

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“FERMENTACION DEL CACAO, POR MEDIO DEL  
METODO ROHAN Y EL METODO DE CAJAS Y SU  
INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS”**

Tesis sometida a la consideración de la Honorable  
Junta Directiva de la Facultad de Agronomía

P O R

**JOSE RAFAEL MORALES PADILLA**

Previo a conferírsele el título de:

**INGENIERO AGRONOMO**

En el grado académico de:

**LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS**

GUATEMALA, FEBRERO DE 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

D.L.  
01  
T(753)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
RECTOR EN FUNCIONES**

Dr. Eduardo Meyer

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANO:	Ing. Agr. César Castañeda
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Oscar René Leiva
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Rolando Lara A.
Vocal 4o.:	Prof. Héber Arana
Vocal 5o.:	Prof. Leonel A. Gómez L.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL  
EXAMEN GENERAL PRIVADO**

Decano:	Dr. Antonio Sandoval
Examinador:	Ing. Agr. Luis Ramiro González
Examinador:	Ing. Agr. Carlos Aguirre
Examinador:	Ing. Agr. César Castañeda
Secretario:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

19 de enero de 1984

Ingeniero Agrónomo  
César Castañeda  
Decano Fac. Agronomía

Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted para comunicarle que de acuerdo a la designación emanada de esa Decanatura, he procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis titulado: "FERMENTACION DEL CACAO POR MEDIO DEL METODO ROHAN Y DEL METODO DE CAJAS Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS", del estudiante José Rafael Morales Padilla. Concluido dicho trabajo en todas sus etapas considero que el mismo llena los requisitos exigidos por nuestra casa de estudios para ser presentado por el estudiante Morales Padilla en su examen público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr.   
A S E S O R

CC. archivo

ORLR/nlzm

Guatemala  
Febrero de 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

“FERMENTACION DEL CACAO, POR MEDIO DEL  
METODO ROHAN Y EL METODO DE CAJAS Y SU  
INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS”

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente,

Br. José Rafael Morales Padilla.

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A LA MEMORIA  
DE MI PADRE:

Luis Genaro Morales de León

A MI MADRE:

Ana Julia Padilla Vda. de Morales

A MI TIA:

Marina Victoria Padilla Sabaté.

A MIS HERMANOS:

Ana María  
Luis Genaro

A LA MEMORIA  
DE MIS ABUELOS:

Rafael Padilla Nanne  
Victoria Sabaté de Padilla

A MIS SOBRINOS:

Luis Genaro  
Glenda Karina  
Ana María  
Sergio Rafael  
Silvia Regina  
Carmen Lucía

A MIS CUÑADOS:

Mario Alfredo Monroy  
Glenda Marisela Rodríguez de Morales

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A MI PATRIA GUATEMALA

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor y gran amigo: Ingeniero Agrónomo Fernando Aguilar por su interés y dedicación en la asesoría del presente trabajo.

A mis asesores: Ingenieros Agrónomos Oscar Leiva y Eduardo López por su colaboración y asesoramiento en la realización de esta Tesis.

Al personal de la Finca San Agustín Ixtacapa: por su valiosa colaboración y en forma muy especial a mi amigo Carlos Escobedo por la ayuda prestada durante la ejecución de este estudio.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACION	3
3. OBJETIVOS	5
4. HIPOTESIS	5
5. REVISION BIBLIOGRAFICA	7
5.1 Factores Intrínsecos de la Plantación que Intervienen en las Características y Calidad del Cacao.	7
5.1.1. Origen Genético de la Plantación.	7
5.2 Factores Externos de la Plantación que influyen en las Características y Calidad del Cacao.	7
5.2.1 Condiciones Climáticas.	7
5.2.2. Estado Sanitario de la Plantación.	7
5.2.3. Beneficiado del Cacao.	8
5.2.3.1. La Cosecha.	8
5.2.3.2. Selección y Quiebra de las Mazorcas.	9
5.2.3.3. La Fermentación.	10
5.2.3.3.1. Influencia de la Fermentación sobre la calidad de las Almendras de Cacao.	10
5.2.3.3.2. El Proceso de la Fermentación y sus Etapas.	10
5.2.3.3.2.1. El Biofermentado.	11
5.2.3.3.2.2. La Quimiofermentación.	14
5.2.3.3.3. Duración de la Fermentación.	19
5.2.3.3.4. Métodos de Fermentación usados a nivel de Explotación Comercial.	22
5.2.3.3.4.1. Método de Canastas.	22
5.2.3.3.4.2. Método de Montones.	22
5.2.3.3.4.3. Método de Cajas.	22
5.2.3.3.4.4. Método Rohan.	24
5.2.3.3.4.5. Fermentación en caja tabicada tipo CEPEC.	25
5.2.3.3.5. Aspectos Varios sobre Fermentación.	26
5.2.3.4. Secado.	28

	<b>Página</b>	
5.2.3.4.1.	Secado por el Método Natural.	28
5.2.3.4.2.	Secado por el Método Artificial.	29
5.2.3.5.	Almacenado.	29
5.3.	Calidad del Cacao	29
5.4.	Características empleadas en la Clasificación del cacao según su calidad.	30
5.5.	Normas de Clasificación del Cacao:	32
6.	MATERIALES Y METODOS.	39
6.1.	Descripción del Area Experimental.	39
6.2.	Material Experimental.	39
6.3.	Métodos de Fermentación.	39
6.3.1.	Método Rohan.	39
6.3.2.	Método de Cajas.	40
6.4.	Ejecución de la Fase Experimental.	40
6.5.	Datos que se tomaron.	42
6.6.	Toma de Datos.	43
6.7.	Diseño Experimental.	44
7.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.	47
8.	CONCLUSIONES	67
9.	RECOMENDACIONES	71
	APENDICES.	73
10.	BIBLIOGRAFIA.	81

## RESUMEN:

Actualmente, el cultivo del cacao se encuentra esparcido por Africa (el mayor productor), América (su lugar de origen), Asia y Oceanía.

Según el Departamento de Agricultura de los E.E.U.U., la producción de cacao tiende a aumentar, calculando que ésta crecerá en un 3.2o/o, mientras que su consumo aumentará en los países occidentales desarrollados en un 2.8o/o, en los de régimen comunista en un 4.4o/o y en los subdesarrollados en un 3.8o/o. Esta tasa de crecimiento en el consumo mundial, permitirá una total utilización de la materia prima producida. Dada esta situación el porvenir de la industria cacaotera es halagueño (3).

Tomando en cuenta estos aspectos y agregando que en Guatemala, existen condiciones apropiadas en varias regiones del departamento de Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu, Quetzaltenango, El Quiché, San Marcos, Izabal y Alta Verapaz, se comprenderá porque el cacao es un cultivo de importancia para la agricultura y economía del país.

Uno de los aspectos de gran importancia en cualquier producto, para que éste sea competitivo en el mercado, es su calidad. La calidad del cacao, depende de factores intrínsecos de las plantaciones, como el origen del material genético; de factores externos tales como, las condiciones climáticas, el estado sanitario de las plantaciones y el beneficiado. En el presente trabajo, nos interesamos en este último aspecto, particularmente de su fase más importante como lo es la "Fermentación", sin querer decir con esto, que las otras fases (Cosecha, Secado y Almacenamiento), no tengan ninguna importancia sobre la calidad del cacao.

El presente estudio se realizó en la finca "San Agustín Ixtacapa", localizada en el municipio de San Antonio en el departamento de Suchitepéquez, en el kilómetro 151 de la carretera al Pacífico. Se encuentra a una altura promedio de 399 metros S.N.M. La práctica de la fermentación en esta región tiene sus deficiencias y a la fecha, en nuestro medio, no existen estudios serios

al respecto, por tal motivo se consideró la importancia de realizar el presente trabajo. En este se plantearon tres objetivos básicos: 1) Estudiar la importancia de la fermentación dentro del proceso del beneficiado del cacao y su incidencia en la obtención de una buena calidad. 2) Establecer las relaciones entre el método de fermentación, el tipo de cacao y tiempos de fermentación que produzcan la mejor calidad del cacao fermentado. 3) Proporcionar información sobre el proceso de fermentación y el comportamiento que éste sufre al emplear métodos, tipos de cacao y tiempos de fermentación diferentes.

Los tipos de cacao usados en el presente estudio fueron: el tipo "A", equivalente al cacao amelonado, cuyas mazorcas tienen una forma regularmente oval, redondeada por el extremo, con o sin constricción en la base, de anchura inferior a la mitad de la longitud, de superficie lisa o suavemente rugosa y surcos pocos marcados; y el tipo "B", equivalente al cacao angoleta que incluye las mazorcas alargadas, puntiagudas, amplias en la base con o sin estrangulaciones a modo de cuello de botella, que posee surcos profundos y una superficie rugosa. Se empleó esta clasificación porque se consideró que era la más objetiva, simple y práctica para los fines de este estudio. Se escogieron, por otro lado, estos dos tipos de cacao por considerarse que estos son los más generalizados en la región, a pesar de la gran heterogeneidad de material genético existente en la misma, incluso en las pequeñas explotaciones.

Los métodos de fermentación evaluados fueron: el método de cajas, consistente en cajas de 0.48 metros de largo, 0.39 metros de ancho y 0.50 metros de alto, con agujeros en el piso de 5/16" de diámetro, separados entre sí a 3 cms. Y el método Rohan, consistente en pilas de 6 bandejas de 1.50 m. de largo, 0.76 m. de ancho, 0.12 m. de alto, también con agujeros en el piso de 5/16" de diámetro y separados entre sí 3 cms. El objeto de los agujeros en ambos métodos fue el de propiciar una buena aireación y el escurrimiento de la miel de la masa de almendras que se fermentaba. La madera que se empleó para la elaboración tanto de las cajas como de las bandejas fue la de un árbol conocido en la región como "canoj" y el grueso de las tablas fue de 1".

Los tiempos evaluados en el presente estudio fueron de 1,2,3, 4, 5 y 6 días.

Los datos que se tomaron, porque se consideraron los convenientes para alcanzar los objetivos de este trabajo fueron: a) toma de la temperatura y del pH a la masa de almendras que se fermentaba, cada 24 horas. b) peso promedio de las almendras de cada uno de los tratamientos. c) número de almendras de naturaleza no quebradiza. d) número de almendras de color indeseable, (para el efecto se empleó una escala que presentaba los diferentes colores indeseables que se producen por una mala fermentación (8)). e) número de almendras con la testa pegada a los cotiledones. f) número de almendras cuya testa pesaba más del 12o/o del peso total. g) número de almendras mohosas. h) número de almendras germinadas. i) número de almendras con características indeseables que inciden en la calidad general de las almendras. Este último dato fue un valor calculado, obtenido de la integración de los datos obtenidos del inciso c) al h). Todos estos datos (del inciso c) al h) ), son características indeseables en las almendras del cacao, después de la fermentación. En base a ellas, fue entonces que se logró determinar un grado de calidad de las almendras de cacao de cada uno de los tratamientos estudiados en este trabajo, mediante el análisis estadístico respectivo. El método estadístico que se usó fue el diseño completamente al azar.

Del presente estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La fermentación fue un factor determinante en la calidad final de las almendras de cacao obtenidas en los diferentes tratamientos estudiados, puesto que el grado en que se manifestaron las características indeseables en las mismas, varió de acuerdo al desarrollo de la fermentación.
- El efecto de la fermentación, sobre la calidad final del cacao, estuvo íntimamente relacionado con el tiempo, el método y el tipo de cacao empleados en dicho proceso.
- En relación a las "Características indeseables en la Calidad general de las Almendras", se puede concluir que al fermentar cacao del tipo "A" (Amelonado) por medio del método de Cajas, se obtiene la mejor calidad indiferentemente a los 3, 5

y 6 días (esta misma calidad independientemente del método se obtiene el cuarto día); mientras que al fermentar cacao del tipo "B" (angoleta), se obtiene la mejor calidad indistintamente por medio del Método de Cajas o de Rohan a los 5 y 6 días.

- De acuerdo a los análisis de regresión, con respecto a los tipos de cacao y los tiempos de fermentación, la mejor calidad usando el cacao tipo "A" (amelonado), se obtiene a los 6 días; mientras que al emplear cacao del tipo "B" (angoleta) se logra a los 8 días y medio aproximadamente. Con respecto a los métodos de fermentación y los tiempos que esto dura, la mejor calidad en el caso del método de cajas se obtiene a los 6 días; mientras que en el caso del método de Rohan se logra a los 9 días aproximadamente.

Todos estos criterios fueron elaborados de acuerdo a las proyecciones hechas mediante los análisis de regresión respectivos como se indicó al inicio de este párrafo.

- Los tipos de cacao, los métodos y los tiempos de fermentación estudiados en el presente trabajo, no alteran en forma significativa la calidad de las almendras en lo que respecta a la característica "testa con un peso mayor al 12o/o del peso total de la almendra.
- No se reportó ningún caso que presentara las características indeseables "almendras mohosas" y "almendras germinadas" por lo que se puede afirmar que el proceso de fermentación no influye para que se manifiesten estas características indeseables.
- Tanto las variaciones de temperatura como las del pH en la masa de almendras que se fermentaba estaban íntimamente relacionadas con el desenvolvimiento del proceso de fermentación.

Por lo expuesto anteriormente se consideró pertinente hacer las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda evaluar el proceso de fermentación del cacao tipo "B" (angoleta), durante 7, 8 y 9 días, con el fin de corroborar los datos obtenidos en el análisis de regresión, que nos indican que al noveno día aproximadamente, se obtiene la mejor calidad de este tipo de cacao.
- Se recomienda a las diferentes industrias chocolateras, evaluar, las diferentes muestras de los tratamientos, que produjeron la mejor calidad general del presente estudio, para investigar si estas poseen también la mejor calidad a nivel industrial.
- Se recomienda a los productores de cacao, que pongan en práctica los tratamientos con los que se obtuvieron las mejores calidades de cacao fermentado en el presente trabajo, empleando el método de fermentación que se adapte mejor a las condiciones existentes en sus explotaciones agrícolas, desde el punto de vista económico y de manejo.
- Se recomienda manejar cuidadosa y adecuadamente el cacao, tanto en la fase de fermentación como en las demás fases del beneficiado, puesto que características tan importantes como la presencia de mohos internos en las almendras y almendras germinadas, no son causa del proceso de fermentación, sino de alguna de las otras etapas del beneficiado (cosecha, secamiento y almacenamiento).

## 1. INTRODUCCION

El cacao es originario de América; actualmente se encuentra esparcido por nueve países de Africa, 10 de América, 7 en las Islas del Caribe y en seis países de Asia y Oceanía.

Hasta el año 1950, América era el mayor productor de cacao, pero a partir de esa fecha Africa Occidental ocupa esa primera posición, ya que en 1967 cosechó el 63o/o de la producción mundial.

Según el departamento de agricultura de los E.E.U.U., la producción de cacao tiende a aumentar, calculando que la producción crecerá en un 3.2o/o, mientras que su consumo aumentará en los países occidentales desarrollados en un 2.8o/o, en los de régimen comunista en un 4.4o/o y en los subdesarrollados en un 3.8o/o. Esta tasa de crecimiento en el consumo mundial, permitirá una total utilización de la materia prima producida. Dada esta situación el porvenir de la industria cacaotera es halagueño (3).

Tomando en cuenta estos aspectos y agregando que en Guatemala existen condiciones climáticas apropiadas, en varias regiones, consideradas como zonas cacaoteras (regiones de los departamentos de Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos, Izabal y Alta Verapaz), se comprenderá porque el cacao es un cultivo de importancia en la agricultura y economía del país.

En Guatemala la mayor parte de la producción se destina a la exportación, ya que la industria del cacao en nuestro medio se reduce a la elaboración de chocolate de fabricación casera y unas pocas industrias que lo utilizan en la producción de galletas, confites, bombones y otros dulces destinados casi exclusivamente para el mercado local.

Uno de los aspectos de suma importancia, en cualquier producto, para que éste sea competitivo en el mercado, es su calidad.

La calidad del cacao, depende de factores intrínsecos de las plantaciones, como el origen del material genético; de factores

externos tales como las condiciones climáticas, el estado sanitario de las plantaciones y el beneficiado. En el presente trabajo nos interesamos de este último aspecto y muy particularmente de una de sus fases, como lo es la fermentación. Dentro de la serie de etapas que intervienen en el beneficiado del cacao, ésta es de vital importancia, puesto que dependiendo de su adecuada aplicación, se obtiene un cacao bien procesado, ya que por medio de la fermentación se consigue:

- Eliminar de las almendras la pulpa mucilaginosa que las rodea.
- Provocar la muerte del embrión y por consiguiente impedir la germinación de las almendras del cacao con lo que se posibilita su conservación.
- Desencadenar profundas reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que tienen como consecuencia una disminución del sabor amargo y de la astringencia, así como permitir el desarrollo de los precursores del aroma, sustancias aún no identificadas pero cuya presencia es indispensable para que las almendras de cacao tengan después de tostarlas, el aroma característico que se denomina "aroma chocolate" y que condiciona la calidad misma del producto (2).

La finalidad del presente estudio fue encontrar los mecanismos más prácticos y accesibles en nuestro medio, para mejorar las labores de la fermentación, que contribuyen a producir una mejor calidad final del cacao, dando al productor la oportunidad de obtener mejores precios en la venta, incrementándose así sus beneficios y por ende el mejoramiento de la situación de las explotaciones de cacao.

## 2. JUSTIFICACION

La tecnología que se ha aplicado en la agricultura en nuestro medio, ha sido deficiente en la mayoría de los casos. El cultivo del cacao no escapa a esta situación, por lo que es común encontrar deficiencias en el manejo de las plantaciones, desde su planificación hasta la comercialización de sus productos. Una de estas deficiencias, lo constituye el beneficiado del cacao y por consiguiente la fermentación.

