

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**BENEFICIADO ECOLÓGICO DEL CAFÉ  
( Coffea arábica L.), PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO  
AMBIENTE**

**DOCUMENTO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**HECTOR GUILLERMO RODRÍGUEZ TOLEDO**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADO**

**Guatemala, julio de 2003.**

DL  
10  
T(2006)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANO	Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ.
VOCAL PRIMERO	ING. AGR. ALFREDO ITZEP MANUEL.
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR. MANUEL DE JESÚS MARTINEZ OVALLE.
VOCAL TERCERO	ING. AGR. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ.
VOCAL CUARTO	BR. LUIS ANTONIO RAGUAY PIRIQUE.
VOCAL QUINTO	BR. JUAN MANUEL COREA OCHOA.
SECRETARIO	ING. AGR. PEDRO PELAEZ REYES.

Guatemala, Julio de 2003

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

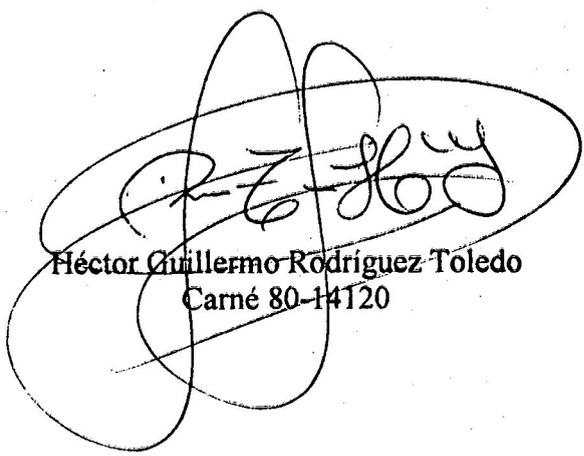
Distinguidos Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el documento de graduación titulado:

**BENEFICIADO ECOLÓGICO DEL CAFÉ PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

Presentando como un requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de Licenciado.

De ustedes Atentamente,



Héctor Guillermo Rodríguez Toledo  
Carné 80-14120

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por ser el guía de mi vida.

MIS PADRES

Héctor Guillermo Rodríguez Funes  
María Elba Esperanza Toledo de Rodríguez

MI ESPOSA

Astrid Anabella Díaz de Rodríguez.  
Por su apoyo, comprensión y Amor  
Incondicional.

MIS HIJAS

Astrid María y Carmen Lucía.  
Como un ejemplo para su superación.

MI FAMILIA

**TESIS QUE DEDICO**

A: MI PATRIA GUATEMALA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA.

FACULTAD DE AGRONOMIA.

ING. AGR. WALDEMAR NUFIO REYES

ING. AGR. FRANCISCO ANZUETO RODRÍGUEZ, Dr. Sc.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

A los ingenieros Agrónomos Waldemar Nufio Reyes y Francisco Anzueto Rodríguez, por su asesoría, sugerencias y revisión del presente trabajo.

**A mi familia política, por brindarme siempre su apoyo.**

# CONTENIDO GENERAL

- INDICE DE CUADROS.....III
- INDICE DE FIGURAS .....IV
- RESUMEN ..... V
- 1. INTRODUCCION..... 1
- 2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 2
- 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3
- 4. MARCO TEORICO..... 4
  - 4.1 MARCO CONCEPTUAL..... 4
    - 4.1.1 *Historia del beneficiado del café*..... 4
  - 4.2 PERIODO 1,800 A 1,850..... 4
  - 4.3 PERIODO DE 1,850 A 1,950..... 5
  - 4.4 PERIODO 1,950 A 1,961 – INSTITUTO AGROPECUARIO NACIONAL..... 6
  - 4.5 PERIODO DE 1,962 EN ADELANTE – ANACAFE..... 7
  - 4.6 PERIODO 1,971 A 1,984 – INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL Y FEDERACION DE COOPERATIVAS CAFETALERAS DE GUATEMALA..... 7
  - 4.7 PERIODO DE 1,984 EN ADELANTE..... 8
  - 4.8 BENEFICIADO HUMEDO..... 8
    - 4.8.1 *El Recibo Del Café y Su Separación Del Fruto Anormal*..... 9
    - 4.8.2 *El Tanque Recibidor*..... 10
    - 4.8.3 *Recibidor Con Agua y La Separación Del Fruto Anormal*..... 10
    - 4.8.4 *La Remoción De La Pulpa*..... 11
    - 4.8.5 *Disposición De La Pulpa*..... 11
    - 4.8.6 *Limpieza Del Café Recién Despulpado*..... 12
    - 4.8.7 *Zarandas Oscilantes*..... 12
    - 4.8.8 *Cribas Rotatorias*..... 12
    - 4.8.9 *Preclasificador De Agaard*..... 13
    - 4.8.10 *Eliminación Del Mucilago*..... 13
    - 4.8.11 *Fermentación Natural Del Café*..... 13
    - 4.8.12 *Práctica De Fermentación Natural*..... 14
    - 4.8.13 *Efecto Sobre La Bebida*..... 14
    - 4.8.14 *Efectos Sobre El Aspecto Del Café En Oro*..... 15
    - 4.8.15 *Efecto Sobre El Rendimiento*..... 15
    - 4.8.16 *Sistemas Mecánicos De Eliminación Del Mucilago*..... 16
    - 4.8.17 *Métodos Químicos Para Eliminación Del Mucilago*..... 16
    - 4.8.18 *Fermentación Enzimática Artificial*..... 17
    - 4.8.19 *Lavado Del Grano*..... 17
    - 4.8.20 *Secado Del Grano*..... 18
  - 4.9 CARACTERIZACION DE LOS TIPOS DE BENEFICIADO HUMEDO..... 18
    - 4.9.1 *Beneficio Tradicional*..... 18
      - A Ubicación Geográfica..... 18
      - B Fases Del Proceso..... 19
    - 4.9.2 *Beneficio Semitecnificado*..... 20
      - A Ubicación Geográfica..... 20
      - B Mejoras En El Proceso..... 20
      - C Tratamiento De Subproductos..... 21
    - 4.9.3 *Beneficio Tecnificado*..... 21
      - A Ubicación Geográfica..... 21

B	Mejoras Al Proceso.....	21
C	Tratamiento De Subproductos.....	22
4.9.4	<i>Beneficio Artesanal</i> .....	22
A	Ubicación Geográfica.....	22
B	El Proceso.....	22
4.9.5	<i>Beneficio Comercial</i> .....	22
A	Ubicación Geográfica.....	22
B	El Proceso.....	23
4.10	PARÁMETROS A MONITOREAR.....	23
4.11	ANÁLISIS DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO, DESCARGA Y CUERPO RECEPTOR.....	23
4.11.1	<i>Resultados En Beneficios Tradicionales, Semitecnificados Y Tecnificados</i> .....	23
4.12	ESTUDIO DE NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO TOTALES EN PERFILES DE SUELO EN FOSA DE SEDIMENTACION Y EN UN AREA TESTIGO.....	25
4.12.1	<i>Justificación</i> .....	25
4.12.2	<i>Metodología</i> .....	25
4.12.3	<i>Resultados Obtenidos</i> .....	25
4.13	EVALUACION DE MÉTODOS FISICO-QUÍMICO Y BIOLÓGICO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO HUMEDO.....	27
4.14	PRINCIPALES ACTIVIDADES DE CADA ETAPA.....	28
4.14.1	<i>Etapa I</i> .....	29
4.14.2	<i>Etapa II</i> .....	30
4.14.3	<i>Etapa III</i> .....	30
5.	OBJETIVOS.....	31
5.1	GENERAL.....	31
5.2	ESPECÍFICOS.....	31
6.	METODOLOGÍA.....	32
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
8.	CONCLUSIONES.....	40
9.	RECOMENDACIONES.....	41
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
11.	APÉNDICE.....	43

## INDICE DE CUADROS

1	Resultados del monitoreo de aportes indirectos en beneficios tecnificados y semitecnificados.....	25
2	Niveles de nitrógeno y fósforo totales en perfiles de suelo en fosa de sedimentación y en un área testigo.....	27
3	Evaluación de métodos para tratamiento de aguas.....	29
4	Propuesta de parámetros de descarga de aguas servidas del beneficiado húmedo del café y etapas de trabajo.....	30
5	Estimación de caudales máximos en beneficiado húmedo en (litros diarios).....	35
6	Análisis de costos entre beneficiado tradicional y Semitecnificado.....	39

## INDICE DE FIGURAS

1	Nitrógeno total en perfiles de suelo de 0 a 90 cm. de profundidad, calicatas en la fosa testigo.....	27
2	Fósforo total en perfiles de suelo de 0 a 90 cm. de profundidad, calicatas en la fosa testigo.....	28
3	Diagrama de flujo en operaciones del beneficio húmedo.....	44
4	Sifón para la eliminación de flotes.....	45
5	Diseño de un beneficio pequeño.....	46
6	Trampa de flotes.....	47
7	Pulpero con pechero.....	48
8	Cribas rotatorias.....	48
9	Desmucilagadora.....	49
10	Canales de correteo .....	50
11	Beneficiado húmedo tecnificado. ....	51

## **BENEFICIADO ECOLÓGICO DEL CAFÉ PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

### **ECOLOGICAL COFFEE MILLING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION**

#### **RESUMEN**

Con el presente trabajo, se pretende demostrar las diferencias que hay entre los diferentes tipos de beneficios húmedos que existen en Guatemala. Sobre la base de esto, se llevo a cabo un ordenamiento de los mismos, tomando en cuenta para la clasificación las diferentes características geográficas y topográficas del país, así como la capacidad y el tipo de instalaciones del beneficiado húmedo.

Este trabajo se desarrollo básicamente, por medio de una investigación bibliográfica y las experiencias de campo que el autor, a lo largo de 12 años de desempeñar el cargo de administrador de la FINCA EL BOSQUE, ha obtenido.

El trabajo de investigación bibliográfica, se desarrolla, para recopilar la información existente, acerca de la tecnología existente con lo que respecta al beneficiado húmedo del café. Por otra parte las experiencias, sirvieron para determinar el grado tecnológico alcanzado en esta finca, en comparación con la investigación bibliográfica.

Se pudo determinar que a) mucha de la información existente en lo que se refiere al beneficiado húmedo del café, no se aplica en la mayoría de los beneficios, las instalaciones se diseñan y manejan de una manera empírica y tradicional. b) la mayoría de los beneficios en Guatemala contaminan en forma alarmante el medio ambiente. c) existen aproximadamente 5,000 beneficios húmedos operando en el país. d) la finca en cuestión se puede ubicar en lo que se refiere a tecnología empleada como SEMITECNIFICADA en lo que respecta al beneficiado húmedo. e) utilizando la tecnología ya existente, se puede minimizar la contaminación ambiental, bajar los costos de operación y mejorar la calidad del café.

## 1. INTRODUCCION

Actualmente, Guatemala y el resto del mundo atraviesa por una de las crisis más preocupantes en la historia del ser humano, con lo que respecta a la contaminación del medio ambiente, pues con los índices tan altos de contaminación ya se atenta contra la existencia de la humanidad. Es por ello, que con el presente trabajo, se pretende colaborar en parte, tratando de reducir la contaminación, utilizando tecnología que ya se encuentra a nuestro alcance, en lo que se refiere a diseño y operación de los beneficios húmedos de café.

Por otro lado, en lo que se refiere a la **globalización comercial**, debemos trabajar lo más eficientemente posible, para bajar los costos de operación y poder competir en el mercado internacional. Con esta perspectiva, es necesario que los productores nacionales adopten la tecnología más avanzada para el beneficiado húmedo del café, optimizando así todas las operaciones del mismo, obteniendo una mejor calidad de café.

Los costos se incrementan, si se siguen utilizando los métodos tradicionales y empíricos del beneficiado, especialmente en lo que respecta al diseño de la maquinaria e instalaciones, el consumo de energía y el exceso de utilización de mano de obra.

Últimamente se ha comprobado que algunos de los beneficios que existen en el país han adoptado nueva tecnología, adoptada de otros países más adelantados en lo que se refiere a este respecto, y con ayuda de ANACAFE, por conducto de su personal técnico, utilizando muchas veces tecnologías sencillas pero de mucha ayuda en dicho proceso.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se basa en las siguientes justificaciones:

- a) En la actualidad es de suma importancia el beneficiado húmedo del café, por el grado tan alto de contaminación ambiental a que se ha llegado en la actualidad. Tratando de resolver más eficientemente este proceso, se ha tratado de evitar la descarga de aguas contaminadas con mucílago fermentado, pulpa y otros componentes del fruto a cuerpos de agua (como lagos, ríos, etc).
- b) Los productores de café atraviesan por una de las crisis más serias de los últimos años, debido a los bajos precios del café internacionalmente, la baja en las cosechas y el aumento en los salarios mínimos. Es por ello que se deben tecnificar los beneficios húmedos, para bajar los costos de producción y obtener productos de alta calidad que permitan competir en el mercado mundial.
- c) Es de interés principal para la caficultura nacional, conocer las cantidades de agua que se necesitan para trabajar en beneficios húmedos convencionales y los tecnificados, para reducir la contaminación del medio ambiente, así como para bajar los costos de producción del grano.
- d) El café es el principal cultivo de exportación para Guatemala, por medio del cual se genera gran cantidad de divisas para el país y bienestar en lo económico, se pretende ayudar a minimizar la contaminación de nuestro medio ambiente, por medio de una revisión de literatura y las experiencias del autor, en lo que respecta al proceso de beneficiado del café.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El café es un cultivo tradicional en Guatemala, que se ha comercializado por generaciones, y su proceso (Beneficiado húmedo), se ha realizado en una forma muy empírica, sin tener en cuenta los problemas de contaminación de afluentes de agua, y de los mantos friáticos. El llamado despulpado del café (Beneficiado húmedo), es el proceso más importante en la definición de calidad en todo el desarrollo del cultivo, desde que se llevan a cabo los viveros, se plantan en el campo definitivo, y se desarrollan todas las actividades culturales del mismo. Es en este proceso, durante el cual se puede definir la calidad del fruto que se ha cultivado durante un año y de esta forma competir en el ámbito mundial, o se puede perder dicha oportunidad. Además, en este proceso se puede ganar o perder dinero, pues en la forma tradicional del beneficiado húmedo, se utilizan grandes cantidades de agua y el trabajo con la maquinaria antigua requiere de una gran cantidad de mano de obra, la que en los últimos tiempos se ha escaseado y han subido mucho los salarios.

Es por esta razón, que se desarrolla el presente trabajo, para tener información y métodos, que permitan la optimización del proceso de beneficiado húmedo del café, reduciendo la contaminación excesiva de nuestros recursos naturales.

En 1,814 surge por cuarta vez, la “Sociedad Económica de Amigos del País”, esta vez promoviendo el cultivo del café, e incluso, importando despulpadores para promover su uso. Debe recordarse que Costa Rica fue el primer país de Centroamérica de donde se exportó por primera vez café y lo hizo inicialmente, en 1,835 a la república de Chile (1).

