

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE DOS SISTEMAS ENZIMATICOS PARA EL  
DESMUCILAGINAMIENTO DEL GRANO DE CAFE (Coffea  
arabica L.) EN TRES LOCALIDADES DE LAS ZONAS  
CENTRO Y SUR-ORIENTE DE GUATEMALA

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

POR:

MARCO TULIO LEON MENENDEZ

En el acto de Investidura como:

INGENIERO AGRONOMO

En el grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, ABRIL DE 1981

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

01

T(593)

c-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Leonel Carrillo R.

JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano  
Vocal 1o.  
Vocal 2o.  
Vocal 3o.  
Vocal 4o.  
Vocal 5o.  
Secretario

Doctor Antonio A. Sandoval S.  
Ing. Agr. Carlos O. Arjona  
Ing. Agr. Gustavo Méndez G.  
Ing. Agr. Fernando Vargas N.  
P. A. Carlos Orozco C.  
P. A. Roberto Morales M.  
Ing. Agr. Negli Gallardo

TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

Decano  
Examinador  
Examinador  
Examinador  
Secretario

Doctor Antonio A. Sandoval S.  
Ing. Agr. Gustavo Méndez G.  
Ing. Agr. Carlos Echeverría  
Ing. Agr. J. Guillermo Rogel P.  
Ing. Agr. Carlos N. Salcedo Z.

Guatemala, 13 de abril de 1981

Señor Decano  
Facultad de Agronomía  
Doctor Antonio Sandoval  
Presente

Señor Decano:

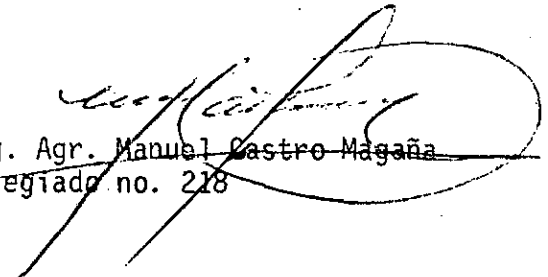
En atención al honroso nombramiento que se sirviera extenderme, como asesor del trabajo de tesis del Perito Agrónomo Marco Tulio León Menéndez, rindo el dictamen sobre el trabajo presentado, titulado "Evaluación de Dos - Sistemas Enzimáticos para el Desmucilagínamiento del Café (Coffea arabica L.) en Tres Localidades de las Zonas Centro y Sur-oriente de Guatemala".

Durante el desarrollo del presente trabajo tuve la oportunidad de - discutir el contenido del tema con el estudiante León Menéndez, complementando algunos aspectos que consideramos convenientes. Asimismo, pude comprobar el esfuerzo y sentido de investigación del sustentante para presentar su trabajo en la mejor forma posible.

Considero que la resolución de cualquier problema que afecte el cultivo del café, manifiesta por sí solo su importancia; por lo tanto, el presente trabajo de investigación será un valioso instrumento para estudiantes, profesionales y agricultores vinculados con ésta actividad, permitiéndome - recomendar su aprobación.

Sin otro particular, aprovecho para suscribirme de usted

Deferentemente,



Ing. Agr. Manuel Castro Magaña  
Colegiado no. 218



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

|            |       |
|------------|-------|
| Referencia | _____ |
| Asunto     | _____ |
|            | _____ |

20 de abril de 1981.

Dr.  
Antonio Sandoval  
Decano de la Facultad  
de Agronomía,  
Presente.

Estimado Dr. Sandoval:

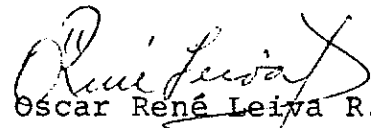
Por este medio comunico a usted que en respuesta a la designación que esa Decanatura hiciera, he asesorado al estudiante Marco Tulio León en la elaboración de su investigación de tesis titulada "Evaluación de dos sistemas enzimáticos para el desmucilagínamiento del grano del café (*Coffea arabica* L.) en tres localidades de las zonas Centro y Sur-oriente de Guatemala".

Concluida dicha investigación considero que es un valioso aporte al mejoramiento de los sistemas de procesamiento del café en Guatemala, por lo que me permito recomendarlo para ser aprobado.

Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS



  
Ing. Agr. Oscar René Leiva R.  
Director  
Instituto de Investigaciones  
Agronómicas

ORLR/amdef.  
cc. Archivo.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "Evaluación de Dos Sistemas Enzimáticos para el Desmucilagínamiento del café (Coffea arabica L.) en Tres Localidades de las Zonas Centro y Sur-oriente de Guatemala".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Deferentemente,

Marco Tulio León Menéndez

ACTO QUE DEDICO

A la memoria de mi Padre

Laureano León Jo

A mi madre

Consuelo Menéndez V. de León

A mis hermanos

A mis amigos, en especial a:

Ing. Agr. Romeo Solano A.

Sra. Vitalina Aquino de López é Hijos

Hnas. Letona Martínez

## AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Agrónomos Manuel Castro Magaña y Oscar Leiva Ruano por su magnífica colaboración y asesoría en la realización del presente trabajo de tesis.

A: Lic. Mario Portillo P., Ing. Agr. Luis Fiegueroa M. y Señor Ramón Rodríguez V. por haberme permitido realizar la etapa de campo en sus respectivas fincas.

A la Asociación Nacional del Café, en especial a la Subgerencia de Asuntos Agrícolas y al Departamento de Catación.

A las siguientes Empresas Comerciales:

ENZICAFE, S. A.

CIBA-GEIGY, S. A.

## CONTENIDO

|     | <u>TEMA</u>            | <u>Pag.</u> |
|-----|------------------------|-------------|
| 1.  | INTRODUCCION           | 1           |
| 2.  | OBJETIVOS              | 5           |
| 3.  | HIPOTESIS              | 6           |
| 4.  | REVISION DE LITERATURA | 7           |
| 5.  | MATERIALES Y METODOS   | 17          |
| 6.  | RESULTADOS Y DISCUSION | 28          |
| 7.  | CONCLUSIONES           | 54          |
| 8.  | RECOMENDACIONES        | 56          |
| 9.  | APENDICE               | 57          |
| 10. | BIBLIOGRAFIA           | 58          |

## RESUMEN

Durante el sistema de beneficiado del café por vía húmeda, el grano después de despulpado queda recubierto todavía de mucílago, lo cual constituye un obstáculo para su rápido secamiento; la eliminación de ésta película es sin duda el paso más delicado en el procesamiento del café y donde con mayor facilidad pueden dañarse las propiedades organolépticas del grano, quedando afectada entonces su calidad.

La forma tradicional de eliminación del mucílago es por fermentación natural, proceso que puede durar de 12 a 48 horas, y en algunos casos hasta 100 horas; esta discontinuidad puede forzar a lavar lotes que no tienen el "punto" correcto de fermentación para dar entrada a nuevas partidas. Otro problema frecuente es la heterogeneidad en la fermentación, encontrándose granos que están "en punto", unos sobre fermentados y otros bajos de fermentación.

La industria del beneficiado del café ha desarrollado como sustitutos de la fermentación sistemas mecánicos, químicos y enzimáticos; éstos últimos han tomado auge en la actualidad.

Con la finalidad de conocer el efecto que tiene la adición de preparados enzimáticos comerciales para el desmucilaginoamiento del café sobre el tiempo necesario para la degradación del mucílago, el

rendimiento en peso del grano, y la calidad de producto final; se procedió a evaluar dos de dichos productos en tres localidades de las zonas centro y sur- oriental del país.

Cada uno de los productos se evaluó a tres diferentes dosis, así uno a base de enzimas de uva en proporción de 1.0g, 0.75g y - 0.50g/6qq de café cereza despulpado, y el otro a base de enzimas - de café a niveles de 45.00 ml, 38.25 ml. y 31.50 ml/qq de café cereza despulpado; además se incluyó el proceso de fermentación natural como testigo, completándose entonces siete tratamientos, que - fueron distribuidos en el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones en cada una de las localidades bajo estudio; siendo el tamaño de la unidad experimental de 6qq de café cereza.

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos se concluye que desde el punto de vista técnico y económico se justifica el uso de enzimas en la eliminación del mucílago del café porque: reduce el tiempo necesario para degradar completamente el mucílago, lo cual va acompañado de una notable recuperación de peso del grano, principalmente durante las primeras horas de fermentación, además las pruebas de catación resultaron completamente satisfactorias en todos los casos. Por otro lado, estadísticamente se encontró - que las enzimas de café actuaron con mayor eficiencia no presentando diferencias significativas por efecto de la dosificación; sin embargo, para las enzimas de uva las dosis mayores fueron más efectivas .

bajo condiciones de altura media y alta, mientras que en la altura de bajo, no hubo diferencia entre dosis.

En base a lo anterior se recomienda el empleo de enzimas de - café en dosis de 31.50 ml/qq de café cereza despulpado. De igual manera, el uso de enzimas de uva se recomienda cuando la capacidad programada de las pilas presenta insuficiente capacidad, principalmente durante "picos de cosecha" y/o descensos bruscos de temperatura, debiendo aplicarse a razón de 0.5g/6qq de café cereza despulpado, para condiciones de bajo y 1.0g/6qq de café cereza despulpado para condiciones de altura media y alta.

## 1. INTRODUCCION

La cuna del café se cree fue Etiopía, de donde se extendió - a Arabia y de ahí al resto del mundo. En 1760 posiblemente se introdujo el café a Guatemala con semillas procedentes de las Islas Canarias (8). A partir de 1853, Guatemala se convierte en un país exportador de café, ya que en ese año pudo comercializar en el extranjero 50 sacos de café con un valor de \$750.00 (9).

Progresivamente, el cultivo adquirió notable desarrollo\*; durante el período 1971/1972-1978/1979 se puede apreciar que el área cultivada se mantuvo casi constante, 364,372 mz. en 1971/1972 a -- 364,858 mz. en 1978/1979; sin embargo, el volumen producido aumentó de 3.1 millones de quintales de café oro en 1971/1972 a 3.7 millones en 1978/1979 incremento que representa el 18.5% y que indica que el rendimiento por manzana ha mejorado a 8.54 quintales oro en 1971/1972 a 10.53 quintales oro en 1978/1979.

