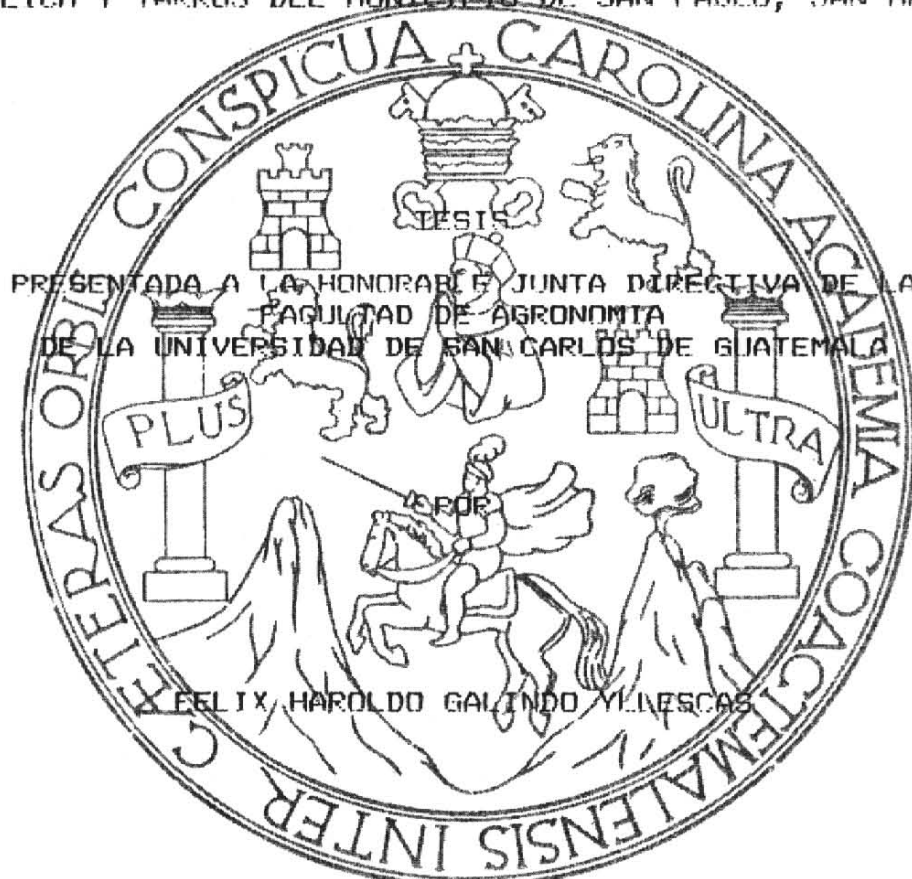


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

CARACTERIZACION DE LOS BENEFICIOS HUMEDOS DE CAFE Y  
ESTIMACION DE SUS CARGAS CONTAMINANTES SOBRE LOS RIOS  
SAVALICH Y TARROS DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS



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

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, julio de 1998

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

|               |   |
|---------------|---|
| DECANO        | Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio        |
| VOCAL PRIMERO | Ing. Agr. Juan José Castillo Mont         |
| VOCAL SEGUNDO | Ing. Agr. William Roberto Escobar López   |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. Alejandro A. Hernández Figueroa |
| VOCAL CUARTO  | Br. Oscar Javier Guevara Pineda           |
| VOCAL QUINTO  | P. Agr. E. Danilo Juarez Quim             |
| SECRETARIO    | Ing. Agr. Guillermo E. Méndez Beteta      |

Guatemala, mayo de 1998

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

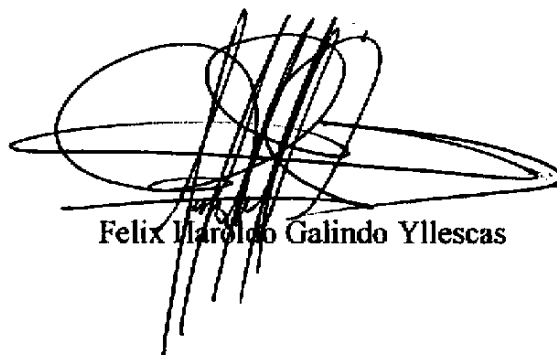
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**CARACTERIZACION DE LOS BENEFICIOS HUMEDOS DE CAFE Y  
ESTIMACION DE SUS CARGAS CONTAMINANTES SOBRE LOS RIOS SAVALICH  
Y TARROS DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS.**

Al presentarlo como requisito, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,



Felix Haroldo Galindo Yllescas

## DEDICATORIA

A:

DIOS                    TODO PODEROSO PORQUE EL DA LA SABIDURIA Y DE SU  
BOCA PROVIENE EL CONOCIMIENTO Y LA INTELIGENCIA

MIS PADRES            FELIX GALINDO PEREIRA  
MARIA LUISA YLLESCAS DE GALINDO

MI ESPOSA            CARMEN HAYDEE MENDOZA DE GALINDO

MIS HIJOS             FELIX ALEJANDRO Y MARIELA

MIS HERMANOS        MAYRA, TELMA, FLOR DE MARIA, ERIC, PATRICIA  
Y ANGELICA

MIS FAMILIARES      RUDY, SAMUELITO Y FRANCISCO ESAU

MIS AMIGOS

## **AGRADECIMIENTO**

**A:**

**Mi asesor de tesis**

**Ing. Agr. Pedro Armira A. por sus valiosos y acertados consejos, sugerencias y atenciones que brindó, para la elaboración de la presente tesis**

**Br. José Carlos Barrios**

**Por su importante y desinteresada colaboración, especialmente en la fase de campo.**

**Propietarios y administradores de cada una de las fincas estudiadas, por permitirme el libre ingreso a sus instalaciones.**

**Todas aquellas personas e instituciones, que de una u otra forma colaboraron en la realización de la presente tesis.**

## INDICE

| <b>CONTENIDO</b>  | <b>PAGINA</b> |
|---|---------------|
| INDICE DE FIGURAS   | i             |
| INDICE DE CUADROS   | i             |
| RESUMEN   | iii           |
| 1. INTRODUCCION   | 1             |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA   | 3             |
| 3. MARCO TEORICO  | 4             |
| 3.1. MARCO CONCEPTUAL   | 4             |
| 3.1.1. El cultivo del café en Guatemala                                 | 4             |
| 3.1.2. Beneficiado del café   | 5             |
| 3.1.2.1. Beneficiado seco   | 5             |
| 3.1.2.2. Beneficiado húmedo   | 5             |
| 3.1.3. Procesos del beneficiado húmedo                                  | 6             |
| 3.1.3.1. Recibo del café  | 6             |
| 3.1.3.2. El despulpado  | 6             |
| 3.1.3.3. Eliminación del mucílago                                       | 7             |
| 3.1.3.4. Lavado   | 7             |
| 3.1.3.5. Secado   | 7             |
| 3.1.3.6. Almacenado   | 8             |
| 3.1.4. Tecnologías usadas en el beneficiado húmedo                      | 8             |
| 3.1.4.1. Despulpador de café  | 8             |
| 3.1.4.2. Beneficio húmedo tradicional                                   | 9             |
| 3.1.4.3. Beneficio semi-tecnificado                                     | 9             |
| 3.1.4.4. Beneficio tecnificado  | 11            |
| 3.1.5. Subproductos contaminantes generados por el beneficiado del café | 13            |
| 3.1.5.1. La pulpa   | 13            |
| 3.1.5.2. Aguas mieles   | 14            |
| 3.1.5.2.A. Agua de despulpado   | 14            |
| 3.1.5.2.B. Agua de lavado   | 14            |
| 3.1.6. Contaminación ambiental provocada por el beneficiado del café    | 15            |
| 3.1.6.1. Impacto ambiental ocasionado por el beneficiado del café       | 18            |
| 3.1.7. Legislación ambiental  | 19            |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.8. Efluentes del beneficiado del café            | 21 |
| 3.1.8.1. Efluente sólido                             | 21 |
| 3.1.8.2. Efluente líquido                            | 23 |
| 3.2. MARCO REFERENCIAL                               | 26 |
| 3.2.1. Características generales del área de estudio | 26 |
| 3.2.2. Características socio-económicas              | 28 |
| 3.2.3. Condiciones de salud de la comunidad          | 28 |
| 4. OBJETIVOS   | 30 |
| 5. HIPOTESIS   | 31 |
| 6. METODOLOGIA                                       | 32 |
| 6.1. DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO                | 32 |
| 6.2. CARACTERIZACION POR BENEFICIO                   | 32 |
| 6.3. CARGA CONTAMINANTE                              | 35 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSION                            | 37 |
| 7.1. UBICACION DE LOS BENEFICIOS                     | 37 |
| 7.2. INFRAESTRUCTURA                                 | 38 |
| 7.2.1. El recibidor                                  | 38 |
| 7.2.2. El correteo                                   | 40 |
| 7.2.3. Las pilas                                     | 40 |
| 7.3. MAQUINARIA                                      | 41 |
| 7.4. CONSUMO DE AGUA                                 | 43 |
| 7.5. MANEJO DE SUBPRODUCTOS                          | 47 |
| 7.5.1. La pulpa                                      | 48 |
| 7.5.2. Aguas mieles                                  | 51 |
| 7.6. CARGA CONTAMINANTE                              | 52 |
| 7.6.1. Carga contaminante sobre el río Savalich      | 53 |
| 7.6.1.1. Abastecimiento de agua                      | 55 |
| 7.6.1.2. Desaparición de especies                    | 55 |
| 7.6.1.3. Enfermedades                                | 55 |
| 7.6.1.4. Problemas entre propietarios                | 56 |
| 7.6.2. Contaminación sobre el río Tarros             | 59 |
| 8. CONCLUSIONES                                      | 62 |
| 9. RECOMENDACIONES                                   | 63 |
| 10. BIBLIOGRAFIA                                     | 64 |
| 11. APENDICES  | 66 |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA</b>  | <b>PAGINA</b> |
|--|---------------|
| 1. Beneficio húmedo tradicional, operado sin recirculación de agua y con transporte de pulpa con agua. | 10            |
| 2. Beneficio húmedo tecnificado, operado con recirculación de agua y separación de la pulpa en seco.   | 12            |
| 3. Proceso del beneficiado y desechos que genera.  | 17            |
| 4. Mapa de ubicación del área estudiada.   | 27            |
| 5 "A". Despulpador moderno, tipo San Carlos.   | 70            |
| 6 "A". Clasificadora de café, tipo zaranda.  | 71            |
| 7 "A". Clasificadora de café, tipo criba.  | 72            |
| 8 "A". Beneficio moderno, tipo modular ecológico.  | 73            |
| 9 "A". Balance de materia orgánica/composición del fruto del café.                                     | 74            |