En la región donde se realizó el estudio, se encontró que la práctica de la fermentación se efectúa de diversas formas y en muchos casos se omite. Entre los productores que la practican, el método más empleado es el de cajas, siendo éstas de diversos tamaños y clases de madera, dependiendo de las necesidades de cada uno de ellos. Los tipos de cacao existentes en la región son bastantes heterogéneos genéticamente, pudiéndose encontrar diferentes clases de cacao inclusive en las plantaciones pequeñas. Este factor no es tomado en cuenta por el productor, el que realiza la fermentación sin ninguna selección de acuerdo al tipo de cacao que posee. Los tiempos que emplea para realizar la misma, son en la mayoría de los casos de 24 a 48 horas, períodos que le proporcionan a las almendras de cacao, una apariencia exterior bastante atractiva, dándole a las mismas una coloración anaranjada. Por lo anteriormente expuesto se nota que la práctica de la fermentación se realiza en esta región, en forma empírica, no existiendo ningún estudio serio al respecto.

Existen varios métodos para realizar la fermentación, entre los que se cuentan: el método de cajas, el de cajas tabicadas tipo CEPEC, el de montones, el de canastas y el método Rohan. Los cuatro primeros, actúan en forma similar siendo el más conocido, utilizado y práctico de ellos el método de cajas. Por otro lado, el único método que difiere significativamente de los antes mencionados, es el método Rohan principalmente en relación al espesor de la masa de almendras que se fermentan y en cuanto a la forma del secado.

Se mencionó que en esta región hay gran diversidad genética de cacao a pesar de ello la mayor parte del mismo pertenece a dos

tipos de cacao como lo son el amelonado y el angoleta.

Por las razones expuestas en los dos párrafos anteriores en el presente estudio se trató de evaluar el proceso de fermentación empleando el Método de Cajas y el Método Rohan usando almendras del tipo amelonado y angoleta, para lograr establecer los tiempos óptimos correspondientes a cada uno de ellos. Con estos resultados se pudo obtener la información necesaria para alcanzar la mejor calidad posible de cacao utilizando la combinación adecuada de tiempo, método y tipo de cacao en el proceso de la fermentación.

### **3. OBJETIVOS:**

1. Estudiar la importancia de la fermentación, dentro del proceso del beneficiado del cacao y su incidencia en la obtención de una buena calidad del mismo.
2. Establecer las relaciones entre el método de fermentación, el tipo de cacao y tiempos de fermentación, que produzcan la mejor calidad del cacao fermentado.
3. Proporcionar información sobre el proceso de fermentación y el comportamiento que éste sufre al emplear métodos, tipos de cacao y tiempos de fermentación diferentes.

### **4. HIPOTESIS:**

1. El tipo de mazorca de cacao, no afecta el proceso de fermentación, ni la calidad del grano.
2. No existen diferencias entre los métodos de fermentación evaluados.
3. No existen diferencias entre los períodos (tiempo) de fermentación evaluados.

## **5. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **5.1. Factores Intrínsecos de la Plantación que Intervienen en las Características y Calidad del Cacao.**

#### **5.1.1. Origen Genético de la Plantación:**

El origen genético del material de la plantación, adquiere un gran papel en el conjunto de las características de las almendras, grosor, contenido de manteca, amargo, acidez y sobre todo el aroma que puedan desprender después de la torrefacción (2).

Se ignora la genética de la calidad del cacao, aunque se cree que los sabores característicos de una determinada procedencia, región o país resultan probablemente de la interacción de numerosos genes. Sin embargo, como el sabor depende en parte del proceso de fermentación y secado y no puede evaluarse por ningún carácter externo de la planta, el problema de selección y cruzamiento de cultivares de cacao con propósitos de calidad presentan muchas y grandes dificultades (3).

### **5.2. Factores Externos de la Plantación que influyen en las Características y Calidad del Cacao.**

#### **5.2.1 Condiciones Climáticas:**

Las condiciones climáticas particulares de cada año y cada estación, representan un gran papel tanto en la granulometría como en el contenido de manteca y del aroma del cacao. Por otra parte tienen también una influencia manifiesta sobre las condiciones en las que se realizan los procesos de fermentación y secado y por consecuencia lógica sobre la calidad final del producto (2).

#### **5.2.2 Estado Sanitario de las Plantaciones:**

Es indispensable para lograr calidades óptimas de cacao, que las mazorcas que se cosechen provengan de plantaciones sanas, ya que las mismas dependerán grandemente del estado sanitario de las

plantaciones y la naturaleza de los tratamientos fitosanitarios efectuados en las mismas. Por ejemplo en los países donde la pudrición negra de las mazorcas causa graves estragos es común encontrar productores que mezclan cacao sano con el cacao afectado por la pudrición, lo cual hace que se deteriore la calidad final del producto. Asimismo cuando en plantaciones se utilizan sustancias químicas para luchar contra una enfermedad o un parásito, es necesario asegurarse que no contaminen al cacao con gustos extraños que luego no se podrán eliminar (2).

### **5.2.3 Beneficiado del Cacao:**

Se entiende como beneficiado del cacao toda la serie de operaciones a que se somete el producto natural, para convertirlo en un artículo utilizable. En el caso del cacao, el fin fundamental es transformar las almendras en un producto conservable, de fácil transporte, que posea las cualidades de aroma y sabor que le dan todo su valor comercial, para su posterior utilidad en la industria de la alimentación y otras. El beneficiado se puede dividir en cosecha, fermentación, secado y almacenamiento (5).

#### **5.2.3.1. La Cosecha:**

El beneficiado del cacao se inicia con la cosecha. Esta debe hacerse periódicamente para evitar que las mazorcas ya maduras sean dañadas ya sea por animales silvestres o por el mismo hombre (6).

La recolección de los frutos se inicia regularmente a los 180 días de haber cuajado el fruto, que es cuando alcanza su grado óptimo de maduración lo que se aprecia por su color externo (5). El verde de las mazorcas pasa al amarillo y el rojo al anaranjado. No obstante ciertos frutos tienen una pigmentación muy fuerte, por lo que este cambio de colores puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado su plena madurez. Debido a esto ciertos recolectores no se fían del color de las mazorcas, sino únicamente del sonido que emiten cuando las golpean con el dedo, que es ahuecado (2). La falta de madurez conlleva insuficiencia de azúcar en la pulpa, lo que producirá una fermentación inadecuada. Por otra parte, las mazorcas demasiado

maduras tienen gran parte de la pulpa seca, pudiéndose inducir a la germinación de las almendras o interferir en el desarrollo satisfactorio de la fermentación (5).

En términos generales la cosecha debe hacerse lo más continuamente posible para evitar las situaciones anteriormente expuestas, que se producen por la sobremaduración de las mazorcas. Si la plantación es grande, se puede cosechar cada 8 ó 15 días, si la plantación es pequeña, se podrá hacer cada mes (3); en todo caso, no hay que cosechar las mazorcas ni tiernas ni sobremaduras. En plantaciones donde algunas enfermedades atacan las mazorcas, principalmente la pudrición negra, es necesario una recolección más frecuente para limitar la propagación e infección de las mazorcas sanas (2).

#### **5.2.3.2. Selección y Quebra de las Mazorcas:**

Es indispensable hacer una selección de las mazorcas, después de efectuar la cosecha, separando las sanas de las dañadas o enfermas; las que muestran diferencias marcadas en el grado de madurez; las mazorcas de tamaño notoriamente diferentes, agrupándolas en grandes, medianas y pequeñas; y las que presentan una forma distinta (angoleta, cundeamor, amelonado y calabacillo), ya que dependiendo de ésta los tiempos adecuados de fermentación variarán (6). Hecha ya la selección, la quiebra de las mazorcas se puede hacer en el campo o en el lugar de fermentado y secado, para lo cual se puede usar un machete en la mano o uno fijo a dos trozos de madera clavados en el suelo. La extracción de las almendras se puede hacer con los dedos o con aparatos especialmente diseñados con ese propósito. Las semillas se transportan en sacos de plásticos o en cajas de madera, hacia el lugar de fermentación. No se deben poner en contacto con materiales de metal. En caso de abrir las mazorcas cerca de las instalaciones destinadas a la fermentación, las almendras se pueden poner directamente en los fermentadores (3). Se deberá tener cuidado antes de hechar las almendras en los mismos, de no mezclar almendras que provienen de mazorcas que han sido quebradas en diferente tiempo, así como eliminar las placentas o cualquier otro tipo de material extraño que pudiera afectar la calidad posterior del cacao (6).

### **5.2.3.3. La Fermentación:**

#### **5.2.3.3.1. Influencia de la Fermentación sobre la calidad de las almendras del cacao:**

Dentro de la serie de fases que intervienen en el beneficiado del cacao, es quizás la fermentación la más importante, puesto que dentro de ella existe la resultante de un cacao bien procesado (5).

Después de la cosecha, selección y quiebra de las mazorcas, las almendras frescas del cacao, deben sufrir una serie de transformaciones, proceso llamado fermentación, que tiene por objeto esencialmente:

- Desproveer las almendras de la pulpa mucilaginosa que las rodea.
- Provocar la muerte del embrión y por consiguiente impedir la germinación de las almendras de cacao, con lo que se posibilita su conservación.
- Desencadenar profundas reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones. Estas se traducen por una hinchazón de los cotiledones, por la desaparición de su color púrpura cuando éste existe, (Forastero y Trinitario), y por la aparición del color pardo, característico de un cacao bien elaborado. Tiene como consecuencia una disminución del amargo y de la astringencia y el permitir el desarrollo de los precursores del aroma, sustancias aún no identificadas, pero cuya presencia es indispensable para que las almendras de cacao tengan después de la torrefacción, el aroma característico que se denomina "aroma chocolate" y que condiciona la calidad misma del producto (2). Por lo tanto la obtención de una calidad óptima de almendras de cacao es imposible sin un adecuado manejo del proceso de fermentación.

#### **5.2.3.3.2. El Proceso de la Fermentación y sus Etapas:**

Según Aquarone y Borzani (1) la fermentación se divide en dos partes principales: una "Biofermentación", donde participan células vivas de microorganismos, los cuales producen ciertos factores

metabólicos (enzimas entre otros) que actúan en la fase subsiguiente; una "Quimiofermentación", que se da por la acción de enzimas producidas en la fase anterior y en la que no participan células vivas (1).

#### **5.2.3.3.2.1. El Biofermentado:**

El biofermentado se divide en:

- Multiplicación de levaduras y la producción del alcohol etílico (fase alcohólica).
- Multiplicación de aceto-bacterias y la producción de ácido acético (fase acética).
- Difusión del Acido Acético a las almendras (Permeabilización del Tegumento).
- Autólisis de los microorganismos:

Todas estas etapas son acompañadas de varios fenómenos, como la elevación de la temperatura, transformación del pH, secreción de exudados etc.

Esta fase comprende la fermentación por células vivas y la producción de los metabolitos correspondientes. El aspecto de la fermentación de la pulpa del cacao (que resulta de grandes cantidades de levaduras y bacterias productoras de Acido Acético), es esencial para el desenvolvimiento del sabor del chocolate. Howat et al., y otros investigadores, mencionan que almendras frescas y lavadas con soluciones acéticas y después dejadas inmersas en pulpa esterilizada pueden adquirir sabor y aroma del chocolate después de la torrefacción (1).

El análisis químico de las diferentes partes de las almendras frescas de cacao, señala el alto contenido de azúcar (glucosa y fructosa) de la pulpa que rodea las almendras cuando éstas acaban de ser extraídas de la mazorca. Dicho análisis se presenta a continuación:

Composición de las almendras frescas de cacao (en tanto por ciento de peso fresco), según F. Hardy.

	Cotiledones	Pulpa	Tegumento
Agua	35	84.5	9.4
Celulosa	3.2	—	13.8
Almidón	4.5	—	46.0
Pentosana	4.9	2.7	—
Sacarosa	—	0.7	—
Glucosa y fructosa	1.1	10.0	—
Manteca de cacao	31.3	—	3.8
Teobromina	8.4	0.6	18.0
Proteínas	2.4	—	—
Cafeína	0.8	—	—
Polifenoles	5.2	—	0.8
Acidos	0.6	0.7	—
Sales minerales	2.6	0.8	8.2
	100.0	100.0	100.0

La pulpa, cuyo pH ácido es debido a la presencia de ácido cítrico, constituye un medio muy favorable al desarrollo de las levaduras.

Su contaminación por numerosos microorganismos se inicia rápidamente una vez que las almendras han sido extraídas de las mazorcas, ya sea por el simple contacto con las manos de los trabajadores o con el material utilizado para el transporte y el tratamiento del cacao, por los numerosos insectos atraídos por el mucílago azucarado.

Entre estos microorganismos, cuya naturaleza varía, considerablemente según los ambientes, las levaduras toman un rápido incremento, favorecidas por el pH ácido, la riqueza en azúcar y el bajo contenido de oxígeno en la masa. Bajo el efecto de estas levaduras, los azúcares de la pulpa son transformados en alcohol etílico, con desprendimiento de anhídrido carbónico.

La fermentación alcohólica provoca una elevación de temperatura, al igual que un aumento del pH ácido. Las bacterias del ácido láctico comienzan entonces a desarrollarse, pero pronto la ruptura de las células de la pulpa y el desprendimiento de los jugos, permiten una mejor aireación y en ese momento intervienen y adquieren un gran desarrollo, las bacterias del ácido acético que transforman por oxidación el alcohol en ácido acético. Esta reacción, que exige una buena aireación, es también exotérmica y juega un papel importante en la elevación de temperatura de la masa en fermentación (2).

Los gérmenes productores del ácido acético para la oxidación del alcohol etílico, deben producir este ácido en cantidades suficientes, para que pueda ejercer su efecto de permeabilizador del tegumento. El ácido acético parece ser el que permeabiliza el tegumento de las almendras. Acción similar ejerce el Ácido Tánico, el cual es un penetrante o corrosivo bastante conocido. Otros efectos del ácido acético sobre el embrión de la almendra, son desconocidos. Siendo este ácido desnaturalizador de proteínas, la germinación se torna imposible.

El desarrollo del sabor del chocolate, en el interior de la almendra, depende de una acción enzimática. Ya ha sido comprobado que la enzima o las enzimas necesarias a ese proceso **no** se encuentra en la almendra ni en la pulpa del cacao, resultan de la multiplicación de las levaduras durante la fermentación. Estas enzimas no pueden penetrar en el tegumento antes de ser éste permeabilizado o que sea completado por el ácido acético.

El proceso de la fermentación es un proceso exotérmico, generando siempre cantidades considerables de calor. Para obtener resultados óptimos de fermentación, se debe evitar que la temperatura alcance límites superiores de 45°C, por dos razones: a temperaturas más altas se pueden inactivar las enzimas; y el desarrollo y la multiplicación de los microorganismos quedan comprometidos a temperaturas más altas, alterando la producción de los elementos necesarios para el proceso (1).

Bajo el efecto de la fermentación, la temperatura variará por

otra parte, dependiendo del volumen de la masa de cacao utilizado y de las precauciones tomadas para evitar su enfriamiento (ver Gráfica 1) (2).

En las cajas de procesamiento, las temperaturas más altas son encontradas a 20-40 cms de la superficie. Este fenómeno ocurre debido a la necesidad de un determinado potencial óxido-reductor (E), por parte de los microorganismos que se multiplican. En la superficie de la caja, la cantidad del oxígeno es grande, en el fondo pequeña. Asimismo el crecimiento óptimo se da en las regiones donde la cantidad de oxígeno es óptimo para las levaduras. Una de las razones de la necesidad de revolver la masa de las almendras en forma periódica, es la de homogenizar la cantidad de microorganismos que están en cantidades mayores en las regiones de 20-40 cms de la superficie de la caja y la otra en la de permitir la penetración de oxígeno a otros niveles (1), además de evitar la proliferación de mohos y la desecación de las almendras en la superficie.

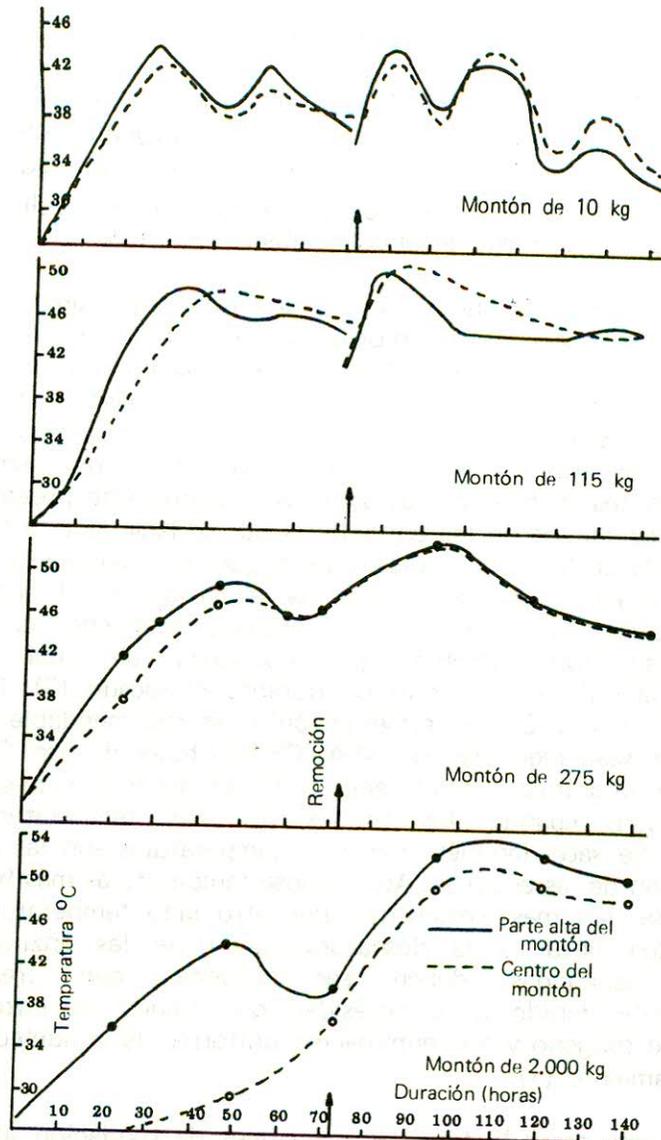
Generalmente se remueve la masa de almendras cada 48 horas; a pesar que removerla a las 24 horas, es también beneficioso ya que permite una elevación más rápida de la temperatura y una mejor homogenización de la masa en fermentación (2).

