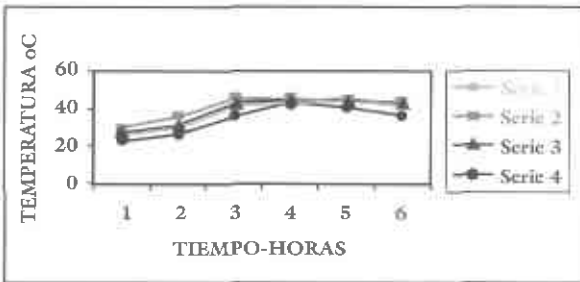
Rendimiento: Se midió como la relación del peso de cacao seco sobre el peso de cacao fresco, expresado en porcentaje.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSION

La variación de la temperatura de la masa fermentable con el tiempo de fermentación, muestran que tanto en el sistema en cajón como en el tambor, esta se incrementa con el tiempo hasta alcanzar un valor máximo de 44°C y 46.5°C respectivamente, a las 72 horas, permaneciendo constante las 120 horas, tiempo al cual disminuye.

En todos los casos, los valores de temperatura de la masa fermentante para el sistema en tambor con mayores que los obtenidos en el sistema de cajón, tal como se aprecia en la figura 1. Estas diferencias de temperatura pueden ser debidas a la mayor aireación que se alcanza en el sistema de fermentación en tambor, lo cual implica la ocurrencia de la fermentación acética de forma más rápida que en el sistema en cajón.

En el caso específico del sistema de fermentación en tambor, se observa que a medida que se incrementa la cantidad de masa fermentable la temperatura máxima alcanzada también se incrementa, lo cual significa que una masa entre 200-300 kilos puede ser recomendable para alcanzar valores de 46°C, considerando en la literatura como temperatura óptima para desarrollar el proceso.



Gráfica 1. Variación temperatura masa fermentante vs tiempo de fermentación.

Con respecto al pH de la masa fermentante, se observó que este parámetro se incrementa con el tiempo de fermentación tanto en el sistema en tambor como en el cajón (Figura 2), pasando de valores de 3.8 en la muestra sin fermentar a 4.6 en las muestras con 120 de fermentación. Este comportamiento se debe a la transformación de los azúcares de la pulpa en ácido acético, oxálico y succínico, ácidos más débiles que el cítrico.

Otros parámetros evaluados para poder establecer las diferencias entre los sistemas de fermentación fueron los medidos en el cotiledón (grano de cacao). pH, acidez titulable, humedad, índice de nitrógeno e índice de azúcares, así como color, textura y aroma.

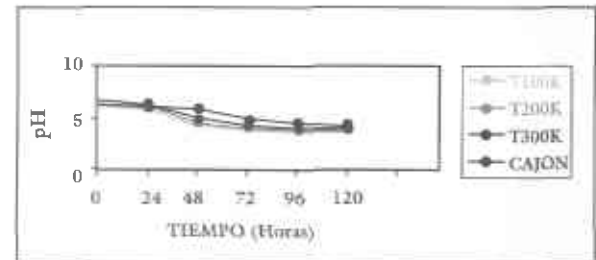
Con respecto al pH del cotiledón, se observó que disminuye con el tiempo de fermentación (figura 3) debido a la migración del ácido acético proveniente de la pulpa, hacia el interior del grano. De esta forma, durante los primeros tres días se presenta un descenso brusco de pH 6.5 al inicio de la fermentación, hasta valores cercanos a 5.2 al cabo de 72 horas para el sistema en tambor y al cabo de 96 horas para el sistema en cajón. A Partir de este tiempo su disminución es menos acusada. El descenso de pH al tercer día - cuarto día coincide con el tiempo al cual se alcanzan los valores máximos de temperatura de la masa fermentante, factores que inciden pos-

teriormente en la muerte del grano y la generación de los compuestos precursores del aroma y sabor de cacao.

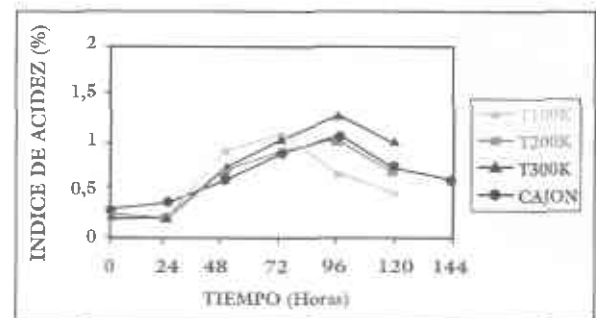
Aún cuando en los dos sistemas evaluados se presenta la misma tendencia, en el caso del sistema en cajón la disminución del pH ocurre de forma mas lenta, lo cual produce contribuir a incrementar el tiempo necesario para la fermentación.