Con la producción cada vez mayor, surgió la necesidad de mecanizar las operaciones del beneficiado. En Costa Rica fueron los llamados “Chancadores”, los primeros despulpadores que allí se fabricaron. Se fabricaron de varios tipos, siendo el más común el construido de dos discos de piedra que giraban sobre un canal redondo de piedra.

El despulpador de discos fue el primero en fabricarse en Europa. Inicialmente fueron los holandeses los que lo utilizaron en Jaba. En Guatemala surgieron varias máquinas inventadas localmente, incluyendo secadoras. Sin embargo, no fue hasta 1,876 que el Ingeniero Julio Smout patentó un pulpero también de discos, que fue fabricado por la casa John Gordon & Co. de Londres. El pulpero de cilindro que ahora es el más popular fue desarrollado por Don Guillermo Sarg originario del departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

Scout también patentó una retrilla de disco, y posteriormente, la de tipo horizontal de cilindro. Don José Guardiola en 1,882 fabricó la tradicional secadora que resultó, hasta la fecha, la más popular y confiable del mundo.

En 1,880 ya se llegó a producir alrededor de 20,000 tm de café de exportación y en esa época existían instalados más de 686 pulperos (1). Es decir que para esa época existían las primeras instalaciones de beneficio, cuya fuente inicial de energía fue el vapor en las mayores y las ruedas hidráulicas en las de menor capacidad.

#### 4.3 PERIODO DE 1,850 A 1,950

La expansión de la caficultura y la aparición de instalaciones de beneficio para producciones diarias de alrededor de 25 a 50 tm de uva, constituyó la característica de ese período. En la costa Suroeste fue donde más se creó este tipo de instalaciones. Inicialmente, mecánicos alemanes e ingleses asesoraron en el montaje de maquinaria. Sin embargo, la propia tecnología del beneficiado, particularmente, el húmedo, se quedó a merced de la improvisación de los propios caficultores.

En 1,814 surge por cuarta vez, la "Sociedad Económica de Amigos del País", esta vez promoviendo el cultivo del café, e incluso, importando despulpadores para promover su uso. Debe recordarse que Costa Rica fue el primer país de Centroamérica de donde se exportó por primera vez café y lo hizo inicialmente, en 1,835 a la república de Chile (1).

Con la producción cada vez mayor, surgió la necesidad de mecanizar las operaciones del beneficiado. En Costa Rica fueron los llamados "Chancadores", los primeros despulpadores que allí se fabricaron. Se fabricaron de varios tipos, siendo el más común el construido de dos discos de piedra que giraban sobre un canal redondo de piedra.

El despulpador de discos fue el primero en fabricarse en Europa. Inicialmente fueron los holandeses los que lo utilizaron en Jaba. En Guatemala surgieron varias máquinas inventadas localmente, incluyendo secadoras. Sin embargo, no fue hasta 1,876 que el Ingeniero Julio Smout patentó un pulpero también de discos, que fue fabricado por la casa John Gordon & Co. de Londres. El pulpero de cilindro que ahora es el más popular fue desarrollado por Don Guillermo Sarg originario del departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

Scout también patentó una retrilla de disco, y posteriormente, la de tipo horizontal de cilindro. Don José Guardiola en 1,882 fabricó la tradicional secadora que resultó, hasta la fecha, la más popular y confiable del mundo.

En 1,880 ya se llegó a producir alrededor de 20,000 tm de café de exportación y en esa época existían instalados más de 686 pulperos (1). Es decir que para esa época existían las primeras instalaciones de beneficio, cuya fuente inicial de energía fue el vapor en las mayores y las ruedas hidráulicas en las de menor capacidad.

#### 4.3 PERIODO DE 1,850 A 1,950

La expansión de la caficultura y la aparición de instalaciones de beneficio para producciones diarias de alrededor de 25 a 50 tm de uva, constituyó la característica de ese período. En la costa Suroeste fue donde más se creó este tipo de instalaciones. Inicialmente, mecánicos alemanes e ingleses asesoraron en el montaje de maquinaria. Sin embargo, la propia tecnología del beneficiado, particularmente, el húmedo, se quedó a merced de la improvisación de los propios caficultores.

El trabajo se basaba en el uso de excesiva mano de obra como consecuencia de la falta de un sistema de energía adecuado, y por supuesto, de la mano de obra barata entonces existente. En esta época se evidenció la necesidad de experimentar y crear equipo y sistemas adecuados para Guatemala, se establecieron miles de beneficios que funcionaban en condiciones de clima muy diversas. De allí que en la Costa Suroeste para clasificación y lavado de café fermentado surgieron los grandes "Correteos" y en el Este, las clásicas pilas de lavado y desnatado.

#### **4.4 PERIODO 1,950 A 1,961 – INSTITUTO AGROPECUARIO NACIONAL**

Este período fue más importante en lo que se refiere al desarrollo del beneficiado húmedo en Guatemala, se incrementaron los programas de investigación en café y se construyó el primer "Beneficio Experimental de Café" en la entonces finca nacional Chocolá. El beneficio se construyó inicialmente, para manejar 5 tm diarios de fruto, empleando la "Cafepro", una máquina desarrollada en el Instituto Agropecuario Nacional, para usar con ella soluciones de soda cáustica a 2% y desmucilaginar en forma continua. En esa época el programa de café estaba bajo el "Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura", SCIDA. El beneficio funcionó promoviendo el uso de una criba de flotes y una trampa de flotes en un tanque - sifón tradicional. Durante tres cosechas consecutivas en este beneficio no se utilizaron pilas de fermentación.

Se trabajó estrechamente con el catador Adolfo Cabella de la antigua oficina del café. En estas instalaciones se determinaron relaciones en peso desde la fruta hasta el café en oro, de 300 a 2,000 m. Sobre el nivel del mar. Se determinó la posible pérdida de peso en la fermentación, se estudió el secamiento, y finalmente, los sistemas alternos de desmucilaginado.

Sobre la base de esto último, se diseñó, construyó y evaluó la primera desmucilaginadora mecánica continua, prototipo que sirvió de base para las actuales ELMU, que se están usando hoy en Centroamérica. La experiencia obtenida localmente, por el personal del beneficio, se completó en Costa Rica, Colombia, Puerto Rico y Brasil, a donde se viajó bajo el mismo programa (5).

**4.5 PERIODO DE 1,962 EN ADELANTE – ANACAFE**

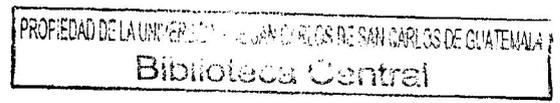
Aún cuando ANACAFE se fundó en 1,961, en el mes de marzo, no fue sino hasta mediados de 1,962 que se fundó el departamento de asuntos agrícolas. Uno de los objetivos de dicho departamento fue el de buscar la uniformidad en la forma del beneficiado húmedo en las particulares condiciones de las diferentes regiones cafetaleras del país. En 1,962 ANACAFE tenía registradas 1,619 fincas, de las cuales 1,310 poseían beneficio húmedo y 111 beneficio seco. Se fomentó el uso de la criba de “flotes” y de su respectiva trampa. Lo anterior condujo a concentrar el mayor esfuerzo en actividades de extensión y asistencia bajo patrones más o menos fijos. Aún cuando se efectuaron al margen de la asociación, actividades relacionadas con la búsqueda de parámetros para el futuro control de calidad. A la vez con la colaboración del ICAITI y el INCAP, se iniciaron estudios científicos sobre las bases de la fermentación del café y sobre la composición química del mismo en las diferentes regiones del país.

En 1,966 se publicó el boletín No 6 “La determinación de la calidad del café” y en 1,973 el boletín No 13 “Manual práctico de beneficios de café”.

**4.6 PERIODO 1,971 A 1,984 – INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL Y FEDERACION DE COOPERATIVAS CAFETALERAS DE GUATEMALA**

Aprovechando que en algunos proyectos de este instituto se buscaba el aprovechamiento de subproductos y desechos de las agroindustrias, se desarrollaron diferentes proyectos de investigación. Entre éstos cabe mencionar el aprovechamiento de las aguas del lavado para la producción de hongos unicelulares y fermentación anaeróbica. En este último proyecto así como en otros más se contó con la colaboración de FEDECOCAGUA en su beneficio de Palín.

De mucho interés para la agroindustria constituyó la experimentación y construcción de prototipos para el tratamiento de aguas de desecho. Se construyeron las plantas piloto, pero no hubo el seguimiento necesario. La actual reactivación de los programas que reduzcan la contaminación ambiental hace propicia la indispensable necesidad de separación de la pulpa y el tratamiento de aguas y jugos de desecho.



#### 4.7 PERIODO DE 1,984 EN ADELANTE

Con la intensificación de los métodos de producción que ANACAFE promoviera y el aparecimiento de muchos pequeños productores, ha surgido la necesidad de crear centrales de beneficio y de remodelar las ya existentes.

Esto se ha hecho empleando nuevas tecnologías como por ejemplo: el uso de recibidores en seco en los nuevos beneficios, para que los pequeños sifones sean más eficientes. El uso cada vez mayor de cribas de flotes, cribas de despulpado y finalmente, el uso de desmucilagadoras mecánicas. Además, se ha considerado el más eficiente aprovechamiento del combustible, diseñándose nuevos sistemas de secado. Sin embargo, no existe un programa de investigación y experimentación para hacer más eficientes las instalaciones y desarrollar métodos de control de calidad para mantener la producción de cafés de calidad superior.

#### 4.8 BENEFICIADO HUMEDO

El beneficiado húmedo es el proceso fundamental para la producción de "café lavado".

Este proceso se lleva a cabo en centrales construidas para el efecto, o bien en las propias fincas productoras, en zonas de difícil topografía. En el beneficiado por vía húmeda se pueden distinguir las siguientes operaciones principales.

- a) El recibimiento y clasificación del fruto (eliminación simultánea del fruto anormal).
- b) La remoción de la pulpa (el epicarpio y parte del mesocarpio) del fruto maduro.
- c) La eliminación de la miel o mucílago (el mesocarpio).
- d) El lavado del grano para desprender los residuos y obtener el café recién lavado con el 54% de humedad (BH).
- e) El secado del café lavado, hasta obtener el llamado café en pergamino seco, con 10 a 12% de humedad.

Consideraciones sobre el fruto, previas al beneficiado del café:

Previo al recibo del fruto, la recolección del mismo es una actividad que aunque no se incluya entre las etapas del beneficiado húmedo es de suma importancia, ya que de dicha actividad, depende no solo del

ahorro del tiempo y recursos en el beneficiado húmedo, sino que la calidad del café lavado que se obtendrá, básicamente por la uniformidad en la madurez.

Solo en Brasil se ha intentado comercializar la cosecha a corte en máquina. Esto es posible, primero, por la topografía y tecnología agronómica y luego por que el café tipo brasileño de inferior calidad al "lavado", se mezclan los frutos en diversas etapas de maduración, y por lo tanto, la bebida resultante es de inferior calidad, aunque posee ciertos atributos que la hacen útil en las mezclas.

Se ha demostrado que existe una ganancia significativa en el rendimiento de café en oro al beneficiar café completamente maduro, en comparación con café a medio madurar (camagüe o pinto), café verde y café sobre maduro (pasado). Por otro lado se han encontrado diferencias significativas en cuanto a calidad. Ya que la calidad de la bebida obtenida de fruto inmaduro o sobremaduro, resulta alterada. El inmaduro tiende a producir en la taza el sabor "áspero" o bien, si la contaminación es leve, lo que se conoce como "taza sucia"; en tanto que el café sobre maduro produce en la taza defectos que van desde el sabor llamado "vinoso", pasando por el "agrio", hasta el "rio", este último cuando se trata de la contaminación causada por el fruto recogido del suelo ( 2).

Es decir, que tales materiales deprecian el buen café con el que resultan mezclados, por lo tanto es necesario hacer todo lo posible por beneficiar únicamente café en la plenitud de maduración, separando tanto el inmaduro como el sobremaduro que accidentalmente se encuentra en el café cosechado durante el día. Este no es el caso de Brasil, donde incluso se cosecha mecánicamente para producir los cafés "naturales".

#### 4.8.1 El Recibo Del Café y Su Separación Del Fruto Anormal

En las fincas que benefician su producto, el café en cereza se recibe en el beneficio directamente del cortador o bien transportado por camiones que vienen de las cajas de recibo, situadas en lugares estratégicos de las fincas medianas y grandes. También llega en camiones a las centrales que se dedican a beneficiar el café de toda una región, o bien de algunas fincas y de los laboristas de las zonas. Cuando se recibe el café directamente de los cortadores, como ocurre en las fincas del país, éstos se ordenan en fila y van entregando el café, el cual es pesado y anotado en la tarjeta correspondiente.

#### 4.8.2 El Tanque Recibidor

El tanque recibidor es un dispositivo que tiene por objeto almacenar el café en cereza que se cosechó en el día, para su posterior despulpado. Dicho tanque puede construirse para ser usado con agua o en seco, según la masa de fruta a manejar por día. Está comprobado que mientras más corto sea el período previo al despulpado, mejor será la calidad y el peso del café en oro obtenido. Por otra parte si por circunstancias especiales no puede despulsarse el café cortado el mismo día, el almacenamiento del mismo debe hacerse bajo el agua en corriente si es posible. Después de 24 horas de almacenamiento, aún cuando este sea bajo de agua, el pergamino del café empieza a colorearse e indudablemente se corre el riesgo de que la bebida resulte alterada.

La tendencia actual, es eliminar al máximo, el uso de agua, generalmente recirculándola, para reducir los efluentes líquidos, y en muchos casos por simple falta de agua.

#### 4.8.3 Recibidor Con Agua y La Separación Del Fruto Anormal

Los recibidores con agua, ordinariamente llamados "sifones", son tanques cuya función principal es la separación rápida de los llamados "flotes" o "vanos", o sea todo aquel material que por su menor densidad flota, permitiendo así su arrastre por una corriente de agua. Esta operación debe efectuarse lo más rápido posible, de lo contrario, parte del fruto que inicialmente flota, se hundirá mezclándose con el buen fruto pesado en el fondo del tanque. Esta es la práctica usual en los beneficios antiguos (figura 3).

El tanque tradicional, se construye, generalmente, con el fondo en forma de pirámide invertida, con cuatro lados inclinados por lo menos 45 grados sobre la horizontal, para facilitar por gravedad el movimiento de la masa de café. Además posee una caja o registro para drenaje, cubierta con lámina perforada. El tubo de descarga del café maduro, puede hacerse vertical, con una T para conectarlo con el canal de alimentación de pulperos o bien directo y siguiendo la inclinación de una de las esquinas. Dicho tubo varía de diámetro según el número de pulperos para alimentar. Usualmente es de 4" a 6" de diámetro (10 a 15 cm).

Se utilizan además otros dispositivos diferentes a los "sifones", para la separación de fruto anormal. Entre estos se encuentran los canales o trampas de flótes (figura 4) y que funcionan en combinación con las obligadas cribas de flotes. Estos dispositivos no son muy efectivos, sin un diseño adecuado del sistema, pero son de suma importancia, si se les utiliza como dispositivos auxiliares de los "sifones".