#### **5.2.3.3.2.2. La Quimiofermentación:**

Según Aquarone y Borzani las enzimas producidas en la fase anterior (en la Biofermentación), actúan en los compuestos químicos presentes en las almendras en las cuales ocurren modificaciones, que resultan con la producción del sabor del chocolate. Esta fase se efectúa **sin** la presencia de células vivas. En las almendras frescas, la enzima o las enzimas responsables de las modificaciones químicas que llevan a la obtención del sabor típico del chocolate, no tiene la posibilidad de penetrar a través del tegumento, probablemente debido a la impermeabilidad de éste. El ácido acético previamente producido en la fase de la biofermentación es posiblemente el que permeabiliza el tegumento, permitiendo así la penetración de las enzimas y la acción de éstas (1).

Recordemos que los tejidos de los cotiledones, están formados

**GRAFICA No. 1**  
**EVOLUCION DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DE**  
**LA FERMENTACION (Según Rohan)**



Fuente: Braudeau, J. (1970)

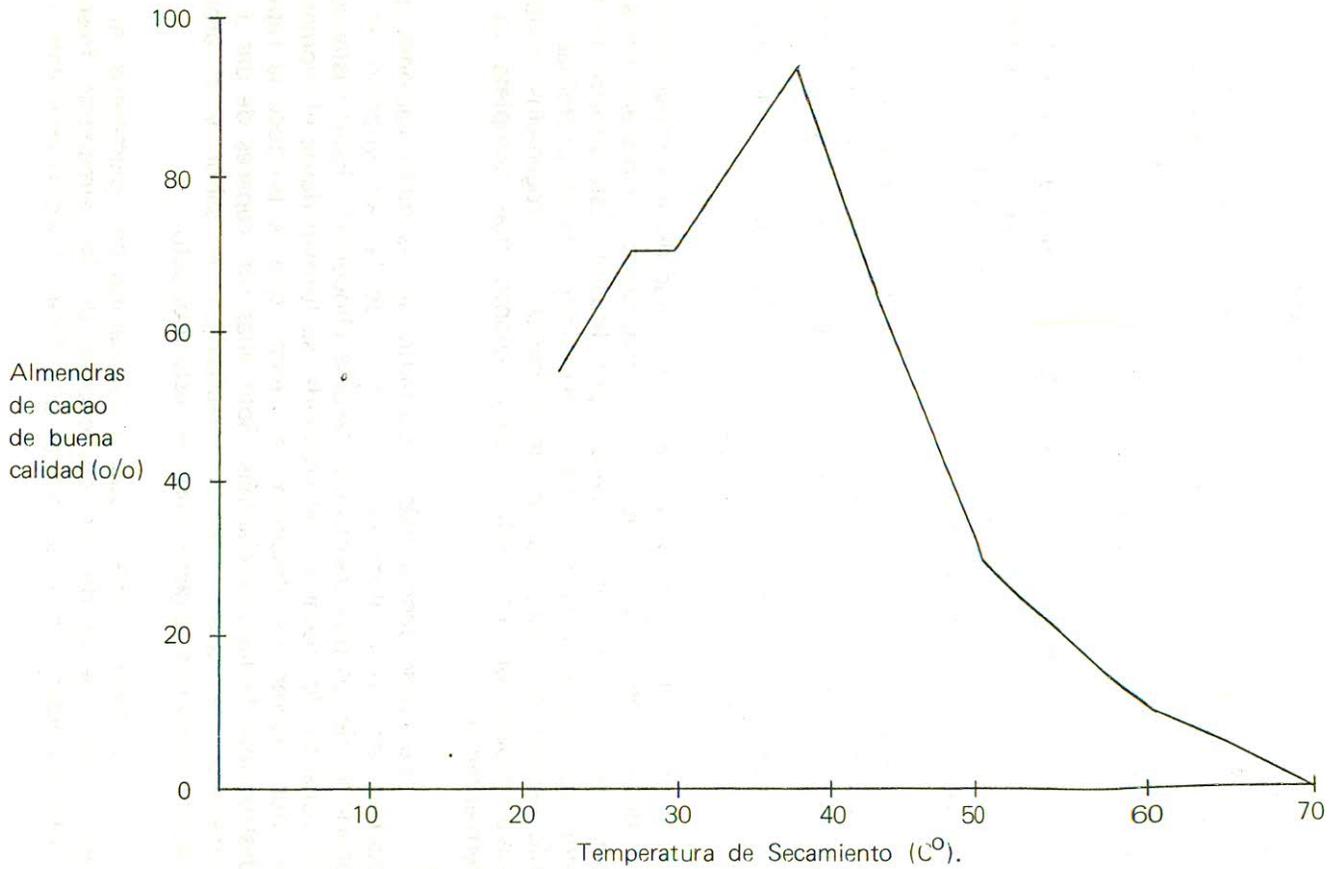
por dos tipos de células: células con pigmentos compuestos de polifenoles (taninos, catequinas, antocianina, leucoantocianina) y de purinas (teabromina y cafeína) y células de reserva no coloreadas que encierran los cristales de manteca de cacao, los granos de almidón, las proteínas (granos de aleurona) y todas las enzimas.

Una vez muertas las almendras, las paredes celulares se hacen permeables y el contenido de las células pueden difundirse libremente a través de los tejidos. Las enzimas de las células de reserva son puestas así en contacto con los polifenoles de las células con pigmentos de los que hasta entonces estaban separados.

Entre los polifenoles los pigmentos antociánicos están hidrolizados en productos no coloreados que, por oxidación ulterior, toman un color pardo característico (marrón cacao). La destrucción de los antociánicos, es relativamente rápida. En cuanto a los otros compuestos fenólicos, su desaparición parcial de los tejidos de los cotiledones, es atribuida sobre todo, a una pérdida por ósmosis, a través de los tegumentos de las semillas. Aunque esté presente una oxidasa en los tejidos de los cotiledones, la oxidación de la fracción no hidrolizada de los polifenoles, parece que no interviene fuera del tiempo de secado. Tras una primera fase anaerobia, en el curso de la cual se producen las reacciones de hidrólisis, interviene en efecto, una segunda fase aerobia que comienza al final de la "biofermentación" y que continúa durante el secado (2). Durante esta segunda fase ("Quimiofermentación"), es recomendable que las temperaturas sean reguladas, de 34-40 C<sup>0</sup> con flujos de aire. Como se puede ver en la gráfica 2, se obtiene un porcentaje mayor de cacao de buena calidad, cuando los límites de esas temperaturas son observados. Se sabe también que estas temperaturas son las óptimas para la acción de las enzimas. Aplicándose temperaturas más bajas, las reacciones se dan más lentamente. Por otro lado temperaturas más altas, pueden llevar a la desnaturalización de las enzimas. Las almendras esparcidas deben ser revueltas con frecuencia, probablemente debido a la necesidad que tienen las enzimas de presencia de oxígeno y a la eliminación uniforme de la humedad, que lleva al secamiento (1).

En esta segunda fase, las reacciones de oxidación afectan a

**GRAFICA No. 2. CACAO DE BUENA CALIDAD OBTENIDO EN RELACION A LA TEMPERATURA DE SECAMIENTO, PROCESADO DE ACUERDO AL METODO QUESNELL.**



FUENTE: Aquarone, E. y Borzani, W. (1975).

todos los compuestos fenólicos, comprendidos los productos de degradación de los antocianos. Los cotiledones toman entonces un color pardo y su astringencia disminuye considerablemente. La disminución de la astringencia, que es una de las características de un cacao "bien fermentado" resulta de la insolubilidad de los productos de oxidación de los polifenoles.

En lo que atañe a los compuestos nitrogenados, se observa a lo largo de la fermentación, una disminución regular del contenido total de nitrógeno, debida a la pérdida de teobromina y a la degradación de las proteínas.

Alrededor del 40o/o de la teobromina, presente en los cotiledones frescos se pierde en el curso de la fermentación por difusión en los tejidos y migración a los tegumentos de las almendras, cuyo contenido aumenta considerablemente. Esta pérdida de teobromina es en gran parte responsable de la disminución del amargo de las almendras "bien fermentadas".

En cuanto a las proteínas, la actividad de las enzimas entraña su destrucción muy rápida y la formación de ácidos aminados y pépticos que en seguida se pierden por difusión. Esta difusión es, sin embargo, mucho más lenta que la destrucción de las proteínas y de ello resulta una acumulación de compuestos nitrogenados solubles cuya proporción es tanto menor, cuanto más completa es la fermentación.

La consecuencia más importante de las modificaciones que ocurren en los cotiledones a lo largo de la fermentación, es la aparición de los precursores del "aroma chocolate". Estas sustancias, de constitución todavía mal conocida, se forman desde el momento en que mueren las almendras, al tiempo que se produce la rápida destrucción de las antocianinas. Solo ellas son capaces de dar a las almendras de cacao, tras la torrefacción, el sabor y el aroma característico que la gente busca en este producto.

Es notorio señalar que ni las células con pigmentos, ni las células de reserva de los cotiledones de las almendras frescas, contienen alguna de las sustancias que darán el aroma chocolate. Las

almendras no fermentadas son incapaces de producir un aroma tal incluso después de calentamiento, lo cual confirma que las sustancias aromáticas del cacao, únicamente se crean durante el proceso de fermentación.

Han sido efectuadas numerosas investigaciones para tratar de determinar la naturaleza y el origen de las sustancias responsables del aroma chocolate, que se forman en las almendras de cacao sometidas a la torrefacción.

Los azúcares reductores que se encuentran en las almendras fermentadas, forman parte de los precursores. Durante la torrefacción intervendrán en las reacciones complejas, con los ácidos aminados que provienen de la degradación de las proteínas para constituir los volátiles responsables de los aromas característicos de cada variedad de cacao. Las purinas no intervendrán en la formación de estos aromas, contrariamente a lo que se había supuesto (2).

#### **5.2.3.3.3. Duración de la Fermentación:**

Para caracterizar la duración de la fermentación y las temperaturas alcanzadas, se utiliza el "número de grados X horas" indicando, para una fermentación dada cuya duración expresada en horas es anotada entre paréntesis, la suma de las temperaturas medias en grados centígrados, registradas en cada hora del período considerado. Esto coadyuva a caracterizar el régimen térmico de las almendras en fermentación que queda patentizado por la superficie delimitada en un gráfico por la curva de evolución de la temperatura en función del tiempo. Así se pone de manifiesto que al cabo de seis días un cacao que ha sido objeto de una removida diaria ha contabilizado 6400 grados X horas en lugar de 5000 para un cacao que solo ha recibido una remoción cada dos días. En las condiciones en que han sido llevados los ensayos en Costa de Marfil, en cajas de 45 cms de lado con una capacidad de 80 a 85 Kg de almendras frescas, la duración óptima de la fermentación es de seis a siete días, pues parece que el inicio de las fermentaciones pútridas, que se desarrollan cuando la duración de la fermentación es excesiva, tiene lugar a partir de 6500 grados X horas. La sobrefermentación, que puede ser detectada por el aumento rápido de los pH internos y

externos de las almendras, afecta considerablemente el sabor del cacao y debe ser evitada necesariamente (2).

De León opina que el tiempo de fermentación varía de acuerdo al tipo o variedad de cacao: para los cacaos amargos es antes de los nueve días; para los cacaos semiamargos siete días y para los cacaos dulces cuatro días.

El cacao criollo necesita de 24 a 36 horas para fermentar; cacao tipo angoleta necesitan de 72 a 96 horas; los cacaos tipo amelonados necesitan de 120 a 144 horas y el cacao tipo calabacillo necesita de 144 a 216 horas, dependiendo del medio ambiente del lugar (5).

Rivera menciona que los tiempos de fermentación son para: los cacaos criollos de 2 a 3 días; cacaos angoleta de 3-4 días; cacaos amelonados de 5-6 días y para los calabacillos de 6-9 días. Según este autor, existen ciertas características que se pueden emplear para determinar si la fermentación ha concluido; éstas son:

- La hinchazón de las almendras debe ser uniforme.
- Comprobar si al cortar longitudinalmente la almendra no segrega un exudado sanguinolento.
- El embrión debe estar muerto.
- La coloración de las almendras debe ser marrón o marrón rojizo.
- Si existen manchas en las almendras la fermentación no debe continuarse por más tiempo (6).

Según Aquarone y Borzani (1) el biofermentado no debe pasar el octavo día. La principal fuente de metabolitos son los carbohidratos presentes en la pulpa y una vez agotados, los microorganismos probablemente por otro tipo de enzimas comienzan a metabolizar proteínas dando como resultado la liberación de amonio. Esto ejerce efecto perjudicial en la calidad del sabor de la almendra posteriormente obtenida.

Bradeau (2) dice que ninguna regla puede ser enunciada para fijar la duración de la fermentación y el número óptimo de días, ya

que pueden ser observadas, variaciones según:

- El tipo de cacao cultivado y su origen genético.
- Las condiciones climáticas.
- El método empleado.

El cacao Forastero necesita una fermentación más larga que el cacao Criollo, siendo la duración media para el Forastero de 5-7 días y para el criollo de 2-3 días. Cuando se ha completado la fermentación en los cacaos pigmentados, es decir en los Forasteros y Trinitarios, los pigmentos antociánicos han desaparecido y las almendras ya no presentan el color violeta.

Dados los inconvenientes de una fermentación prolongada y el riesgo de la aparición de malos gustos debidos al inicio de fermentaciones pútridas, es preferible detener la fermentación antes de la desaparición total del color violeta. Al colocar las almendras a secar, en éstas continúa el cambio de color.

La presencia, en un lote de cacao seco, de granos que presentan aún una coloración violeta de toda o parte de la superficie de sus dos cotiledones, no constituye un defecto tan grave de acuerdo con las normas de clasificación de los cacaos por calidad. Siempre es mejor unas almendras violetas que sobrefermentadas. Los productores encuentran varias ventajas al no prolongar demasiado la fermentación: el índice de recuperación (relación entre el peso del cacao obtenido después de la fermentación y el secado, y el peso inicial de almendras frescas puestas a fermentar) es en efecto más elevado y el riesgo de desarrollo de mohos es menor. ¿Cómo detectar entonces el momento oportuno para detener la fermentación? Los métodos más objetivos, por control de las curvas de temperatura o por medición de los pH, son difícilmente aplicables en la práctica. Se atiende generalmente a las observaciones sobre el estado de hinchamiento de las almendras, el olor de la masa en fermentación, la baja aparente de temperatura. La experiencia adquirida por una larga práctica es a menudo la mejor guía (2).

#### **5.2.3.3.4. Métodos de Fermentación usados a nivel de Explotación Comercial.**

##### **5.2.3.3.4.1. Método de Canastas:**

La fermentación en canastas es usada principalmente por pequeños productores. Las canastas, tejidas con fibras vegetales, pueden ser de dimensiones diversas y por lo tanto contener cantidades variables de almendras, desde 10 a 150 kilogramos. La canasta repleta se coloca sobre el suelo y se recubre con hojas de banano u otro tipo de cubierta existente en el lugar. La remoción de la masa de almendras se efectúa trasvasándolas de una canasta a otra (2).

##### **5.2.3.3.4.2. Método de Montones:**

En Ghana, al método más empleado es la fermentación en montones, método extendido igualmente por Costa de Marfil y en Nigeria. Antes que nada, se dispone sobre el suelo una cubierta de hojas de banano, unas veces directamente sobre el mismo y otras sobre un lecho de ramas que facilita el drenaje de los jugos. Las almendras de cacao son puestas en montones sobre estas hojas (2). Otros pequeños productores amontonan las almendras sobre piso de madera. Los montones pueden removerse y pasarse a otro lugar para obtener así una mejor fermentación. Terminada ésta se extienden luego los mismos para proceder al secado.

Es muy común que el pequeño agricultor abra las mazorcças de cacao en el campo empleando sacos de plástico o yute para transportar las almendras al centro de fermentación dejando las mismas en dichos sacos por cuatro a seis días por lo que se efectúa en estos el proceso de fermentación. Otros productores acostumbran cambiar de saco cada dos días, de tal manera que al pasar la masa de almendras de uno a otro saco se mezcla bien (3).

##### **5.2.3.3.4.3. Método de Cajas:**

Según Braudeau (2), el método más extendido por América, el

único utilizado de modo práctico en las grandes explotaciones y cuyo uso tiende a vulgarizarse en Africa en las pequeñas plantaciones, es el método de fermentación en Cajas. La dimensión de estas cajas, la mayoría de las veces construídas de madera, es muy variable y debe estar adaptada a las posibilidades de recolección de la explotación. Las cajas pequeñas, con dimensiones interiores de 45x45x45 cms., pueden contener de 80 a 85 Kg. de almendras frescas y permiten obtener una fermentación en buenas condiciones. Las grandes cajas que pueden contener hasta más de una tonelada de cacao, pueden ser utilizadas también, pero se deberá vigilar que la altura de la masa de cacao no sobrepase unos 80-90 cms. Las cajas de fermentación deben poseer obligatoriamente unos agujeros para asegurar el drenaje de los jugos y permitir una buena aireación de la masa. Cuando la caja está llena, se recubre la misma con hojas de banano, antes de colocar eventualmente por encima un cobertor no impermeable, que solo asegura una función de protección contra la disipación del calor.

Las remociones se efectúan por transvase de una caja a otra. Se suele utilizar una batería de cajas que, para facilitar las operaciones de transvase, pueden estar dispuestas en cascada. Cuando la fermentación dura tres días, con una removida cada dos días, basta con disponer de una Batería de tres cajas. Cada dos días, la caja de la cabecera, vaciada en la caja intermedia, queda disponible para una nueva carga mientras que el cacao de la primera caja es transferida al secador (2).

El número de cajas de fermentación y la capacidad del equipo de secamiento deben ser suficientes para la producción de la explotación en sus períodos de máxima cosecha. Las cajas de fermentación se hacen corrientemente de tabla de una pulgada de espesor y se construyen de tal modo que los lados encajen en canales, de manera que sean removibles y se puedan quitar o poner cuando se quiere pasar el cacao de una caja a otra; variar su capacidad o lavarlas. Cuando se usan clavos, se les coloca de tal manera que no entren en contacto con las almendras, ya que estas pueden mancharse al tocar el metal. Las cajas deben construirse con maderas durables, tales como Chlorophora excelsa, Carapa guianesis, Hieronyma caribaea y otras.