Del total producido en la temporada 1978/1979 se exportó el 90.45%, lo cual representó el 53.0%\*\* del total de exportaciones - del sector agropecuario y generó un ingreso de divisas de \$448.2 - millones, que significan el 36.7%\*\* del total de los recursos mone

---

\* Departamento de Estadística. Asociación Nacional del Café. - Guatemala, 1981.

\*\* Valor estimado.

tarios internacionales percibidos. En el mismo año, el café aportó \$123.00 millones de ingresos percibidos por el fisco debido a impuestos por concepto de exportación.

Como fuente de trabajo (10) para la temporada 1978/1979, se ocuparon cerca de 297.5 miles de personas; de esta mano de obra empleada, alrededor de 122.5 miles corresponde a los trabajadores permanentes y el resto a los trabajadores temporales que se contratan principalmente para levantar la cosecha. Con base en los datos anteriores, se estima que la caficultara nacional pagó, en el año referencia, en concepto de salarios alrededor de Q.103.3 millones.

De acuerdo a las calidades de café que se producen internacionalmente, Guatemala pertenece al Grupo Otros Suaves, que son cafés producidos por sistemas de beneficio por vía húmeda. En este proceso el grano después de despulpado queda cubierto por una capa llamada "mucílago". La eliminación de esta película constituye sin duda el paso más delicado en el beneficiado del café y donde con más facilidad pueden dañarse las propiedades organolépticas del grano, quedando afectada entonces su calidad (11, 13).

La forma tradicional de eliminación del mucílago es por fermentación natural, proceso que puede durar de 12 a 48 horas, y en algunos casos hasta 100 horas (14, 15). Esta discontinuidad del proceso industrial afecta la eficiencia del mismo o puede forzar a

lavar granos que no tienen el punto correcto de fermentación, porque se ha llenado la capacidad instalada en las pilas de fermentación y se hace necesario dar entrada a nuevas partidas de café.

Otro problema frecuente en los tanques de fermentación es la heterogeneidad en la fermentación; obteniéndose así en adición a los granos que están "en punto", algunos que están sobre-fermentados u otros bajos de fermentación; afectando esto la calidad total de la masa de granos de la pila.

La industria del beneficiado del café ha tratado de desarrollar otros sistemas para eliminar los inconvenientes de la fermentación natural. Carbonell y Vilanova (4), Coste (6), Menchú (13) y otros, coinciden en señalar como sustitutos de la fermentación natural, sistemas mecánicos, químicos y enzimáticos.

En la actualidad ha tomado auge la remoción del mucílago agregando preparados enzimáticos comerciales, simplemente mezclados con el café recién despulpado en algunos casos o agitando dinámicamente con máquinas especiales para otros.

El uso de éstos productos requiere de una inversión de capital; lo cual muchas veces puede limitar su empleo en forma comercial, sin embargo, paralelo a esta situación la recuperación del peso en el grano; la eliminación del mucílago en un tiempo considerablemente

corto y la reducción del poder contaminante de las aguas de "lavado" son atribuibles al proceso de fermentación enzimática; sin demérito de la calidad del grano, ni de la bebida.

En varios países cafetaleros se han desarrollado estudios serios sobre el tiempo de remoción del mucílago utilizando los ya citados procesos enzimáticos controlados; pero se carece de trabajos de investigación que demuestren tal recuperación de peso en el grano o la disminución del índice de contaminación antes aludidos.

En el presente estudio se pretende evaluar el efecto que tiene la fermentación enzimática sobre la pérdida de sólidos durante el beneficiado del café utilizando dos preparados enzimáticos comerciales.

Se pretende también conocer la duración del proceso de fermentación por dicha vía y la apariencia del grano y calidad de taza; a fin de determinar la metodología más apropiada de desmucilaginar el café.

## 2. OBJETIVOS

- 2.1 Conocer el efecto que tienen las enzimas sobre el tiempo necesario para la degradación del mucílago.
- 2.2 Determinar si existe una interacción entre el sistema de eliminación del mucílago y la ganancia en peso.
- 2.3 Establecer si existe influencia de la desmucilaginación enzimática sobre la apariencia del grano y la calidad de taza.
- 2.4 Definir el método más conveniente, desde el punto de vista económico y práctico para el desmucilaginamiento del café.

### 3. HIPOTESIS

"No existe ninguna diferencia en cuanto a rendimiento en peso, calidad del grano y producto final, utilizando cualquier sistema de eliminación del mucílago del grano de café".

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1 Descripción del fruto del cafeto

El fruto del cafeto es una drupa, llamada corrientemente "ceraza", ovoidea, subglobulosa, generalmente roja si esta madura, de 10 a 15 mm. de diámetro por 16 a 18 de largo (6), constituida por un epicarpio o cáscara coloreada, un mesocarpio o capa mucilaginoso: carnosos, blanco amarillento y dos semillas unidas por sus caras planas dentro del fruto.

Cada grano está recubierto por una membrana plateada muy fina, más o menos adherida al grano llamada película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del endocarpio, membrana conocida también con el nombre de pergamino o cascarilla de café que es duro y quebradizo cuando se seca (3, 6)

Aguirre (1) y Bressani (2) mediante estudios realizados referentes al rendimiento de granos de café y otras fracciones, informan sobre la distribución porcentual de las principales fracciones que constituyen el fruto del cafeto, tal como se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Distribución Porcentual de las Estructuras Principales del Café en Cereza -  
(Base Seca).

| Estructuras | Aguirre | Bressani |
|-------------|---------|----------|
| Pulpa       | 25.6    | 28.7     |
| Mucílago    | 7.5     | 4.9      |
| Cascarilla  | 11.2    | 11.9     |
| Grano       | 51.7    | 55.4     |

#### 4.2 Propiedades y composición del mucílago de café

A la salida de los despulpadores el café está recubierto todavía de mucílago, muy adherido al pergamino, constituyendo un obstáculo para el secado rápido de los granos (6).

El mucílago constituye una capa de aproximadamente 0.5 a 2 mm. de espesor. Desde el punto de vista físico, el mucílago es un sistema coloidal líquido, liofílico, siendo por lo tanto un hidrogel. Químicamente, el mucílago contiene agua, pectinas, azúcares y ácidos orgánicos. Durante la maduración del grano de café el pectato de calcio localizado en la laminilla media y la protopectina de la pared celular son convertidos en pectinas.

Esta transformación o hidrólisis de las protopectinas resulta en la desintegración de la pared celular, dejando un plasma celular libre. En este plasma además de pectinas, se encuentran azúcares y ácidos orgánicos derivados del metabolismo y la conversión del almidón en azúcares (4).

En el Cuadro 2, se indica 'la composición química' que según Wilbaux tiene el mucílago del fruto del café, citado por Aguirre (1).

CUADRO 2

Composición Química del Mucílago del Fruto de Café, según Wilbaux.

| Composición                 | Contenido (%) |
|-----------------------------|---------------|
| Sustancias pécticas totales | 33.0          |
| Azúcares reductores         | 30.0          |
| Azúcares no reductores      | 20.0          |
| Celulosa + cenizas          | 17.0          |

Esta fracción aparentemente no contiene tanino ni cafeína, pero contiene enzimas pectinolíticas, las cuales pueden hidrolizar los constituyentes pécticos de éste material y su actividad parece ser muy importante en la fermentación que ocurre durante el proce-

samiento del café (1).

#### 4.3 Desmucilagínación del Grano de Café

Varios investigadores: Carbonell y Vilanova (4), Coste (6), Menchú (13, 14), Rolz (15), y otros coinciden en señalar que el mucílago debe retirarse tan pronto como sea posible después de separar durante el proceso de beneficiado la pulpa de café del grano.

El contacto prolongado de estos dos materiales en esta etapa es una desventaja para la deshidratación del grano de café, ya que el producto final deshidratado se obtiene manchado y también porque el mucílago constituye un excelente sustrato para el crecimiento de hongos, bacterias y otros microorganismos los cuales deterioran los granos de café en perjuicio de las propiedades organolépticas de los mismos, resultando entonces difícil el control de calidad.

El mucílago del café puede ser removido básicamente por tres sistemas: mecánicamente, químicamente y enzimáticamente.

El desmucilagínamiento mecánico requiere de máquinas combinadas especiales que a la vez que remueven la pulpa remueven también el mucílago (4, 6, 13). Estas máquinas eliminan hasta el 75% del total del mucílago presente (13), lo cual ocasiona modificaciones

indeseables del grano cuando el mucílago adherido al pergamino se fermenta en los patios de secado (4).

El sistema químico consiste en flotar o lavar el café a la salida del pulpero directamente con productos químicos como hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, cloruro de calcio (4), (13) y otros como el ácido sulfúrico, óxido de magnesio y amoníaco (4).

El proceso enzimático es el que se lleva a cabo al remover el mucílago por fermentación espontánea o al agregar al café recién - despulpado levaduras o preparados enzimáticos comerciales.

El ataque de las enzimas naturales (principalmente pectinasa y pectasa), es ejercido principalmente sobre la molécula de pectina la que es degradada a ácidos pectínicos y ácido péctico, perdiendo entonces sus propiedades gelificantes.

Este hecho hace que el mucílago se transforme de hidrogel que era, a hidrosol viscoso, el que es fácilmente removido mediante un lavado con agua. Si el ataque enzimático se prolonga lo suficiente y si existe pectinasa en los sistemas enzimáticos presentes, la degradación continuará hasta convertir los materiales pécticos en ácido galacturónico o en polímeros del mismo, de bajo peso molecular. Si la fermentación se prolonga aún más, los microorganismos estarán desarrollados lo suficiente como para ejercer su acción principalmente

sobre los azúcares, los cuales son fermentados a alcoholes y finalmente a ácidos orgánicos de bajo peso molecular (4).

Se sabe también que el ácido acético y el ácido propiónico han sido detectados tempranamente en el proceso de fermentación, y éstos aumentan con el tiempo de fermentación, asimismo, el ácido butírico es únicamente detectado en la fase final del proceso (14).