La acidez del grano de cacao (expresada como porcentaje de ácido acético) sin fermentar es del orden de 0.2 debido a la presencia en la semilla de altas concentraciones de ácido cítrico. Con el tiempo de fermentación este valor se incrementa hasta valores del orden de 1.2 - 1.3 al cuarto día de la fermentación debido a la migración del ácido acético formado por descomposición de la pulpa, hacia el interior del cotiledón.

El índice de acidez en el sistema en tambor rotatorio es mayor que el alcanzado en el sistema en cajón (figura 4), debido probablemente a la aireación alcanzada en el tambor, lo cual puede inducir la formación de mayor cantidad de ácido acético y de ácidos orgánicos.



Gráfica 3. Variación del pH del cotiledón con el tiempo de fermentación.



Gráfica 4. Variación de la acidez del cotiledón con el tiempo de fermentación.

El análisis de estos últimos por cromatografía de gases permitió confirmar esta tendencia, tal como se muestra la tabla 3.1. En los dos sistemas tambor y cajón, los ácidos orgánicos no volátiles predominantes son el ácido cítrico, el oxálico, el láctico, el succínico y en menor concentración el butírico y el isobutírico y entre los ácidos

orgánicos volátiles el mayoritario es el ácido acético. La concentración de estos ácidos sin embargo, es mayor en el sistema en tambor lo cual permite establecer que el cacao obtenido en este proceso presenta un grado de acidez mayor al obtenido en el sistema en cajón. Aquí es importante tener en cuenta que el grado de acidez afecta la calidad del grano, de esta forma no puede ser muy bajo porque estos compuestos son indispensables en el proceso de formación del aroma y el sabor, pero tampoco puede ser alto porque se tendría un grano con un sabor indeseable.

Tabla 3.1 Variación de la concentración de ácidos orgánicos presentes en grano de cacao fermentado en cajón y en tambor rotatorio (mg. 100g-1)

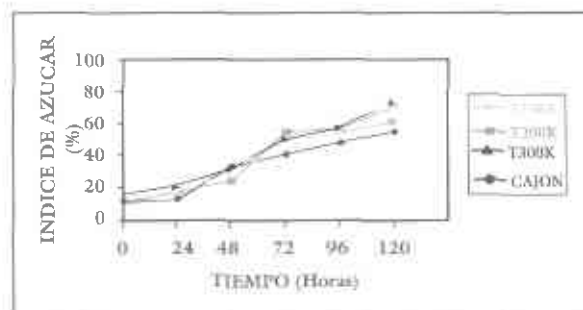
ACIDO	SANTANDER CAJON		COLOMBIA TAMBOR		GHANA CAJON	MALASIA CAJON
	Fermentado	Seco	Fermentado	Seco	Fermentado y Seco	Fermentado y Seco
Isobutírico	11.0	9.6	8.1	9.3	3.4	1.1
Butírico	5.7	5.5	5.3	5.3	0.1	0.2
Láctico	21.6	21.0	89.9	59.8	102	270
Oxálico	60.0	56.7	106.6	119.9	110	165
Succínico	21.3	9.7	17.4	26.7	180	188
Cítrico	261.6	137.3	383.7	257.4	255	306

Como patrón de comparación se presentan también en la tabla 3.1, los valores descritos en la literatura para cacao de Ghana y de Malasia, este último considerado un grano de alta acidez, encontrándose que en los dos casos el grano de cacao colombiano presenta un contenido de ácidos por debajo del presentado por los cacaos de otras regiones del mundo.

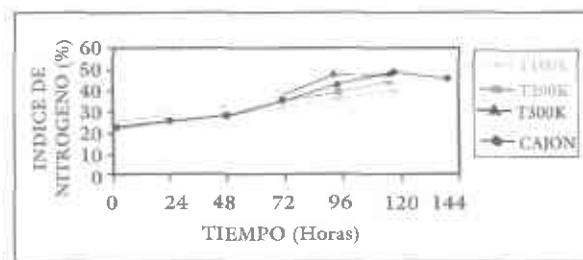
Otros parámetros importantes que permiten el análisis del proceso de fermentación y contribuyen a establecer las condiciones óptimas de proceso, son el índice de azúcares y el índice de nitrógeno. El primero como se señaló anteriormente, representa la relación entre los azúcares reductores con respecto a los azúcares totales, es decir el grado de degradación de la sacarosa presente en el cotiledón en glucosa y fructosa respectivamente.