En las plantaciones de "Huileries du Congo Belge" se han

efectuado experimentos sobre el forro de las cajas de fermentación con ciertos materiales. El resultado más satisfactorio se obtuvo forrando las cajas con lámina de aluminio. En estas plantaciones se usa este tipo de láminas para forrar las dos últimas de las siete cajas que emplean, mejorando así la calidad del cacao fermentado y reduciendo la propensión de las almendras a los mohos. Estas plantaciones han obtenido premios por la calidad de cacao por ellos producido (8).

#### **5.2.3.3.4.4. Método Rohan:**

Los señores H.W.S. Allison y T.A. Rohan condujeron en Africa Occidental, algunos experimentos interesantes sobre la fermentación del cacao amelonado. Esta técnica se basó en la experiencia de que las almendras del cacao de las capas superficiales de las cajas de fermentación, mueren dentro de las primeras 24 horas, produciéndose la fermentación más rápidamente en las cuatro pulgadas superiores de la masa de almendra.

Para realizar este método ellos usaron bandejas de 4 pies de largo, tres pies de ancho y cuatro pulgadas de alto, empleando para el piso de las mismas reglas de madera. Las bandejas se llenaban con 200 libras de almendras frescas de cacao colocándose una sobre otra, quedando separadas entre sí de 6 a 12". Una cubierta de hojas de banano y sacos bien ajustados se colocaron sobre la parte superior de las bandejas. La cantidad de éstas que se necesitan para formar una pila dependerá de las necesidades del productor obteniéndose buenos resultados usando pilas hasta de doce bandejas. Se encontró que con este método el cacao amelonado podía fermentarse en dos o tres días sin revolverse el cacao dentro de las bandejas.

Colocando el cacao húmedo en las bandejas de modo que solo la mitad de ésta quede ocupado durante la fermentación, las almendras se pueden extender sobre toda la bandeja después de fermentadas y así secar el cacao allí mismo (8).

Cabe señalar que al igual que en los demás métodos en que se emplea madera para la construcción de los recipientes, no puede ser

obtenida una buena fermentación cuando éstos están nuevos; los mismos deben ser utilizados al menos unas tres veces antes de dar resultados satisfactorios.

El método Rohan ha producido en Ghana, un producto de calidad equivalente al obtenido por los métodos tradicionales, permitiendo lograr un apreciable ahorro de mano de obra.

En Uganda donde el cacao es cultivado bajo condiciones climáticas bastante particulares, (media anual de las temperaturas mínimas próxima a  $14^{\circ}\text{C}$ ), la fermentación del cacao según el método clásico en cajas da resultados pocos satisfactorios a causa de la elevación demasiado lenta de la temperatura. Diferentes ensayos han sido emprendidos en este país, que han provocado la adopción de un método mixto de fermentación (Método Rohan seguido por una fermentación en cajas). Las bandejas al no ser utilizadas luego para el secado, son llenadas en su totalidad. Se disponen en filas de tres bandejas para asegurar un mejor escurrimiento de los jugos y por lo tanto una mejor aireación. La protección térmica de la pila de bandejas queda asegurada por una caja de tableros de fibras, cuyo volumen está calculado para recibir por entero la pila dejando al mismo tiempo un volumen de aire suficiente. Las bandejas permanecen así durante tres días. El cacao, cuya temperatura es siempre en esa fase superior a  $45^{\circ}\text{C}$ , es transvasado a una caja donde es removido diariamente, hasta el fin de la fermentación que suele darse de dos a cuatro días más tarde.

#### **5.2.3.3.4.5. Fermentación en caja tabicada tipo CEPEC:**

Este nuevo tipo de caja para la fermentación del cacao fue experimentado con éxito en Bahía (Brasil). En esta caja la masa de cacao queda dividida en secciones verticales de 25 cms. de espesor por medio de tabiques, formados por una doble rejilla con un espacio intermedio de 15 mm. de amplitud. Estos tabiques están hechos de listones de madera, de 12 mm. de espesor y 17 mm. de anchura, separados entre si por un intervalo de 6 mm. y pegados a uno y otro lado de un listón travesaño de 15 mm. de espesor.

En el fondo de la caja coincidiendo con el emplazamiento de

los tabiques, unas hileras de agujeros de 2 cms. de diámetro permiten el acceso directo del aire en el espacio existente en medio de cada tabique. El paso del aire por estos agujeros puede ser controlado por una regla deslizante perforada que permite abrir o cerrar los agujeros. Por último una de las paredes de la caja puede ser quitada fácilmente cuando debe ser vaciada.

Una vez la caja está llena, no es necesario ninguna remoción hasta el fin de la fermentación. La aireación queda controlada sencillamente por la abertura o el cierre de los agujeros del fondo de la caja. Los agujeros se dejan abiertos durante 48 horas. Luego se cierran completamente. La duración de fermentación varía de tres a cuatro días y medio según las condiciones climáticas y la estación en que se cosecha (2).

#### **5.2.3.3.5. Aspectos Varios sobre Fermentación:**

Es de suma importancia la observación durante el proceso de la fermentación, ya que en cualquier punto del mismo puede probarse en forma aproximada la manera en que éste se está desarrollando. Al conocer la temperatura en las diferentes etapas de la fermentación se puede inferir que tan avanzada va la misma. Por otro lado se puede evaluar que tan bien fermentadas están las almendras realizando la prueba de corte efectuando la misma y observando el grado en el cambio de color, la separación gradual de la testa de los cotiledones y el cambio del sabor amargo por uno más suave. El azul oscuro o púrpura del cacao forastero fresco, cambia gradualmente a un color más claro; cuando la fermentación es completa, la almendra se separa fácilmente de la testa y puede quebrarse con facilidad. Cuando secas, las almendras bien fermentadas se quiebran uniformemente si sosteniéndolas de sus extremos entre los dedos se les presiona hacia el centro.

Hay ocasiones en que la fermentación de una partida de cacao resulta defectuosa. Alguno de los factores que determinan esa mala fermentación son: la presencia de almendras sobremaduras o falta de madurez, almendras afectadas por *Phytophthora palmivora*, almendras que se han secado por haber estado mucho tiempo dentro de la mazorca después de cosechada, o que han sido mojadas por la lluvia

mientras se transportaban.

Si el tiempo cambia de húmedo y caliente a seco y frío, durante la noche, puede ser necesario prolongar un poco el período de fermentación.

El equipo de limpieza utilizado durante el proceso, es a veces también descuidado. En el pasado, se han usado mucho las palas de madera, para pasar el cacao de una caja a otra, por cuanto el borde afilado de las palas metálicas corrientes, pueden dañar las almendras. En Samoa occidental, se ha encontrado satisfactorio, el uso de las palas metálicas de boca cuadrada, con un listón de acero soldado en el borde, especialmente si se lavan muy bien después de usarlas. Durante la operación de revolver y mezclar el cacao, deben recogerse y sacarse las sustancias extrañas, placentas, y almendras enfermas que hubieran caído dentro de la masa. Las cajas de fermentación deben lavarse y restregarse de tiempo en tiempo.

En las plantaciones bien organizadas, la fermentación se realiza, en edificios diseñados y equipados al efecto, aunque se puede producir cacao bien fermentado, por métodos más primitivos.

El edificio para la fermentación, es corrientemente de forma alargada, de dimensiones de acuerdo a las necesidades del productor, con una hilera de recipientes destinados a la misma, a cada lado y un pasadizo al centro. Instalaciones espaciosas permiten una libre circulación del aire y el escape de los gases emanados del cacao en fermentación.

Un edificio sólido para el proceso de la fermentación puede consistir en un salón con paredes de concreto y techo de láminas de aluminio. Como el jugo que destila el cacao en fermentación es corrosivo, es preferible que los accesorios sean de madera o de otros materiales resistentes. Los pisos durarán más si las baldosas y el cemento son resistentes a los ácidos (8).

Es importante hacer ver que cualquiera que sea el método usado para la fermentación del cacao, la hoja de banano es de un uso muy corriente. Su papel nunca ha sido definido perfectamente. Es

posible que no juegue más que un papel de aislamiento y que su empleo tan generalizado se deba a que constituye un material muy práctico y siempre disponible. Sin embargo, no queda del todo excluído, que juegue un importante cometido en la inseminación sobre la masa del cacao de levaduras y bacterias que favorecen el rápido desencadenamiento de la fermentación. La necesidad de esta inseminación aparece en una forma muy clara, cuando se utiliza por primera vez una caja nueva en la preparación del cacao. La fermentación discurre muy mal y la temperatura solo se eleva muy lentamente. Una caja de fermentación solamente da buenos resultados, cuando ha sido usada dos o tres veces.

Igualmente se puede atribuir a un papel de inseminación y quizá al mismo a una mejor aireación, el efecto benéfico, de la presencia en la masa de cacao en fermentación, alrededor del 10o/o de cáscaras de mazorcas. Una práctica tal, si fuera conveniente utilizarla, requeriría sin embargo, que todos los fragmentos de cáscaras fueran pronto eliminados cuidadosamente. De lo contrario podrían presentar el grave inconveniente de poner directamente en contacto las almendras con los pesticidas que pudieran estar presentes en las superficies de las mazorcas (2).

#### **5.2.3.4. Secado:**

El secado no debe ser efectuado en tiempos muy cortos, probablemente porque la acción enzimática que se realiza en esta etapa lleva algún tiempo para ser completada. Experimentalmente se ha probado que el período óptimo de secado es entre 4 y 5 días. La humedad final de las almendras secas no debe ser mayor de 6 a 8o/o. Una humedad más elevada puede facilitar la contaminación del producto por hongos e insectos. Por otro lado una humedad más baja torna las almendras muy quebradizas disminuyendo así su valor comercial (1).

##### **5.2.3.4.1. Secado por el Método Natural:**

Este método consiste en secar las almendras de cacao empleando la luz del sol, aprovechando la temperatura que producen sus rayos. Este es quizá el método más recomendable porque el

secado se realiza en una forma lenta, completándose así satisfactoriamente los cambios para la obtención de una calidad adecuada. Este secado se puede hacer en tendales, de los que hay infinidad de formas, tamaños, como materiales para su construcción. Los más generalizados son los de madera y de bambú, aunque los hay de cemento y de otros materiales refractarios (3).

#### **5.2.3.4.2. Secado por Métodos Artificiales:**

Dentro de los métodos artificiales existen varios tipos de secadoras mecánicas (la secadora Buttner, la Lukiola y la Martin), que funcionan por el paso de aire seco y caliente por la masa de cacao (8). Uno de los más baratos y sencillos es el secador Samoa (3).

#### **5.2.3.5. Almacenado:**

El cacao fermentado y seco es un artículo delicado cuya calidad puede malograrse rápidamente a causa de malas condiciones de almacenamiento.

Las almendras ricas en materia grasa son susceptibles a fijar fácilmente olores extraños y adquirir así un sabor desagradable que no puede eliminarse con ningún tratamiento. Estas al estar colocadas en una atmósfera de humedad relativa elevada, son suficientemente higroscópicas para recobrar pronto un contenido en agua superior al 80/o, que favorece el desarrollo interno de mohos, considerado por los chocolateros como el defecto más grave. Un contenido en agua demasiado elevado favorece igualmente la infestación del cacao por insectos, alguno de los cuales pueden ser muy perjudiciales. Por ésto las condiciones de almacenamiento ejercen una gran influencia sobre la calidad final del cacao (2).

### **5.3. Calidad del cacao:**

Tan solo algunas características de las almendras de cacao pueden ser apreciadas por métodos objetivos: por ejemplo la evaluación del contenido en agua, la medida de la riqueza en manteca de cacao y la búsqueda de trazas de insecticida. Comercialmente a excepción del contenido en agua de las almendras, la apreciación de

la calidad de un cacao se basa únicamente en métodos subjetivos limitados muy a menudo a lo que se designa bajo el término de prueba o método de corte, que a veces se complementa con una prueba de degustación (2). Este método ha sido aceptado mundialmente para determinar la calidad del cacao por carecer de otro más práctico y rápido que éste. El método de corte consiste en lo siguiente: se toma una muestra representativa del lote de cacao que se va a evaluar la que no debe pasar de 4 libras, guardándola ésta en una bolsa para el efecto. Las almendras se mezclan perfectamente sacándose luego de 100 a 200 almendras; se parten a lo largo o sea longitudinalmente seleccionando la mejor de las mitades de cada almendra, eliminándose las sobrantes. Con este material, se procede al análisis y recuento de las unidades que poseen características indeseables, para luego, dependiendo de los porcentajes de éstas asignarles la calidad correspondiente. Cada país posee sus normas de calidad dependiendo de las necesidades y exigencias de su propia industria chocolatera (5).

Actualmente existe otro método para determinar la calidad del cacao. Se trata del método serológico el cual de acuerdo a la reacción que se produce al agregar un suero especial a las almendras ya fermentadas, se logra clasificar las mismas en una determinada clase que indicará la calidad del lote de cacao analizado (1).

#### **5.4. Características empleadas en la clasificación del cacao según su calidad:**

De León (5) menciona que la calidad del cacao se determina según las necesidades del fabricante pero que en términos generales son características deseables en un lote de cacao las siguientes:

- Color pardo, cutícula suelta, cotiledones separados, secos y frágiles.
- Sabor y aroma fuerte de chocolate después del tostado.
- Contenido bajo de testa (menos del 10o/o) pero fuerte para proteger los cotiledones de las quebraduras.
- Contenido alto de grasa (más del 60o/o).

Las almendras deberán estar libres de los defectos siguientes:

- Mohos internos.
- Color pizarra o violeta que denota fermentación incompleta.
- Sabores extraños que denotan fermentación inadecuada.
- Sabor a humo o jamón que denota secamiento deficiente.
- Almendras quebradas o dañadas por insectos.
- Fraccionamiento en la testa o aplastamiento.

Dentro de los defectos mencionados los más serios que son considerados por las casas importadoras son: los mohos internos, almendras con daños por insectos y las de color violeta y/o pizarrosas.

Enriquez y Paredes (3) mencionan que entre un cacao fermentado y otro que no esté fermentado pueden establecerse estas diferencias:

**Almendra seca bien fermentada :**

- Hinchada o gruesa
- La cáscara se separa fácilmente
- Color chocolate
- Naturaleza quebradiza
- Sabor medianamente amargo
- Aroma agradable.

**Almendra seca mal fermentada**

- Más bien aplanada
- Por lo general es difícil separar la cáscara
- Color violáceo en su interior, o blanquecino.
- El grano se presenta como una masa compacta.
- Sabor astringente
- Aroma desagradable.

Todas las normas anteriormente descritas son un tanto antiguas. Es normal que califiquen en calidad I, calidad II y calidad III y calidad inferior, según el porcentaje de 5 a 15 almendras indeseables. El grado de humedad de las almendras no debe pasar del 80/o. La clasificación de calidad de cacao de la FAO es la que actualmente más se emplea (ver inciso 5.5).

Existen por lo tanto términos que se emplean comunmente, para expresar las características deseables o indeseables en las almendras de cacao, que sirven como base para determinar su calidad.

Entre estos tenemos los siguientes:

**Almendra enmohecida:** una almendra de cacao en cuyas partes internas el moho es visible a simple vista.

**Almendra apizarrada:** una almendra de cacao que muestra color apizarrado en la mitad o más, de la superficie expresada por un corte longitudinal a través del centro.

**Almendra ahumada o ajamonada:** una almendra de cacao que tiene sabor u olor a humo, o que muestra señales de contaminación con humo. Las almendras ahumadas fuertemente manchadas se describen como almendras ajamonadas.

**Cacao enteramente seco:** Almendra de cacao que se ha secado en forma total y pareja y tiene un contenido de humedad no mayor al 80/o.

**Adulteración:** Mezclar almendras de cacao de grado inferior, cáscaras o materia extraña con almendras de cacao de grado 1 ó 2.

**Almendra plana:** una almendra de cacao carente de cotiledones.

**Materia extraña:** cualquier sustancia que no se almendra de cacao.

**Almendra germinada:** una almendra de cacao en la que la testa de la semilla está agujereada, cortada o rota debido al crecimiento del embrión.

**Almendra dañada por insectos:** una almendra de cacao en cuyas partes internas se pueden ver a simple vista insectos, larvas o el daño causado por ellos (4).

### 5.5. Normas para la Clasificación del Cacao:

Como se puntualizó anteriormente; pueden haber tantas normas de calidad como compradores de cacao existan. En la revisión bibliográfica efectuada en el presente trabajo, se pueden citar varias de ellas, de León (5) nos describe las de E.E.U.U. e Inglaterra; Bradeau (2) menciona las de varios países africanos, las de Ghana, Nigeria y Brasil; Urquhart (8) también presenta algunas de E.E.U.U. y de Africa, entre otros). Pero todas las normas existentes tienen en

común que buscan, en mayor o menor grado, las características indeseables en las almendras del cacao, descritas en el inciso anterior (inciso 5.4.). En el presente estudio se consideró por lo tanto, emplear las normas que más universalidad tuvieran y de acuerdo a los autores consultados, son las elaboradas por la FAO las que más se ajustan a este criterio. Por tal motivo se consideró de sumo interés tomarlas en cuenta, ya que se trata de una clasificación bastante práctica reconocida mundialmente y que en definitiva nos podrá servir para determinar la calidad de las almendras de cacao en cualquier lugar.

El texto que sigue, reproduce el informe del grupo de trabajo sobre clasificación del cacao, del estudio de la FAO sobre dicho producto de fecha del 9 de septiembre de 1961.

### **Consideraciones Generales**

Al desarrollar los requisitos básicos de calidad, el Grupo de trabajo tuvo en consideración: a) las respuestas recibidas por la FAO de los países consumidores en contestación al cuestionario del grupo de estudio sobre el cacao, acerca de los requisitos de calidad que se exigían en aquéllas; y b) las normas establecidas en los principales países exportadores de cacao.