#### 4.8.4 La Remoción De La Pulpa

La separación de la pulpa (el epicarpio y una parte del mesocarpio del fruto del cafeto), se efectúa en aparatos que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del café, para que por presión, se suelten los granos y se pueda eliminar por una corriente de agua, la pulpa desprendida. Estos aparatos reciben el nombre de pulperos (figura 5).

Como los sistemas de despulpado funcionan en forma completamente mecánica, es imposible despulpar completamente frutos de distintos tamaños, es preferible que pase cereza sin ser despulpada, que producir cierta proporción de granos lastimados.

Si la operación se hizo dañando el pergamino, o más aun el propio grano de café, entonces el defecto permanecerá a través de las distintas etapas del beneficiado, provocando trastornos en el punto de secamiento y en la fermentación. Esto, definitivamente, altera por consiguiente la calidad de la bebida.

Existe una gran variedad de tipos de pulperos de eje vertical de origen colombiano. El uso del llamado "pechero de hule", (figura 5) en los pulperos de cilindro, mejora radicalmente el rendimiento y la calidad del producto, puesto que despulpa frutos de diferente tamaño y deja de despulpar el fruto inmaduro.

#### 4.8.5 Disposición De La Pulpa

La pulpa de café representa aproximadamente el 40% en peso del fruto fresco, es por lo tanto el residuo más voluminoso del beneficio húmedo, constituyendo un problema, tanto para su almacenamiento como para su eliminación.

La densidad aparente de la pulpa fresca, es de aproximadamente de .25 tm por metro cúbico, cuando está recién obtenida y suelta, de manera que cada 5 tm de café en cereza, producirán aproximadamente 2 tm de pulpa, que ocupará, aproximadamente, 7.00 m<sup>3</sup>. Este material, se compacta rápidamente, y en 24 horas, se tienen 0.45 tm/m<sup>3</sup>.

En una gran mayoría de fincas, la pulpa, se utiliza como abono orgánico, ya sea por descomposición natural, o tratada con encimas que apresuran la descomposición y se obtiene en menor tiempo dicho abono.

#### 4.8.6 Limpieza Del Café Recién Despulpado

Luego de la operación de despulpado, se obtiene grano despulpado, y una cierta proporción de grano con pulpa y pulpa sola. Es común, que además de estos materiales se encuentre cierta proporción de café medio verde (“camagüe” o “pinto”) y también café fresco; este último a causa del funcionamiento defectuoso del recibidor tipo “sifón”, sobre todo si existe poco control de la cosecha. Estos materiales no pueden ser despulados en una sola pasada por el pulpero, ya que o no tienen mucílago o lo tienen en cantidad insuficiente. Así también, de acuerdo al tipo y grado de ajuste del pulpero, también puede dejar pasar café pequeño cereza sin ser despulpado. De allí que es necesario eliminar todos los materiales, antes de proceder a la eliminación del mucílago, ya sea por fermentación o por otros medios.

Esta limpieza del café despulpado puede hacerse mecánicamente utilizando los siguientes medios:

#### 4.8.7 Zarandas Oscilantes

Este dispositivo, consiste en una lámina o plancha con perforaciones en forma oval, sujeta a un movimiento de vaivén sobre el plano horizontal. El café despulpado, cae sobre el extremo de la lámina, la cual tiende a desplazar el material.

El café despulpado de tamaño normal cae a través de las perforaciones, en tanto que la pulpa y la cereza medio despulpada, son eliminadas en el extremo opuesto, de donde se conduce a un nuevo pulpero denominado “pulpero repasador”, para recuperar cierta cantidad de granos de material que no fue despulpado adecuadamente en el primer pulpero. Para que el trabajo sea efectivo, es necesario rociar con agua continuamente la superficie de la zaranda.

#### 4.8.8 Cribas Rotatorias

Las cribas consisten esencialmente en un cilindro que gira horizontalmente y que está formado por una estructura hecha de anillos que sostienen un envarillado o bien por la estructura forrada con lámina perforada de la clase que se usa en las zarandas oscilantes. El cilindro tiene soldada o atornillada interiormente una espiral de lámina que, a manera de tornillo sin fin, hace avanzar el café y conduce el material no despulpado y la pulpa hacia la salida, mientras que el grano despulpado normal, sale a través del envarillado o bien por las perforaciones de la lámina, de acuerdo al tipo de criba (Figura 6). Recientemente

se están fabricando cribas de forma piramidal con eje horizontal, y que en lugar de varillas de metal, utiliza hilo de "nylon".

#### 4.8.9 Preclasificador De Agaard

Este aparato surgió para sustituir, tanto los sistemas de zaranda como los de criba, como el "canal-sifon" o "trampa de flotes", antes mencionados. Esencialmente consiste en un sistema de zaranda, que funciona sumergido en un pequeño tanque, y sobre el cual se mueve una corriente de agua, arrastrando las natas y otros materiales livianos, facilitando a las ves, la separación del café bien despulpado, de aquellos granos que llevan pulpa adherida, y desde luego, también el fruto que por cualquier razón no resulto despulpado. El buen grano despulpado pasa a través de las perforaciones de la zaranda y se va al fondo del tanque, el cuál tiene forma de embudo y de allí un transportador de paletas de hule los recoge y eleva por encima del aparato, desde donde se hace caer directamente a los tanques de fermentación, si es el caso de eliminación de mucílago por fermentación. Este aparato es popular en Kenya y Tanzania.

#### 4.8.10 Eliminación Del Mucilago

El grano de café recién despulpado está cubierto de una capa mucilaginososa, que representa alrededor del 20% en peso del fruto maduro. Este mucílago está formado principalmente por pectinas y azúcares que deben eliminarse. Posiblemente, es la fase más delicada del beneficiado húmedo, en lo que respecta a la obtención de calidades finas de café.

La eliminación del mucílago se puede lograr, por diferentes medios, pero sin duda el más estudiado y tradicionalmente utilizado es la "fermentación natural del café". Existen además, otros medios de eliminación de mucílago, tales como los sistemas mecánicos (uso de maquinas desmucilagadoras), los métodos químicos (utilización de álcalis y otros productos químicos), y la fermentación enzimática artificial.

#### 4.8.11 Fermentación Natural Del Café

La fermentación del café es un proceso complejo, en el cual actúan por un lado las enzimas propias del grano, y por otro lado las enzimas producidas por microorganismos, presentes en el material recién despulpado. Desde el punto de vista químico, esencialmente se reduce a la degradación de las pectinas y otras sustancias pécticas complejas, a ácido galacturónico. Además, los azúcares presentes en el mucílago y que no fueron lavados, durante el despulpado, son fermentados por microorganismos produciendo alcohol

y después ácidos orgánicos (3, 4 y 5) Es indudable que en el desarrollo del proceso actúan ambos tipos de enzimas, e influyen también otros factores como los varietales, morfológicos, calidad del agua, etc. La formación de ácidos con forme avanza la fermentación, hace que el pH de la masa baje de cerca de 6.0 que tiene el mucílago fresco, hasta alrededor de 4.0 cuando está la partida en lo que se llama "a punto de lavado". Así también, la actividad enzimática se acelera fuertemente con la temperatura, haciéndose la fermentación más corta en los días calurosos. Por otra parte, el café de cada zona posee naturalmente enzimas que actúan de diferente forma, así mientras que en algunas zonas, la fermentación lleva más de 24 horas, en otras basta 12 horas para efectuarse. Por otro lado, cuando se circula el agua de despulpado, como ocurre en El Salvador o Barberena (Guatemala), el proceso se acelera de tal manera que en menos de 7 horas ya se puede "lavar" el café fermentado.

La fermentación del café se lleva a cabo en tanques abiertos, al abrigo del sol. Puede efectuarse en seco, bajo el agua, o combinando ambos sistemas. Sin embargo, sólo tiene interés la primera, que es la más ampliamente utilizada.

#### 4.8.12 Práctica De Fermentación Natural

Consiste simplemente en dejar el café despulpado, en seco en el tanque o pila, hasta que esté a punto de lavado. Es necesario drenar los jugos que se forman. El proceso resulta más rápido, que en otros sistemas, pero se corre el riesgo de no tener todo el material bajo las mismas condiciones, provocando una fermentación dispareja; por lo que es conveniente mezclarlo por medio de palas, o bien recirculando la masa con una bomba centrífuga para homogenizarla.

Como se dijo anteriormente, el proceso de eliminación del mucílago, y sobre todo por medio de fermentación natural, es uno de los pasos más delicados del beneficiado húmedo. Por que si bien la calidad del grano viene del árbol, en los tanques de fermentación no puede mejorarse, pero está comprobado que en ellos, fácilmente, puede perderse. De esa manera el proceso tiene un efecto sobre el producto, ya en la bebida, ya sea en la apariencia del café en oro o bien en el rendimiento de éste.

#### 4.8.13 Efecto Sobre La Bebida

La "fermentación normal" propiamente dicha, aparentemente no afecta las características de la bebida. Por esta razón no se ha encontrado diferencia entre muestras cuyo mucílago fue eliminado mecánicamente,

por productos enzimáticos o bien, en algunos casos químicamente (6). Sin embargo, en las condiciones en que se lleva a cabo el proceso de fermentación, afectan fácilmente la bebida, como consecuencia de la actividad de ciertos microorganismos, y también, de las enzimas presentes en el grano.

Conviene recordar el hecho que los períodos de remojo adicional de 24 o 48 horas del café lavado, no solo mejora el aspecto, sino que puede eliminar los sabores indeseables, derivados de procesar fruta inmadura o fermentar incompletamente la tanda. Esto provoca tazas más limpias, que demuestran mayor acidez en la prueba de catación. Por esta razón, un café "extra prima" podría llamarse a clasificar como "duro", si se procede a un remojo adicional como se hace en Kenya y Tanzania en África.

#### 4.8.14 Efectos Sobre El Aspecto Del Café En Oro

Si el proceso de fermentación se elimina, y se substituye por cualquiera de los sistemas de remoción rápida del mucílago, o bien, si se lava antes que el proceso de fermentación haya terminado naturalmente, ocurre que la película plateada resulta de difícil separación, obteniéndose, un grano manchado, llamado "jotoso", y la hendidura con un tinte amarillento. En cambio la mezcla de la partida eliminando aguas mieles ácidas ( $\text{pH} = 3$  ó  $4$ ), o bien la simple prolongación del proceso bajo el agua, contribuye a facilitar la separación de la película, mejorando el aspecto y aún el color. Por otra parte, una sobrefermentación exagerada palidece el grano, mancha la película de la hendidura y se prolonga demasiado, revienta y vacía el germen.

#### 4.8.15 Efecto Sobre El Rendimiento

En lo que respecta al rendimiento, inicialmente, surgieron diversos criterios. Carbonell y Villanova (4) sostenían que al sustituir la fermentación natural, por sistemas rápidos de eliminación del mucílago, había menos pérdidas de material de café. Por otro lado, Wooton encontró que durante la fermentación en seco, existen pérdidas de materia seca, pero que las mismas no pasan del 1% y que se alarga ésta por una etapa de remojo adicional, solo se incrementan en un 0.5%.

Otros estudios sobre el asunto, encontraron diferencias significativas en cuanto a las relaciones de café lavado a café despulpado, y de café pergamino a café oro, con respecto al método de eliminación del mucílago; es decir que, el sistema de eliminación del mucílago afectó al material del pergamino. Se observó

que el proceso de fermentación, según su duración, destruye más o menos el pergamino, que implica un mayor rendimiento de café en oro (7).

#### 4.8.16 Sistemas Mecánicos De Eliminación Del Mucilago

La mayor ventaja de este método, es la capacidad de las máquinas para el desmucilaginado de grandes cantidades de café por hora, sin correr los riesgos que conlleva el proceso de fermentación. Sin embargo, presenta otro tipo de inconvenientes, tales como el costo inicial del equipo y el consumo de energía.

Entre las máquinas desmucilagadoras más conocidas están: La Hess (Puerto Rico), La D' Andrea (brasileña) y la lavadora tipo Fukunaga (Hawai). De esta última se construyó un prototipo en el I.A.N. (Chocolá) en 1,957.

En Centroamérica se han construido algunos tipos, continuas y por tandas, entre las que destaca la máquina Elmu, construida y ensayada en El Salvador, en base el prototipo construido en el I.A.N.; posteriormente fue producida en Costa Rica con algunas modificaciones (figura 7).

Estas máquinas constan de un depósito para café, dotado de un agitador de disco perforado o de hélice, el cual por medio de rozamiento elimina la capa de mucilago, un flujo continuo de agua, arrastra el mucilago desprendido. Esta máquina es continua y maneja alrededor de 10 tm de cereza despulpada por hora.

Para pequeñas cantidades de café existen otras máquinas que operan por tandas (Lotes), como la llamada Sexilaago de B. Jelkman, fabricada en Antigua Guatemala.

#### 4.8.17 Métodos Químicos Para Eliminación Del Mucilago

El uso de productos químicos, abarca el empleo de álcalis como la soda cáustica o la cal, inicialmente ensayado en El Salvador, en operaciones por tandas. Luego en Chocolá Guatemala, se trabajó de forma continua, utilizando la máquina CAFEPRO. Sin embargo, es necesario un buen control de soluciones de lavado. Por otro lado el apareamiento de unas desventajas menores, como cierto tinte amarillento en el pergamino y la coloración verde del café lastimado en los pulperos, así como el problema de la película

adherida, siempre se producirán. Aún así, los ensayos dieron muestras con aspecto magnífico y sin alteración en las pruebas a la taza, cuando se sustituyó la soda cáustica por hidróxido de calcio.

#### 4.8.18 Fermentación Enzimática Artificial

Este tratamiento, consiste en la utilización de productos enzimáticos comerciales. Su principal ventaja es la reducción considerable de los tiempos de fermentación, lográndose fermentar partidas de grano hasta en 2 horas, según la cantidad utilizada.

La calidad de café procesado con esta clase de productos es magnífica, sin embargo, el precio de los mismos aumenta los costos de producción. La de mayor uso en C.A. ha sido el Ultrazim-100 de la Ciba-Geigy.

#### 4.8.19 Lavado Del Grano

El objetivo de esta operación, es la eliminación de materiales sueltos y los residuos del mucílago, así como de sustancias solubles formadas durante la fermentación. Se desea obtener un pergamino áspero, muy blanco y sin restos de "miel" en la hendidura del grano.

El lavado puede efectuarse en instalaciones muy pequeñas, aprovechando la fuerza humana, cuando las partidas no son muy grandes, o bien, puede requerirse de medios mecánicos cuando la central despulpa grandes cantidades de café (arriba de 6.82 TM de maduro al día).

El lavado de pequeñas cantidades es bastante rudimentario y se pueden utilizar tanques de lavado o los llamados canales de correteo.