Cuando la capa mucilaginosa se ha disuelto de tal manera que sus restos son fácilmente desprendidos por lavado, se dice que la partida está "a punto de lavado" (13). No existe en la actualidad un método científico para determinar el momento en que todo el mucílago ha sido solubilizado y los beneficiadores tienen que depender de técnicas empíricas empleando personas llamadas "punteros", - quienes toman muestras de café de diversas zonas de la pila, las - que rozan entre sí con las manos produciendo un ruido característico "a cascajo" cuando el mucílago ha sido solubilizado en los granos de la muestra tomada (4, 13) sin embargo, es necesario observar también la limpieza en la hendidura y superficie del grano, entre las yemas de los dedos el grano debe sentirse completamente áspero, (13). Probando en varias zonas y a diversos niveles, los punteros pueden decir si una pila está lista para ser lavada o si aún existe mucílago sin solubilizar (4, 13).

#### 4.4 Trabajos hechos sobre desmucilaginación del grano del café

Menchú y Rolz (14) en Guatemala realizando estudios con café - de diferentes alturas de cultivo, en laboratorio pesaron muestras - de 25 Kg. de café cereza, las cuales despulparon y sometieron a procesos distintos de fermentación. Las técnicas empleadas en la fermentación del café fueron tres diferentes condiciones del medio: - aeróbica, anaeróbica y testigo; encontrando que el tiempo de fermentación aumentó con la altitud y que el proceso aeróbico tomó menor tiempo en eliminar el mucílago del grano. Comparando muestras de - bajo, bajo condición aeróbica contra muestras de altura en condición anaeróbica, el tiempo de fermentación de 25 horas fue suficiente pa - ra el primer caso, en tanto que para el segundo caso se necesitaron 250 horas, a temperatura constante.

De otra parte, Carbonell y Vilanova (4), reportan que Fritz - llevó a cabo estudios tratando de emplear cultivos de microorganis - mos aislados y seleccionados de las pilas de café, observando que el tiempo de digestión del mucílago fue muy largo como para ser -- empleado a escala comercial. Fritz, continúan diciendo, hubiese - obtenido mejores resultados si en vez de buscar microorganismos -- productores de enzimas pécticas, hubiese empleado levaduras que - atacasen a los azúcares del mucílago o enzimas pécticas comerciales.

En Costa Rica, el empleo de levaduras para acelerar la digestión del mucílago dió como resultado disminución en el proceso de digestión del mucílago, mieles fermentadas de olores gratos y ausencia de granos manchados (4).

La flora microbiana que se asocia con la fermentación del café está constituida predominantemente por bacterias pectinolíticas del tipo Gram negativo, donde se incluyen especies de Erwinia, Escherichia y Bacillos. También se encontraron en asociación hongos pectinolíticos y levaduras (4, 14)

Estudios realizados en el INCAP acerca del tipo de microorganismos que se desarrollan favorablemente utilizando como sustrato = pulpa de café, indican que ésta es relativamente buena para Aspergillus oryzae, Bacillos megatherium y Saccharomyces cerevizeae (7).

Calle, citado por Aguirre (1) menciona que ha empleado la pulpa de café y el mucílago para propagar algunos hongos de los géneros Penicillium y Rhizopus, con el objeto de extraer de estos microorganismos agentes enzimáticos que aceleran la disociación del mucílago y, en consecuencia, el beneficiado del café. En 100 ensayos realizados, se observó que el café tratado con estos extractos enzimáticos estaba en condiciones de ser lavado en un 70% menos del tiempo que se emplea en lavar los testigos fermentados al natural.

Menchú (13) en Guatemala, usando un preparado enzimático obtenido de hongos y mohos aplicado en proporciones de 1 por 400 en muestras de 300 libras de café despulpado, observó que el café estuvo "a punto de lavado" a las 5 horas de fermentación, en cambio para poder lavar el testigo fue necesario esperar 37 horas.

Lara (11) propone un sistema de eliminar el mucílago en forma ultra-rápida (menos de 20 minutos). Dicho proceso consiste en descargar el café recién despulpado en unos tanques de diseño simple - donde el café se mezcla con enzimas de café en un medio aeróbico.

#### 4.5 Pérdida de sólidos durante la fermentación del café

Carbonell y Vilanova (4), postulan que la pérdida del peso del grano es debida a la transformación de materiales sólidos del grano en productos gaseosos que se pierden por difusión al ambiente. Durante el fenómeno de la respiración los granos absorben oxígeno del aire, el que es ocupado para oxidar materiales orgánicos (grasas y carbohidratos) del protoplasma, los que son transformados en anhídrido carbónico y agua, esta oxidación de materiales orgánicos sólidos trae como consecuencia la disminución del peso de los granos.

Los mismos investigadores, utilizando soda caústica al 20% -- eliminaron el mucílago del café en cinco minutos y obtuvieron hasta el 9.93% de recuperación en peso, respecto a lotes que fueron lava-

dos después de 44 horas de fermentación.

Por vía enzimática señala Lara (11), se han obtenido resultados de recuperación en peso hasta del 9.2% en El Salvador, 11.3% - en Guatemala y 12.40% en México; siendo las pruebas de catación -- satisfactorias en todos los casos.

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización del experimento

Tomando en cuenta que el tiempo de duración de la fermentación es directamente proporcional a la altitud, principalmente por efectos de variación de la temperatura (13), el presente estudio fue - realizado en tres fincas cafetaleras ubicadas en diferentes altitudes de las zonas centro y sur-oriental del país (cuadro 3).

### 5.2 Diseño experimental

En cada localidad se utilizó como diseño experimental la distribución completamente al azar, con siete tratamientos, incluyendo el testigo y tres repeticiones; con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = variable respuesta

$U$  = efecto de la media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = efecto del error experimental en cada tratamiento y cada repetición

Para estudiar el efecto de la acción conjunta de finca-tratamiento, la interpretación de los resultados se hizo a través de un análisis combinado en el espacio para el diseño completamente al -

CUADRO 3

Caracterización de los Sitios Experimentales. Guatemala, 1980-1981.

| Finca        | Propietario                    | Ubicación                        | Localización                     | Altitud (psnm) |         | Temperatura (C°) * |      |      |
|--------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|---------|--------------------|------|------|
|              |                                |                                  |                                  | beneficio      | cultivo | Med.               | Max. | Min. |
| Las Cerezas  | Lic. Mario E.<br>Portillo P.   | Sta. Cruz Naranjo,<br>Santa Rosa | Lat. 14°20'49"<br>Long.90°23'34" | 3450           | 3500    | 21.2               | 26.6 | 15.0 |
| La Primavera | Ing. Agr. Luis<br>Figuerola M. | Barberena, Santa<br>Rosa         | Lat. 14°16'28"<br>Long.90°24'38" | 3950           | 4025    | 19.9               | 30.6 | 9.0  |
| El Bosque    | Sr. Ramón Rodrí-<br>guez V.    | Villa Canales, -<br>Guatemala    | Lat. 14°28'27"<br>Long.90°30'53" | 4750           | 5000    | 16.9               | 23.3 | 12.4 |

\* Registros Climatológicos. INSIVUMEH, 1979.

azar. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + F_i + T_j + FT_{ij} + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = variable respuesta

$U$  = efecto de la media general

$F_i$  = efecto de la  $i$ -ésima finca

$T_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

$FT_{ij}$  = efecto de la interacción de la  $i$ -ésima finca  
y el  $j$ -ésimo tratamiento

$E_{ijk}$  = efecto del error experimental en cada finca,  
cada tratamiento y cada repetición

Asimismo, dentro de las fincas y entre las fincas se aplicó -  
la prueba de Tukey, por existir diferencia significativa entre tra-  
tamientos, entre fincas y en la interacción finca-tratamiento.

En base a la disponibilidad de los productos en el mercado, -  
fueron seleccionados y evaluados dos productos enzimáticos comercial  
les: fabricado a base de enzimas de uva uno y el otro a base de -  
enzimas de café (Apéndice 1).

Tomando como punto de partida las recomendaciones de las casas  
comerciales y experiencias obtenidas a nivel industrial, se determin  
aron tres diferentes dosis de cada uno de los preparados enzimáti-  
cos.

Conociendo la dosis comercial media se consideraron niveles de 100%, 75% y 50% para las enzimas de uva; y 100%, 85% y 70% para las enzimas de café; además se incluye el proceso de fermentación natural como testigo, completándose entonces siete tratamientos (cuadro 4).

CUADRO 4

Dosificación de los preparados enzimáticos evaluados en la fermentación del grano de café. Guatemala, 1980-1981.

| Trata-<br>miento | Preparado<br>Enzimático | Dosis por<br>6qq cereza | Dosis por<br>1qq cereza |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A                | Enzimas de Uva          | 1.00 g                  | 0.167 g                 |
| B                | Enzimas de Uva          | 0.75 g                  | 0.125 g                 |
| C                | Enzimas de Uva          | 0.50 g                  | 0.083 g                 |
| D                | Enzimas de Café         | 270.00 ml               | 45.000 ml               |
| E                | Enzimas de Café         | 229.50 ml               | 38.250 ml               |
| F                | Enzimas de Café         | 189.00 ml               | 31.500 ml               |
| G                | Testigo                 | -----                   | -----                   |

### 5.3 Variables consideradas

Las variables a evaluar fueron las siguientes:

- 5.3.1 El tiempo de degradación del mucílago
  - 5.3.2 Determinación de la proporción de peso del grano
  - 5.3.3 La calidad del producto final
- 5.4 Descripción de la metodología empleada

Se efectuó un recorrido de reconocimiento en las diferentes - áreas cafetaleras de las zonas centro y sur-oriental del país, con el objeto de identificar las fincas que reunieran ciertas características deseables para establecer en ellas el ensayo de campo.

5.4.1 Definición del sitio experimental

La ubicación de dichas fincas se llevó a cabo bajo los siguientes criterios:

- 5.4.1.1 Altitud del lugar. Las fincas seleccionadas tienen distintos rangos de altitud, que nos permiten una estratificación ecológica con un - cubrimiento de las diferentes zonas cultivadas con café; enmarcadas por la condición que define el factor altitud.
- 5.4.1.2 Posición geográfica. La ubicación de las fincas en sectores que - son núcleos de producción cafetalera, fue tomada en cuenta para con seguir mayor representatividad en la selección de las fincas.