### **Características Esenciales en los buenos granos de Cacao**

Las siguientes características son las esenciales en los buenos granos de Cacao:

- a) El cacao deberá estar constituido por granos limpios, secos, llenos, bien fermentados y que sean razonablemente homogéneos de tamaño;
- b) Al tostarlo, los granos deben desarrollar un buen olor uniforme a chocolate, característico de su zona de procedencia o marca;
- c) Los granos mohosos, los pizarrosos y los totalmente violeta son los tipos de granos defectuosos más rechazables, debido a que sus efectos sobre la calidad del producto final son más graves que los de otros defectos.

### **Peso**

Es conveniente que el peso medio del grano fermentado seco de la cosecha principal no sea inferior a un gramo. Los granos deberán tener un tamaño bastante uniforme y, como regla general, no más del 10o/o de los mismos deberán tener un peso superior o inferior en un tercio al peso medio.

### **Cutícula**

La cutícula deberá estar suelta y entera y, en lo posible, deberá estar limpia y libre de adherencias de pulpa seca, etc., que puedan estorbar la separación de la almendra del tegumento. Aunque habrá de ser lo bastante fuerte para resistir la rotura, su peso no deberá pasar del 12o/o del del grano.

### **Contenido de grasa**

El contenido de grasa deberá ser lo más elevado posible.

### **Aromas extraños**

Los granos deberán estar exentos de todo aroma extraño y en particular del sabor a humo y de otros aromas inconvenientes que pueden resultar del empleo de insecticidas. Si el uso de éstos es necesario, deberá tenerse cuidado en su elección y en la técnica de aplicación, para no incurrir en riesgos a contaminación.

### **Contenido de humedad**

Los granos de cacao deberán estar bien secos y almacenados en las debidas condiciones con objeto de evitar la producción de mohos. Generalmente, se acepta que con un contenido de humedad superior al 8o/o se produce el desarrollo de mohos; por tanto, es conveniente que el contenido de humedad sea lo más bajo posible, a condición de que el tegumento no se vuelva demasiado quebradizo. En general, se puede fijar como máximo de contenido de humedad el 8o/o.

## **Grado de fermentación**

Los granos de cacao deberán estar uniformemente fermentados. Los granos no fermentados son indeseables.

En el caso de la fermentación efectuada cuidadosamente bajo una experta vigilancia, tal vez sea posible conseguir granos uniformemente fermentados que realmente se hallen en el límite entre las dos categorías de granos, o sea, los completamente fermentados y los parcialmente pardos o parcialmente violetas. Sin embargo, gran parte del cacao que se produce en el mundo lo obtienen pequeños agricultores cuyos medios son inadecuados para conseguir una producción de cacao uniformemente fermentado y, por consiguiente, es inevitable una cierta variación en el grado de fermentación de los granos. El grado de fermentación óptimo se puede definir en la práctica más fácilmente en función de la "prueba del corte". Todos los granos deberán estar comprendidos en las dos categorías de granos: (i) totalmente fermentados, y (ii) granos parcialmente pardos/parcialmente violetas. Es importante, además, evitar la fermentación excesiva.

### **Características de los granos en relación con el grado de fermentación:**

**Completamente fermentados.** Esta categoría incluye los granos de cacao que hayan fermentado completamente y que tengan un color entre pardo claro y oscuro, sin tintes azules o violáceos en el corte transversal, y con cotiledones que sean separables fácilmente.

**Insuficientemente fermentados.** Esta categoría incluye:

- a) Granos parcialmente pardos y parcialmente violetas que muestren cierto color azul, púrpura o violeta en la superficie de corte, ya sea de modo difuso o bien por zonas;
- b) Granos totalmente violetas, incluye todos los granos que presentan un color azul, púrpura o violáceo en la totalidad de la superficie de corte. Incluye también, sea cual fuese su color, granos pizarrosos pero no en grado predominante.

**Sin fermentar.** Incluye esta categoría los granos pizarrosos tal

como se definen en el modelo de ordenanza.

En el momento actual, a falta de otro método realmente objetivo de evaluar el grado de fermentación, se recomienda que se utilice como guía para determinar la calidad en relación con la fermentación la "prueba del corte", mediante la cual se puede determinar el número de granos completamente violetas y el de granos parcialmente pardos/parcialmente violetas.

### **Modelo de ordenanza.**

**Métodos de secado.** Los métodos de secado dependen en gran medida de las condiciones climáticas. Deberá darse preferencia, siempre que sea posible, al secado al sol.

Las anteriores características de color no se aplican a los cacao de tipo criollo, los cuales según el grado de fermentación presentan una gama de colores que va del color pardo claro/canela (completamente fermentados) al gris muy claro (sin fermentar).

**Métodos de análisis.** El procedimiento conocido generalmente como "prueba del corte" es el método que ofrece mayor garantía para la evaluación a simple vista de la calidad del cacao en grano. Tal evaluación está basada en la determinación del porcentaje de granos defectuosos.

Cuando un grano es defectuoso en más de un aspecto, se registrará solamente en la categoría más objetable.

Los granos mohosos son los más rechazables. A continuación le siguen en orden de gravedad los granos pizarrosos.

Normas para las clases. Según el recuento de los granos defectuosos en el "ensayo de corte" el cacao se clasificará como sigue:

Clase 1 Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contienen más del 30/o, en número,

de granos mohosos, ni más del 3o/o, en número, de granos pizarrosos, ni más del 3o/o, en número, de todos los demás defectos.

Clase 2 Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contiene más del 4o/o, en número, de granos mohosos, ni más del 8o/o, en número, de granos pizarrosos, ni más del 6o/o, en número, de todos los demás defectos.

Clase inferior. Cacao que no llega a poder clasificarse en la Clase 2.

Modelo de ordenanza: Normas de clase para el período de transición.

Clase 1. Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de grano con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración y que no contiene más del 5o/o, en número, de granos mohosos, apolillados, germinados o aplastados, ni más del 5o/o en número de granos pizarrosos.

Clase 2. Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contiene más del 10o/o en número de granos mohosos, apolillados, germinados o aplastados, de los cuales, los granos mohosos no exceden del 5o/o, en número, ni más del 10o/o, en número de granos pizarrosos.

Clase inferior. Cacao que no llega a poder clasificarse en la clase 2.

---

NOTA. Como la presencia incluso de un 4o/o de granos mohosos tiene un efecto señalado en el producto final, el Grupo de trabajo recomendó que todos los países productores se esfuercen por mantener la proporción de granos mohosos muy por debajo de los límites antes indicados.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1. Descripción del Area Experimental:

El presente estudio se llevó a cabo en la finca San Agustín Ixtacapa localizada en el municipio de San Antonio Suchitepéquez en el kilómetro 151 de la carretera al Pacífico. Se encuentra a una altitud promedio de 399 metros snm. Está localizada en una longitud de 14<sup>o</sup> 32' 18" y una latitud de 91<sup>o</sup> 24' 56".

### 6.2. Material Experimental:

En el presente trabajo se tomó la forma del fruto como base para determinar y clasificar las poblaciones de mazorcas de cacao, que se usaron en los diferentes tratamientos, ya que se consideró que era la forma más objetiva y simple de realizar dicha clasificación, para fines de llevar a cabo la fermentación, pudiendo cualquier persona solo con la observación de las características externas que poseen las mazorcas de cacao, clasificarlas en uno de los tipos que se describirán a continuación, y que fueron los que se emplearon en el presente estudio.

El tipo "A", equivalente al cacao amelonado cuyas mazorcas tienen una forma regularmente oval, redondeada por el extremo, con o sin constricción en la base, de anchura inferior a la mitad de la longitud. Superficie lisa o suavemente rugosa, surcos poco marcados (2).

El tipo "B" equivalente al cacao angoleta que incluye a las mazorcas alargadas, puntiagudas, amplias en la base con o sin estrangulaciones a modo de cuello de botella, que posee surcos muy profundos y una superficie rugosa.

### 6.3. Métodos de fermentación:

#### 6.3.1. Método Rohan:

Este método consta de bandejas, cuyo número varía dependiendo de la cantidad de cacao a fermentar. En el presente

estudio se utilizaron 6 bandejas en cada repetición. Las dimensiones de las mismas fueron: 1.50 mts. de largo, 0.76 mts. de ancho y 0.12 mts. de alto. El grueso de la tabla para hacer las bandejas fue de 1". El fondo de las bandejas tenían agujeros de 5/16" de diámetro y separados entre si 3 cms., con el objeto de propiciar una buena aireación y que la miel de las almendras que se fermentaban escurriera. Después de llenar las bandejas con la masa de almendras a fermentar, se colocaron una sobre otra a manera de formar una pila de bandejas.

### **6.3.2. Método de Cajas:**

En el presente trabajo se empleó una caja para cada una de las repeticiones en los distintos tratamientos. Las cajas tenían las siguientes dimensiones: 0.48 mts. de largo, 0.39 mts. de ancho y 0.50 mts. de alto. Las tablas que formaron el piso de las cajas, poseían agujeros de 5/16" de diámetro, separados entre si a tres centímetros. Estos agujeros se hicieron con el objeto de propiciar una buena ventilación y que la miel de la masa de almendras que se fermentaban, drenara adecuadamente como en el método Rohan antes descrito.

La madera para hacer las cajas y bandejas fue de un árbol muy comúnmente conocido en la región, denominado "Canoj". Las medidas que se emplearon para la construcción tanto de las cajas como de las bandejas, fueron las antes mencionadas por simplificarse así su construcción y por ser dichas dimensiones las más parecidas a las descritas por los autores revisados.

### **6.4. Ejecución de la Fase Experimental:**

La parte experimental de este estudio se inició el 19 de agosto de 1982, terminándose el día 25 en lo referente al proceso de fermentación y el día 28 del mismo mes lo relacionado con el secado.

Se evaluarón dos métodos de fermentación, (el Método de Cajas y el Método Rohan), dos tipos de cacao (el tipo "A" y el tipo "B") y seis tiempos de fermentación diferentes (1,2,3,4,5 y 6 días).

Por lo tanto cada tratamiento fue determinado por el método de fermentación, el tipo de cacao y el tiempo de fermentación. Se evaluaron por consiguiente 24 tratamientos con dos repeticiones cada uno, haciendo un total de 48 unidades experimentales.

Las mazorcas que se emplearon en cada uno de los tratamientos fueron seleccionados, para evitar que se usara enfermas, verdes, excesivamente maduras o que presentaran algún daño visible, que pudiera tener algún efecto negativo en las futuras evaluaciones del estudio. Tanto en las cajas como en las bandejas se colocó la misma cantidad en peso de almendras, 42 libras, libres de placentas o cualquier otro tipo de material indeseable. En el caso del método Rohan cada repetición constó de una pila formada de 6 bandejas, colocadas una sobre otra, cubriéndose la de arriba con varios sacos de kenaf. La bandeja de abajo se apoyó sobre unos trozos de madera, con el objeto de dejar un espacio libre entre ésta y el piso, permitiendo así una mejor aireación. Cada una de las seis bandejas constituyó un tratamiento; la forma en que se les adjudicó éstos fue completamente al azar. Al finalizar cada uno de los tratamientos se procedió a extraer 5 libras de almendras de la bandeja correspondiente y se pusieron a secar al sol.

En el caso del método de Cajas, cada repetición constó de 6 cajas individuales, en donde cada una fue un tratamiento diferente el que le fue asignado, también en una forma aleatoria. Después de haber depositado las 42 libras de almendras en las cajas, éstas se cubrieron con sacos de kenaf que aseguraron una función de protección contra la disipación del calor. Cada 24 horas se procedió a remover perfectamente la masa de almendras, en cada una de las cajas, cubriéndose luego nuevamente. Al finalizar la fermentación en cada uno de los tratamientos, se procedió a extraer como en el caso del método Rohan una muestra de 5 libras de almendras de las cajas correspondientes, poniéndolas luego a secar al sol.

Tanto en el método de Cajas como en el de Rohan, el secado de las almendras se realizó en un patio de cemento de la finca; Como

se puede notar en este estudio, el método de Rohan sufrió una modificación y es la realcionada con el secado de las almendras de cacao, ya que este se realiza en las mismas bandejas después de terminada la fermentación. En el presente trabajo, tomando en cuenta que cada una de las bandejas tenía un tratamiento diferente, por lo que el tiempo de fermentación no era igual en ninguna de las mismas, fue necesario al finalizar cada uno de los tramientos, únicamente extraer una muestra representativa de la bandeja correspondiente, dejando esta última en el mismo sitio que ocupaba en la pila de bandejas. Esto se hizo con el objeto de que cada uno de los tratamientos correspondientes a una misma pila, se fermentarán bajo las mismas condiciones al permanecer inalterable la misma. Las muestras extraídas fueron de 5 libras, considerándose que esta era la cantidad más adecuada para realizar el análisis posterior de las almendras, el cual se efectuó sobre 110 almendras sacadas de las muestras originales. Estas submuestras de 110 almendras se extrajeron completamente al azar hasta que se verificaba que las muestras originales (las de 5 libras), estuvieran secas. El criterio que se empleó para definir que una muestra estaba ya "seca" fue el siguiente: se procedió a sacar de cada una de éstas, 10 almendras aleatoriamente, calculándole a cada una su porcentaje de humedad. Este se determinó encontrando el contenido de agua de las almendras expresado en o/o de la masa (2) y cuando el porcentaje de humedad de las almendras era igual o menor a un 80/o se daba por seca la muestra de donde provenían dichas almendras. De esta forma todas las submuestras de 110 almendras que se sometieron a la prueba de corte y demás análisis tuvieron un porcentaje de humedad uniforme y adecuado.

#### **6.5. Datos que se tomaron:**

- a. fecha de inicio y finalización de cada uno de los tratamientos;
- b. toma de la temperatura y del pH a la masa de almendras que se fermentaron cada 24 horas;
- c. Peso promedio de las almendras de cada uno de los tratamientos;
- d. número de almendras de naturaleza no quebradiza;

- e. número de almendras de color indeseable. Para el efecto se empleó una escala que presenta los diferentes colores indeseables que se producen por una mala fermentación (8).
- f. número de almendras con la testa pegada a los cotiledones;
- g. número de almendras cuya testa pesaba más del 12o/o del peso total;
- h. número de almendras mohosas;
- i. número de almendras germinadas;

#### **6.6. Toma de datos:**

A cada una de las submuestras de 110 almendras, de los diferentes tratamientos, se procedió a efectuar la "prueba de corte", inspeccionando si se manifestaban las siguientes características indeseables:

- Almendras que no presentaban una naturaleza quebradiza al partirlas (NQ).
- Almendras con color indeseable (C1) (Se empleó para el efecto la escala que aparece en la cita bibliográfica (8).
- Almendras con la testa pegada a los cotiledones (SP).
- Almendras cuya testa pesaba más del 12o/o del peso total (+12o/o). Para determinar esta característica indeseable se extrajeron de la submuestra de 110 almendras únicamente 10. Estas se pesaron con el objeto de obtener el peso total de la almendra. Posteriormente se despegó la testa de los cotiledones, se pesó y luego se procedió a calcular el peso de ésta con relación al peso total de la almendra.
- Almendras que presentaban mohos internos (SM).
- Almendras germinadas (SG).

Ya con todos estos datos recopilados y con sus respectivos valores en porcentajes, se procedió a calcular un valor general para todas "las características indeseables que incidían en la calidad general de las almendras fermentadas" (CICG). Estos valores se encontraron sumando los diferentes porcentajes de cada una de las características indeseables descritas anteriormente, sacándolas luego a la sumatoria el valor promedio. El porcentaje del color indeseable se ponderó como tres veces más importante que las otras características,

por lo que se operó en el cálculo tres veces también. Se tomó este criterio, ya que en las normas de calidad investigadas, el color indeseable se toma siempre como la característica más importante dentro de las que inciden en la calidad del cacao.

La toma de la temperatura y del pH se realizó cada 24 horas. Con papel pH se efectuó la toma del mismo introduciendo éste en la masa de almendras que se fermentaban, teniendo el cuidado de que el papel se impregnara de los jugos.

Para el cálculo del peso promedio de las almendras de los diferentes tratamientos se utilizaron los pesos obtenidos para el cálculo de la característica indeseable (+ del 12o/o), descrita anteriormente.

#### **6 .7. Diseño Experimental:**

El método estadístico que se usó en este trabajo fue el diseño completamente al azar. Ya que el tipo de datos que se obtuvo fueron medidas de calidad, presentaban una distribución de acuerdo al modelo de Poisson, por lo que para poder usar el tipo de pruebas paramétricas era indispensable que la distribución de los datos que se obtuvieron presentaran una distribución normal, por lo que fue necesario efectuar transformaciones de raíz cuadrada a los datos logrados.

Los datos que se sometieron al análisis estadístico mencionado anteriormente fueron los que aparecen en el numeral 6.5 del inciso c) al i). Dichos datos eran los aspectos indeseables en las almendras ya fermentadas y por consiguiente entre mayor resultara su incidencia la calidad de las almendras del cacao sería inferior.

Los otros datos tomados sirvieron únicamente como un auxiliar, para poder tener otros elementos de juicio y en esta forma analizar mejor los resultados obtenidos para así alcanzar más eficientemente los objetivos del presente trabajo.