En los sistemas evaluados, se observa que el contenido de azúcares totales disminuye con el consecuente aumento de los azúcares reductores, de forma que al cabo de 120 horas de fermentación se alcanzan índices de azúcares entre 69.5% y 54.5% para tambor y cajón respectivamente. (Ver figura 5). Adicionalmente, hay que tener en cuenta que los azúcares reductores son sustratos importantes para las reacciones de maillard que se presentan durante el tostado de cacao y que finalmente determinan las características de aroma, sabor y color del grano. De esta forma, entre más alto es el índice de azúcares, mayor es el grado de transformación de los azúcares, lo cual significa que el proceso de fermentación en tambor es más efectivo que el proceso de fermentación en cajón.

El índice de nitrógeno parámetro que señala el grado de hidrólisis de las proteínas presentes en el cacao, presenta una tendencia creciente con el tiempo de fermentación (figura 6). Obteniéndose al cabo de 120 horas valores promedio de 46% para tambor y para cajón. Los datos descritos en la literatura y considerados como óptimos son del orden del 46-48%.



Gráfica 5. Variación de la acidez del cotiledón con el tiempo de fermentación.



Gráfica 6. Variación del índice de nitrógeno con el tiempo de fermentación.

El índice de nitrógeno también se incrementa con la cantidad de masa fermentante, lo cual señala un mejor proceso de proteólisis que implica una mayor transformación de las proteínas en péptidos y aminoácidos, compuestos precursores del aroma y sabor de cacao. Como se aprecia en la figura 6, el valor de este índice es mayor en el tambor de capacidad 300 kilos que en el de 100 kilos, en donde el valor alcanzado apenas llega a 37% valor bajo para garantizar un proceso adecuado.

Los aminoácidos al igual que los azúcares reductores son sustratos esenciales de las reacciones de maillard, en las cuales como se mencionó anteriormente se forman los compuestos finales responsables del aroma y sabor de cacao, se obtienen de la degradación de las proteínas y se encuentran como aminoácidos libres o formando parte de los péptidos.

El contenido de aminoácidos se estableció por cromatografía líquida de alta presión observándose que en general su concentración se incrementa con el tiempo de fermentación. Sin embargo, como se muestra en la tabla 3.2, al final de la fermentación el contenido total de aminoácidos en el grano de cacao fermentado en el cajón es menor que el obtenido en el cacao fermentado en el tambor rotatorio. Estos resultados pueden indicar que el proceso de fermentación fue más pronunciado en este último sistema y que este cacao tiene mayor cantidad de este sustrato para incidir en sus características organolépticas.

Con respecto al rendimiento del proceso de fermentación, representado en la cantidad de humedad que absorbe el grano de cacao se observó como era de esperarse que el grano gana peso durante el proceso de fermentación. Esta ganancia de peso es mayor en sistema en tambor que en el cajón, de forma que al final de la fermentación el rendimiento promedio en el tambor rotatorio es de 44.3% aproximadamente, mientras que en el cajón es de 38.0%.

Tabla 3.2. Contenido de aminoácidos (mg.100gr-1) del grano de cacao al final del proceso de fermentación en tambor rotatorio y en cajón.

AMINOÁCIDO	CAJÓN	TAMBOR ROTATORIO
Acido aspártico	7.0	11.0
Acido glutámico	7.0	6.0
Serina	5.0	6.0
Glicina	1.0	4.0
Histidina	9	0.0
Arginina	10	11.0
Treonina	39	73.0
Alanina	1.0	5.0
Prolina	4.0	3.0
Tirosina	0.0	0.0
Valina	20.0	139.0
Metionina	31.0	15.0
Cistina	138.0	91.0
Isoleucina	0.0	7.0
Leucina	14.0	13.0
Fenilalanina	4.0	10.0
Lisina	4.0	11.0
TOTAL	296.0	405.0

Para el análisis de rendimiento, se evaluó la textura, y color interno y externo del grano. En la tabla 3.3, se muestra la variación de las mismas durante el tiempo de fermentación. Se observa que el grano de cacao pasa inicialmente de ser aplanado y cubierto de mucilago, a ser hinchado, sin mucilago y con fuerte olor a ácido. El color interno del grano cambia de violeta a oscuro en el grano sin fermentar a marrón oscuro en el grano bien fermentado, mientras que la cáscara cambia de color blanco a rojizo oscuro.