5.4.2 Tamaño de la unidad experimental

De acuerdo a experiencias preliminares con trabajos de investigación sobre fermentación enzimática del grano de café (13), la unidad experimental en los ensayos de campo se decidió en lotes de

6qq de café cereza.

Cada uno de los lotes fue pesado y despulpado individualmente para luego pasar a formar un tratamiento y repetición cualquiera, - de acuerdo al sorteo efectuado con anterioridad.

#### 5.4.3 Estructuras para la degradación del mucílago

Como los tratamientos de fermentación natural y fermentación - con enzimas de uva necesitan de depósitos especiales llamados "Pilas de fermentación" o simplemente "Fermentadores", se usaron modelos - a escala que conservan las proporciones de un fermentador convencional (figura 1).

Dentro de las especificaciones para la construcción de dichos fermentadores se consideró un tipo de drenaje de falso fondo contínuo, con 4% de desnivel en forma convergente en el sentido transversal; con el objeto de ofrecer condiciones aeróbicas de fermentación y conseguir uniformidad en el proceso.

El uso de enzimas de café no requiere de pilas de fermentación, según los propios fabricantes del producto, éstas son sustituidas - por tanques de diseño simple de forma cilíndrica o con las esquinas redondeadas, si su forma es cúbica. En la parte superior de dicho tanque se coloca un motor eléctrico o de combustión interna que co-

munica movimiento a un disco especialmente diseñado para provocar la turbulencia necesaria de la masa de café, sin dañar el grano y ofreciendo las condiciones adecuadas para la reacción aeróbica -- (figura 2).

#### 5.4.4 Uso y aplicación de los productos evaluados

5.4.4.1 Enzimas de Uva. El peso del preparado enzimático correspondiente a cada tratamiento se diluyó en 200 ml. de agua; siguiendo las especificaciones de la casa comercial distribuidora, el grano recién despulpado se depositó en los fermentadores. Posteriormente, con la ayuda de un pequeño asperor manual se roció la solución enzimática, distribuyéndola uniformemente sobre la superficie del grano expuesta a los factores externos, cubriéndola con sacos de nylon. Tratada la masa de grano se dejó reposar hasta que alcanzara "el punto de lavado".

5.4.4.2 Enzimas de café. El flujo de café recién despulpado fue descargado en un tanque mezclador diseñado para una capacidad máxima de 3 qq de café cereza despulpado. A continuación se agregó agua a la masa de café hasta alcanzar niveles de 1 a 2 cm. sobre la superficie del grano y en seguida se adicionó la dosis de solución enzimática, según el tratamiento correspondiente utilizando para su medición una probeta de 100 ml. Una vez aplicada la enzima se procedió a agitar dinámicamente la mezcla durante el breve tiempo que

fue necesario para lograr la degradación del mucílago. Desde este momento, el café está listo para ser lavado.

#### 5.4.5 Lavado manual de los diferentes lotes

A continuación se procedió al lavado de cada uno de los lotes utilizándose el método manual de batido con palas de madera. Dicha operación (13), se efectuó vaciando, paleteando y desaguando el café en los fermentadores de la finca "Las Cerezas; mientras que en las fincas "La Primavera" y "El Bosque" se hizo en estructuras de concreto denominadas "Correteos".

#### 5.4.6 Secamiento del café pergamino

Luego de obtener un pergamino áspero, blanco y sin restos de mucílago, se extendió en patios de concreto para su secamiento al sol. Esta práctica (13), requiere del movimiento y volteo constante del café en los patios para acelerar y emparejar el grado de secamiento; siendo necesario el uso de rastrillos que forman surcos, de manera que una nueva pasada cambia y revuelve los surcos antes formados.

El "punto correcto de secamiento", fue determinado en la finca "Las Cerezas", con el aparato DOLE 400 moisture Tester y en forma empírica en las fincas "La Primavera" y "El Bosque".

Para conocer plenamente el contenido de humedad del grano en base seca se tomaron en laboratorios muestras de 15 g de café pergamino, éstas fueron sometidas al horno a temperaturas de 130°C por espacio de 6 horas.

El peso del pergamino seco de cada unidad experimental se expresó a un contenido standar del 12% de humedad en base seca; siendo posible entonces comparar el peso de los lotes procesados, en igualdad de condiciones.

#### 5.4.7 Calidad del producto final

La calidad del producto final se estimó a través de pruebas de catación. Catadores experimentados hicieron observaciones sobre;

##### 5.4.7.1 Aspecto del café verde

##### 5.4.7.2 Características del tueste, y

##### 5.4.7.3 Calidad de taza

Los tratamientos fueron agrupados en categorías, de acuerdo a los juicios y apreciaciones hechas por los mismos catadores en cada una de las observaciones. Dentro de dicha clasificación, cada escalón se calificó numéricamente con el objeto de expresar cuantitativamente las estimaciones de los catadores y hacer posible el análisis estadístico de los resultados por medio de pruebas de Chi-cuadrado.

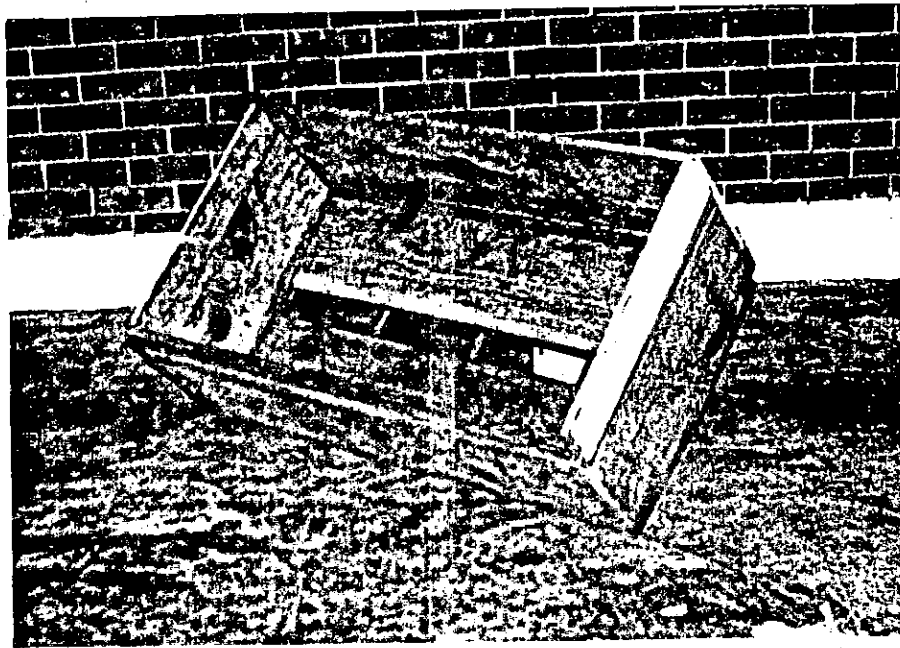


FIGURA 1

Estructura para la degradación del mucílago del grano de café. Modelo a escala de una pila de fermentación que - conserva las proporciones de un fermentador convencional. Guatemala, 1980-1981.

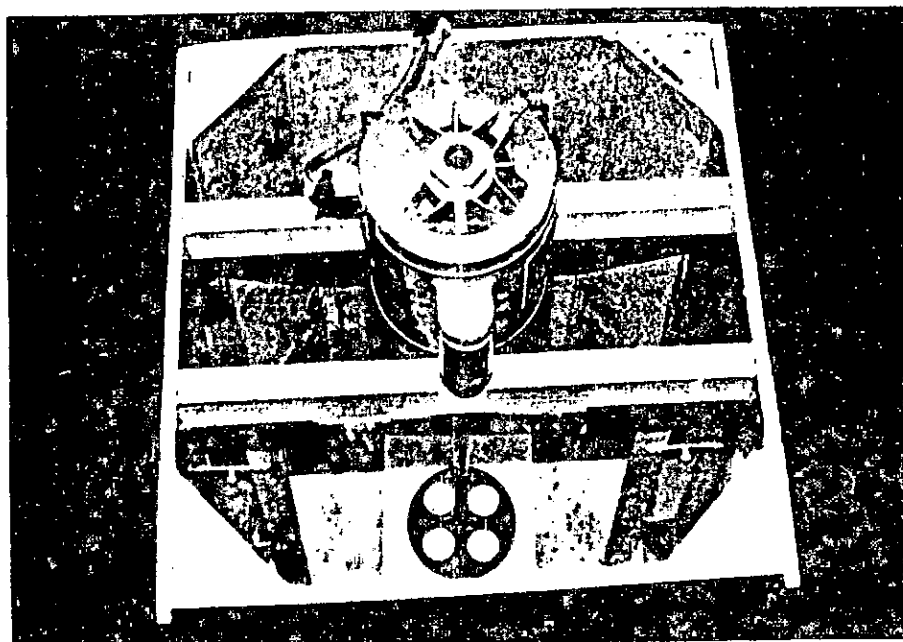


FIGURA 2

Estructura para la degradación del mucílago del grano de café. Tanque de esquinas redondeadas; con motor eléctrico y disco que provoca turbulencia de la masa de café .- Guatemala, 1980-1981.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Tiempo de degradación del mucílago

Las pruebas realizadas en tres fincas cafetaleras de las zonas centro y sur-oriental del país ponen en evidencia el efecto de las enzimas sobre el tiempo de desmucilaginación. Después de aplicados los productos enzimáticos los lotes de café tratados estuvieron -- "a punto de lavado" en menor tiempo que el testigo (cuadro 5).

CUADRO 5

Efecto de dos productos enzimáticos sobre el tiempo de degradación del mucílago del grano del café. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | <u>Tiempo promedio de desmucilaginación en horas</u> |                |             |
|--------------|------------------------------------------------------|----------------|-------------|
|              | "Las Cerezas"                                        | "La Primavera" | "El Bosque" |
|              | (Bajío)                                              | (Media)        | (Altura)    |
| A            | 16.500                                               | 48.500         | 51.807      |
| B            | 15.833                                               | 68.947         | 46.833      |
| C            | 16.667                                               | 92.667         | 77.193      |
| D            | 0.140                                                | 0.173          | 0.137       |
| E            | 0.146                                                | 0.183          | 0.137       |
| F            | 0.163                                                | 0.190          | 0.137       |
| G            | 32.640                                               | 113.000        | 80.917      |

Los resultados de tiempo de desmucilaginar obtenidos en la finca "Las Cerezas", fueron analizados estadísticamente de acuerdo al modelo establecido para el diseño experimental en distribución completamente al azar, resultando en el análisis de varianza diferencia altamente significativa entre tratamientos, debido a la aplicación de productos enzimáticos que aceleran el proceso de degradación del mucílago.