## INDICE DE CUADROS

| <b>CUADRO</b>  | <b>PAGINA</b> |
|--|---------------|
| 1. Componentes de la pulpa fresca y deshidratada.  | 13            |
| 2. Composición química del mucílago del café.  | 15            |
| 3. Límites máximos permisibles en las aguas servidas de beneficios de café.                            | 20            |
| 4. Composición química de la pulpa del café.   | 22            |
| 5. Consumo de agua, según tecnología empleada. (litros/qq oro).  | 24            |
| 6. Contaminación generada en las cuencas de Mataquesuintla y del lago de Atitlán.                      | 25            |
| 7. Relación carga contaminante por efluente del beneficiado húmedo.                                    | 25            |
| 8. Clasificación del beneficiado según consumo de agua, expresado en m <sup>3</sup> /qq oro procesado. | 34            |



|     |   |    |
|-----|---|----|
| 9.  | Principales características de los beneficios tradicionales ubicados sobre la ribera de los ríos Savalich y Tarros, San Pablo, San Marcos 1,997.                        | 39 |
| 10. | Consumo de agua por etapa de beneficiado y su equivalente en quintales oro. Cosecha 1,995/96.   | 43 |
| 11. | Cantidad de café procesada y pulpa generada, en la cosecha 1,995/96 de los beneficios ubicados en la ribera de los ríos Tarros y Savalich, San Pablo, San Marcos 1,997. | 48 |
| 12. | Carga contaminante de la pulpa vertida sobre el río Savalich, cosecha 1,995/96. San Pablo, San Marcos 1,997.  | 53 |
| 13. | Carga contaminante de aguas mieles sobre el río Savalich, cosecha 1,995/96. San Pablo, San Marcos 1,997.  | 58 |
| 14. | Carga contaminante de aguas mieles sobre el río Tarros, cosecha 1,995/96. San Pablo, San Marcos 1,997.  | 58 |
| 15. | Carga contaminante de la pulpa sobre el río Tarros, cosecha 1,995/96. San Pablo, San Marcos 1,997.  | 59 |

**CARACTERIZACION DE LOS BENEFICIOS HUMEDOS DE CAFE Y  
ESTIMACION DE SUS CARGAS CONTAMINANTES, SOBRE LOS RIOS SAVALICH  
Y TARROS DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO, SAN MARCOS.**

**CHARACTERIZATION OF HUMID COFFEE PROCESSING AND ESTIMATIVE  
OF ITS CONTAMINATION ON THE SAVALICH AND TARROS RIVERS  
OF THE COUNTY OF SAN PABLO, SAN MARCOS.**

**RESUMEN**

Guatemala es un país eminentemente productor de café, ya que su cultivo se realiza en 20 de sus departamentos, los cuales en total superan en producción los cinco millones de quintales oro<sup>1</sup>; los cuales previo a ser exportados pasan por un proceso de beneficiado húmedo y seco.