El lavado en tanques es la más sencilla, efectuándose la operación directamente en los tanques de fermentación. Puede hacerse por el primitivo sistema de "pataleo" o bien utilizando paletas de madera. Cuando se emplea este último sistema, generalmente se pasa la partida fermentada, por partes, a un tanque de forma alargada donde se bate hasta que esté completamente limpio, aprovechando el cambio de agua para ir eliminando los materiales que flotan.

Los canales de correteo son dispositivos en los cuales se descarga café fermentado, con un flujo de agua (figura 8). Estos canales tienen longitudes variables, y anchos usualmente entre 0.45 a 0.60 m. En el canal se han instalado previamente, y a distintos intervalos, por lo menos tres tabiques hechos con reglas de madera. El objetivo es que a medida que avanza la masa de café, se van arrastrando las "natas" o frutos livianos y otras impurezas, las cuales flotan y se eliminan al final del canal. Por otro lado se logra simultáneamente una separación de granos de diferentes calidades, atendiendo a la densidad de los mismos. El uso adecuado del beneficio desde el recibo de la fruta, tiende a hacer desaparecer el "correteo".

Como se dijo anteriormente, cuando las cantidades de grano son elevadas, es necesario lavarlo por dispositivos mecánicos. Entre estos cabe destacar los siguientes: Bombas centrífugas y eyectores hidráulicos, usando "correteo" cortos y continuos.

El uso de bombas centrífugas, es el más común, es esencialmente para el transporte del grano, sin embargo, la fricción provocada por la batida es suficiente para desprender los residuos de la fermentación. Del mismo modo la fricción de la masa en movimiento a través de las tuberías de conducción, beneficia la limpieza del grano.

#### 4.8.20 Secado Del Grano

El café recién lavado y escurrido, tiene un contenido de humedad alrededor del 55%, sobre base húmeda. Sin embargo para almacenarlo, venderlo o trillarlo, es necesario que el contenido de humedad esté comprendido entre el 9 y el 12%.

### 4.9 CARACTERIZACION DE LOS TIPOS DE BENEFICIADO HUMEDO

#### 4.9.1 Beneficio Tradicional

##### A Ubicación Geográfica

Este tipo de beneficiado fue construido a finales del siglo pasado. Generalmente se encuentran ubicados en lugares que presentan una red hídrica con bastante caudal, situados en la parte norte del país (Alta y Baja Verapaz), Costa Sur específicamente en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu, en la región occidental departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

Su característica principal es que debido a su diseño requieren para su operación grandes volúmenes de agua, utilizada tanto para el procesamiento del grano como para la generación de energía hidráulica de operación. Se estima que estos beneficios utilizan alrededor de 2,000 a 3,000 litros de agua para procesar un quintal de café pergamino seco (80 lbs. de café oro).

## B Fases Del Proceso

### a. Recibo y Clasificación De Café Maduro

El recibo del café y su clasificación se realiza por medio de tanques con agua bajo el principio de vasos comunicantes (sifón), con capacidades promedio de 40 a 50 mts. cúbicos de volumen de agua. Estos depósitos requieren de un caudal constante de agua a manera de mantener su volumen y poder así clasificar el café maduro por medio del principio de flotación o densidad. Con esto se logra una segunda clasificación ya que la primera se realiza en el campo por medio del corte. La segunda clasificación consiste en separar los granos que por su menor densidad flotan, por causas de plagas y enfermedades del cafeto. Al mismo tiempo en este tanque, puede rescatarse el grano vano que flota por tener un pergamino vacío y es considerado un grano de primera calidad, este rescate se hace a través de un sistema de cribado mecánico, donde se logra recuperar por su mayor tamaño e incorporarlo al café de primera.

### b. Despulpado

La operación consiste en eliminar la cáscara o pulpa del grano de café, se facilita por la acción lubricante de la miel o mucilago que envuelve el grano con su pergamino. En este tipo de beneficios, se utilizan pulperos pecho de hierro, pecho de hule, etc. De diseño antiguo que utilizan grandes cantidades de agua para el despulpado, así como el transporte de la pulpa. En algunos casos la pulpa es almacenada en fosas separando previamente el agua.

### c. Clasificación Del Café Despulpado

Esta fase se realiza utilizando zarandas oscilantes y / o depósitos con agua, para provocar la clasificación del grano por tamaño y por densidad respectivamente. El objetivo es separar granos con pulpa adherida, granos verdes, granos pequeños que por su tamaño y consistencia pasan en los pulperos, pero no en las zarandas, ni en las cribas. Este fruto va al pulpero repasador, en donde es posible rescatar granos de primera calidad.

#### d. Fermentación Del Grano

El mucílago del café después del proceso de despulpado se encuentra en un estado insoluble por lo que debe someterse a una fermentación natural a manera de degradarlo y lograr la separación del grano, esta etapa se lleva a cabo en tanques rectangulares de concreto, y el tiempo de retención en estos tanques dependerá de factores ambientales tales como temperatura y altitud sobre el nivel del mar. Esta etapa es sumamente importante para la preservación de la calidad del café de exportación.

#### e. El Lavado Y La Clasificación

Después de la fermentación del mucílago, la siguiente etapa consiste en adicionar agua limpia al proceso con la finalidad de eliminar el mucílago fermentado, de igual manera para la clasificación por densidad del grano en un canal de correteo, dicha operación se realiza en forma manual.

#### f. Tratamiento De Subproductos

En este tipo de beneficios la pulpa es transportada hidráulicamente hacia fosas de almacenamiento, en donde puede separarse el agua que sirve como vehículo por medio de un adelio y verterla sin pulpa hacia cárcavas o zanjones naturales, dentro de las fincas. El caso extremo a evitar, es que ambos subproductos vayan directamente hacia el cuerpo receptor. El agua proveniente del proceso de lavado y clasificación es generalmente canalizada con el agua de despulpado siguiendo el camino anterior. En el caso de los beneficios tradicionales la carga contaminante se reduce por dilución, debido a los altos volúmenes de agua utilizada en el proceso.

### 4.9.2 Beneficio Semitecnificado

#### A Ubicación Geográfica

Este tipo de beneficios se ubica de manera general, cercano a una fuente de abastecimiento de agua, funcionando bajo sistemas de un beneficio tradicional, incorporando gradualmente procesos de reconversión. Su localización se da en toda el área cafetalera.

#### B Mejoras En El Proceso

Las mejoras que ha sufrido el proceso de beneficiado tradicional hacia este sistema, están basadas principalmente en minimizar los volúmenes de agua utilizados por medio del proceso de recirculación de las

mismas, logrando una disminución hasta en un 50%. Otro aporte significativo ha sido la inclusión de lavadoras y desmucilagadoras mecánicas al sistema.

### C Tratamiento De Subproductos

Los subproductos son manejados con tratamientos físicos primarios, separando el agua que transporta la pulpa e incorporándola al sistema de recirculación, la pulpa es utilizada como abono orgánico por medio de un compostaje rústico, las aguas residuales son enviadas a un tratamiento primario a fosas que cumplen con la función de evaporación, infiltración, sedimentación y degradación de las mismas.

#### 4.9.3 Beneficio Tecnificado

##### A Ubicación Geográfica

Este tipo de beneficios puede estar ubicado en cualquier lugar de la finca, no necesariamente a orillas de un cuerpo de agua, y su distribución geográfica es similar al de los beneficios semitecnificados. (figura 9).

##### B Mejoras Al Proceso

El desarrollo tecnológico ha permitido crear sistemas que tienden a minimizar aún más la cantidad de agua a utilizar, reduciendo los volúmenes hasta en un 90% en comparación con el proceso del beneficiado tradicional, la idea primordial es la reingeniería del proceso, al reconvertir la infraestructura y equipo tradicional hacia tecnologías que minimicen el impacto de la contaminación ambiental. Para ello se han adoptado las siguientes medidas en el proceso.

- a. Incorporación de recibo de café totalmente seco o semiseco.
- b. Reducción de los volúmenes de tanques sifones hasta  $\frac{1}{4}$  de su capacidad original.  
Implementación de los canales sifones de bajo volumen de agua y de clasificación continua.
- c. Diseño e implementación de despulpadores que realicen el trabajo en seco.
- d. Alimentación mecánica por medio de tornillos helicoidales del café maduro hacia los despulpadores en seco.
- e. Traslado mecánico de la pulpa por medio de bandas y/o tornillos helicoidales.
- f. Incorporación de desmucilaginado mecánico para reducir la carga contaminante.
- g. Reciclado de las aguas en las etapas de despulpado, clasificación y lavado.
- h. Lavado mecánico del café para agilizar los procesos.

## C Tratamiento De Subproductos

- a. Tratamiento primario de decantación del agua residual en el tanque recolector/decantador.
- b. Filtración de sólidos suspendidos mayores por medio de materiales granulares.
- c. Floculación y sedimentación de sólidos suspendidos menores, por medio de agentes químicos.
- d. Oxigenación mecánica del agua.
- e. Disposición del agua residual en acequias de ladera, pozos de absorción y fosas de oxidación.
- f. Evaluación de volúmenes de agua en pipas hacia otro lugar donde pueda dársele tratamiento, si el nivel freático de la finca no lo permite.
- g. Compostaje de la pulpa de café por medio de diferentes métodos. El transporte mecánico de la pulpa, evita que la misma acumule más agua, permitiendo una descomposición más rápida y minimizando la liberación de malos olores.

### 4.9.4 Beneficio Artesanal

#### A Ubicación Geográfica

Distribuidos generalmente dentro de las parcelas y/o viviendas de los productores con extensiones pequeñas, ubicados principalmente en los departamentos Chiquimula, Alta y Baja Verapaz, Jalapa y Huehuetenango.

#### B El Proceso

Debido a los bajos volúmenes de cosecha del pequeño productor, el café es recolectado y procesado el mismo día en pulperos manuales, elaborados por el propio productor (de madera) o bien de fabricación comercial, la fermentación y lavado se realiza en sacos de yute, nylon o en pilas de madera (canoas), finalizando el proceso con un secamiento al sol. En cuanto al tratamiento de subproductos, desde hace varios años se están capacitando al productor para que la pulpa sea separada y utilizada como materia orgánica en almácigos y plantías, evitando la pérdida de ese recurso y la contaminación que genera al tirarla hacia zanjones.

### 4.9.5 Beneficio Comercial

#### A Ubicación Geográfica

Su ubicación geográfica se da en zonas de gran concentración de producción y comercialización del producto. Siendo estas Santa Rosa y San Marcos.

## B El Proceso

Estos beneficios encajan en cualquiera de los tipos mencionados, exceptuando el artesanal. Los propietarios no son necesariamente productores de café, sino que pueden estar conformados por sociedades de compradores/exportadores. Debido a los grandes volúmenes de procesamiento, genera igualmente grandes cantidades de subproductos. Los beneficios comerciales en su mayoría no disponen de sistemas de tratamiento de los subproductos, siendo necesaria su conversión gradual hacia sistemas que reduzcan el consumo de agua y faciliten el manejo de los subproductos.

### 4.10 PARÁMETROS A MONITOREAR

La contaminación generada por los beneficios de café se basa fundamentalmente en un aporte de carga orgánica derivado del lavado del mucílago fermentado y otros componentes del fruto, el cual le confiere ciertas características indeseables al agua de arrastre del mismo, afectando básicamente sus calidades organolépticas (olor, color y sabor).

Durante el procesamiento del fruto, no se da ningún aporte de contaminación por medio de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades de tipo gastrointestinal, de igual manera, no se hace uso de ningún reactivo químico que pueda contener metales pesados.

En vista de lo anterior, los parámetros seleccionados para el monitoreo de este tipo de agua consistieron básicamente en la medición de: potencial hidrógeno o pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos totales y sólidos sedimentables.

### 4.11 ANALISIS DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO, DESCARGA Y CUERPO RECEPTOR

#### 4.11.1 Resultados En Beneficios Tradicionales, Semitecnificados Y Tecnificados

En el cuadro 2 se presentan los promedios de análisis químicos de las aguas de abastecimiento y descarga. La demanda química de oxígeno (DQO) del agua que entra en el beneficio (de abastecimiento) es baja en los casos estudiados. Se conocen otros casos de cuencas con mayor concentración contaminante.

Las agua de descarga directa del beneficio tradicional presentan un valor promedio de 7,953 de DQO (mg/l). Las aguas de descarga **indirecta** de los beneficios semitecnificados y tecnificados concentran mayor carga contaminante por que operan con recirculación de agua, reduciendo el volumen de agua de 50 a 90%, con relación al beneficio tradicional. El proceso del beneficiado húmedo del café acidifica el agua como

puede notarse por cambio del potencial de hidrógeno (pH), sin embargo debe considerarse que el café se cultiva en suelos ligeramente ácidos y que los procesos de acidificación de estos suelos provienen básicamente del aporte de fertilizantes químicos, como las fuentes nitrogenadas urea y sulfato de amonio. Considerando el efecto químico de las aguas servidas de los beneficios semitecnificados y tecnificados, actualmente se hace necesario verter las mismas como **descarga indirecta hacia una fosa** donde se degradan, infiltran y se evaporan. Esto no omite el compromiso de evaluar y definir en el mediano plazo, otros sistemas de tratamientos de aguas mieles que garanticen una mejor calidad física y química del agua vertida directamente a un cuerpo receptor, como se observa en el cuadro 1.

**CUADRO 1**  
**RESULTADO DEL MONITOREO DE APORTES INDIRECTOS EN BENEFICIOS**  
**TECNIFICADOS Y SEMITECNIFICADOS**

BENEFICIO	FUENTE DE AGUA -ANTES-				FOSA DE SEDIMENTACION			CUERPO DE AGUA -DESPUES-				
	DQO		SS	pH	DQO	SS	pH	DQO		SS	pH	
A	1.010	<	0.100	6.840	9175.000	-	4.170	153.000	(*)	<	0.100	6.450
B	2.100	<	0.100	6.320	9685.000	-	5.300	8.840		<	0.100	6.220
C	2.210	<	0.100	6.110	4290.000	-	3.940	16.200			0.500	6.330
D	2.210		0.400	6.230	10503.000	-	4.320	6.640			0.600	6.310
PROMEDIO	1.883	0.000	0.175	6.375	8413.250	0.000	4.433	46.170			0.325	6.328

(\*) Este dato sensiblemente superior a los otros, se explica por la ruptura accidental de un soporte de bloc en la fosa.

En el caso de cuencas que reciben aguas muy contaminadas, el cálculo de remoción debe considerar el valor de carga contaminante de la fuente de agua (antes de beneficio), y asociarlo con el valor de carga contaminante en la salida del mismo, de tal manera que el aporte real de descarga del beneficio, sea la diferencia entre ambos, por ejemplo:

$$\begin{aligned}
 \text{DQO antes del beneficio (fuente de agua)} &= 500 \\
 \text{DQO en salida del beneficio} &= 3,500 \\
 \text{Diferencia o aporte real} &= 3,000
 \end{aligned}$$

#### **4.12 ESTUDIO DE NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO TOTALES EN PERFILES DE SUELO EN FOSA DE SEDIMENTACION Y EN UN AREA TESTIGO**

##### **4.12.1 Justificación**

Las fosas de sedimentación constituyen una alternativa para la deposición de los afluentes líquidos del proceso del beneficiado húmedo del café. Es un sistema técnicamente aceptable para el almacenamiento temporal y tratamiento de la materia orgánica (sólidos suspendidos) y de la materia disuelta, por medio de la acción microbiana para convertirla en compuestos inocuos para el medio ambiente.