En la prueba de Tukey, la significancia que presentaron los tratamientos demuestra que éstos se ubicaron en tres grupos: D,E y F; sin diferencia significativa entre sí en el primer grupo. En el segundo grupo A,B y C, también sin diferencia entre sí, y en el tercero y último G (cuadro 6).

CUADRO 6

Prueba de Tukey. Tiempo de degradación del mucílago. Finca "Las Cerezas", Sta. Cruz Naranjo, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamiento | Medias (hrs) | Comparación |
|-------------|--------------|-------------|
| D           | 0.140        | a           |
| E           | 0.146        | a           |
| F           | 0.163        | a           |
| B           | 15.833       | b           |
| A           | 16.500       | b           |
| C           | 16.667       | b           |
| G           | 32.640       | c           |

En el análisis de varianza de los resultados obtenidos en la localidad de media altura (Finca "La Primavera"), para la variable "tiempo de degradación del mucílago", se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los productos utilizados tuvieron un marcado efecto sobre la duración del proceso de desmucilaginoamiento.

Los resultados promedio de los tratamientos, se compararon por medio de la prueba de Tukey. Los tres mejores tratamientos fueron D, E y F, que se agruparon en un mismo grupo, siendo significativamente superiores a A, B, C y aún más respecto a G. Luego A que supera a los restantes, en seguida B, seguido por C y por último G, como se aprecia en el Cuadro 7.

#### CUADRO 7

Prueba de Tukey. Tiempo de degradación del mucílago. Finca "La Primavera", Barberena, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamiento | Medias (hrs) | Comparación |
|-------------|--------------|-------------|
| D           | 0.173        | a           |
| E           | 0.183        | a           |
| F           | 0.190        | a           |
| A           | 48.500       | b           |
| B           | 68.947       | c           |
| C           | 92.667       | d           |
| G           | 113.000      | e           |

De acuerdo al análisis estadístico de los resultados obtenidos en la finca "El Bosque", pudo apreciarse que existen diferencias al tamente significativas entre tratamientos, lo que demuestra que hubo respuesta a la aplicación de enzimas que intervienen en la degradación del mucílago.

La comparación de los valores medios de los resultados se hizo a través de la prueba de Tukey. En éste caso tres tratamientos obtu vierón igual valor y a su vez registraron el mayor valor de todas, - siendo éstos tratamientos F, E y D. En seguida B superó a A, C y G, - éstos últimos no presentaron diferencia significativa entre sí. Es importante hacer notar que en todas las repeticiones, excepto una, A superó a B; sin embargo, el valor promedio de las repeticiones de B es mayor que el de A (cuadro 8).

#### CUADRO 8

Prueba de Tukey. Tiempo de degradación del mucílago. Finca "El Bosque", - Villa Canales, Guatemala. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamiento | Medias (hrs) | Comparación |
|-------------|--------------|-------------|
| F           | 0.137.       | a           |
| E           | 0.137        | a           |
| D           | 0.137        | a           |
| B           | 34.084       | b           |
| A           | 51.807       | b c         |
| C           | 77.193       | b c         |
| G           | 80.917       | c           |

El Análisis Combinado en el Espacio para el diseño experimental Completamente al azar de la variable "Tiempo de Degradación del mucílago", se expone en el Cuadro 9, el cual indica altas diferencias - significativas entre finca, tratamiento y la interacción finca-tratamiento.

CUADRO 9

Análisis de Varianza (ANDEVA). Tiempo de degradación del mucílago. Guatemala, 1980-1981.

| F.V.         | GL | SC       | CM      | FC     | FT   | Sig |
|--------------|----|----------|---------|--------|------|-----|
| Total        | 62 | 82343.51 |         |        |      |     |
| Fincas       | 2  | 13346.84 | 6673.42 | 141.12 | 5.15 | **  |
| Tratamientos | 6  | 54308.13 | 9051.35 | 191.40 | 3.26 | **  |
| F vrs. T     | 12 | 12702.30 | 1058.52 | 22.38  | 8.64 | **  |
| Error        | 42 | 1986.24  | 47.29   |        |      |     |

De acuerdo a la Prueba de Tukey (cuadro 10), las 9 mejores interacciones se lograrón con los tratamientos D,Ey F en las localidades bajo estudio, no existiendo diferencia significativa entre ellas. A continuación el comportamiento de las interacciones estuvo determinado mas bien por el factor localidad, influenciado por la temperatura, que por efecto del tratamiento.

Así, C-B, C-A y C-C se comportarón en mejor forma que C-G y B-B

las cuales a su vez son significativamente superiores que P-A y B-A, en seguida P-B; luego B-C y B-G, y por último P-C y P-G.

En forma general el tiempo de fermentación aumentó con la altitud, principalmente por efecto de la temperatura; siendo de menor - duración en los días calurosos que en aquellos fríos (13).

Durante el desarrollo de éste trabajo de investigación comparando las tres localidades bajo estudio, pudo observarse que en la finca "Las Cerezas", ubicada a 3450 psnm el tiempo requerido para - degradar completamente el mucílago fue menor que en las fincas "La Primavera" y el "El Bosque", con altitudes de 3950 psnm y 4750 psnm, respectivamente.

Si una comparación es hecha entre las localidades ubicadas a - 3950 psnm y 4750 psnm, hay un incremento del tiempo de fermentación en la localidad de media altura sobre la localidad de altura alta. Esto puede ser atribuido a que durante el desarrollo de la etapa - experimental en la finca "La Primavera", se registraron temperaturas tan bajas como 9°C, debido a masas de aire frío que afectaron a todo el país en esos días, este descenso de la temperatura disminuyó la velocidad de acción de las enzimas (4), principalmente la actividad de las enzimas de uva, las cuales disminuyeron fuertemente su acción catalítica por debajo de los 10°C (5).

## CUADRO 10

Prueba de Tukey. Tiempo de degradación del mucílago. Guatemala, 1980-1981

| Interacciones | Medias (hrs) | Comparación |
|---------------|--------------|-------------|
| B-D           | 0.137        | a           |
| B-E           | 0.137        | a           |
| B-F           | 0.137        | a           |
| C-D           | 0.140        | a           |
| C-E           | 0.146        | a           |
| C-F           | 0.163        | a           |
| P-D           | 0.173        | a           |
| P-G           | 0.183        | a           |
| P-F           | 0.190        | a           |
| C-B           | 15.833       | a b         |
| C-A           | 16.500       | a b         |
| C-C           | 16.667       | a b         |
| C-G           | 32.640       | b c         |
| B-B           | 46.833       | c           |
| P-A           | 48.500       | c d         |
| B-A           | 51.807       | c d         |
| P-B           | 68.947       | d e         |
| B-C           | 77.193       | e f         |
| B-G           | 80.917       | e f         |
| P-C           | 92.667       | f g         |
| P-G           | 113.000      | g           |

## 6.2 Determinación de la proporción de peso del grano

Para determinar el efecto de los productos enzimáticos en el rendimiento en peso del café se hicieron evaluaciones sobre el peso del pergamino seco, standarizado a 12% de humedad en base seca, y también se evaluó la proporción de 6qq cereza a pergamino.

En los cuadros 11, 13 y 15, se reportan los valores promedio del rendimiento de pergamino seco obtenidos en los ensayos de campo; puede observarse que la altitud de cultivo guarda relación directa con el peso del grano procesado; siendo mayor el rendimiento de pergamino cuanto mayor sea la altitud de cultivo y por consiguiente la relación cereza/pergamino es menor (13).

El análisis estadístico de los valores obtenidos en relación al rendimiento en pergamino seco, de la finca "Las Cerezas", evidenció la existencia de una diferencia altamente significativa entre tratamientos.

## CUADRO 11

Variaciones en peso de pergamino seco por tratamiento, y relación cereza/pergamino. Finca "Las Cerezas", Sta. Cruz Naranjo, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Pergamino<br>(lbs) | Relación<br>Cereza/Pergamino |
|--------------|--------------------|------------------------------|
| A            | 122.723            | 4.89 : 1                     |
| B            | 124.287            | 4.95 : 1                     |
| C            | 122.277            | 4.91 : 1                     |
| D            | 128.223            | 4.68 : 1                     |
| E            | 128.663            | 4.66 : 1                     |
| F            | 127.420            | 4.71 : 1                     |
| G            | 121.880            | 4.92 : 1                     |

La comparación de las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey, demostró que los mejores tratamientos fueron E, D, y F, que ubicados en un mismo grupo no presentan diferencia significativas entre sí, pero significativamente superiores a A, C, G y B, colocados en el grupo subsiguiente (cuadro 12).