Para efectuar el beneficiado húmedo se tienen en funcionamiento plantas agroindustriales (beneficios), que en su mayoría utilizan el agua como principal recurso, en sus operaciones consumen entre 2,000 a 12,000 litros/qq oro. Durante ese proceso se generan los subproductos pulpa y aguas mieles, que al no ser manejados adecuadamente producen contaminación, especialmente cuando son vertidos a cuerpos de agua.

---

<sup>1</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE. Producción de café en la república por departamentos, en quintales oro cosecha 1,996/1,997. Sin publicar.

El departamento de San Marcos es uno de los mayores productores de café del país. Posee alta densidad de beneficios lo que le hace susceptible a altos índices de contaminación; por lo antes descrito se caracterizaron, se estimó la carga contaminante y el manejo de los subproductos de los beneficios húmedos de café ubicados en la ribera de los ríos Savalich y Tarros, del municipio de San Pablo, San Marcos. Para llevar a cabo la investigación, se delimitó el área en base a caminamientos, se encuestó a los dueños o encargados de cada beneficio, se efectuaron aforos para calcular el consumo de agua por quintal oro, y se estimó la carga contaminante en base a la cantidad de café procesado y los parámetros de contaminación reportados por Wasser <sup>2</sup>.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que todos los beneficios corresponden a la categoría de "Beneficio Húmedo Tradicional", tomando como base su infraestructura, maquinaria, consumo de agua y principalmente el manejo de los subproductos pulpa y aguas mieles. También se pudo concluir que ninguno de los beneficios estudiados proporciona manejo alguno a las aguas mieles y que únicamente el 40% de la pulpa generada es utilizada como abono orgánico. En cuanto a la carga contaminante generada, se observó que está directamente relacionada con la cantidad de café procesado y al manejo de la pulpa y aguas mieles; también, se determinó que toda el agua utilizada en el proceso de beneficiado recibe una carga contaminante superior al rango permisible para mantener su potabilidad.

Además, se observó que la pulpa es el mayor contaminante cuando es lanzada hacia los ríos, por lo que es urgente concientizar y capacitar a los dueños de beneficios en el manejo de éste subproducto, así también se debe legislar la construcción y operación de beneficios, y de esta forma poder disminuir considerablemente los índices de contaminación.

---

<sup>2</sup> WASSER, R. 1993. Contaminación generada por los beneficios de café; alternativas técnicas e ideas para una estrategia de solución. Matagalpa, Nicaragua, Oficina Biogas y Saneamiento ambiental. 72 p.

## 1. INTRODUCCION

El cultivo del café (Coffea arábica L.), es uno de los más importantes del sector agrícola de Guatemala. Según el Banco de Guatemala (8), genera aproximadamente el 33% de las divisas que ingresan al país, además proporciona empleo de mano de obra no calificada a miles de campesinos, en especial en periodos de cosecha. En el periodo de exportación 1,996/1,997, según el departamento de comercialización de la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) (2), se estimó que por exportaciones de café se generaron divisas por 547,585,809 dólares U.S, provenientes de la venta de 5,376,606 quintales(qq) de café oro. Esto representa un crecimiento del 24.6% en ingresos de divisas en relación al periodo 1,995/1,996 según menciona la fuente (2).

Guatemala cuenta con una zona cafetalera constituida por regiones de veinte de sus departamentos, entre los cuales se consideran como los más importantes, los departamentos de San Marcos y Santa Rosa; el primero con una producción promedio de 780,000 quintales oro en el periodo de 1,973 a 1,994, con una área de cultivo de 41,911 hectáreas (1). En la cosecha 96-97 el país superó los cinco millones de quintales oro, los cuales previo a ser exportados pasaron por un proceso de beneficiado húmedo y seco (2).

El proceso de beneficiado húmedo es el más empleado en nuestro país; pues es ejecutado por un alto porcentaje de los productores, por eso se estima que actualmente se encuentran operando más de 3,000 beneficios en todo el país, de los cuales la gran mayoría trabajan en forma empírica, especialmente en lo que a consumo de agua se refiere (3).

El beneficiado húmedo del café produce grandes cantidades de aguas mieles (aguas de despulpe y de lavado) y desechos sólidos como la pulpa, que al ser manejados inadecuadamente provocan contaminación, especialmente cuando son vertidos a cuerpos de agua. Esta contaminación podría disminuirse si se conocieran en detalle los procesos del beneficiado y las características propias de cada beneficio, sin embargo, no se cuenta con ese tipo de información y por consiguiente se desconocen las soluciones técnicas apropiadas a nuestro medio.