TABLA 3.3. Variación de las características del grano de cacao durante el proceso de fermentación

Tiempo (Horas)	Características Generales	Textura	Color Interno	Color Externo
0	Aplanado, cubierto de mucilago.	Lisa y compacta	Violeta oscuro	Blanco
24	Aplanado, mucilago oscuro	Lisa y compacta	Violeta oscuro	Blanco Pardusco
48	Desaparición parcial del mucilago.	Lisa, poco blanda	Violeta oscuro	Pardo
72	Hinchado-arrionado	Pegajosa y blanda	Aparición de Tonos de Café	Pardo Oscuro
96	Hinchado-arrionado-poco mucilago	Rugosa y blanda	Chocoate y gran violáceo	Rojizo
120	Hinchado-arrionado, sin mucilago	Rugosa y blanda	Marrón	Rojizo
144	Hinchado y con olor fuerte a ácido	Muy rugosa	Marrón oscuro	Rojizo Oscuro

Analizando la calidad del grano con base en la cantidad de granos bien fermentados, y considerando estos como aquellos que después de secos desprenden bien la cascari-lla y tienen un color marrón, se obtuvieron mejores resultados con el sistema de tambor rotatorio, tal como se muestra en la tabla 3.4

Tabla 3.4. Calidad del grano en diferentes sistemas de fermentación.

	Grano Fermentado	Grano violáceo
Tambor 100 Kilogramos	92	8
Tambor 200 Kilogramos	95	5
Tambor 300 kilogramos	94	6
Cajón	80	20

Con base en los resultados presentados, de los análisis realizados in situ temperatura y pH de la masa fermentante y los efectuados al cotiledón pH, acidez, contenido de ácidos orgánicos, índice de azúcares, índice de nitrógeno y contenido de aminoácidos, fue posible establecer que la fermentación en tambor rotatorio, presenta ventajas sobre el cajón en lo que respecta al desarrollo del proceso en sí, por las siguientes razones:

* El tiempo de fermentación es más corto, así en las condiciones de las regiones en las cuales se desarrollaron los experimentos y con las variedades de cacao cultivadas en zona, la muerte del grano se presenta aproximadamente al cual día, lo cual significa que el tiempo de fermentación mínimo deber ser 5 días. Por debajo de este tiempo no ocurren adecuadamente las reacciones bioquímicas que determinan las características finales del grano, y por encima se puede presentar sobrefermentación.

* En este último caso es de gran importancia el sistema de agitación de la masa, y el sistema de drenaje de los productos resultantes de la degradación de la pulpa.

* Las reacciones de la fermentación ocurren mas notablemente en el sistema en tambor, como puede establecerse por los índices de azúcares y de nitrógeno que son mas altos que los obtenidos en cajón. Esto significa también que se obtienen mayor cantidad de sustratos azúcares reductores y aminoácidos para las reacciones de maillard o el proceso de tostado.

* La tendencia de todos los índices es similar en las escalas de capacidad de 200 y 300 kilos. Para fincas pequeñas en donde se utilicen tambores pequeños de 100 kilos es necesario proteger estos de cambios de temperatura, porque debido a la baja cantidad de masa fermentante, su temperatura interior solo llega hasta 44°C, lo que hace que las reacciones disminuyan y se obtengan índices de azúcares y de nitrógeno menores. En este caso, sería necesario mantener el tambor en un ambiente cerrado protegido de corrientes al aire.

* El rendimiento otro factor muy importante, es mayor en el sistema en tambor, constituyéndose en una ventaja adicional.

Con base en todos los análisis realizados, en el presente proyecto se corrobora la efectividad del sistema de fermentación en tambor rotatorio, desde el punto de vista del proceso de fermentación en sí y su efecto sobre la calidad final del grano de cacao.

4. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

La tercera etapa del proyecto tenía como objeto transferir a los productores, procesadores del grano, técnicos y entidades relacionadas, la tecnología de fermentación desarrollada.

Para el cumplimiento de este objetivo se desarrollaron actividades de capacitación y asesoría en la construcción y utilización del sistema de tambor rotatorio, mediante la realización de 8 días de campo en fincas de productores líderes principalmente, curso específicos para los técnicos y el I Curso Internacional del Cacao y su Agroindustria.

4.1 DIAS DE CAMPO

Mediante convocatoria previa a productores, técnicos y procesadores del grano se desarrollaron 8 días de campo en zonas que involucraron los departamentos de SANTANDER (1 en El Carmen, 1 en Landázuri, 1 en Rionegro, 1 en San Vicente, 2 en Lebrija), NORTE DE

SANTANDER (1 en Tibú) y ARAUCA (1 En Arauquita) contándose con la participación de 241 personas, distribuidas por regiones como se muestra en la tabla 4.1 Los nombres de los participantes se registran en el anexo 1.

La metodología desarrollada en los días de campo involucró la realización de :

Conferencias temáticas de una hora y discusión partiendo de la importancia de la fermentación en la calidad del cacao.

Demostración práctica sobre el uso y manejo del tambor y las condiciones de fermentación del grano.

Mesa redonda con los participantes.