## CUADRO 12

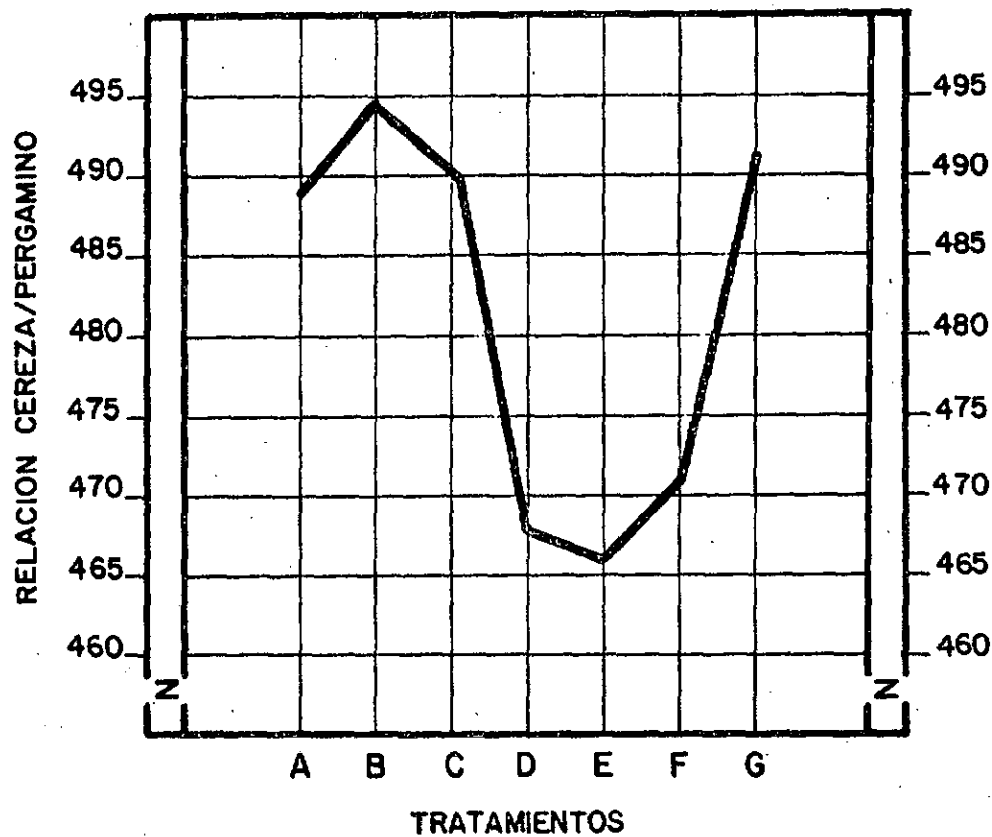
Prueba de Tukey. Peso de pergamino seco. Finca "Las Cerezas", Sta. Cruz - Naranjo, Sta. Rosa, Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Medias (lbs) | Comparación |
|--------------|--------------|-------------|
| E            | 128.633      | a           |
| D            | 128.223      | a           |
| F            | 127.420      | a           |
| A            | 122.723      | b           |
| C            | 122.277      | b           |
| G            | 121.880      | b           |
| B            | 121.287      | b           |

Esta situación parece estar más clara cuando se comparan las relaciones cereza/pergamino (cuadro 11, gráfica 1). En orden de importancia E,D y F, aparecen como los mejores tratamientos. A, - por su parte les siguió en importancia y luego C. El único tratamiento que no superó a G (testigo), fue B.

## GRAFICA 1

FLUCTUACIONES DE LA RELACION CEREZA/PER -  
GAMINO. FINCA "LAS CEREZAS," SANTA CRUZ  
NARANJO, SANTA ROSA. GUATEMALA, 1980 -  
1981



De acuerdo al rendimiento en peso de pergamino seco por unidad experimental, obtenido en trabajos efectuados en la finca "La Primavera", Barberena, Sta. Rosa, y a través del análisis de varianza de dichos valores, se encontró que estadísticamente existe diferencia altamente significativa entre tratamientos.

CUADRO 13

Variaciones en peso de pergamino seco por tratamiento, y relación cereza/pergamino. Finca "La Primavera", Barberena, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Pergamino<br>(lbs) | Relación<br>cereza/pergamino |
|--------------|--------------------|------------------------------|
| A            | 139.647            | 4.30 : 1                     |
| B            | 139.523            | 4.30 : 1                     |
| C            | 139.197            | 4.31 : 1                     |
| D            | 149.147            | 4.02 : 1                     |
| E            | 150.947            | 3.97 : 1                     |
| F            | 149.110            | 4.02 : 1                     |
| G            | 139.183            | 4.31 : 1                     |

La comparación por medio de la prueba de Tukey de los valores promedio obtenidos en los tratamientos resultó favorable a E,D y F, los cuales se colocaron en un mismo grupo. Mientras tanto A,B,C y G, sin ninguna diferencia significativa entre sí, fueron inferiores (cuadro 14).

## CUADRO 14

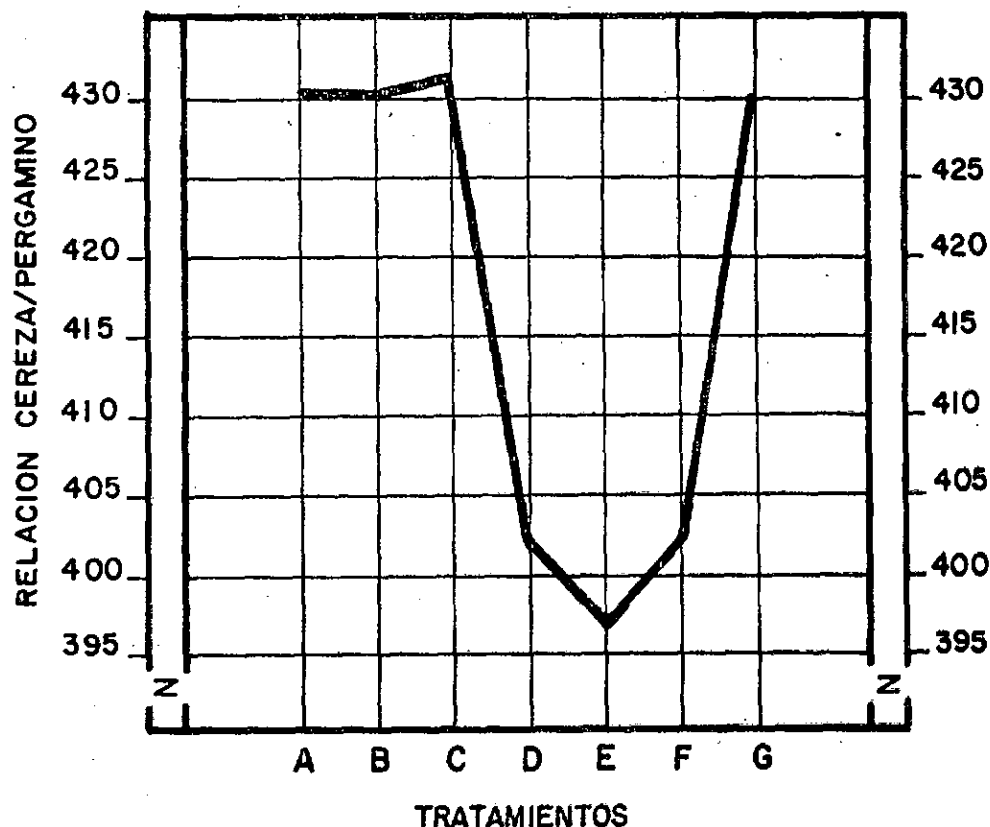
Prueba de Tukey. Peso de pergamino seco. Finca "La Primavera", Barberena, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Medias (lbs) | Comparación |
|--------------|--------------|-------------|
| E            | 150.947      | a           |
| D            | 149.147      | a           |
| F            | 149.110      | a           |
| A            | 139.647      | b           |
| B            | 139.523      | b           |
| C            | 139.197      | b           |
| G            | 139.183      | b           |

Una representación esquemática de la relación cereza/pergamino es presentada en la Gráfica 2, para cada uno de los tratamientos. Puede observarse que E presentó la menor proporción, muy de cerca le siguen en importancia D y F, a continuación A y B, y por último C y G, con la mayor proporción. Utilizando en general 6qq de café cereza.

## GRAFICA 2

FLUCTUACIONES DE LA RELACION CEREZA/PER  
GAMINO. FINCA "LA PRIMAVERA", BARBERENA,  
SANTA ROSA. GUATEMALA, 1980-1981



Para el caso de la finca "El Bosque", Villa Canales, Guatemala, la situación es similar, el análisis estadístico de los resultados reportados en el Cuadro 15 resultó altamente significativo entre tratamientos.

CUADRO 15

Variación en peso de pergamino seco por tratamiento, y relación cereza/pergamino. Finca "El Bosque", Villa Canales, Guatemala. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Pergamino<br>(lbs) | Relación<br>cereza/pergamino |
|--------------|--------------------|------------------------------|
| A            | 151.903            | 3.95 : 1                     |
| B            | 150.363            | 3.99 : 1                     |
| C            | 149.760            | 4.01 : 1                     |
| D            | 159.363            | 3.76 : 1                     |
| E            | 157.710            | 3.80 : 1                     |
| F            | 159.563            | 3.76 : 1                     |
| G            | 149.910            | 4.00 : 1                     |

Los resultados obtenidos en los tratamientos, fueron comparados en la prueba de Tukey, y los mejores tratamientos para esta localidad, fueron nuevamente F,D y E que ubicados en un mismo grupo fueron significativamente superiores a A,B,G y C (cuadro 16).