Existen dudas sobre el posible aporte incontrolado de las aguas residuales almacenadas en fosas, en el sentido que pudieran estar generando una carga contaminante con los nutrientes NITROGENO Y FOSFORO hacia los cuerpos de agua subterráneos, con las debidas consecuencias de una eutrofización de los mismos.

Para el efecto, se desarrolló un estudio en el centro experimental y demostrativo de la Finca Las Flores, de ANACAFE, con el objetivo de determinar los niveles y el comportamiento de estos dos elementos nutritivos en un perfil de suelo elaborado en la fosa de estabilización, comparado con un perfil testigo ubicado dentro del área de cultivo del café.

##### **4.12.2 Metodología**

Nueve meses después de la cosecha 96/97 se hizo una calicata en la fosa (vacía) y en el área testigo, con dimensiones de un metro cúbico, extrayendo las muestras del perfil a cada 15 cm. De profundidad, hasta cubrir 90cm. Se colocaron en bolsas de papel y luego fueron transportadas el mismo día al laboratorio de suelos de soluciones analíticas (AGRILAB) para su análisis.

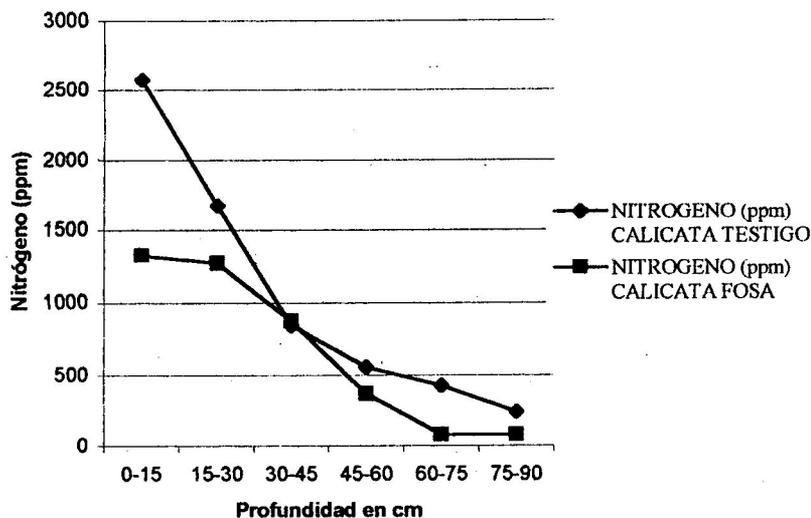
##### **4.12.3 Resultados Obtenidos**

Los resultados emitidos por el laboratorio responsable del análisis de las muestras, se describen en el cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**ESTUDIO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO TOTALES EN**  
**PERFILES DE SUELO EN FOSA DE SEDIMENTACIÓN Y EN UN AREA TESTIGO**

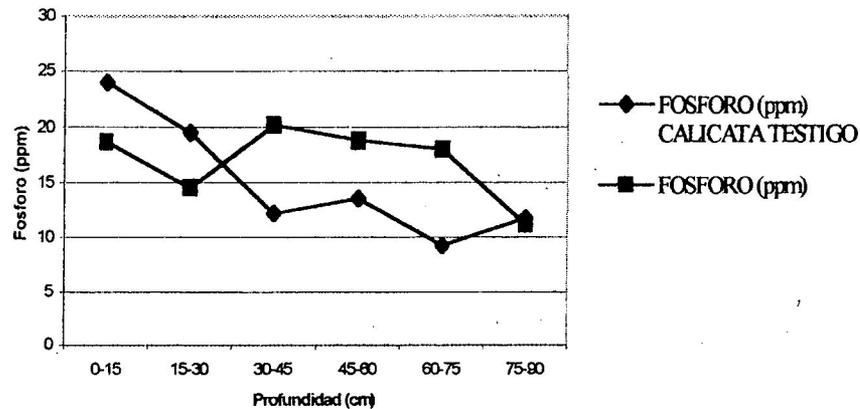
PROFUNDIDAD (cm)	NITROGENO (ppm)		FOSFORO (ppm)	
	CALICATA TESTIGO	CALICATA FOSA	CALICATA TESTIGO	CALICATA FOSA
0-15	2574	1324.8	24	18.7
15-30	1669	1271.9	19.5	14.5
30-45	847	875	12.2	20.2
45-60	556	371.8	13.6	18.8
60-75	424	79.9	9.3	18
75-90	239	79.8	11.8	11.2

En la figura 1 se muestra en detalle el comportamiento del NITROGENO a lo largo del perfil elaborado en la fosa de estabilización con el perfil del testigo. Los mayores niveles de concentración de nitrógeno se encuentran, para ambos perfiles, localizados entre los primeros treinta centímetros de profundidad, ambos presentan igualmente una disminución gradual desde 0 hasta 90cm. De profundidad. El perfil de la fosa muestra menor acumulación de nitrógeno total que el perfil testigo, en toda la profundidad explorada, estabilizándose a partir de los 60 cm. De profundidad. Solo coincidieron a la profundidad de 30-45 cm.



**Figura 1 Nitrogeno Total en Perfiles de Suelo de 0-90 cm de**  
**Profundidad, Calicatas en Fosa Testigo**

La figura 2 muestra el comportamiento del fósforo en el perfil del suelo de la fosa de estabilización y del perfil testigo. En el perfil testigo, la concentración de fósforo es mayor en los primeros 30 cm. De profundidad. De 30-75 cm. El perfil de la fosa muestra las mayores concentraciones, observándose luego una estabilización de ambos en el segmento de 75 a 90 cm. Con valores cercanos a las 11 ppm.



**Figura 2**  
Fósforo total en perfiles de suelos de 0-90 cm. de profundidad, calicatas en la fosa y testigos

Se observa la estabilidad de los nutrientes NITROGENO Y FOSFORO a los 90 cm, y una tendencia a menores concentraciones conforme se profundiza en el perfil. Se podría concluir que estos elementos presentes en el agua miel, no presentan un riesgo por su aporte hacia mantos friáticos. La recomendación técnica de ANACAFE para este tipo de fosas que se tenga como mínimo una distancia vertical de 5 metros desde la fosa hasta el nivel friático y también a una distancia horizontal mínima de 20 metros del cuerpo de agua superficial más cercano.

#### 4.13 EVALUACION DE MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICO Y BIOLÓGICO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO HUMEDO

Los resultados del cuadro 3 corresponden a la evaluación de una fuente de bacterias y dos fuentes de enzimas, con supuesta capacidad de degradar el agua miel, durante un período corto de tiempo. Previo a la aplicación de los productos, se ajustó el pH del agua con hidróxido de calcio, el cual también actuó como un floculante.

**CUADRO 3**  
**EVALUACION DE METODOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS**

TRATAMIENTOS	FECHA	PARAMETROS EVALUADOS			
		pH	DQO mg/l	SS ml/l	STD mg/l
TESTIGO	13/03/97	4.7	5542	10	891
	24/04/97	4.9	6408	-	-
	27/06/97	-	-	-	-
TRATAMIENTOS POR PERDIDA DE AGUA (WWT)	13/03/97	6.67	5009	0.33	1719
	24/04/97	7.1	4990	-	-
	27/06/97	6.77	4357	-	-
BNB-931 EXPOSICION AL SOL	13/03/97	9.63	5230	0.28	1761
	24/04/97	6.47	4946	-	-
	27/06/97	4189	4189	-	-
LAGUNA DE OXIDACION	13/03/97	7.67	5270	0.2	1524
	24/04/97	6.6	5615	-	-
	27/06/97	6.9	4674	-	-

No hubo cambios significativos en los resultados de las tres lecturas, esto indica que las enzimas y bacterias utilizadas, no son las específicas para degradar los compuestos químicos de las aguas residuales del beneficio húmedo del café, y marca la necesidad de evaluar sistemáticamente todos los productos biológicos, sean experimentales o comerciales, para verificar su capacidad de acción real en pruebas controladas.

#### 4.14 PRINCIPALES ACTIVIDADES DE CADA ETAPA

En el cuadro 4 se presentan los lapsos de tiempo estipulados, por un acuerdo entre la caficultura nacional, y EL Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

**CUADRO 4**  
**PROPUESTA DE PARAMETROS DE DESCARGA DE AGUAS SERVIDAS DEL BENEFICIADO**  
**HUMEDO DEL CAFÉ Y ETAPAS DE TRABAJO.**

PARAMETRO	ESTADO ACTUAL DE DESCARGA VALORES PROMEDIO	ETAPA I 0-3 AÑOS LIMITE PROPUESTO	ETAPA II 0-6 AÑOS LIMITE PROPUESTO	ETAPA III 0-9 AÑOS LIMITE PROPUESTO
Sólidos sedimentales	15 ml/l	10 ml/l	5 ml/l	2 ml/l
Demanda bioquímica de oxígeno	3200 mg/l	1500 mg/l	1000 mg/l	500 mg/l
Demanda química de oxígeno	8000 mg/l	3000 mg/l	2000 mg/l	1500 mg/l
PH	4	5-9	6.5-8.5	6.5-8.5
Sólidos totales	6%	5%	3%	1.50%

#### 4.14.1 Etapa I

- A. Reducción de volúmenes de agua en el despulpado
- B. Traslado mecánico de la pulpa
- C. Reducción en el consumo de energía
- D. Recirculación de las aguas utilizadas durante el proceso
- E. Sistemas de tratamiento físico de las aguas residuales del beneficiado consistente en:
  - a. Acequias de ladera con pozos de absorción
  - b. Fosas de sedimentación y oxidación.

En caso de que no se puedan implementar estos tratamientos físicos por limitaciones de espacio, ó niveles freáticos altos (5-10 metros), esta agua deben de transportarse fuera de área del beneficio utilizando para ello tanques cisternas y depositarse en lugares donde se garantice que no causaran un impacto ambiental negativo, directo hacia fuentes de agua.

- A. Utilización de pulpa como abono orgánico por medio de la descomposición natural y vermicompostaje.
- B. Investigación sobre sistemas de pre-tratamiento físico-químico de aguas residuales.
- C. Identificación de fuentes de financiamiento interno y externo, dirigidas a la conversión de los beneficios.

#### 4.14.2 Etapa II

- A. Esta etapa orientará básicamente a una adopción general de las tecnologías “limpias” de beneficiado húmedo del café, por medio de las siguientes líneas de acción:
  - a. Reconversión de los beneficios húmedos que operan en el país.
  - b. Establecer a nivel de fincas, micro-plantas para tratamiento de aguas residuales del beneficiado húmedo del café.
  - c. Implementación de equipos y maquinaria para proceso de despulpado “en seco”, verificando que los estándares de calidad del café guatemalteco no sea alterado negativamente en el proceso.

#### 4.14.3 Etapa III

Esta etapa se orienta básicamente, a una adopción general de las tecnologías “limpias” de beneficiado húmedo del café, por medio de las siguientes líneas de acción.

- A. Reconversión de los beneficios húmedos que operan en el país.
- B. Establecer a nivel de las fincas, micro- plantas para tratamiento de aguas residuales del beneficiado húmedo del café.
- C. Implementación de equipos y maquinaria para proceso de despulpado “en seco”, verificando que los estándares de calidad del café guatemalteco no sean alterados negativamente en el proceso.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 GENERAL

- A. Ilustrar el impacto ambiental de los subproductos del beneficiado húmedo del café y formas para reducirlo.

### 5.2 ESPECIFICOS:

- A. Comparar los volúmenes de agua empleados en el beneficiado húmedo tradicional y el tecnificado.
- B. Comparar los costos del beneficiado húmedo del café, en la forma tradicional y en la forma tecnificada.
- C. Comparar el manejo de la pulpa por el método hídrico y el mecánico.

## 6. METODOLOGIA

El presente trabajo, es una recopilación de las experiencias que el autor ha tenido, en el beneficiado húmedo del café, y las diferencias que existen entre el método tradicional y el tecnificado.

En general, el trabajo consistió, en una consulta de bibliografía, experiencia personal del autor del presente trabajo, por dirigir una empresa dedicada a la producción y exportación de café en finca El Bosque, así como un análisis y discusión de toda la información.

Las consultas bibliográficas se obtuvieron en: Asociación Nacional del Café (ANACAFE), en diferentes centros de documentación y bibliotecas.

Tomando como referencia la revisión de literatura, se pudo llegar a comparar, los logros que se han alcanzado, en finca EL BOSQUE, en lo que se refiere al beneficiado húmedo del café, y establecer, las diferencias que existen entre un beneficiado tradicional y uno con aplicación de tecnología.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

En lo que respecta a la historia de la producción de café, se arranca desde los años 1,800, cuando se producía el café, solo para el consumo, pero alrededor del año 1,880 cuando se comenzó a exportar café de Guatemala con producciones de alrededor de los 20,000 tm, pero con una tecnología rudimentaria para el proceso de despulpado del grano (1).

Fue en el año 1,962 en adelante cuando surge ANACAFE, y es cuando se empieza a dar importancia a la investigación en todo lo que se refiere al cultivo y sus procesos de beneficiado, tratando de uniformizar los mismos, fue en esta época que con la colaboración del ICAITI y el INCAP, que se da inicio a los estudios sobre la base de la fermentación del café y sobre la composición química del mismo en las diferentes regiones del país. De 1984 en adelante, ANACAFE ha fomentado la aparición de pequeños productores del grano, tratando a la vez de crear centrales de beneficio, y de remodelar las ya existentes (4).

En lo que respecta al proceso de beneficiado del café, se ha usado un método empírico, desde sus inicios, sin tomar en cuenta ninguno de los factores que influyen negativamente en nuestro planeta, contaminando lo principal, el AGUA, que es el líquido vital para la vida, y que cada día se escasea más, por culpa del ser humano. Es por lo anteriormente expuesto, que se ha tratado de generar nueva tecnología para el beneficiado húmedo del café, incorporando en los beneficios maquinaria nueva, de gran rendimiento, bajo consumo de energía y menor cantidad de mano de obra.

El presente documento se realizó sobre la base de las experiencias obtenidas durante 14 años de trabajo, en finca EL BOSQUE, ubicada en aldea San José El Tablón, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, a una altura de entre 1,334 y 3,000 metros snm. Con una precipitación anual de entre 1,500 y 1,800mm por año, y una temperatura promedio de 23 grados centígrados. Con una producción promedio anual de 100 tm de café Estrictamente Duro (SHB), tipo Fraijanes.

En el cuadro 5 se presenta una proyección de los caudales máximos de entrada y salida para beneficio tradicional, semitecnificado y tecnificado.