El desarrollo de esta estrategia, facilitó la discusión y participación de los productores en el establecimiento de las ventajas y desventajas del sistema propuesto. Dentro de las ventajas los productores señalaron en su orden la facilidad de cargue, facilidad de remover la masa, mayor rendimiento.

Dentro de las desventajas señalaron que el costo del tambor no justifica para el precio al cual están vendiendo el cacao.

TABLA 4.1 Relación de asistentes a los días de campo, por regiones y por profesión.

MUNICIPIO	No.	%
Arauquita	37	15,0
B/cabermesa	1	0,5
Bucaramanga	15	6,0
El Carmen	28	12,0
El Playón	27	11,0
Landázuri	24	10,0
Rionegro	12	5,0
San Vicente	63	26,5
Tibú	34	14,0
TOTAL	241	100

OCUPACION	No.	%
Agricultor	151	63,0
Técnico	40	16,5
Estudiante	35	14,9
Operario	4	2,0
Profesor	3	1,5
Carpintero	7	3,6
Alcalde	1	0,5
TOTAL	241	100

4.2 CURSO PARA TECNICOS

En él se presentó a los técnicos, una conferencia sobre el proceso de beneficio de cacao con énfasis en el fundamento científico de la etapa de fermentación y su relación con el sistema propuesto. Así mismo se realizó una actividad para observar la instalación, el uso y manejo del prototipo. Participaron dos técnicos de Arauquita (FEDECACAO Y Granja El Alcaraván) uno de Tibú (CORPOICA), un técnico de San Vicente (CORPOICA), tres de Landázuri (dos de la Umata y uno de CORPOICA) y un técnico de Rionegro (CORPOICA) y un técnico de Rionegro (CORPOICA), así como tres profesionales vinculados al proyecto (UIS, CORPOICA).

De igual forma se impartieron instrucciones sobre la selección de los usuarios para montar los demostrativos en sus áreas de trabajo, con los productores de las fincas demostrativas. De esta forma, con la participación de los propietarios se montó y «Curó» el tambor y se tomó información sobre rendimiento y calidad del grano.

4.3 CURSO INTERNACIONAL DE CACAO Y SU AGROINDUSTRIA

CORPOICA y el CICTA de la Universidad Industrial de Santander desarrollaron el evento que contó con el apoyo de Fedecacao, la Compañía Nacional de Chocolates, la Casa Luker, La Agencia Colombiana de Cooperación Internacional, el Ministerio de Agricultura (PRONATTA), el SENA, con el propósito de actualizar y difundir los avances en el sector, incluyendo los resultados obtenidos en el presente proyecto.

En el evento participaron productores líderes, técnicos, profesionales y empresarios de diversas organizaciones como FEDECACAO, UMATA, ICA, SENA, CORPOICA, SECRETARIA DE AGRICULTURA, PRONATTA y dos técnicos de Ecuador. Las conferencias fueron impartidas por expertos Colombianos, Brasileños y Ecuatorianos. Las memorias del curso fueron entregadas a los participantes en disquette. Se remite una copia a PRONATTA en el anexo 2.

4.4 EXPECTATIVAS DE LOS PRODUCTORES EN RELACION CON LA OPCION TECNOLÓGICA DESARROLLADA.

Durante los días de campo se realizaron entrevistas a 65 de los 241 participantes con el propósito de conocer sus expectativas en relación con el sistema de fermentación en tambor rotatorio.

El 58% de los entrevistados utilizan actualmente el sistema de fermentación en cajón, sin embargo señalan la

dificultad para el cargue y descargue, el rendimiento y el mayor peso del grano. Sugieren como mejora aumentar el tamaño de la «boca» para cargarlo.

Para los productores de regiones con menor desarrollo tecnológico en cacao, como Tibú y Arauca, el sistema es una alternativa viable puesto que la comercializan en fresco, sin fermentar y los precios de venta son bajos. Por esta razón, los productores consideran que el sistema les podría mejorar la calidad de su producto.

En regiones como Rionegro y Lebrija que están usando el sistema los productores manifiestan que el prototipo desarrollado les permite mejorar el sistema de remoción y el soporte del eje en rodamientos. Sugieren que se le puede implementar un sistema mecánico para facilitar la remoción en tambores de mayor capacidad. Si se construye una batería de ellos, se pueden conectar unos a otros a través del eje para homogeneizar la masa fermentante con un motor.

En los municipios de San Vicente, El Carmen y Landázuri los ven poco operativos en comparación con el cajón, por el tamaño y los mayores volúmenes de cacao que manejan durante el año. Señalan que el diseño propuesto con la capacidad de 250 Kg de masa fermentante puede funcionar en fincas con una o dos hectáreas de cacao.