Para simplificar la toma de datos, se empleó una nomenclatura específica para diferenciar cada uno de los tratamientos, la cual se encuentra claramente descrita en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Tratamiento	Nomenclatura utilizada.	Número de días de fermentación	Número de la Repetición del tratamiento	Tipo de cacao usado.	Método de fermentación empleado.
1	11Ac	1	1	amelonado	Cajas
	12Ac	1	2	amelonado	Cajas
2	11AR	1	1	amelonado	Rohan
	12AR	1	2	amelonado	Rohan
3	11Bc	1	1	angoleta	Cajas
	12Bc	1	2	angoleta	Cajas
4	11BR	1	1	angoleta	Rohan
	12BR	1	2	angoleta	Rohan
5	21Ac	2	1	amelonado	Cajas
	22Ac	2	2	amelonado	Cajas
6	21AR	2	1	amelonado	Rohan
	22AR	2	2	amelonado	Rohan
7	21Bc	2	1	angoleta	Cajas
	22Bc	2	2	angoleta	Cajas
8	21BR	2	1	angoleta	Rohan
	22BR	2	2	angoleta	Rohan
9	31Ac	3	1	amelonado	Cajas
	32Ac	3	2	amelonado	Cajas
10	31AR	3	1	amelonado	Rohan
	32AR	3	2	amelonado	Rohan
11	31Bc	3	1	angoleta	Cajas
	32Bc	3	2	angoleta	Cajas
12	31BR	3	1	angoleta	Rohan
	32BR	3	2	angoleta	Rohan
13	41Ac	4	1	amelonado	Cajas
	42Ac	4	2	amelonado	Cajas
14	41AR	4	1	amelonado	Rohan
	42AR	4	2	amelonado	Rohan
15	41Bc	4	1	angoleta	Cajas
	42Bc	4	2	angoleta	Cajas
16	41BR	4	1	angoleta	Rohan
	42BR	4	2	angoleta	Rohan
17	51Ac	5	1	amelonado	Cajas
	52Ac	5	2	amelonado	Cajas
18	51AR	5	1	amelonado	Rohan
	52AR	5	2	amelonado	Rohan
19	51Bc	5	1	angoleta	Cajas
	52Bc	5	2	angoleta	Cajas
20	51BR	5	1	angoleta	Rohan
	52BR	5	2	angoleta	Rohan
21	61Ac	6	1	amelonado	Cajas
	62Ac	6	2	amelonado	Cajas
22	61AR	6	1	amelonado	Rohan
	62AR	6	2	amelonado	Rohan
23	61Bc	6	1	angoleta	Cajas
	62Bc	6	2	angoleta	Cajas
24	61BR	6	1	angoleta	Rohan
	62BR	6	2	angoleta	Rohan

## 7. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Antes de presentar y discutir los resultados que se analizaron estadísticamente, se consideró pertinente presentar, los aspectos relevantes que se manifestaron en los diferentes tratamientos y que por lo tanto pueden servir como elementos de juicio, para el estudio del proceso de la fermentación. Entre éstos se pueden mencionar:

- El olor que produjeron las masas de almendras durante la fermentación.
- La formación de mohos externos en los recipientes y masas de almendras que se fermentaban (Cuadro No. 2).

Tanto la temperatura como el pH, presentaron un comportamiento que seguía un patrón bastante definido, por lo que pueden usarse como un auxiliar más, para controlar y determinar en qué fase pueda encontrarse el proceso de la fermentación (Cuadro No. 3).

Para analizar el comportamiento de la temperatura durante el proceso de fermentación, se agruparon los tratamientos en cuatro grupos, clasificados de acuerdo al tipo de cacao y al método de fermentación empleado, analizando las variaciones de temperatura que se dieron durante los tiempos estudiados. En los cuatro casos el comportamiento de la misma, tuvo su mayor incremento del primero al segundo día. Se puede notar, que en los casos en que se usó cacao del tipo "A" no importando el método, se obtuvo la máxima temperatura al segundo día. En el caso en el que se empleó el método de cajas, se da una baja en la temperatura más gradual y uniforme del segundo al sexto día, que en el caso en que se usó el método Rohan (Gráficas 3-6). Algo que tienen en común estos dos grupos, es que la máxima baja de temperatura, se produce del segundo al tercer día.

En el caso en el que se utilizó el tipo de cacao "B", sin importar el método empleado, se apreció que entre el segundo y el tercer día, existe un período de cierta estabilidad en la temperatura, ya que la

CUADRO No. 2

## CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES OBSERVADAS DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACION

Tratamiento	Olor alcohólico	Olor característico de quesos procesados	Mohos sobre la testa de las almendras	presencia de larvas	Tratamiento	Olor Alcohólico	Olor característico de quesos procesados	Mohos sobre la testa de las almendras.	Presencia de larvas.
11Ac	0	---	---	---	41Ac	4	---	---	---
12Ac	0	---	---	---	42Ac	4	---	---	---
11AR	0	---	---	---	41AR	4	---	2	---
12AR	0	---	---	---	42AR	4	---	2	---
11Bc	0	---	---	---	41Bc	4	---	---	---
12Bc	0	---	---	---	42Bc	4	---	---	---
11BR	0	---	---	---	41BR	4	---	1	---
12BR	0	---	---	---	42BR	4	---	1	---
21Ac	6	---	---	---	51Ac	---	1	2	1
22Ac	6	---	---	---	52Ac	---	1	2	1
21AR	6	---	---	---	51AR	---	1	3	---
22AR	6	---	---	---	52AR	---	1	3	---
21Bc	6	---	---	---	51Bc	3	---	1	---
22Bc	6	---	---	---	52Bc	3	---	1	---
21BR	6	---	---	---	51BR	3	---	2	---
22BR	6	---	---	---	52BR	3	---	2	---
31Ac	5	---	---	---	61Ac	---	2	3	2
32Ac	5	---	---	---	62Ac	---	2	3	2
31AR	5	---	---	---	61AR	---	3	4	1
32AR	5	---	---	---	62AR	---	3	4	1
31Bc	5	---	---	---	61Bc	2	---	1	---
32Bc	5	---	---	---	62Bc	2	---	1	---
31BR	5	---	---	---	61BR	1	---	2	---
32BR	5	---	---	---	62BR	1	---	2	---

OBSERVACIONES: El número que acompaña a c/u de las características, indica el grado o intensidad con que fueron observadas las mismas; entre más alto es el número, mayor era la incidencia de la característica en mención. Los mohos observados, se presentaban como pequeños puntitos blancos, única y exclusivamente sobre la testa de las almendras, siendo mayor su incidencia en la parte superior e inferior de la masa de almendras que se fermentaban. Las larvas que se presentaron, eran de color blancuzco, cilíndricas y alargadas, similares a las que se observan en las frutas maduras, y de tamaño pequeño (3-4 mm. de largo X 1 mm. de diámetro). Tanto los mohos como las larvas, en ninguno de los tratamientos, dañaron la testa de las almendras, mucho menos los cotiledones.

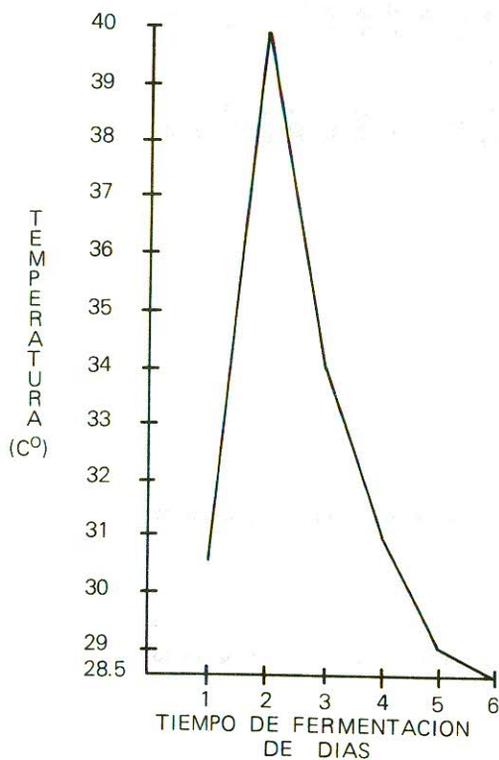
CUADRO No. 3

DATOS DE TEMPERATURA, PH Y PESOS PROMEDIO DE LAS ALMENDRAS,  
EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS, DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACION.

DIAS DE FERMENTACION	TIPOS DE CA CAO	METODOS DE FERMENTACION	TEMPERATURA	PH	PESOS PROMEDIO
1	A	DE CAJAS	30.5	3.5	1.28
2	A	" ..	40.0	4.0	1.28
3	A	" ..	34.0	5.25	1.19
4	A	" ..	31.0	5.5	1.24
5	A	" ..	29.0	6.0	1.19
6	A	" ..	28.5	6.5	1.32
1	B	" ..	30.0	3.5	1.60
2	B	" ..	39.5	3.75	1.66
3	B	" ..	39.0	4.0	1.49
4	B	" ..	35.5	5.75	1.58
5	B	" ..	30.0	6.0	1.61
6	B	" ..	29.5	6.5	1.63
1	A	DE ROHAN	33.0	3.5	1.22
2	A	" ..	39.0	3.5	1.24
3	A	" ..	32.5	4.0	1.20
4	A	" ..	29.5	6.0	1.24
5	A	" ..	29.0	6.25	1.20
6	A	" ..	27.5	6.5	1.14
1	B	" ..	31.5	3.5	1.60
2	B	" ..	39.25	3.75	1.55
3	B	" ..	39.5	4.0	1.64
4	B	" ..	33.0	4.75	1.55
5	B	" ..	30.0	5.75	1.64
6	B	" ..	29.0	6.5	1.53

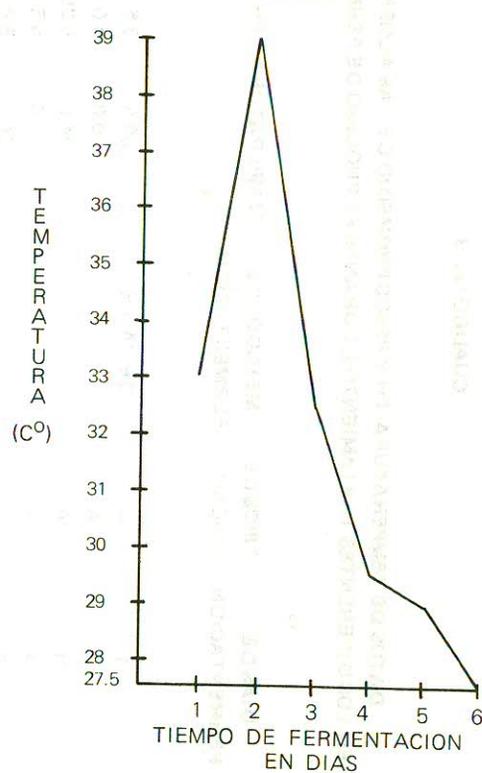
GRAFICA No. 3

VARIACION DE LA TEMPERATURA, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO AMELONADO Y EL METODO DE CAJAS.



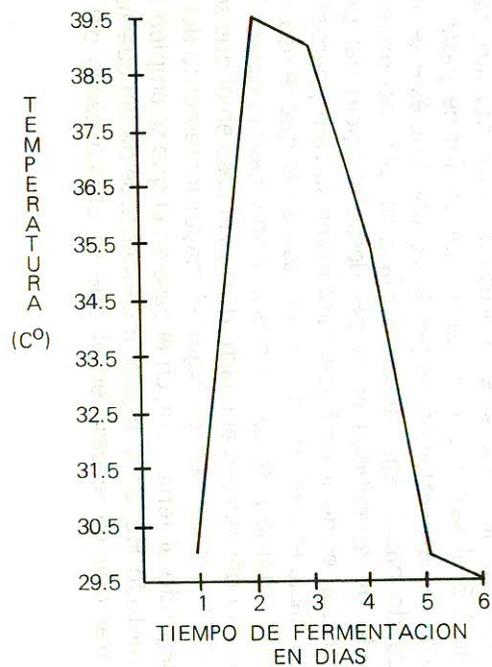
GRAFICA No. 4

VARIACION DE LA TEMPERATURA, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO AMELONADO Y EL METODO DE ROHAN



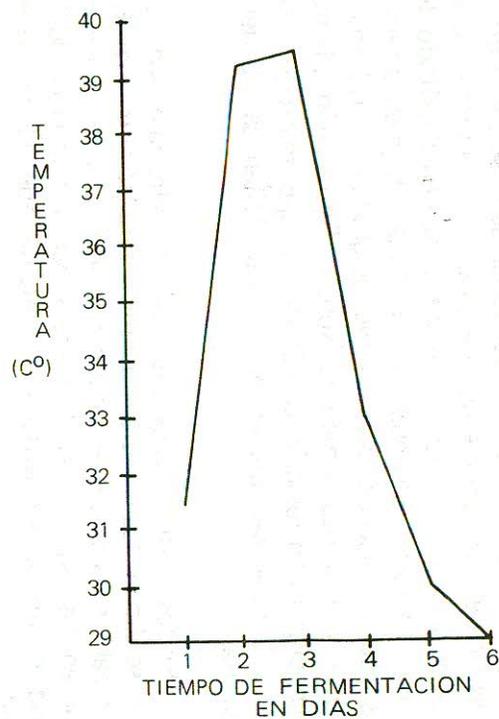
GRAFICA No. 5

VARIACION DE LA TEMPERATURA, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO ANGOLETA Y EL METODO CAJAS.



GRAFICA No. 6

VARIACION DE LA TEMPERATURA, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO ANGOLETA Y EL METODO DE ROHAN.



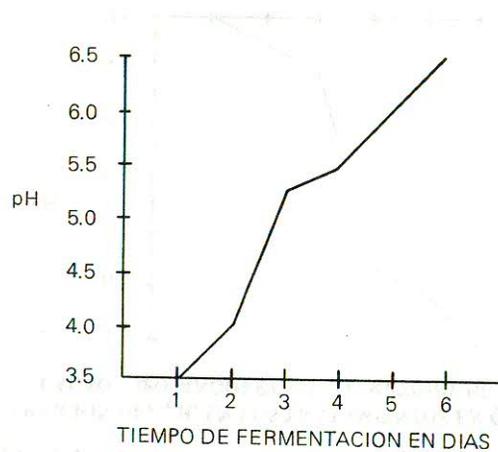
variación de la misma, no excede los  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Entre los casos en los que se usó el método de cajas y el de Rohan se observaron dos diferencias básicas: en el caso del método de cajas, el punto máximo de temperatura se alcanza al segundo día, mientras que en el método de Rohan se consigue al tercero. Se observa además que la baja en la temperatura en el caso del método de cajas, es menos gradual y uniforme, que en el caso en el que se usó el método Rohan. En relación a la máxima baja de temperatura en relación al método de cajas, se produjo del cuarto al quinto día mientras que en el método Rohan se dio del tercero al cuarto día.

En los cuatro grupos antes mencionados la baja de temperatura mayor, se dio en los casos en los que se empleó el método Rohan. Por último cabe señalar que el calor producido durante la fermentación fue menor en las esquinas, en la parte superior e inferior de la masa de almendras que se fermentaba incrementándose el mismo en la parte central.

El criterio que se empleó para agrupar los tratamientos para el análisis del pH, fue el mismo que se empleó en el caso de la temperatura, evaluándose las variaciones del pH en los diferentes tiempos estudiados y en base a los métodos y tipos de cacao. Como se puede observar en el cuadro 3 y en los gráficos 7-10, el comportamiento del pH es similar en los cuatro casos. Se nota claramente que el pH parte del 3.5 al momento de iniciarse el proceso de fermentación, para alcanzar un pH de 6.5 al sexto día; es decir que conforme pasan los días, en el proceso de fermentación, el pH ácido con que éste se inicia se va neutralizando hasta llegar al sexto día a un pH casi neutro. Se notó un período de estabilidad en el pH desde el inicio del proceso hasta el primer día, es decir no hubo cambios en su valor, persistiendo esta condición hasta el segundo día en el caso en el que se usó el tipo de cacao "A" y el método Rohan. En este último caso el mayor incremento del pH se dio del tercero al cuarto día; en el caso en el que se usó cacao del tipo "A" y el método de cajas, el mayor incremento del pH se produce del segundo al tercer día; en el caso en el que se empleó cacao tipo "B" y el método Rohan el mayor incremento se da del cuarto al quinto día; mientras que en el caso en el que se utilizó cacao del tipo "B" y el

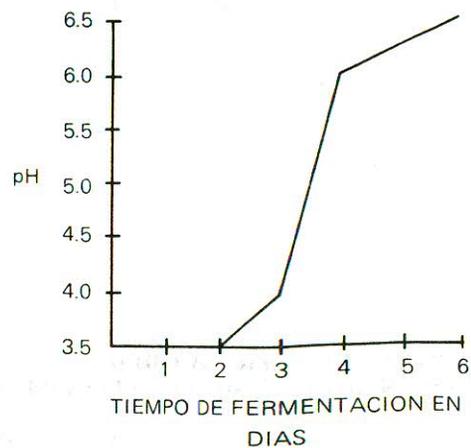
GRAFICA No. 7

VARIACION DEL pH, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO AMELONADO Y EL METODO DE CAJAS.



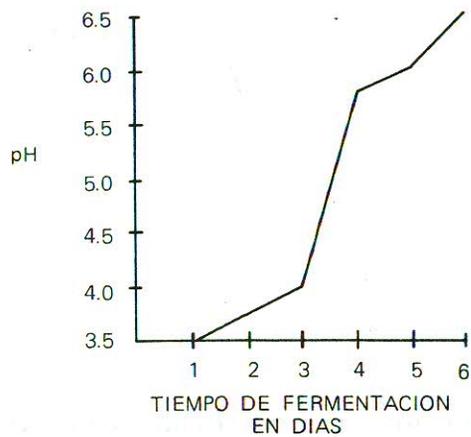
GRAFICA No. 8

VARIACION DEL pH, EN LOS TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE USO, CACAO TIPO AMELONADO Y EL METODO DE ROHAN.



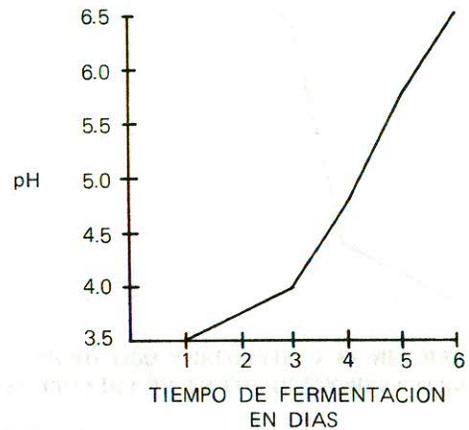
**GRAFICA No. 9**

**VARIACION DEL pH, EN LOS TRATAMIENTOS EN QUE SE USO, CACAO TIPO ANGOLETA Y EL METODO DE CAJAS.**



**GRAFICA No. 10**

**VARIACION DEL pH, EN LOS TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE USO, CACAO TIPO ANGOLETA Y EL METODO ROHAN.**



método de cajas, el mayor incremento se logra del tercero al cuarto día.