**CUADRO 5**  
**ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN BENEFICIADO HÚMEDO (LITROS DIARIOS)**

PRODUCCION ANUAL QUINTALES PERGAMINO	MAXIMA ENTRADA DIARIA qq CEREZA	B. TRADICIONAL CAUDAL (l/día)		B. SEMITECNIFICADO CAUDAL (l/día)		B. TECNIFICADO CAUDAL (l/día)	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
500	50	20000	20000	10000	10000	1200	1200
1000	100	40000	40000	20000	20000	2400	2400
2000	200	80000	80000	40000	40000	4800	4800

El cálculo se basa en la entrada máxima diaria de café maduro al beneficio, equivalente al 10% del total del café producido por una finca como café pergamino seco en el año. El beneficio tradicional en un sistema abierto, donde los caudales de entrada y salida son prácticamente iguales, el caudal de salida va directamente al cuerpo receptor. En los sistemas semitecnificado y tecnificado los caudales de salida se dirigen hacia fosas y pozos de absorción.

Por lo anterior se puede observar, que cuanto más tecnificado es un beneficio húmedo de café menor es la cantidad de agua que se emplea en el proceso, facilitando el manejo de las aguas de descarga, por los bajos volúmenes de la misma, pero con una concentración de (sólidos suspendidos), como se puede observar en el cuadro 1.

En la finca en estudio, el recibo del café se llevaba a cabo en un tanque en seco, pero traía muchas molestias, pues el café pasaba con basura (hojas y palos), lo cual obstruía los pulperos, además se utilizaban de 3,000 a 4,000 litros de agua por despulpado de 10 tm de café cereza, y se necesitaban por lo menos 3 personas para controlar el recibidero; con el tiempo y con base en observaciones de otros beneficios, se determinó que un recibidero tipo sifón, el cual se acciona con agua, solventaría los problemas con que se tropezaba, pues con el sifón se lleva el grano de café directamente a los pulperos, pero dicho sifón cuenta con una salida de rebalse, por la que se logra extraer todos los granos secos, palitos, hojas y frutos mal formados (desnatar), además solo se utilizan 700 litros de agua para despulpar 10 tm de café cereza o más, siendo necesaria una sola persona para controlar el sifón (5).

En esta fase, se logra reducir la mano de obra de 2 personas, así tan bien hay un ahorro de aproximadamente 2,800 litros de agua por despulpada a diario.

El siguiente paso, es el despulpado de café cereza, con el sistema antiguo se utilizaban pulperos horizontales, con los que se necesitaba de gran cantidad de agua, 100 litros por 40.5 kg de café cereza despulpado, teniendo varios inconvenientes, se necesita de 3 personas para manejar los pulperos, zarandas y repasadores, también el ajuste de los pulperos es muy complicado y pesa 101.2 kg, con una capacidad de despulpado de 1012 a 1215 kg de café cereza por hora. En la Finca en mención, se utilizan los pulperos verticales Penagos con despulpe en seco, utilizándose agua, solo para el transporte de la cereza, y antes de llegar el café cereza al pulpero es decantada el agua y recirculada hacia el sifón, por lo que el gasto se mantiene en los mismos 700 litros, por otro lado, el pulpero vertical, lleva incluido un repasador en el mismo cuerpo, pesando el pulpero completo 40.3 kg, despulpando hasta 2.5 tm de café cereza por hora, necesitándose de una sola persona para controlar varios pulperos, reduciéndose los costos de operación.

En este paso, podemos observar que: Primero: se utiliza solamente una persona en el control de los pulperos. Segundo: el uso de agua, no se incrementa, manteniéndose los mismos 700 litros de agua que se recicla, habiendo una economía de agua de 20,000 litros de agua por día. Tercero: el manejo de la maquinaria, es menos complicado, tanto en lo que respecta a los ajustes, como al peso de las mismas, pues existe una diferencia de pesos entre los pulperos de aproximadamente 60.7 kg. Cuarto: por último, la eficiencia de los pulperos verticales Penagos, es mucho mayor, existiendo un ahorro de tiempo de dos horas diarias.

Siguiendo con el proceso, se llega a lo que es la fermentación del grano de café, en la que existen varios métodos como: Eliminación del mucílago por método mecánico, que es muy eficiente, pero los costos de la maquinaria son muy altos y consume mucha energía. El método químico para eliminación del mucílago, en este método se utiliza álcalis como la soda cáustica y la cal, variando la cantidad de las mismas según la maquinaria utilizada, pero es muy delicado el manejo de las mismas, pues pueden resultar defectos, en la coloración del pergamino, y en la coloración verde del café en oro, también se presentan los problemas de película adherida, cuando se cambió la soda cáustica por el hidróxido de calcio, se obtuvieron mejores resultados.

La fermentación enzimática artificial, en este método se emplea productos comerciales, efectivos, pero que a su vez son productos que aumentan los costos debido a su valor. Por último el método natural de fermentación, es el más utilizado en Guatemala, y en la Finca en mención. Debido a los requerimientos que hacen los compradores y para evitar defectos en la catación de café, considerado como un método económico y sencillo, el único cuidado que se debe tener, es de eliminar la fermentación del grano, esto se logra, sumergiendo en agua el grano de café, a las 24 horas de fermentación.

El manejo de la pulpa del café, en los beneficios tradicionales, se vierte a los afluentes de agua (ríos), o se almacenaba en lugares al aire libre, contaminando con olores fétidos y proliferación de moscas siendo uno de los principales problemas de contaminación del medio ambiente, en la actualidad, se utiliza el método mecánico para transportar la pulpa, por medio de un tornillo sin fin, a los depósitos establecidos para su descomposición, por otro lado los volúmenes de pulpa libre de agua son más manejables, calculados en 1.25 tm de pulpa de cada 5 tm de café cereza despulpados, mientras que con agua son 2 tm de pulpa de 5 tm de café cereza, lo que resulta muy difícil de transportar y almacenar. En los últimos años, las exigencias del mercado, se encaminan a los productos agrícolas orgánicos, lo que nos ha permitido experimentar la utilización de una lombriz llamada coqueta roja (*Eisenia foetida*), la que descompone la pulpa con gran rapidez y mejora las características como abono orgánico, llamado LOMBRICOMPOST, que no es más que la descomposición de la pulpa mezclada con excrementos animales, el cuidado que debe tenerse con la lombriz, es que el compost debe ser previamente fermentada, para que al sembrar el pié de cría la temperatura de la pulpa no pase de los 30 grados Centígrados, pues si es más alta la temperatura la lombriz morirá, el resultado que se obtiene es uno de los mejores abonos orgánicos que se puedan fabricar naturalmente. El principal logro, es la eliminación total de la contaminación de las aguas, por la no utilización de la misma.

Discutimos lo referente a las aguas residuales del proceso de beneficiado húmedo del café, que es el mayor problema a resolver por parte de los caficultores, por las grandes cantidades de agua que resultan del proceso. La contaminación a que nos referiremos, se basa fundamentalmente, en un aporte de carga orgánica, del lavado del mucílago fermentado y otros componentes del fruto, la cual aporta ciertas características indeseables al agua de arrastre, afectando básicamente sus calidades organolépticas (olor, color y sabor), y no debido a metales pesados, ni a microorganismos.

De lo anterior, se mantuvo un monitoreo de este tipo de agua por parte de ANACAFE, que consistió básicamente en la medición de: potencial de Hidrógeno o pH, Demanda química de Oxígeno (DQO), Sólidos totales y sólidos sedimentables.

Por otra parte, según la evaluación de las descargas de aguas a cuerpos receptores (ríos), se ha determinado que: Cuanto más tecnificado es un beneficio húmedo, más alta es la carga contaminante, por el tipo de beneficio (tecnificados y semitecnificados) Existe una recirculación de agua, por esto se concentran los residuos del proceso, que a su vez vuelven manejable el volumen de agua de desecho.

En la Finca en mención las aguas de desecho, se tratan, dirigiendo las mismas a fosas y pozos de absorción, para que se infiltre, evapore y degrade los materiales de desecho, los que se pueden aprovechar, en la elaboración de fertilizantes. Debe observarse cuidado en la ubicación de las fosas y los pozos de absorción, pues se determinó por parte de ANACAFE en Fincas de su propiedad, que no se deben situarse a menos de 20 metros en línea recta de un afluente de agua, así como una diferencia de por lo menos 5 metros en forma vertical del nivel freático, pues a menores distancias puede existir contaminación. (Cuadro 1).

Como podemos observar en el cuadro 6, se lleva a cabo un análisis de costos entre el beneficiado húmedo tradicional y el semitecnificado dando como resultado: a) Se ahorran 4 puestos de trabajo, que equivale a Q 108.00 por día. b) Hay una economía en el uso del agua de 20,000 litros (cuadro 5), lo que cuantificándolo nos da un ahorro de Q 300.00 por día, pues el agua a utilizar, se debe bombear de un nacimiento, la bomba tiene una capacidad de 4,000 litros por hora, y el costo es de Q 60.00 por hora, también se ahorran Q 27.00 que es el salario de una persona encargada de supervisar el bombeo. En total se tiene un ahorro monetario en el beneficiado semitecnificado de Q 435.00 por día.

**CUADRO 6**  
**ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EL BENEFICIADO TRADICIONAL Y EL SEMITECNIFICADO**

Actividades	B.Tradicional	B.Semitecnificado	Diferencia
Personal necesario	6x27.00= 162.00	2x27.00=54.00	Q 108.00/día
Bombeo de agua	5h.x60.00=300.00	-----	Q. 300.00/día
Personal p. Bombeo	1x27.00=27.00	-----	Q. 27.00/día
Costo Total	Q 489.00	Q 54.00	Q. 435.00/día

En pláticas llevadas a cabo con el catador de la cooperativa CodeCafé R.L. señor José Vargas, se comentó que en algunos países de África se lleva a cabo la inmersión del café en agua, para mejorar la calidad de los cafés que se producen en esos lugares.

Por lo anterior, se llevaron a cabo experimentos con inmersión del café en agua, con diferentes periodos de inmersión, a 8 horas, 15 horas, 24 horas y 30 horas.

Dando como resultado, que a 8 y a 15 horas de inmersión no había cambios en la calidad del café, no así en 24 y 30 horas, en las que sí se detectó una marcada mejoría en lo que respecta a la calidad del café según la catación efectuada por el señor Vargas, pero como la inmersión a 24 y a 30 horas arrojó los mismos resultados se toma la inmersión a 24 horas.

A los experimentos anteriores, no se les llevó a cabo ningún análisis estadístico, pues los resultados solo se obtuvieron por la experiencia del catador.

Por último, se determinaron los niveles de NITRÓGENO Y FÓSFORO totales, lo que fue establecido en estudios realizados por ANACAFE, pues sé tenía duda en lo referente a que si estos elementos pudieran estar contaminando los cuerpos de agua subterráneos, con la consecuente eutroficación.

Se pudo determinar que la concentración de nitrógeno y fósforo, disminuye conforme aumenta la profundidad de las muestras que se obtuvieron (Cuadro 2). Además, se han evaluado métodos FÍSICO-QUÍMICO y BIOLÓGICOS, para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio húmedo, con el uso de enzimas y bacterias, pero los resultados obtenidos, no han sido significativos, por ello se debe continuar evaluando más productos biológicos.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 En Guatemala no se le ha dado la importancia que merece al tratamiento de los subproductos provenientes del beneficiado húmedo del café, teniendo en cuenta que existen plazos fijados por (CONAMA), para corregir dichos procesos, y dejar de contaminar los afluentes de agua, así como los mantos freáticos (Cuadro 5).
- 8.2 En lo que respecta al sector cafetalero, no se le ha dado a conocer el ahorro en el uso del agua en los beneficios húmedos, con la implementación de maquinaria y equipo, que existe en nuestro medio.
- 8.3 Al gremio cafetalero, no se le ha orientado en lo que respecta a bajar costos, y competir en el ámbito internacional, aun con los bajos precios que hay en el mercado mundial.
- 8.4 El manejo tradicional de la pulpa (conducción), se ha llevado a cabo por medios hídricos, en los que se emplean grandes cantidades de agua, y la descomposición resulta mucho más lenta, complicada, onerosa y de gran contaminación.
- 8.5 En la actualidad se ha determinado, que el transporte mecánico de la pulpa, resulta más limpio, práctico, económico y facilita la descomposición, pudiéndose aprovechar como abono en un menor lapso de tiempo.
- 8.6 Con mayor tecnología en los beneficios húmedos, se emplea menor cantidad de mano de obra, así como menor cantidad de subproductos provenientes del beneficiado, y se conserva la calidad del café, con bajos costos, que ayudan a competir en el mercado internacional.

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Promover por medio de la Asociación Nacional Del Café (ANACAFE), la remodelación de los tradicionales beneficios húmedos, utilizando la nueva tecnología, maquinaria y equipo, con que contamos.
- 9.2 Gestionar por medio de ANACAFE, créditos en la banca nacional ó internacional, con buenas condiciones de pago, períodos de gracia, y bajos intereses, para poder llevar a cabo la remodelación de los beneficios.
- 9.3 Divulgar ampliamente, que con el beneficiado tecnificado, se logra un ahorro de entre un 50 a un 90% de agua.
- 9.4 Incentivar al sector cafetalero, en la utilización del método mecánico de transportación de la pulpa, para evitar la contaminación de las aguas de arrastre, la que es eliminada en su totalidad con el uso de este sistema.
- 9.5 Hacer del conocimiento de los caficultores, que con la implementación de los beneficios húmedos tecnificados, se logra reducir en un 90% la contaminación ambiental.
- 9.6 Divulgar, que con la implementación de los beneficios tecnificados, se utiliza un 50% menos de mano de obra, lo que nos ayuda a bajar los costos.
- 9.7 Promover el cambio de los beneficios tradicionales a tecnificados, pues hay un ahorro del 50% en el valor de beneficiado, lo que es satisfactorio, pues reduce los costos de producción de café, y así se logra competir en el mercado internacional.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Rubio, M. 1969 Historia del cultivo del café en Guatemala. Revista Cafetalera (GT) 3 (9): 15-26
- 2) Guibot, A. 1963. Determiration de la teneur en eau del cafés. En Colloque international su la chimie des cafes (1. Paris, France). la mémoire. Paris, ed. cle international, 8-19
- 3) Alvarado, TA. 1936. Tratado de Caficultura práctica. Guatemala, ed. Tipografia Nacional. 48p.
- 4) Menchu, JF. 1971 La determinación de la calidad del café. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 51p. (Boletín de ANACAFE, no.6)
- 5) Menchú, JF. 1985 Manual práctico de beneficiado de café. Guatemala, Asociación Naciona del Café. 119p. (Boletín de ANACAFE, no.11)
- 6) Carbonel, RJ. ; Villanova, MT. 1952. Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de la soda cáustica. Santa Tecla, El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Nacional de Agronomía. 83 p. (Boletín Técnico no. 13)
- 7) Wilbaux, R. 1956. Les cafeires au Congo Belge: Technoligie du café arabica et robusta bruxelles. Belge, Ministériel del Colonies, Dirección de I' Agriculture des forest et de L'évage. 65p.
- 8) Rolz, C. ; Menchú, JF. 1971. Coffe Fermentation Technology. Washington, D.C, US, American Chemical Society Meeting. 98 p.