5. LOGROS

* La tecnología ajustada durante el desarrollo del proyecto tiene efectos benéficos en el nivel de vida de los pequeños productores de cacao de diversas formas e intensidad por cuanto los niveles de desempeño son diferentes. Así por ejemplo para las regiones de Tibú y Arauca el sistema es una buena alternativa para fermentar el cacao puesto que allí lo comercializan fresco. Su uso les permitirá presentar un producto más elaborado y obtener una mayor retribución por el producto terminado.

* Los productores de Rionegro y Lebrija, consideran apropiado adoptar el sistema de remoción interna y el freno desarrollado por el proyecto para facilitar el cargue y descargue de los tambores que están utilizando hace más de diez años.

* Desde el punto de vista de la salud los productores manifestaron que el sistema de tambor rotatorio disminuye el esfuerzo y el tiempo para la remoción de la masa en comparación con el de los cajones y además evita que el operario inhale las emanaciones del proceso de fermentación.

* Las evaluaciones relacionadas con la calidad en el tambor señalan que hay un incremento hasta del 14% de grano bien fermentado presentando mayor volumen,

mejor color, olor y textura. De igual forma el grano fermentado en este sistema supera en peso hasta en un 6% al alcanzado mediante cajón.

* Finalmente el proceso de transferencia de tecnología se realizó en los departamentos de Santander. Norte de Santander y Arauca, mejorando la cobertura y beneficiando a más de trescientos productores y técnicos. En sitios estratégicos de productores y entidades vinculadas al sector se instalaron 10 demostrativos, como elemento básico para continuar con la difusión de la tecnología. Como material de apoyo se están distribuyendo dos mil cartillas ilustradas que contiene las principales recomendaciones sobre el adecuado beneficio del cacao, con énfasis en el proceso de fermentación utilizando tambor rotatorio. El material contiene los planos para su construcción, instalación y operación y señala las ventajas del sistema.

5.2 LOGROS RELACIONADOS CON EL OBJETIVO ESPECIFICO 1

La evolución del sistema de fermentación de cacao mediante el tambor rotatorio se desarrolló a través de la interacción participativa de los técnicos y productores involucrados en el proyecto. De esta forma el tambor rotatorio modificado, logró ser un implemento que brinda ventajas por la facilidad de construcción, su ergonomía, facilidad de manejo, reducción del tiempo de fermentación y la mejora en la calidad del producto.

FACILIDAD DE CONSTRUCCION: se construye con maderas propias de la región, no se necesitan herramientas especializadas para su fabricación y lo puede construir un carpintero o el mismo productor, si cuenta con algunos elementos básicos.

ERGONOMIA Y SALUD: la facilidad de remoción de la masa permite que el productor haga un menor esfuerzo en esta operación, además con el tambor, no tiene un contacto directo con la masa en fermentación, de tal forma que no recibe los vapores ácidos calientes, lo cual de acuerdo a sus observaciones les produce trastornos de salud.

FACILIDAD DE MANEJO: con el diseño del sistema de freno se facilita la operación de cargue y descargue del tambor y puede ser efectuada por una sola persona.

CALIDAD DEL PRODUCTO: la combinación de los dos movimientos de rotación del tambor y de remoción del grano con las paleras permite una uniformidad en el grado de fermentación. Además le propicia las condiciones adecuadas para una correcta fermentación lo cual se refleja en un grano de mayor tamaño porque hay menos pérdida de componentes, mejor color, aroma y menor cantidad de pasilla. Un grano de mejor tamaño, uniforme en color y fermentación, además de incremen-

tar el rendimiento en peso, tiene mejor opción de compra.

TIEMPO DE FERMENTACION: con el tambor rotatorio se disminuye el tiempo de fermentación como mínimo un día.

TAMAÑO Y COSTOS: la capacidad del tambor se ajusta a los sistemas productivos de economía campesina, pues que un tambor de 250 Kg permite fermentar eficientemente la producción de una hectárea de cacao. En 1998 el costo de prototipo es de ochenta mil pesos (\$80.000,00) incluyendo las bases del tambor.

GUIA PARA SU CONSTRUCCION Y MANEJO: la tecnología desarrollada en este trabajo se encuentra descrita en la cartilla ilustrada «Fermente bien su cacao, el tambor rotatorio una buena opción» en la cual se describe con detalle las características del tambor y algunos aspectos relacionados con el beneficio adecuado del grano de cacao.