Es interesante hacer notar, el comportamiento de la temperatura, el olor de la masa de almendras en fermentación y el pH. De acuerdo a la información descrita en párrafos anteriores, se puede encontrar una íntima relación en lo que se refiere al olor de la masa, la temperatura y el proceso de fermentación. El comportamiento que manifiestan las curvas de variación de la temperatura (Gráficas 3-6), es similar al desarrollo tanto del proceso de fermentación, como al grado en que se manifiesta el olor alcohólico. Por lo tanto, al notar bajas en la temperatura de la masa de fermentación, a valores similares a la temperatura ambiental, después del segundo día, acompañadas de: una baja o desaparición del olor alcohólico y de un valor neutro o cercano a la neutralidad del pH (pH:7), serán indicios de que la fermentación se encuentra por concluir o ya lo ha hecho. Estos tres factores, son entonces instrumentos valiosos, para comprobar, en qué fase pueda encontrarse el proceso de fermentación y cuándo deberá darse por terminado.

Después de la discusión de estos aspectos, se considerarán las características indeseables en las almendras ya fermentadas, las que sí fueron sometidas al análisis estadístico. Estas fueron:

#### **Naturaleza no quebradiza de las almendras (NQ):**

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 13), basado en los datos del Cuadro No. 4, se puede deducir, que el tiempo y la interacción entre éste y los tipos de cacao, entre los factores estudiados, son los que ejercen una influencia significativa para que se produjera la característica NQ.

Según el análisis Tukey (Cuadro 5), la mejor calidad con respecto a NQ, al someter a fermentación cacao tipo "A" se obtiene indiferentemente a los tres, cuatro, cinco y seis días de fermentación, mientras que al emplear cacao del tipo "B", obtenemos la mejor calidad, en forma indiferente a los cinco y seis días.

CUADRO No. 4

PORCENTAJE DE ALMENDRAS DE NATURALEZA NO QUEBRADIZA (NQ)

Trata- miento	o/o										
11Ac	54	21Ac	17	31Ac	28	41Ac	14	51Ac	0	61Ac	0
12Ac	50	22Ac	74	32Ac	4	42Ac	7	52Ac	0	62Ac	0
11AR	41	21AR	50	31AR	13	41AR	19	51AR	0	61AR	0
12AR	50	22AR	32	32AR	4	42AR	2	52AR	0	62AR	0
11Bc	62	21Bc	12	31Bc	32	41Bc	12	51Bc	1	61Bc	0
12Bc	37	22Bc	32	32Bc	28	42Bc	14	52Bc	1	62Bc	0
11BR	32	21BR	61	31BR	28	41BR	23	51BR	3	61BR	1
12BR	14	22BR	46	32BR	62	42BR	29	52BR	3	62BR	1

CUADRO No. 5

ANALISIS TUKEY DE LAS ALMENDRAS DE NATURALEZA NO QUEBRADIZA (NQ)

AT1	(7.04)	a			
AT2	(6.44)	a			
BT3	(6.12)	a	b		
BT2	(6.02)	a	b		
BT1	(5.93)	a	b		
BT4	(4.46)	a	b	c	
AT3	(3.40)		b	c	d
AT4	(3.22)		b	c	d
BT5	(1.70)			c	d
BT6	(1.20)				d
AT5	(1.0)				d
AT6	(1.0)				d

OBSERVACIONES: A = cacao amelonado; B = cacao angoleta; T = tiempos de fermentación en días.

**Cotiledones con color indeseable (CI):**

El análisis de varianza (Cuadro 14), basado en los datos del cuadro 6, nos indica que los tipos de cacao, los métodos de fermenta-

ción y los tiempos que ésta duró, así como la interacción entre tipo de cacao y método de fermentación, la interacción tipo de cacao y tiempo de fermentación y la interacción, método de fermentación y tiempo que dura la misma fueron entre los factores estudiados, los que influyen significativamente a que se manifestara la característica CI.

Según el análisis Tukey (Cuadro 7), la mejor calidad con relación a la característica CI al someter a fermentación el cacao de tipo "A" se obtiene con el método de cajas. Con relación a los tiempos de fermentación se logra la mejor calidad indiferentemente a los tres, cuatro, cinco y seis días.

En el caso en que se usó cacao tipo "B" para la fermentación, es indiferente usar el método Rohan o el de cajas, ya que se obtendrá una misma calidad, calidad inferior a su vez a la que se obtuvo al fermentar cacao tipo "A" por medio del método de cajas. Con relación a los tiempos de fermentación se obtuvieron las mejores calidades indiferentemente a los cuatro, cinco y seis días.

Por último, al relacionar los métodos con los tiempos de fermentación obtenemos la mejor calidad, siempre en relación a la característica CI, al usar el método de cajas indiferentemente a los tres, cinco y seis días de fermentación y en el caso de emplear el método Rohan indistintamente a los cuatro, cinco y seis días de fermentación.

Tipo de cacao	Método de fermentación	Tiempo de fermentación (días)	Calidad (CI)
A	Cajas	3	85.8
A	Cajas	4	85.8
A	Cajas	5	85.8
A	Cajas	6	85.8
A	Rohan	3	80.2
A	Rohan	4	80.2
A	Rohan	5	80.2
A	Rohan	6	80.2
B	Cajas	3	78.5
B	Cajas	4	78.5
B	Cajas	5	78.5
B	Cajas	6	78.5
B	Rohan	3	78.5
B	Rohan	4	78.5
B	Rohan	5	78.5
B	Rohan	6	78.5

CUADRO No. 6

PORCENTAJE DE ALMENDRAS DE COLOR INDESEABLE (CI)

Trata- miento	o/o										
11Ac	100	21Ac	98	31Ac	49	41Ac	80	51Ac	66	61Ac	70
12Ac	98	22Ac	95	32Ac	41	42Ac	82	52Ac	57	62Ac	65
11AR	98	21AR	100	31AR	81	41AR	68	51AR	73	61AR	63
12AR	95	22AR	97	32AR	90	42AR	74	52AR	69	62AR	74
11Bc	95	21Bc	83	31Bc	90	41Bc	81	51Bc	60	61Bc	76
12Bc	96	22Bc	92	32Bc	84	42Bc	80	52Bc	82	62Bc	68
11BR	92	21BR	95	31BR	97	41BR	78	51BR	68	61BR	61
12BR	92	22BR	100	32BR	96	42BR	78	52BR	69	62BR	67

CUADRO No. 7

ANALISIS TUKEY DE LAS ALMENDRAS CON COLOR INDESEABLE (CI)

BR (9.12)	a	AT1 (9.94)	a	RT2 (9.95)	a
Bc (9.11)	a b	AT2 (9.92)	a	cT1 (9.91)	a
AR (9.08)	b	BT1 (9.73)	a b	RT1 (9.76)	a b
Ac (8.65)	c	BT2 (9.67)	a b	cT2 (9.64)	a b
		BT3 (9.63)	a b	RT3 (9.59)	a b
		BT4 (8.96)	a b c	cT4 (9.04)	b c
		AT4 (8.77)	b c	RT4 (8.69)	c d
		BT5 (8.40)	c	RT5 (8.41)	c d
		AT6 (8.3025)	c	cT6 (8.40)	c d
		BT6 (8.30)	c	RT6 (8.20)	d
		AT5 (8.20)	c	cT5 (8.18)	d
		AT3 (8.04)	c	cT3 (8.08)	d

OBSERVACIONES: R = método de fermentación Rohan; c = método de cajas; A = cacao amelonado; B = cacao angoleta; T = tiempos de fermentación, en días.

**Testa pegada a los cotiledones (SP):**

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 15), basado en los

datos del cuadro 8, los factores tipo de cacao, tiempos de fermentación, la interacción tipo de cacao y métodos de fermentación, y la interacción tipos de cacao y tiempos de fermentación, entre los factores estudiados, fueron significativos para que se produjera la característica SP.

Del análisis Tukey (Cuadro 9), se deduce que la mejor calidad en relación a la característica SP, al fermentar cacao tipo "A" se obtiene indistintamente usando ya sea el método Rohan o el Método de Cajas. En relación a los tiempos de fermentación se obtiene la mejor calidad indiferentemente a los cinco y seis días. En los casos en los que se empleó el tipo de cacao "B" se obtuvo la mejor calidad al utilizar el método de cajas. Al referirse a los tiempos de fermentación la mejor calidad se obtuvo indiferentemente a los cinco y seis días.

CUADRO No. 8

PORCENTAJE DE ALMENDRAS CON LA TESTA PEGADA A LOS COTILEDONES (SP)

Trata- miento	o/o										
11Ac	92	21Ac	65	31Ac	50	41Ac	46	51Ac	29	61Ac	5
12Ac	97	22Ac	90	32Ac	39	42Ac	47	52Ac	13	62Ac	23
11AR	98	21AR	92	31AR	33	41AR	42	51AR	15	61AR	6
12AR	94	22AR	81	32AR	58	42AR	30	52AR	13	62AR	16
11Bc	99	21Bc	60	31Bc	73	41Bc	64	51Bc	19	61Bc	8
12Bc	100	22Bc	74	32Bc	64	42Bc	62	52Bc	23	62Bc	10
11BR	98	21BR	88	31BR	83	41BR	63	51BR	33	61BR	15
12BR	99	22BR	95	32BR	85	42BR	64	52BR	16	62BR	28

CUADRO No. 9

ANALISIS TUKEY DE LAS ALMENDRAS CON LA TESTA PEGADA A LOS  
COTILEDONES (SP)

BR	(7.75)	a	BT1	(10)	a
Bc	(7.07)	a b	AT1	(9.81)	a b
Ac	(6.75)	b	AT2	(9.09)	a b
AR	(6.55)	b	BT2	(8.92)	a b
			BT3	(8.78)	a b
			BT4	(8.02)	b c
			AT3	(6.74)	c
			AT4	(6.48)	c d
			BT5	(4.83)	d e
			AT5	(4.24)	e
			BT6	(3.98)	e
			AT6	(3.53)	e

Observaciones: B = cacao angoleta; A = cacao amelonado; R = método Rohan; c = método de cajas; T = tiempo de fermentación, en días.

**Testa con un peso mayor al 12 o/o del peso total de la almendra  
(+ 12 o/o):**

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 16), basado en los datos del Cuadro 10, los factores estudiados, no influirán en una forma significativamente diferente, para que se produzca la característica indeseable + 12 o/o.

CUADRO No. 10

PORCENTAJE DE ALMENDRAS, CUYA TESTA PESA MAS DEL 12 o/o, DEL PESO  
TOTAL (+ 12 o/o)

Trata- miento	o/o										
11Ac	40	21Ac	0	31Ac	20	41Ac	10	51Ac	0	61Ac	30
12Ac	30	22Ac	20	32Ac	10	42Ac	40	52Ac	20	62Ac	10
11AR	20	21AR	0	31AR	0	41AR	30	51AR	10	61AR	10
12AR	10	22AR	20	32AR	10	42AR	10	52AR	20	62AR	30
11Bc	10	21Bc	30	31Bc	0	41Bc	0	51Bc	30	61Bc	20
12Bc	0	22Bc	20	32Bc	10	42Bc	10	52Bc	30	62Bc	10
11BR	10	21BR	10	31BR	30	41BR	40	51BR	0	61BR	10
12BR	20	22BR	10	32BR	40	42BR	40	52BR	30	62BR	50

### **Almendras Mohosas (SM) y Almendras Germinadas (SG):**

Por el hecho de no haberse reportado ningún caso de almendras que presentaran dichas características, se puede afirmar categóricamente, que ninguno de los factores estudiados incidirán en que se produzcan estas características indeseables (SM) y (SG). Por lo tanto estas características se producirán por un manejo inadecuado en alguna otra fase del beneficiado pero no por causa de la fermentación.

### **Características indeseables en la calidad general de las almendras (CICG):**

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 17), basado en los datos del Cuadro 11, los tipos de cacao, los métodos de fermentación, los tiempos de fermentación, la interacción tipo de cacao y tiempos de fermentación y la interacción, métodos de fermentación y tiempos de fermentación, fueron entre los factores estudiados, los que tuvieron una influencia significativa para que se dieran las características CICG.

Según el análisis Tukey (Cuadro 12), al fermentar cacao del tipo "A" se obtiene la mejor calidad general indistintamente a los tres, cuatro, cinco y seis días, mientras que al fermentar cacao del tipo "B" se produce la mejor calidad general en forma indiferente a los cinco y seis días.

Con respecto a los métodos de fermentación, se obtiene la mejor calidad general indiferentemente a los tres, cinco y seis días al emplear el método de cajas; mientras que al utilizar el método de Rohan se logra la mejor calidad indistintamente a los cinco y seis días.

CUADRO No. 11

## PORCENTAJE DE ALMENDRAS CON CARACTERISTICAS INDESEABLES (CICG)

Trata- miento	o/o										
11Ac	60.75	21Ac	47.00	31Ac	30.62	41Ac	38.75	51Ac	28.38	61Ac	30.62
12Ac	58.88	22Ac	58.62	32Ac	22.00	42Ac	42.50	52Ac	25.50	62Ac	28.50
11AR	56.62	21AR	55.25	31AR	36.12	41AR	36.88	51AR	30.50	61AR	25.25
12AR	54.88	22AR	53.00	32AR	42.75	42AR	33.00	52AR	30.00	62AR	33.50
11Bc	57.00	21Bc	43.88	31Bc	46.88	41Bc	39.88	51Bc	28.75	61Bc	32.00
12Bc	53.12	22Bc	50.25	32Bc	44.25	42Bc	40.75	52Bc	37.50	62Bc	28.00
11BR	52.00	21BR	55.50	31BR	54.00	41BR	45.00	51BR	30.00	61BR	26.12
12BR	51.12	22BR	38.00	32BR	49.38	42BR	45.88	52BR	32.00	62BR	35.00

CUADRO No. 12

## ANÁLISIS TUKEY DE LAS ALMENDRAS CON CARACTERISTICAS INDESEABLES (CICG)

AT1 (57.78)	a			cT1 (57.44)	a
AT2 (53.47)	a			RT2 (55.03)	a b
BT1 (53.31)	a			RT1 (53.66)	a b
BT2 (51.50)	a b			cT2 (49.94)	a b
BT3 (51.13)	a b			RT3 (48.06)	b c
BT4 (42.88)	b c			cT4 (40.47)	c d
AT4 (37.78)		c d		RT4 (40.19)	c d
AT3 (32.87)		d		cT3 (35.94)	d e
BT5 (32.06)		d		RT5 (30.62)	e
BT6 (30.28)		d		cT5 (30.03)	e
AT6 (29.47)		d		RT6 (29.97)	e
AT5 (28.60)		d		cT6 (29.78)	e

OBSERVACIONES: A =cacao amelonado; B = cacao angoleta; T = Tiempos de fermentación en días; c = método de cajas; R = método de Rohan;

Revisando el Cuadro No. 11, en el que aparecen los porcentajes de las almendras con CICG, denota que en ninguno de los tratamientos estudiados se dieron porcentajes de cero o cercanos a cero. Esto implica que en ninguno de dichos tratamientos se obtienen almendras exentas de características indeseables y como consecuencia no se logra alcanzar el óptimo de calidad. Asimismo en el mismo cuadro, se puede

encontrar una cierta relación inversa, entre la incidencia de dichas características y el tiempo de duración de la fermentación; es decir que entre mayor era el tiempo de fermentación, la incidencia de las características indeseables tendía a bajar.

De lo anterior se podría suponer que al incrementarse la duración de la fermentación se lograrían alcanzar porcentajes más bajos de CICG, traduciéndose ésto, en la obtención de mejores calidades de cacao fermentado. Por tal motivo se consideró conveniente, para tratar de averiguar con mayor certeza si la suposición anterior era válida, efectuar un análisis de regresión, relacionando la incidencia de las CICG con los tiempos de fermentación, de acuerdo a los tipos y métodos estudiados en este trabajo. Los resultados de dicho análisis (Ver apéndices) son interesantes, los cuales se pueden visualizar en mejor forma en las gráficas de regresión (Gráfica 11). En éstas se observa claramente que en lo que se refiere al comportamiento de la curva del cacao tipo "A", el punto mínimo se obtiene a los seis días, lo que en nuestro análisis corresponde al punto en el que se obtiene la mejor calidad general, ya que los datos que se han empleado para el cálculo de las curvas de regresión son los que corresponden a las características CICG.

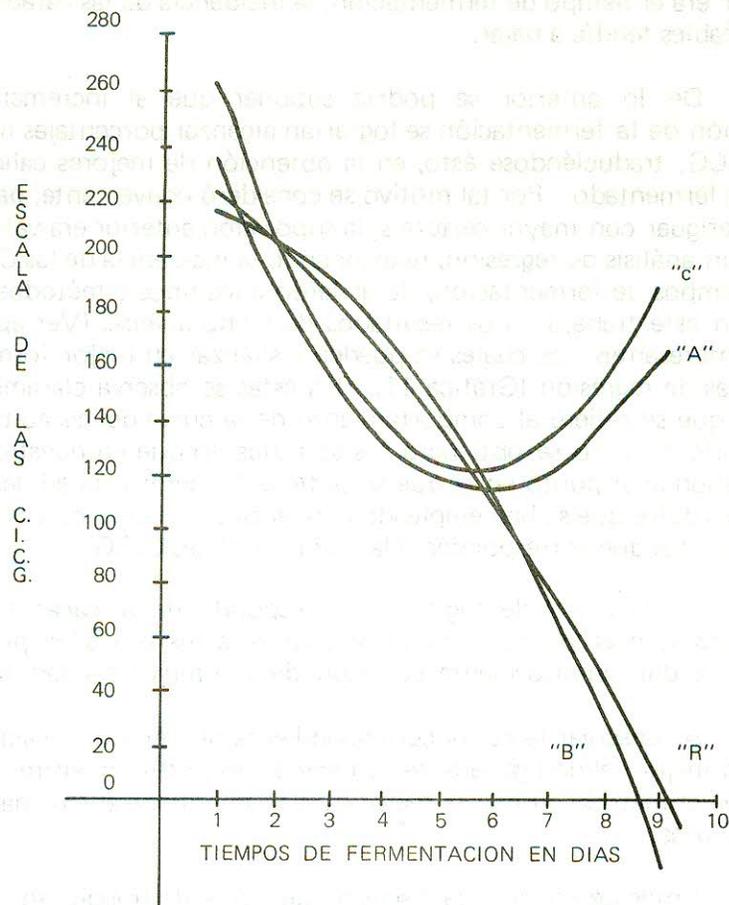
En la curva de regresión correspondiente al cacao tipo "B", notamos que el punto mínimo se alcanza a los 8.6 días, punto que como se dijo anteriormente corresponde a la mejor calidad del cacao.