CUADRO 16

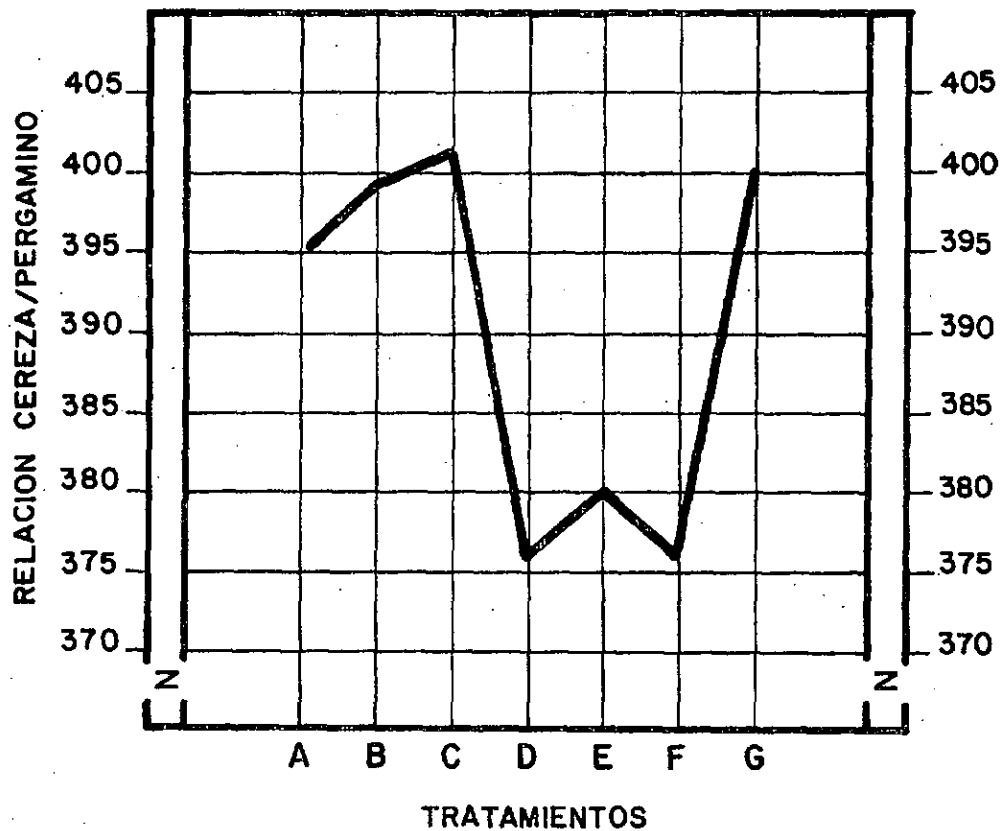
Prueba de Tukey. Peso de pergamino seco. Finca "El Bosque", Villa Canales, Guatemala. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamientos | Medias (lbs) | Comparación |
|--------------|--------------|-------------|
| F            | 159.563      | a           |
| D            | 159.363      | a           |
| E            | 157.710      | a           |
| A            | 151.903      | b           |
| B            | 150.363      | b           |
| G            | 149.910      | b           |
| C            | 149.760      | b           |

Una respuesta similar se obtuvo al hacer comparaciones de las relaciones cereza/pergamino para cada uno de los tratamientos. Lógicamente, a los mayores rendimientos en peso correspondieron las menores proporciones (cuadro 15), puede apreciarse (gráfica 3), que para los tratamientos D, F y E corresponden las menores proporciones en su orden. Por otro lado, la proporción de A es más ventajosa que B, que a su vez es superior a G, siendo la mayor proporción la del tratamiento C.

## GRAFICA 3

FLUCTUACIONES DE LA RELACION CEREZA/PERGAMINO. FINCA "EL BOSQUE," VILLA CANALES, GUATEMALA. GUATEMALA, 1980 - 1981



No fue posible comparar los rendimientos en pergamino seco - o la relación cereza/pergamino, entre las diferentes localidades bajo estudio, puesto que ambos parámetros presentan variaciones - de acuerdo a la altitud de cultivo, analizando los Cuadros 11, 13 y 15, es evidente que los rendimientos en café pergamino son mayo-

res cuanto mayor sea la altitud de cultivo y en consecuencia la relación cereza/pergamino es menor.

Menchú (13), agrega otros factores que hacen muy variable la relación cereza/pergamino entre ellos: la variedad, edad, el estado fitosanitario del cafetal, las prácticas de manejo en el cultivo y en el beneficio húmedo. También en una misma finca esta relación puede cambiar año con año, y aún durante la misma cosecha. Es más, otros investigadores (11), sostienen que pueden presentarse variaciones de un día para otro.

### 6.3 Calidad del producto final

Para establecer la calidad del producto final, expertos catadores hicieron apreciaciones organolépticas sobre las características o cualidades que dependen del aspecto físico del grano tanto - en verde como tostado, por un lado y por otro, en aquellas que se refieren específicamente a la bebida. Estas características fueron evaluadas siguiendo las normas que rigen las prácticas actuales de calificación del café con fines de comercialización.

Las estimaciones cualitativas de dichas apreciaciones se encuentran anotadas en los Cuadros 17, 18 y 19. Cabe señalar que el tiempo transcurrido entre la recolección y el despulpado del fruto, para la mayoría de los casos, fue de 24 horas hasta 36 horas, razón que hace aparecer el grano verde con película rojiza adherida. Pa-

ra el caso de la Finca "Las Cerezas" (cuadro 17). La recolección - del fruto medio maduro o verde se reflejó en el tueste con la presencia de algunos granos de "Quakers"; mientras que en la taza los sabores áspero y sucio son debidos también a esta situación. En la Finca "El Bosque" (cuadro 19), la cosecha de café sobre-maduro y el retraso en el despulpado del fruto, pueden considerarse factores responsables del mal aspecto del grano verde y de la mala calidad de taza, como lo reportaron en las pruebas de catación (12)

Las apreciaciones cualitativas de los expertos catadores sobre: el aspecto del café verde, características del tueste, y calidad de taza, sirvieron de base para establecer valores cuantitativos para cada una de las cualidades consideradas, como puede apreciarse en el Cuadro 20.

El análisis estadístico por separado de los valores de dichas características, através de la prueba de Chi cuadrado, se muestra en el Cuadro 21, puede notarse la escasa significancia que tienen - las características del verde y tueste en la Finca "El Bosque" y la taza en la Finca "Las Cerezas". Sin embargo, vale la pena señalar que en general se encontró que estadísticamente no es significativo el efecto de la adición de enzimas para la eliminación del mucílago del grano de café sobre la calidad del producto final.

## CUADRO 17

Prueba de Catación. Estimaciones cualitativas de la calidad del Producto Final

Finca "Las Cerezas", Sta. Cruz Itzamal, Sta. Rosa, Guatemala, 1980-1981

| Tratamiento | Verde                                                                                             | Tueste                                     | Taza                  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|
| A           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, grano con película                   | bastante bueno con algunos Quakers         | sana<br>(algo áspera) |
| B           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, grano con película rojiza            | bastante bueno                             | sana                  |
| C           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, grano con película rojiza            | bastante bueno con algunos Quakers         | sana                  |
| D           | bastante buena apariencia y color; secamiento disperejo, grano con algo de película y fermentados | bastante bueno con algunos Quakers         | algo sucia<br>(paja)  |
| E           | bastante buena apariencia y color; secamiento disperejo, reseco algunos granos fermentados        | bastante bueno, opaco, con algunos Quakers | algo agría            |
| F           | bastante buena apariencia y color; secamiento algo disperejo, grano algo jitoso                   | bastante bueno con algunos Quakers         | áspero y sucio        |
| G           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, grano con película rojiza            | bastante bueno con algunos Quakers         | algo sucia            |

CUADRO 13

Prueba de Catación. Estimaciones cualitativas de la calidad del Producto Final.

Finca "La Primavera", Barberena, Sta. Rosa. Guatemala, 1980-1981

| Tratamientos | Verde                                                                                  | Tueste                                 | Taza                        |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| A            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>disparejo, reseco, grano con película | bueno con algunos<br>Quakers           | sana                        |
| B            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>disparejo, reseco y jiotoso           | bastante bueno, con<br>algunos Quakers | sana                        |
| C            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>algo disparejo, reseco, grano jiotoso | bueno, bastante<br>uniforme            | sucia<br>(algo astringente) |
| D            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>algo disparejo, algo jiotoso          | bueno, bastante<br>uniforme            | sana                        |
| E            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>algo disparejo, con algo de película  | bueno, uniforme                        | sana                        |
| F            | buen a apariencia y color; buen punto de se-<br>camiento, grano algo jiotoso           | bueno, uniforme                        | sana                        |
| G            | bastante buena apariencia y color; secamiento<br>disparejo, reseco y jiotoso           | bueno, algo flojo                      | sucia y amarga              |

CUADRO 19

Prueba de Catación. Estimaciones cualitativas de la calidad del Producto Final.

Finca "El Bosque", Villa Canales, Guatemala. Guatemala, 1980-1981.

| Tratamiento | Verde                                                                                                     | Tueste                                    | Taza           |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|
| A           | buena apariencia y color; buen punto de secamiento con mucha película rojiza                              | bueno, uniforme                           | fermentada     |
| B           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, mucha película rojiza                        | bueno, bastante uniforme                  | algo agria     |
| C           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, con película rojiza, unos granos fermentados | bueno, uniforme                           | fermento agrio |
| D           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, con película rojiza, unos granos fermentados | bueno, uniforme                           | agria y amarga |
| E           | buena apariencia y color; buen punto de secamiento grano algo jotoso                                      | bueno, uniforme                           | agria y amarga |
| F           | bastante buena apariencia y color; buen punto de secamiento, algo de película                             | bastante uniforme<br>bueno                | algo agria     |
| G           | regular apariencia y color; buen punto de secamiento con película rojiza y fermentados                    | regular, disparejo,<br>opaco, con Quakers | fermentado     |

Prueba de catación. Estimaciones cuantitativas de la calidad del producto - final. Guatemala, 1980-1981.

| Fincas       | Tratamientos | Verde | Tueste | Taza |
|--------------|--------------|-------|--------|------|
| Las Cerezas  | A            | 6.5   | 8.0    | 8.0  |
| Las Cerezas  | B            | 6.5   | 9.5    | 10.0 |
| Las Cerezas  | C            | 6.5   | 8.0    | 10.0 |
| Las Cerezas  | D            | 4.5   | 8.0    | 10.0 |
| Las Cerezas  | E            | 4.5   | 8.0    | 7.5  |
| Las Cerezas  | F            | 5.0   | 8.0    | 5.0  |
| Las Cerezas  | G            | 7.0   | 8.0    | 6.5  |
| La Primavera | A            | 6.5   | 8.0    | 10.0 |
| La Primavera | B            | 6.5   | 7.0    | 10.0 |
| La Primavera | C            | 6.5   | 7.0    | 10.0 |
| La Primavera | D            | 7.5   | 9.5    | 10.0 |
| La Primavera | E            | 7.5   | 10.0   | 10.0 |
| La Primavera | F            | 9.5   | 10.0   | 10.0 |
| La Primavera | G            | 6.5   | 10.0   | 10.0 |
| El Bosque    | A            | 8.0   | 10.0   | 4.0  |
| El Bosque    | B            | 8.0   | 10.0   | 7.0  |
| El Bosque    | C            | 9.0   | 10.0   | 8.0  |
| El Bosque    | D            | 7.5   | 10.0   | 6.0  |
| El Bosque    | E            | 8.0   | 10.0   | 6.0  |
| El Bosque    | F            | 9.5   | 10.0   | 7.0  |
| El Bosque    | G            | 5.0   | 6.0    | 4.0  |
| El Bosque    | C            | 4.0   | 6.0    | 4.0  |

CUADRO 21

Prueba de Chi cuadrado. Calidad del producto final. Guatemala, 1980-1981.

| Fincas       | Verde      | Tueste     | Taza       |
|--------------|------------|------------|------------|
| Las Cerezas  | 1.00 (NS)  | 0.281 (NS) | 13.050 (*) |
| La Primavera | 9.461 (NS) | 1.718 (NS) | 4.880 (NS) |
| El Bosque    | 13.900 (*) | 13.668 (*) | 5.812 (NS) |

$$\chi^2_{0.05} = 12.592$$

#### 6.4 Análisis de rentabilidad bruta

Para dictaminar una recomendación basada en los resultados económicos obtenidos, se procede a efectuar un análisis sobre la rentabilidad bruta de los ensayos efectuados en las tres localidades bajo estudio.