5.3 LOGROS RELACIONADOS CON EL OBJETIVO ESPECIFICO 2.

Los estudios de validación del sistema permitieron confirmar con base en la evaluación de parámetros físicoquímicos (pH del cotiledón, acidez, índice de nitrógeno, índice de azúcares) y organolépticos, las ventajas del tambor rotatorio sobre el cajón, especialmente en lo relacionado con la eficiencia con que se desarrolla el proceso de fermentación, lo cual revierte en la obtención de un grano de cacao de características más homogéneas.

En el sistema de tambor rotatorio se requiere además menor tiempo de fermentación, de forma que para masas entre 200 - 300 kilos cacao, es suficiente con cinco días. Si las masas son más pequeñas, se requiere que el tambor esté protegido de corrientes de aire. El rendimiento otro factor muy importante, es mayor en el sistema en tambor, constituyéndose en una ventaja adicional.

5.4 LOGROS RELACIONADOS CON EL OBJETIVO ESPECIFICO 3.

Desde el punto de vista de la transferencia de tecnología se puede afirmar que esta comenzó desde que se instalaron los prototipos de 100,200 y 300 Kg de masa fermentante en Rionegro y Lebrija, puesto que sometieron a la crítica de los productores para evaluar sus condiciones de operación y la calidad del grano fermentado. Durante este período, se realizó un día de campo para analizar con los productores el tipo de mejoras requeridas para el nuevo tambor. Esta primera etapa de ajuste y validación de los tambores permitió un mejoramiento

continuo del diseño básico hasta alcanzar el prototipo que se construyó, distribuyó y evaluó en ocho sitios de los departamentos de Santander, Norte de Santander y Arauca.

A partir de este momento el proyecto concentró sus esfuerzos en la transferencia del sistema de fermentación con tambor rotatorio sobresaliendo las siguientes actividades :

REALIZACION DE OCHO DIAS DE CAMPO: en los municipios de Arauquita, Tibú, Rionegro, Lebrija, San Vicente (2), El Carmen y Landázuri, con la participación de más de 250 productores, técnicos y profesionales vinculados al sector.

CURSO DE CAPACITACION: a técnicos responsables de la difusión de la tecnología y montaje y acondicionamiento de los demostrativos en las áreas de trabajo.

I CURSO INTERNACIONAL DE CACAO Y SU AGROINDUSTRIA: Contó con la participación de 40 representantes de los productores, procesadores, entidades del estado como Ministerio de Agricultura, pronatta, quienes mediante conferencias plenarias y posterior discusión, analizaron la situación actual del sector cacaotero, cultivo, beneficio y comercialización. En el caso específico del beneficio se analizaron los modelos desarrollados en Colombia, con respecto a países como Ecuador y Brasil. Se presentaron además los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto.

PUBLICACIONES: Como estaba previsto en el proyecto se diseñó y multiplicaron dos mil ejemplares de una cartilla ilustrada dirigida a productores. En ella se señalan las condiciones para un correcto beneficio del cacao y se enfatiza el proceso de fermentación, presentando los planos del tambor rotatorio, su uso, manejo y ventajas del nuevo sistema. A partir de un diseño preliminar se ajustó la propuesta inicial mediante los aportes de técnicos y profesionales vinculados al desarrollo tecnológico del cacao (anexo 3 ejemplares)

5.5. OTROS LOGROS

Es muy importante resaltar la participación activa en el desarrollo del proyecto de otros organismos distintos a CORPOICA y la UIS como fueron la Compañía Colombiana de Chocolates y el SENA y de los productores de cacao de las diversas regiones involucradas. Esta colaboración permitió cumplir los objetivos planteados en el proyecto y como se vio en el I Curso Internacional logró la integración de todos los sectores involucrados quienes se comprometieron a desarrollar el plan de desarrollo del sector cacaotero. Igualmente se logró la integración con grupos de investigación con grupos de in-

vestigadores extranjeros de Ecuador y Brasil.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El sistema de fermentación del cacao mediante tambor rotatorio es ventajoso porque hay un incremento hasta del 14% de grano bien fermentado.
2. El grano fermentado en este sistema presenta mejor calidad por cuanto tiene mayor volumen (mejor llenado), mejor color, textura produciendo un grano más atractivo y de apariencia uniforme.
3. El tambor rotatorio mejora los rendimientos durante la fermentación pues supera en peso hasta en un 6% al grano que proviene del sistema de cajón.
4. Bajo las condiciones de Santander y con el sistema de tambor rotatorio el tiempo de fermentación adecuado es de cinco (5) días. Menor tiempo no permite el desarrollo de las reacciones necesarias y mayor número de días sobre fermentación el grano.
5. El sistema de agitación de la masa es muy importante para regular la temperatura, oxigenar el sistema y homogeneizar el proceso al interior del tambor.
6. Con el nuevo prototipo, el sistema combinado de giro del tambor y el de remoción interna, suspendido en cuatro rodamientos, disminuye el esfuerzo del operario y el tiempo de homogeneización de la masa.
7. El nuevo diseño es de fácil manejo porque el sistema de freno permite que el cargue y descargue lo realice una sola persona.
8. La posibilidad de adopción del nuevo prototipo es más alta en las regiones con menor desarrollo tecnológico en cacao como Arauca y el Norte de Santander. Quienes utilizan el sistema consideran que pueden copiar los aspectos novedosos que facilitan la remoción de la masa y el manejo del sistema.
9. En próximos estudios se sugiere evaluar mayores tamaños, con sistemas de remoción mecánica, tal como lo sugieren los productores.
10. Para estimular la adopción de esta tecnología, que mejora sustancialmente la calidad del cacao, es necesario que el sistema de comercialización actual pague el producto en función de la calidad.