V. B.

*Juan De La Roca*

**11. APENDICE**

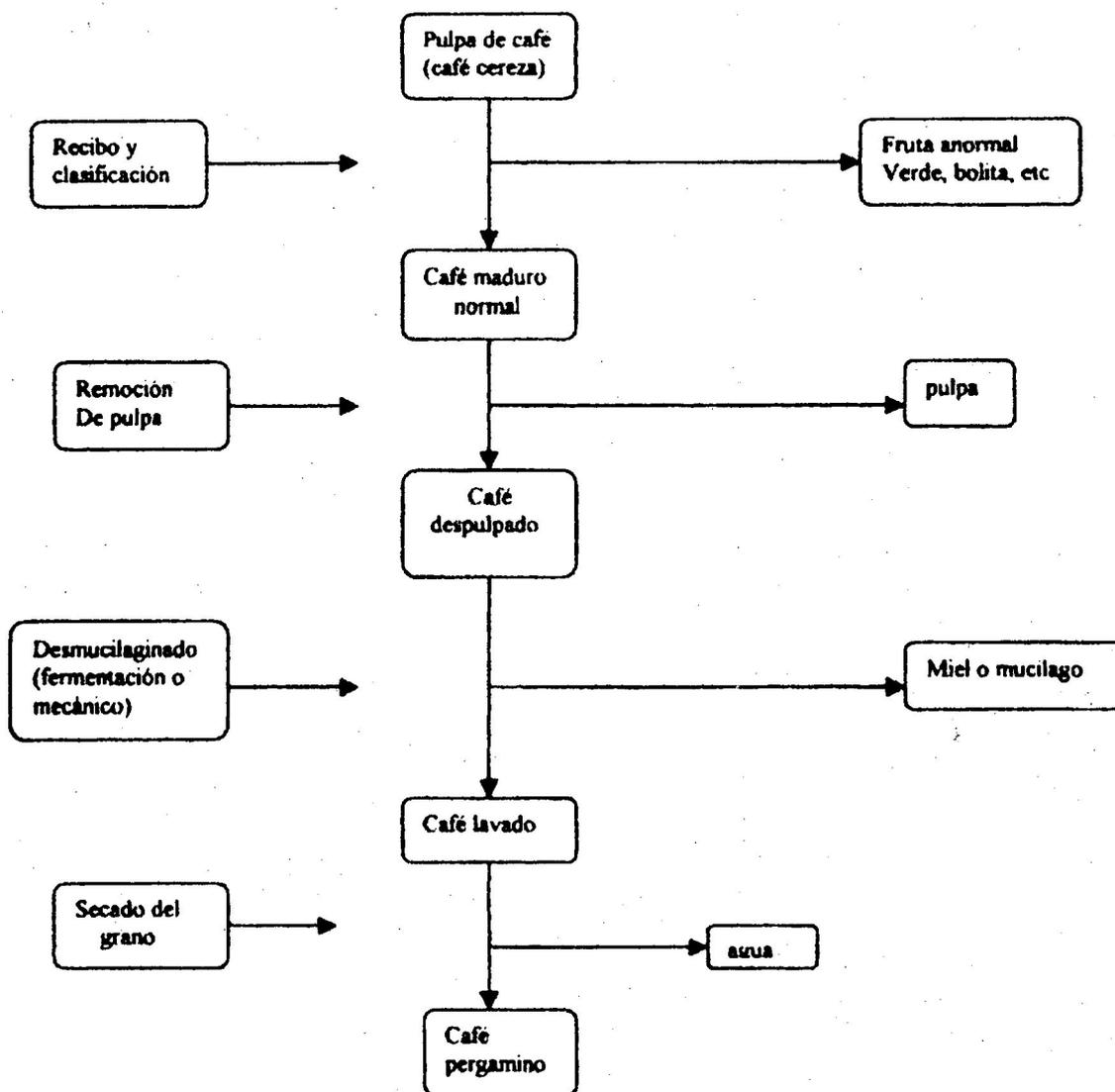
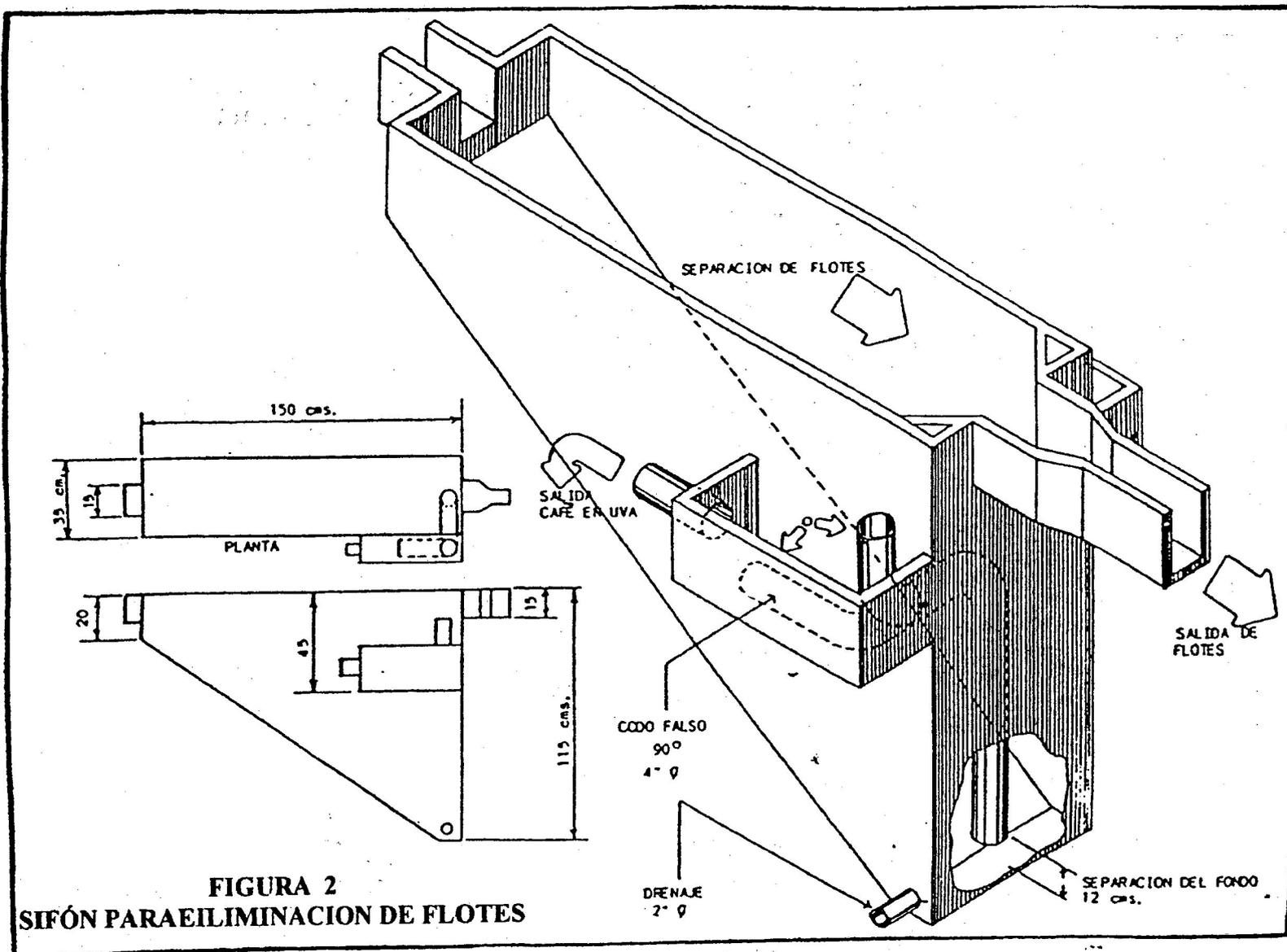


FIGURA 1

DIAGRAMA DE FLUJO  
OPERACIONES DEL BENEFICIADO HUMEDO



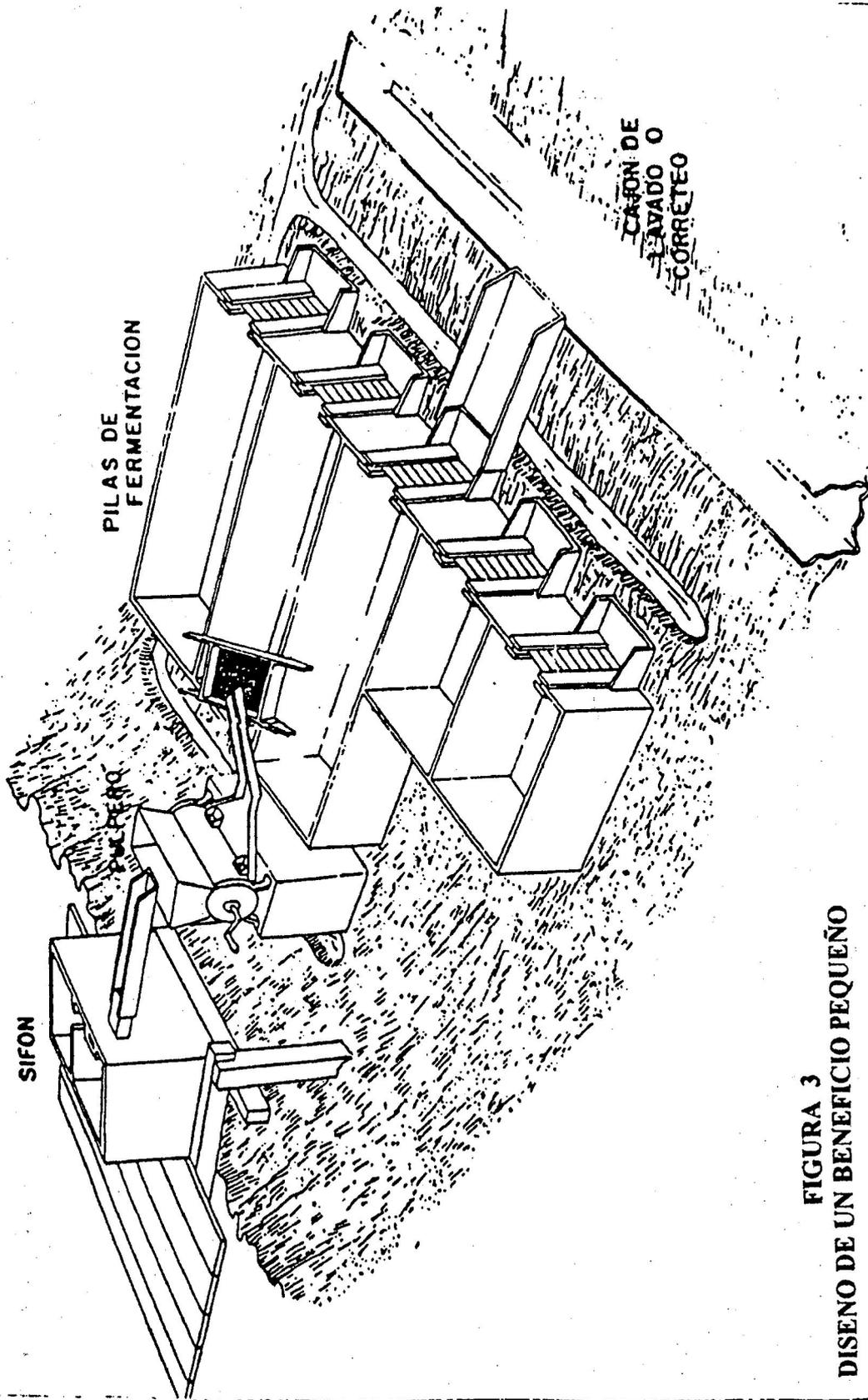
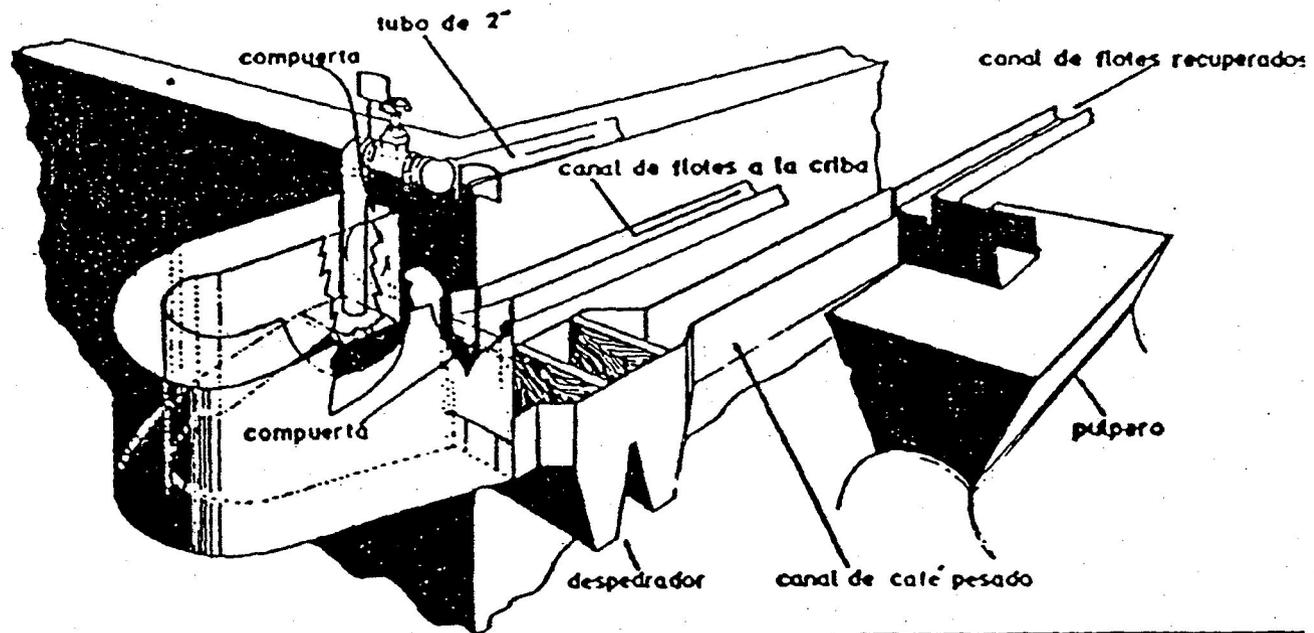


FIGURA 3  
DISENO DE UN BENEFICIO PEQUEÑO



**FIGURA 4**  
**TRAMPA DE FLOTES**

**TRAMPA PARA FLOTES**

PARA UN RECIPIENTE CON SALIDA DE:

Material de Construcción: Lámina de  $\frac{1}{8}$

Departamento de Asuntos Agrícolas

ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CAYAMA  
 DEPARTAMENTO DE ASUNTOS AGRÍCOLAS  
 ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ

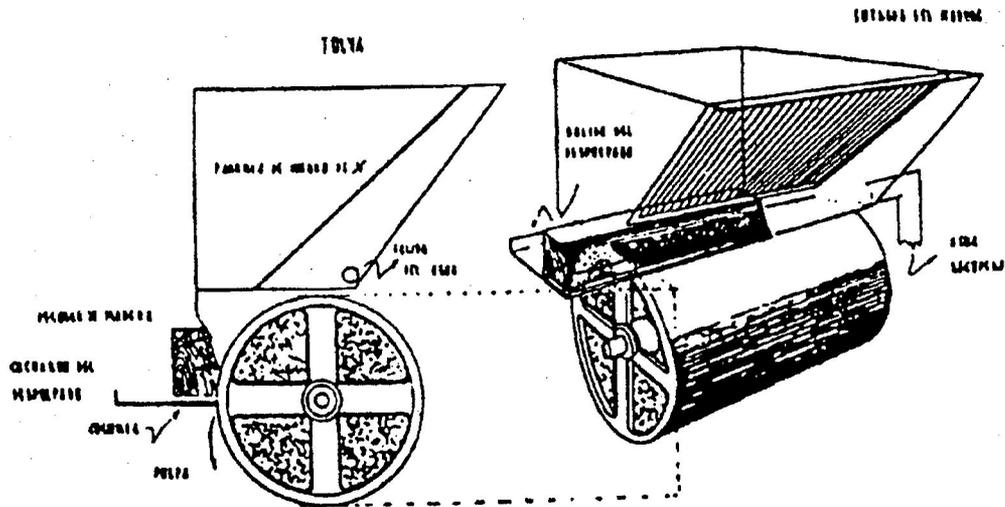


FIGURA 5  
PULPERO CON PECHERO

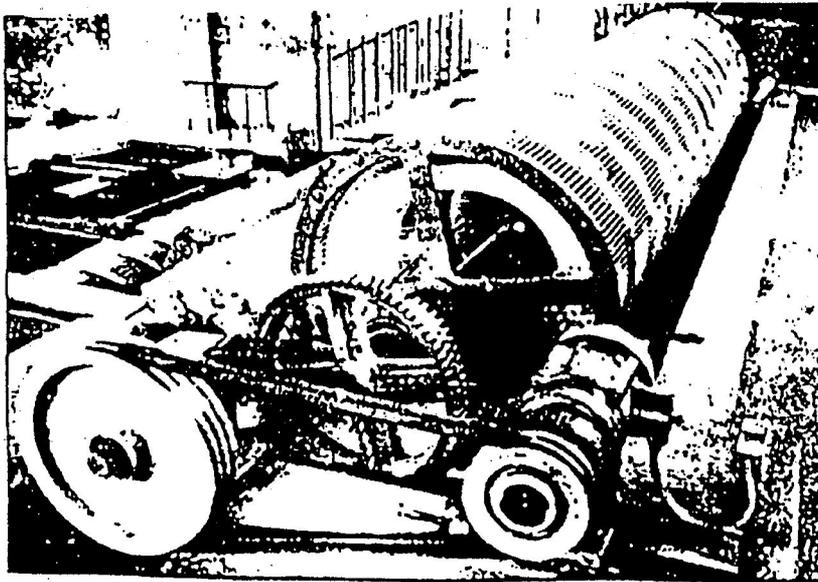
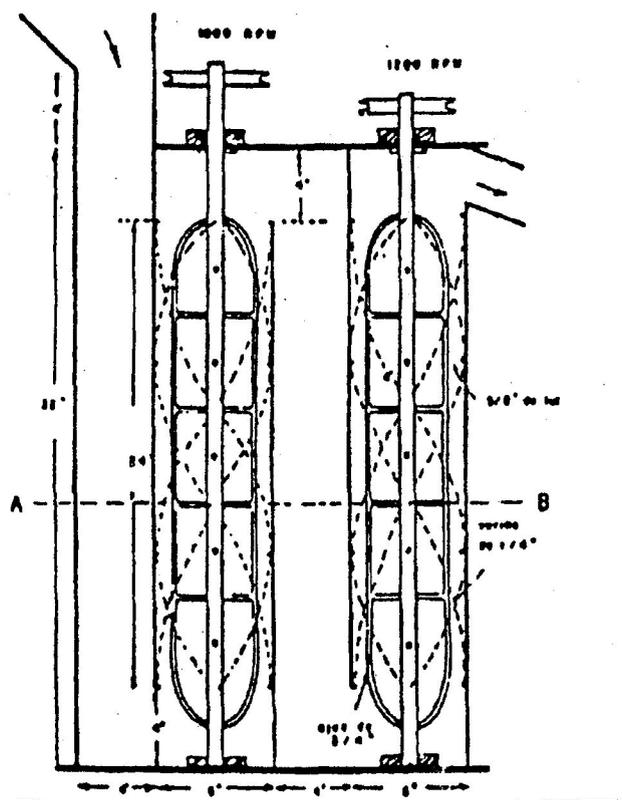
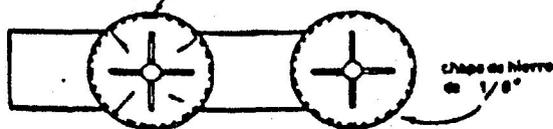


FIGURA 6  
CRIBAS ROTATORIAS

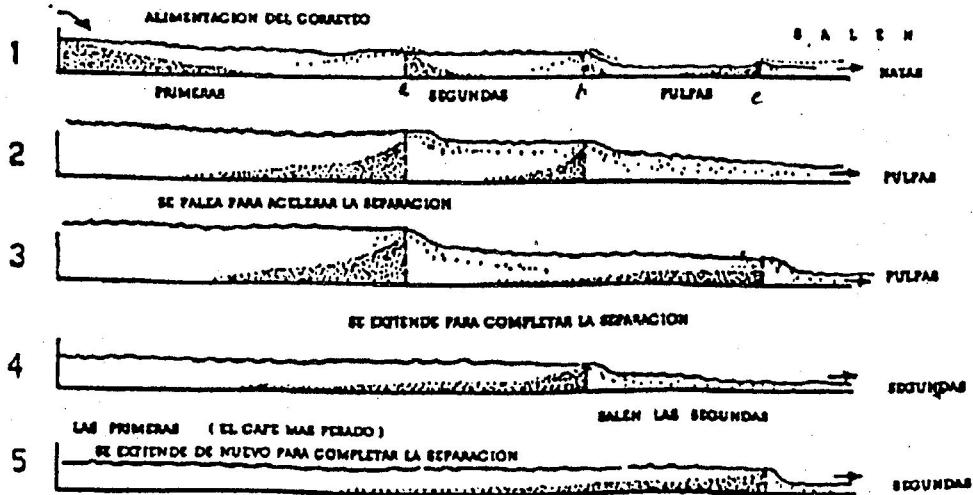


varillas de hierro de  $2\frac{1}{8}$ " colocadas en  
 espiral, cada una de ellas de  $\frac{3}{4}$ " de  
 revolución las varillas deben cortarse en 3 secciones



Desmucilagadora Fukunaga.

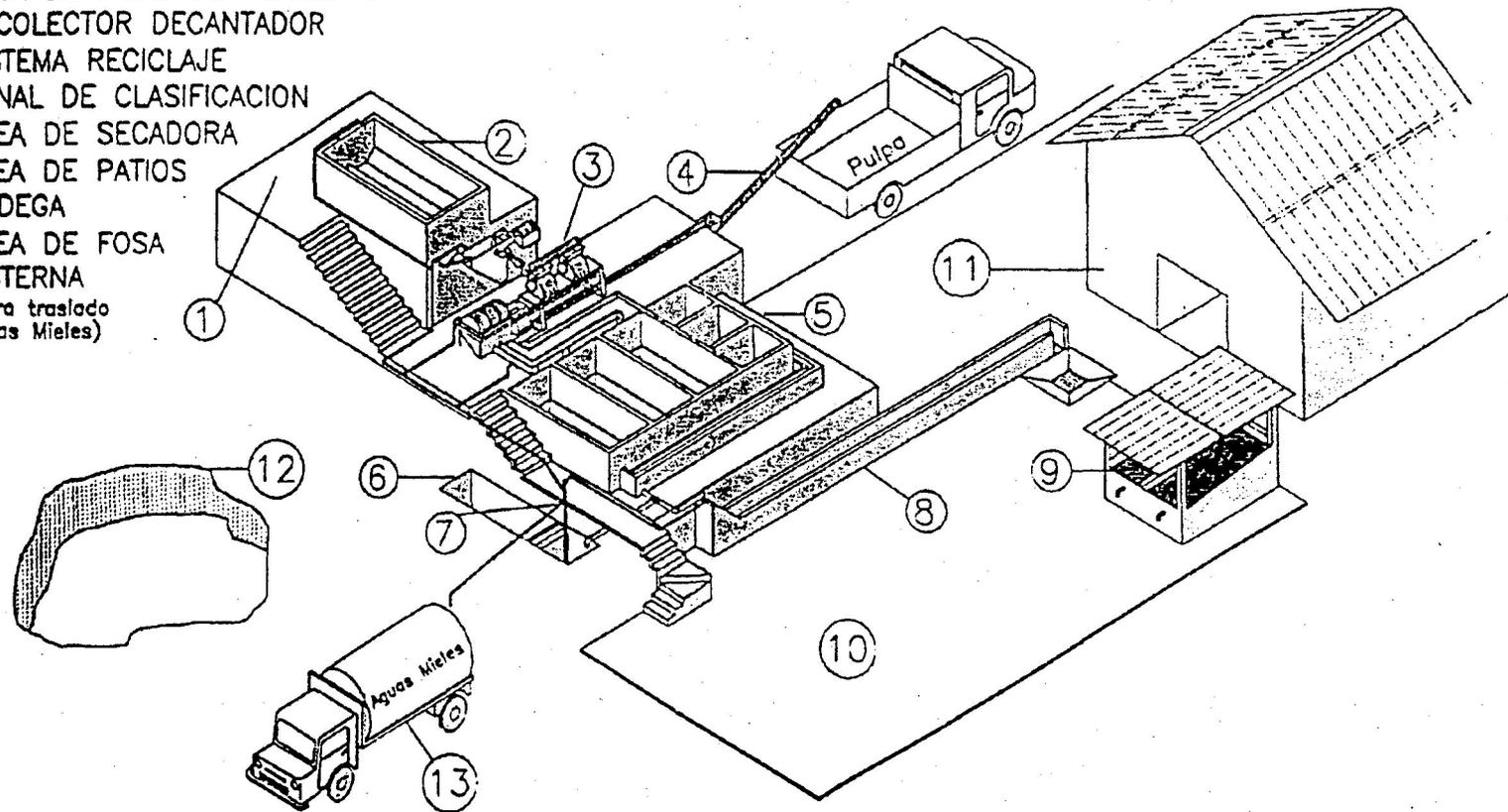
FIGURA 7  
 DESMUCILAGINADORA



El mecanismo de la clasificación del café en el correteo.

## FIGURA 8 CANALES DE CORRETEO

1. AREA DE PESADO
2. RECIBIDOR SEMISECO
3. AREA DE MAQUINARIA
4. EXTRACCION DE PULPA
5. AREA DE PILAS DE FERMENTO
6. RECOLECTOR DECANTADOR
7. SISTEMA RECICLAJE
8. CANAL DE CLASIFICACION
9. AREA DE SECADORA
10. AREA DE PATIOS
11. BODEGA
12. AREA DE FOSA
13. CISTERNA  
(Para traslado  
Agua Miel)



**FIGURA 9**  
**BENEFICIO HUMEDO TECNIFICADO**



Guatemala, 24 de enero del 2001.

FACULTAD DE AGRONOMIA

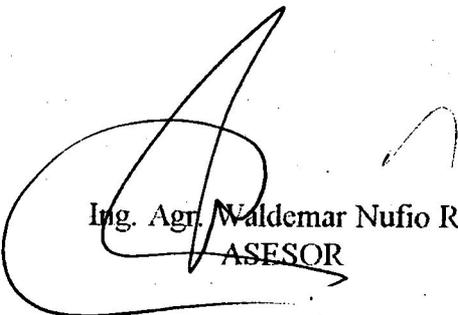
Dr.  
Ariel Ortiz López  
Director Del IIA  
Facultad de Agronomía

Ingeniero Ortiz:

En cumplimiento del nombramiento que el Instituto de Investigaciones Agronómicas me hiciera, por este medio hago de su conocimiento que de conformidad con el "Programa Extraordinario para la Realización de Tesis de Grado para Carrera de Ingeniero Agrónomo", he procedido a asesorar el trabajo del estudiante HECTOR GUILLERMO RODRÍGUEZ TOLEDO, Carné 8014120 titulado: "BENEFICIADO ECOLÓGICO DEL CAFÉ PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE."

Luego de incorporadas las sugerencias y atendidas las observaciones realizadas, considero que dicho trabajo satisface los requisitos para su aprobación como documento de graduación.

Sin otro particular muy atentamente,

  
Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
ASESOR

**AÑO DEL CINCUENTENARIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**  
1950 - 2,000



5a. Calle 0-50, Zona 14  
Tels.: 3633261 - 3633048  
3633188 - 3633178  
Guatemala, C. A.

Guatemala, 6 de febrero de 2000

Ingeniero Agrónomo  
Ariel Ortiz López  
Director IIA  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Ortiz:

Respetuosamente le informo que cumpliendo con el nombramiento del Instituto de Investigaciones Agronómicas, dentro del "Programa Extraordinario para la realización del Documento de Graduación de la carrera de Ingeniero Agrónomo", he asesorado el trabajo del estudiante Héctor Guillermo Rodríguez Toledo, carnet 80-14120, bajo el título "BENEFICIADO ECOLÓGICO DEL CAFÉ PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE".

Al citado trabajo se le efectuaron recomendaciones, indicadas sobre el mismo, ante lo cual considero que el estudio satisface los requisitos para su aprobación como documento de graduación.

ATENTAMENTE,



Ing. Agr. Francisco Anzueto Rodríguez, Dr. Sc.  
Colegiado # 369



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

DOCUMENTO DE GRADUACION: "BENEFICIADO ECOLOGICO DEL CAFE (Coffea arabica L.), PARA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: HECTOR GUILLERMO RODRIGUEZ TOLEDO

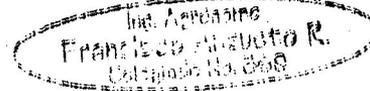
CARNE 8014120

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
Dr. Francisco Anzueto Rodriguez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcados en el "PROGRAMA EXTRA-ORDINARIO PARA LA REALIZACION DE TESIS DE GRADO PARA LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO", Aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Agronomía según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de Sesión celebrada el 17 de septiembre de 1998.

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
ASESOR

Dr. Francisco Anzueto Rodriguez  
ASESOR



IMPRIMASE

Dr. Ariel Abderraman Ortiz Lopez  
DECANO



DM/PER.  
cc:Control Académico  
Archive

APARTADO POSTAL 1545 01001 GUATEMALA, G.A.  
TEL/FAX (502) 476-9784  
e-mail: [lusac.edu.gt](mailto:lusac.edu.gt) & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>