Al observar la curva correspondiente al método de cajas se nota que la mejor calidad general se obtiene al sexto día, mientras que si se emplea el método Rohan la mejor calidad se obtiene aproximadamente a los 9 días.

Antes de concluir la discusión del presente trabajo, se consideró conveniente hacer las siguientes observaciones:

Si revisamos los pesos promedios de las almendras de cacao tipo "A" y "B" (Cuadro 3), encontramos que las pertenecientes al tipo "A" tienen un peso promedio menor (1.23 gramos), que las del tipo "B" (1.59 gr.). Según los datos obtenidos nos indican que el tipo "A" necesita menos tiempo para conseguir el óptimo de calidad que el "B", en el proceso de fermentación. Si relacionamos esto con el tamaño y el peso

**GRAFICA No. 11**  
**CURVAS DE REGRESION**



**OBSERVACIONES:**

- CURVA DE REGRESION "A": corresponde a la población de almendras con C.I.C.G., de cacao tipo amelonado.
- CURVA DE REGRESION "B": corresponde a la población de almendras con C.I.C.G., de cacao tipo angoleta.
- CURVA DE REGRESION "c": corresponde a la población de almendras con C.I.C.G., fermentada por el método de cajas.
- CURVA DE REGRESION "R": corresponde a la población de almendras con C.I.C.G., fermentada por el método de Rohan.

(C.I.C.G. = características indeseables sobre la calidad general del cacao)

de las almendras, se podría pensar que las almendras del tipo "A" por tener menos peso (más pequeñas), el material que tiene que fermentarse es menor, siendo por consiguiente el tiempo de duración del proceso también menor. Lo contrario ocurre en las almendras de cacao del tipo "B".

En observaciones realizadas en la plantación de la finca en que se llevó a cabo este estudio, se notó que el tamaño de la mazorca iba a estar íntimamente relacionado con el tamaño de sus almendras, por lo que una mazorca indiferentemente de su forma tendrá almendras pequeñas si ésta es pequeña y viceversa. Por tal motivo cabe pensar que a la hora de realizar la fermentación, el criterio más práctico y seguro para que la misma se realice adecuadamente es efectuar una selección de mazorcas según su tamaño, sin importar su forma u otro tipo de clasificación del cacao que en la práctica resultan inoperantes.

## 8. CONCLUSIONES

1. La fermentación fue un factor determinante en la calidad final de las almendras de cacao obtenidas en los diferentes tratamientos del presente estudio, puesto que el grado en que se produjeron las características indeseables en las mismas, varió de acuerdo al desarrollo de la fermentación.
2. El efecto de la fermentación, sobre la calidad final del cacao, estuvo íntimamente relacionado con el tiempo, el método y el tipo de cacao empleados en dicho proceso.
3. En relación a la característica "Naturaleza no quebradiza de las Almendras, (NQ)", se concluye que en los tratamientos en los que se fermentó cacao tipo "A", la mejor calidad general se obtiene indistintamente a los tres, cuatro, cinco y seis días; mientras que al fermentar el cacao tipo "B", se obtiene la mejor calidad general indiferentemente a los cinco y seis días. Los métodos de fermentación de Cajas y Rohan, no fueron significativos en la incidencia de esta característica, por lo que será indiferente usar uno u otro método, puesto que se obtendrá la misma calidad con ambos.
4. En relación a la característica "Cotiledones con color indeseable (CI)", se puede afirmar que al fermentar cacao del tipo "A", se obtiene la mejor calidad empleando el método de Cajas, mientras que al fermentar cacao del tipo "B", es indiferente emplear el método de Rohan o el de Cajas ya que se obtendrá una misma calidad. Al fermentar cacao tipo "A", se obtiene la mejor calidad indiferentemente a los tres, cuatro, cinco y seis días, mientras que al emplear el cacao tipo "B", se obtienen las mejores calidades a los cuatro, cinco y seis días. Al emplear el método de Cajas, se obtiene la mejor calidad indiferentemente a los tres, cinco y seis días; mientras que cuando se utiliza el método Rohan, se obtiene dicha calidad a los cuatro, cinco y seis días.

5. De acuerdo a la característica "Testa pegada a los Cotiledones (SP)", se concluye que al fermentar cacao del tipo "A", indistintamente por medio del método de Cajas o el método de Rohan se obtiene la mejor calidad a los cinco y seis días; mientras que al fermentar cacao del tipo "B", se obtiene la mejor calidad al emplear el método de Cajas después del quinto y sexto día de fermentación, indiferentemente.
6. Los tipos de cacao, los métodos y los tiempos de fermentación estudiados en el presente trabajo, no alteran en forma significativa la calidad de las almendras en lo que respecta a la característica "Testa con un Peso Mayor al 12 o/o del Peso Total de la Almendra, (+ 12 o/o)"
7. No se reportó ningún caso que presentará las características indeseables "Almendras mohosas, (SM)" y "Almendras germinadas, (SG)", por lo que se puede afirmar que el proceso de fermentación no influye para que se manifiesten estas características indeseables.
8. En relación a las "Características indeseables en la Calidad general de las Almendras, (CICG)", se puede concluir, que al fermentar cacao del tipo "A", por medio del Método de Cajas, se obtiene la mejor calidad indiferentemente a los tres, cinco y seis días (esta misma calidad independientemente del método usado se obtiene al cuarto día); mientras que al fermentar cacao del tipo "B", se obtiene la mejor calidad indistintamente por medio del método de Cajas o de Rohan a los cinco y seis días.
9. De acuerdo al análisis de regresión, con respecto a los tipos de cacao y los tiempos de fermentación, la mejor calidad usando el cacao tipo "A", se obtiene a los seis días; mientras que al emplear cacao del tipo "B", se logra a los ocho días y medio aproximadamente, según proyecciones hechas por medio de dicho análisis.
10. De acuerdo al análisis de regresión, con respecto a los métodos de fermentación y los tiempos que ésta dura, la mejor calidad en el caso del método de Cajas se obtiene a los seis días; mien-

tras que en el caso del método de Rohan se logra a los nueve días aproximadamente, según las proyecciones hechas mediante el análisis de regresión.

11. De acuerdo al análisis de regresión, el método de Cajas es mejor para fermentar el tipo de cacao "A", ya que este método y el tipo de cacao "A", alcanzan su punto óptimo para producir la mejor calidad en el sexto día.
12. El método Rohan es mejor para fermentar el tipo de cacao "B" ya que este método y el tipo de cacao "B", alcanzan su punto óptimo para producir la mejor calidad en tiempos cercanos a los nueve días.
13. La coloración de la testa de las almendras después de fermentadas, fue en general, de tonalidad más oscura en los tratamientos en donde se utilizó el método de Cajas, en comparación con los observados en el método Rohan.
14. En los diferentes tratamientos estudiados, se produjo un alza en la temperatura desde el inicio del proceso de la fermentación hasta el segundo día, alcanzándose en éste, la máxima temperatura, produciéndose después una baja progresiva de la misma hasta igualarse con la temperatura ambiental.
15. En el caso de la fermentación de cacao tipo "A", se observa que la baja de temperatura a partir del segundo día, es mayor y más rápida que en el caso del cacao del tipo "B"; lo que induce a pensar que la fermentación del cacao del tipo "A", se realiza más rápidamente que en el cacao tipo "B".
16. Al inicio de la fermentación, la masa de almendras presentaban un pH ácido (pH 3.5), pasando luego por un período de estabilidad, que en todos los tratamientos duró de cero a un día (menos en los que se fermentó cacao del tipo "A", por medio del método Rohan, que duró hasta el segundo día). Después de este período se produjo un incremento en el pH, progresivo, hasta llegar a alcanzarse un pH casi neutro (pH 6.5) al sexto día.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar el proceso de fermentación del cacao tipo "B", durante 7, 8 y 9 días, con el fin de corroborar los datos obtenidos en el análisis de regresión, que nos indican que al noveno día, aproximadamente, se obtiene la mejor calidad de este tipo de cacao.
2. Se recomienda a las diferentes industrias chocolateras, evaluar, las diferentes muestras de los tratamientos, que produjeron la mejor calidad general en el presente estudio, para investigar si éstas poseen también la mejor calidad a nivel industrial.
3. Se recomienda a los productores de cacao, que pongan en práctica los tratamientos con los que se obtuvieron las mejores calidades de cacao fermentado en el presente trabajo, empleando el método de fermentación que se adapte mejor a las condiciones existentes en sus explotaciones agrícolas, desde el punto de vista económico y de manejo.
4. Se recomienda manejar cuidadosa y adecuadamente el cacao, tanto en la fase de fermentación como en las demás fases del beneficiado, puesto que características tan importantes como la presencia de mohos internos en las almendras y almendras germinadas, no es causa del proceso de fermentación, sino de alguna de las otras etapas del beneficiado (cosecha, secamiento y almacenamiento).

## APENDICES

CUADRO No. 13

### ANALISIS DE VARIANZA DE LAS ALMENDRAS DE NATURALEZA NO QUEBRADIZA (NQ)

	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	23	256.09	11.13	8.63	1.99	2.68
A	1	3.67	3.67	2.84 NS	4.26	7.82
B	1	0.50	0.50	0.39 NS	4.26	7.82
C	5	217.29	43.46	33.69 **	2.62	3.90
AB	1	2.57	2.57	1.99 NS	4.26	7.82
AC	5	18.05	3.61	2.80 *	2.62	3.90
BC	5	7.80	1.56	1.21 NS	2.62	3.90
ABC	5	6.21	1.24	0.96 NS	2.62	3.90
Error	24	31.01	1.29			
Total	47	287.10				

OBSERVACIONES: A = Tipo de cacao; B = Método de fermentación; C = Tiempos de fermentación.

CUADRO No. 14

### ANALISIS DE VARIANZA DE LAS ALMENDRAS CON COLOR INDESEABLE (CI)

	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	23	32.16	1.40	16.23	1.99	2.68
A	1	0.77	0.77	8.93 **	4.26	7.82
B	1	0.59	0.59	6.84 *	4.26	7.82
C	5	18.85	3.77	43.71 **	2.62	3.90
AB	1	1.87	1.87	21.68 **	4.26	7.82
AC	5	4.66	0.93	10.78 **	2.62	3.90
BC	5	4.66	0.93	10.78 **	2.62	3.90
ABC	5	0.77	0.15	1.74 NS	2.62	3.90
Error	24	2.07	0.08625			
Total	47	34.23				

OBSERVACIONES. A = Tipo de cacao; B = Método de fermentación; C = Tiempos de fermentación.

CUADRO No. 15

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS ALMENDRAS CON LA TESTA PEGADA  
A LOS COTILEDONES (SP)

Tratamientos	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	23	259.87	11.30	21.73 **	1.99	2.68
A	1	6.99	6.99	13.44 **	4.26	7.82
B	1	0.67	0.67	1.29 NS	4.26	7.82
C	5	239.02	47.80	91.92 **	2.62	3.90
AB	1	2.35	2.35	4.52 *	4.26	7.82
AC	5	7.12	1.42	2.73 *	2.62	3.90
BC	5	2.75	0.55	1.06 NS	2.62	3.90
ABC	5	0.97	0.194	0.373 NS	2.62	3.90
Error	24	12.56	0.52			
Total	47	272.44				

OBSERVACIONES: A = Tipo de cacao; B = Método de fermentación; C =  
Tiempos de fermentación.

CUADRO No. 16

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS ALMENDRAS, CUYA TESTA PESA MAS  
DEL 12 o/o, DEL PESO TOTAL (+ 12 o/o)

Tratamientos	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	23	78.05	3.39	1.25 NS	1.99	2.68
A	1	0.60	0.60	0.22 NS	4.26	7.82
B	1	1.34	1.34	0.49 NS	4.26	7.82
C	5	7.53	1.51	0.56 NS	2.62	3.90
AB	1	8.63	8.63	3.17 NS	4.26	7.82
AC	5	15.30	3.06	1.12 NS	2.62	3.90
BC	5	11.06	2.21	0.81 NS	2.62	3.90
ABC	5	33.58	6.72	2.47 NS	2.62	3.90
Error	24	65.21	2.72			
Total	47	143.27				

OBSERVACIONES: A = Tipo de cacao; B = Método de fermentación; C =  
Tiempos de fermentación.

CUADRO No. 17

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS ALMENDRAS CON CARACTERISTICAS INDESEABLES (CICG)

	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Tratamientos	23	5904.37	256.71	19.10 **	1.99	2.68
A	1	149.71	149.71	11.14 **	4.26	7.82
B	1	64.75	64.75	4.82 *	4.26	7.82
C	5	4633.16	926.63	68.95 **	2.62	3.90
AB	1	12.49	12.49	0.93 NS	4.26	7.82
AC	5	641.80	128.36	9.55 **	2.62	3.90
BC	5	310.74	62.15	4.62 **	2.62	3.90
ABC	5	91.72	18.34	1.36 NS	2.62	3.90
Error	24	322.54	13.44			
Total	47	6226.91				

OBSERVACIONES: A = Tipo de cacao; B = Método de fermentación; C = Tiempos de fermentación.

## REGRESIONES

- 1) GRUPO DE TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE FERMENTO CACAO TIPO "A" (Relación existente entre los tiempos de fermentación y la calidad general de las almendras ya fermentadas).

Fórmula de la Regresión  
(Regresión cuadrática)

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$B_0 = 292.203$$

$$B_1 = -59.93$$

$$B_2 = 5.112$$

$$R = 0.938$$

$$R^2 = 0.88$$

$$Y = 292.203 - 59.93 X + 5.112 X^2$$

TIEMPO C I C G	
X	Y
1	237.385
2	192.791
3	158.421
4	134.275
5	120.353
6	116.655
7	123.181
8	139.931
9	166.905

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
					0.05    0.01
Regresión	2	11179.097	5589.549	29.227	9.55    30.82
Error	3	1529.972	382.493		
Total	5	12709.069			

- 2) GRUPO DE TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE FERMENTO CACAO TIPO "A" (Relación existente entre los tiempos de fermentación y la calidad general de las almendras ya fermentadas).

Fórmula de la Regresión

(Regresión cuadrática)

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$B_0 = 219.038$$

$$B_1 = 0.049$$

$$B_2 = -2.974$$

$$R = 0.969$$

$$R^2 = 0.939$$

$$Y = 219.038 + 0.049 X + 2.974 X^2$$

TIEMPO C I C G	
X	Y
1	216.113
2	207.24
3	192.419
4	171.65
5	144.933
6	112.268
7	73.655
8	29.094
9	21.415

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
					0.05 0.01
Regresión	2	7878.107	3939.054	61.469	9.55 30.82
Error	3	512.659	128.165		
Total	5	8390.767			

- 3) GRUPO DE TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE EMPLEO EL METODO DE CAJAS. (Relación existente entre los tiempos de fermentación y la calidad general de las almendras ya fermentadas).

Fórmula de la Regresión  
(Regresión cuadrática)

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$B_0 = 331.35$$

$$B_1 = -73.245$$

$$B_2 = 6.358$$

$$R = 0.915$$

$$R^2 = 0.838$$

$$Y = 331.35 - 73.245 X + 6.358 X^2$$

TIEMPO C I C G	
X	Y
1	264.463
2	210.292
3	168.837
4	140.098
5	124.075
6	120.768
7	130.177
8	152.302
9	187.143

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.	
					0.05	0.01
Regresión	2	8327.210	4163.605	20.66	9.55	30.82
Error	3	1611.839	402.960			
Total	5	9939.049				

- 4) GRUPO DE TRATAMIENTOS EN LOS QUE SE EMPLEO EL METODO ROHAN. (Relación existente entre los tiempos de fermentación y la calidad general de las almendras ya fermentadas)

Fórmula de la Regresión  
(Regresión cuadrática)

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$B_0 = 237.798$$

$$B_1 = -12.526$$

$$B_2 = -1.468$$

$$R = 0.966$$

$$R^2 = 0.933$$

$$Y = 237.798 - 12.526 X - 1.468 X^2$$

TIEMPO	C I C.G
X	Y
1	223.804
2	206.874
3	187.008
4	164.206
5	138.468
6	109.794
7	78.184
8	43.638
9	6.156

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
					0.05 0.01
Regresión	2	9180.642	4590.321	55.986	9.55 30.82
Error	3	655.924	163.981		
Total	5	9836.565			

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. AQUARONE, E. y BORZANI, W. Tópicos de microbiología industrial. Brasil, Universidad de Sao Paulo, 1975. pp. 176-184.
2. BRAUDEAU, J. El cacao. Trad. por Angel M. Hernández Cardona. Barcelona, Blume, 1970. pp. 185, 188-190, 192-198, 202-205, 236-237, 239, 246, 247 y 249.
3. ENRIQUEZ, G. y PAREDES, A. Cursos sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. pp. 1, 2, 4, 89, 90, 92, 93, 105 y 105 a.
4. KENNETH, E. y Mc CLOSKEY. Evaluación de almendras de cacao. s.d.e.
5. LEON, O. DE. Beneficio de las almendras de cacao fresco. Guatemala, Dirección General de Mercadeo Agropecuario, Serie de Publicaciones misceláneas. No. 9, 1969. pp. 3, 4, 7, 9, 14, 15 y 16.
6. RIVERA, S. El cultivo racional del cacao. Guatemala, División Agropecuaria, Instituto Técnico de Capacitación, 1978. pp. 22-24.
7. ROHAN, T.H. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. FAO, Estudios Agropecuarios No. 60, 1964. pp. 184-191.
8. URQUHART, D.H. Cacao. Trad. por Juvenal Valerio. IICA. Serie: Textos y Materiales de Enseñanza, No. 13 1963 pp. 137-143 y 145-153.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTANEDA S.  
D E C A N O