BIBLIOGRAFIA

- Alaiz, M. ; Navarro, J.L. ; Girón, J. Y Vioque, E. 1992 Aminoacid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenmalonate. J. Of Chromatography. 591 : 181-186.
- A.O.A.C. 1987 The official and recommended practices of the American Oil Chemists 's Society.

- Aragón, A., y Luna, C. 1988. Contribución al estudio del proceso de fermentación del cacao: tesis Ingeniero Químico. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Físicoquímicas, Departamento de Ingeniería Química.
- Biehl, B., Brunner, E., Passem, D., Quesnel, V.C. 1985. Acidificación proteolysis and flavour potencial in fermenting cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 36 : 583-598.
- Biehl, B., Wewetzer, C., y Passern, D. Vacuolar (storage) 1982. proteins of cocoa seeds and their degradation during fermentation and germination. *J. Sci. Food Agric.* 33 : 1291-1304.
- Bolaños Bonilla, R., Peñaranda Cuadros, L.E ; Perea, J. 1990. Diseño de un reactor para la fermentación de cacao y estudio de las variables que influyen en el proceso. Tesis Ingeniero Químico. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Físicoquímicas, Departamento de Ingeniería Química,
- Braudeau, L. 1970. El cacao. Colección Agrícola Tropical. 186-205.
- Cacaotero Colombiano. 1986. Estudio de tres modalidades de fermentación en camillas sobre la calidad del grano de cacao. Vol, 9 (32), 41-41.
- Cacaotero Colombiano. 1987. Calidad clave para competir en el mercado internacional del cacao. Vol 10 (34), 3-4.
- Cacaotero Colombiano. 1988. Medida de la calidad del Cacao en grano. Vol 11 (36), 13'21.
- Chavez, D. y Perea, A. 1997. Evaluación de los compuestos nitrogenados del grano de cacao durante los procesos de fermentación y de secado. Universidad Industrial de Santander.
- Corrales, P. 1991. Caracterización físico-química y mejoramiento del beneficio del cacao. Federación Nacional de cacaoteros,
- Forsyth, W.G.C. and Rombouts, J.E. 1951. Our approach to study of cocoa fermentation. Rep. Cocoa conf. London, 73-81.
- Godinez, R., L. 1970. Estudio del comportamiento de los azúcares y aminoácidos durante la fermentación y tostación del grano de cacao aplicando técnicas cromatográficas. México. 14'15.
- Holm, C.S. y Aston, J.W. 1993. The effects of the organic acids in cocoa on the flavour of chocolate. *J. Sci. Food Agric.* 61 : 65-71.
- ICONTEC. 1988. Norma Colombiana del cacao 1251.
- Moreno, N; Duran, T. y Perea, J. 1998. Estudio del perfil ácido del grano de cacao fermentado y secado. Universidad Industrial de Santander.
- Ortiz, M. 1996. Extracción de aromas del cacao. Tesis de Master. Departamento de Química, Universidad Industrial de Santander.
- Rohan, T.A. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado F.A.O.
- Samah, A. ; Puteh. M.F and Semalar, J., 1990. Small scale cocoa fermentation inoculated with *Acetobacter xylinum*. Malaysian Biochemical Society Kuala Lumpur. 127-129.
- Samah, O.A. ; Alimon, H. y Abdul Karim, M.Y. 1992. Effect of shortened fermentation time on acid development and sugar metabolism of cocoa beans. *Acta alimentaria.* 21 (3-4) : 285-291.
- Sheperd, R. 1976. Large scale processing of cocoa beans temperature and acidity trends. *Planter,* 52_ 311-321.
- Ziegleder, G y Biehl, B. 1988. Analysis of cocoa flavour components and flavour precursors. En: *Methods in plants Analysis.* Vol.8, New Series. Springer Verlag, Berlin, 8: 321-393.