Por medio de la comparación de los valores medios del peso del pergamino seco a través de la prueba de Tukey, no se detectó diferencia significativa, en ninguna localidad, entre los tratamientos a base de enzimas de uva y el testigo (A,B,C y G); igual situación se presentó para los tratamientos a base de enzimas de café (D,E y F) (cuadros 12, 14 y 16); con base en lo anteriormente expuesto - el análisis de rentabilidad bruta se calculó considerando la tota-

lidad de café procesado con la adición de un mismo producto enzimático en las tres fincas.

Como puede apreciarse en el Cuadro 22, la relación cereza/pergamino entre los tratamientos varió dependiendo del preparado enzimático utilizado; obteniéndose con la enzima de café una proporción de 4.12 : 1, con la enzima de uva 4.36 : 1, y con el testigo 4.38 : 1. Utilizando diversas dosis de enzimas puede observarse que los resultados obtenidos en el rendimiento en peso no variaron, para un mismo preparado enzimático; pero si repercute en el costo del proceso ya que a mayor cantidad de enzimas utilizadas el costo sube; afectando la utilidad o rentabilidad bruta de los diversos tratamientos ensayados.

Rentabilidad de la Evaluación de Dos Preparados Enzimáticos, a tres diferentes dosis para la desmucilagínación del grano de café. Guatemala, 1980-1981

| Tratamiento | Materia Prima Directa |                   |                   | Enzimas          |                 |                   |                 | Ganancia en Peso |        | Venta (Q)                |  | Utilidad      | Rentabilidad |
|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|--------|--------------------------|--|---------------|--------------|
|             | Cereza<br>(lb)        | Pergamino<br>(lb) | Proporción<br>c/p | Unidad<br>Medida | No.<br>Unidades | Costo<br>Unitario | Costo<br>Total. | %<br>Pergamino   | (lb)   | libra total<br>pergamino |  | Bruta<br>(Q). | Bruta<br>(%) |
| A           | 16200                 | 3710.98           | 4.36:1            | g                | 27.0000         | 0.300             | 8.10            | 0.46             | 17.07  | 0.75 12.80               |  | 4.70          | 58           |
| B           | 16200                 | 3710.98           | 4.36:1            | g                | 20.2500         | 0.300             | 6.08            | 0.46             | 17.07  | 0.75 12.80               |  | 6.72          | 111          |
| C           | 16200                 | 3710.98           | 4.36:1            | g                | 13.5000         | 0.300             | 4.05            | 0.46             | 17.07  | 0.75 12.80               |  | 8.75          | 216          |
| D           | 16200                 | 3930.35           | 4.12:1            | lt               | 7.2900          | 6.592             | 48.06           | 6.31             | 248.00 | 0.75 186.00              |  | 137.94        | 287          |
| E           | 16200                 | 3930.35           | 4.12:1            | lt               | 5.5485          | 6.592             | 36.53           | 6.31             | 243.00 | 0.75 136.00              |  | 149.42        | 408          |
| F           | 16200                 | 3930.35           | 4.12:1            | lt               | 5.1030          | 6.592             | 33.64           | 6.31             | 243.00 | 0.75 186.00              |  | 152.36        | 453          |
| G           | 5400                  | 1232.92           | 4.38:1            | --               | -----           | -----             | -----           | ----             | -----  | -----                    |  | -----         | ---          |

## 7. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al presente estudio se demostró que efectivamente - se justifica el uso de enzimas en el proceso de eliminación del mucílago del grano de café desde el punto de vista técnico y - económico.
2. En base al presente trabajo se concluye que la utilización de enzimas reduce notablemente el tiempo requerido para degradar completamente el mucílago. Estas diferencias han sido mayores conforme hay un aumento en la altitud; principalmente por efecto de la temperatura.
3. El análisis estadístico de los resultados obtenidos en las tres localidades establece que para el tiempo de degradación del mucílago, las enzimas de café actuarón con mayor eficiencia, no encontrándose diferencias significativas por efecto de la dosificación. Por otra parte, las enzimas de uva, bajo condiciones de altura media y alta, fueron más efectivas a dosis mayores, mientras que para condiciones de altura de bajo, no hubo diferencia entre dosis.
4. La recuperación de peso del grano es mayor cuando el tiempo de desmucilagínación es menor. Presentándose la mayor parte de pérdidas de peso durante las primeras horas de fermentación.

5. Los dos productos evaluados en sus diferentes dosis no presentaron ninguna alteración indeseable en la calidad del producto final; resultando las pruebas de catación completamente satisfactorias.

## 8. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al análisis de rentabilidad, se sugiere que para la generalidad de las diferentes empresas cafetaleras se utilice enzimas de café en dosis de 31.5 ml/qq de café cereza -- despulpado.
2. Se justifica el uso de enzimas de uva cuando la capacidad instalada de las pilas de fermentación presenta insuficiente capacidad, principalmente cuando se presentan "picos de cosecha" y/o descensos bruscos de temperatura.
3. Se recomienda el uso de enzimas de uva a razón de 0.5 g/6qq -- de café cereza despulpado para las condiciones de bajo y -- 1.0 g/6qq de café cereza despulpado para las condiciones de -- altura media y alta.
4. Se sugiere la ejecución de estudios que permitan determinar la correlación existente entre la duración del proceso de -- desmucilagínamiento y la pérdida de sólidos del grano, recomendándose aumentar el peso de la unidad experimental para lo grar detectar pequeñas variaciones de peso a diferentes intervalos de tiempo.

9. APENDICE

## CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EVALUADOS

1. Nombres: Ultrazym-100, Irgazym-100

Tipo: es un preparado enzimático, fabricado a base de enzimas de uva, usado en la preparación de jugos de fruta en la vinificación y en la fermentación del grano de café.

Presentación: granulado, ligeramente amarillo y completamente soluble en agua. El suministro se realiza en latas cerradas herméticamente de 50 gramos.

Origen: Ciba-Geigy, S. A.

2. Nombres: Demusil

Tipo: es un preparado enzimático, fabricado a base de enzimas de café, usado en la eliminación del mucílago del grano de café.

Presentación: solución acuosa, completamente incolora. El suministro se realiza en envases de plástico de 5 litros.

Origen: Lancaster International Chemical Corp.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, F. La utilización industrial del grano de café y de sus subproductos. Guatemala, ICAITI, 1966. 33 p. (ICAITI. - Investigaciones Tecnológicas, no. 1)
2. BRESSANI, R. Posibles usos de los subproductos del grano de café. In: Braham, J.E. y Bressani, R. Pulpa de café; composición, tecnología y utilización. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo-Oficina Regional - para América Latina y El Caribe, 1978. pp. 31-43 (IDRC-108s)
3. ----- Subproductos del fruto de café. In: Braham, J.E. y Bressani, R. Pulpa de café; composición, tecnología y utilización. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo-Oficina Regional para América Latina y El Caribe, 1978. pp. 9-17 (IDRC-108s)
4. CARBONELL, R. y VILANOVA, M. Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de soda cáustica. El Salvador, Centro Nacional de Agronomía. Boletín Técnico no. 13. 1952. ----- pp.19-94
5. CIBA-GEIGY. Technical information; the role of ultrazym 100 and ultrazym 100 special preparation in the treatment of fruit - juices. s.d.e. 11 p. (Products for the food processing - industries)
6. COSTE, R. El café. Trad. por Vicente Ripoll. Barcelona, España, Blume, 1975. pp. 12-14; 157-161

7. ELIAS, L. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: Braham, J.E. y Bressani, R. pulpa de café; composición, tecnología y utilización. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo-Oficina Regional para América Latina y El Caribe, 1978. pp. 19-29 (IDRC-108s)
8. GUATEMALA, ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE. Biografía del café; síntesis cronológica. Revista ANACAFE (Guatemala). 4 (187): 61-64. 1979
9. -----Biografía del café; síntesis cronológica. Revista ANACAFE (Guatemala). 5 (192): 31-37. 1980
10. -----BANCO DE GUATEMALA. Posibilidades de mejorar la producción de café en Guatemala. Informe Económico. no. 28. abril-junio - 1980. pp. 1-52
11. LARA, F. Eliminación ultrarápida del mucílago en el beneficiado del café usando las enzimas demucil, reportes de recuperación de peso en el grano de café. Guatemala, 1980? 5 p. (mimeo)
12. MENCHU, J. Determinación de la calidad del café. Guatemala, Asociación Nacional del Café. Boletín Técnico no. 8. 1971. pp. 1-26
13. ----- Manual práctico de beneficios de café. Guatemala, Asociación Nacional del Café. Boletín Técnico no. 13. 1973. 96 p.

14. ----- y Rolz, C. Coffe fermentation technology. In: American Chemical Society Meeting. Washington D. C. 13-17 september 1971. Guatemala, ICAITI, 1971. pp. 55-60
15. ROLZ, C., MENCHU, J., ESPINOSA, A. y GARCIA-PRENDEZ. Coffe fermentation studies. In: Cinqueme Colloque International sur la - Chimie des Cafes. Lisbonne. 14-19 juin 1971. Guatemala, --- ICAITI, 1971. pp. 259-269

*Lo 30*  
*Ch. Ramirez*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

"IMPRIMASE"

Dr. Antonio A. Sandoval S.  
D E C A N O