En todo el mundo y en Guatemala actualmente se esta prestando mucha importancia a la contaminación ambiental y la agroindustria cafetalera es una de las principales en ser señalada de contaminar los ríos, especialmente con desechos líquidos y sólidos provenientes del beneficiado. El departamento de San Marcos, es uno de los mayores productores de café de Guatemala (1), y por consiguiente posee una gran cantidad de beneficios húmedos que operan de forma tradicional, lo que permite producir altos índices de contaminación. Esta investigación permite hacer un análisis del tipo de beneficio y del grado de contaminación que generan los beneficios ubicados en la ribera de los ríos Tarros y Savalich, del municipio de San Pablo, San Marcos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación generada por el beneficiado húmedo del café en Guatemala es un problema sumamente general y complejo, especialmente si los beneficios se encuentran ubicados en zonas de alta densidad poblacional, zonas de gran producción de café (alta concentración de beneficios); además, por la heterogeneidad en los procesos de beneficiado y ubicación de los mismos en terrenos que favorecen los problemas de contaminación. La zona de San Marcos y especialmente el municipio de San Pablo son eminentemente cafetaleros, pues sólo en el municipio mencionado existen alrededor de 52 fincas, las cuales en un 90% se dedican al cultivo del café (10). Esto nos indica la importancia que el cultivo tiene para los pobladores del lugar.

Todo el café que en el municipio se cultiva, es beneficiado en el lugar de producción o en las cercanías del mismo y por consiguiente genera desechos sólidos y líquidos (pulpa y aguas mieles), que contaminan el suelo, aguas superficiales, subterráneas y el aire; lo cual provoca proliferación de fauna nociva (vectores de enfermedades), daño a la flora y la fauna acuática, deterioro estético del ambiente y especialmente malos olores. Según Ordoñez\*, todo esto repercute finalmente en la salud del hombre y de los animales que habitan en esos ambientes.

En la presente investigación se caracterizaron y se estimó la carga contaminante de los beneficios húmedos de café ubicados en la ribera de los ríos Savalich y Tarros en el municipio de San Pablo, San Marcos; con la cual se generó información útil que puede contribuir a mejorar la eficiencia de la agroindustria cafetalera y por consiguiente disminuir la contaminación ambiental.

\*ORDOÑEZ, F.R. 1996. Efectos del beneficiado del café sobre el medio ambiente y la salud humana. Centro de Salud, San Pablo, San Marcos, Guatemala. (Comunicación personal).

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 El cultivo del café en Guatemala

Del sector agrícola, el cultivo del café (Coffea arábica L.), es uno de los más importantes, tan es así que en 1,996 contribuyó en más del 7% del producto interno bruto (PIB); y con el reciente incremento de precios se puede predecir que la contribución del café al PIB superará el 10% (7).

En la cosecha 1,996-1,997 según la ANACAFE se cultivaron en Guatemala aproximadamente un total de 264,600 hectáreas, las cuales generaron una producción estimada de 5,376,605 quintales de café oro, lo cual nos da un rendimiento nacional promedio de 20.32 quintales oro por hectárea (1).

Del ejercicio cafetalero 1,996/1,997 según el departamento de comercialización de la ANACAFE (2), hasta el día 10 de agosto de 1,997 había ingresado al país por concepto de exportaciones de café oro un total de 547,565,809 dólares U.S, lo que se traduce en una cifra estimada de 3,285.4 millones de quetzales.

Todo lo antes escrito nos da un índice de la importancia del cultivo del café para el soporte de la economía de Guatemala, especialmente en lo que concierne a captación de divisas y al empleo de mano de obra no calificada.

### **3.1.2 Beneficiado del café**

Como beneficiado se conoce al proceso agroindustrial que permite eliminar las coberturas del fruto que envuelven el grano de café, y luego efectuar el secado de éstos. Existen dos tipos de beneficiado, el beneficiado seco y el húmedo. En Guatemala el proceso que más se utiliza es el beneficiado húmedo, existiendo más de 3,000 beneficios en todo el país (3).

#### **3.1.2.1 Beneficiado seco**

Proceso en el que se obtienen cafés naturales, que son cosechados y secados a 10-12 grados centígrados; separando después las envolturas del grano por medio de la operación llamada trilla. La producción mundial procesada de esta manera, es del 51 %, de los cuales Brasil es el mayor productor (11).

#### **3.1.2.2 Beneficiado húmedo**

Proceso agroindustrial en el que se obtienen cafés lavados, los cuales son cosechados en estado completo de madurez fisiológica, con el propósito de remover fácilmente la pulpa y el mucílago por medio de un lavado con agua, para luego ser secados al sol para su conservación y posterior trillado. La producción de este tipo de café es el 49 % (11). Para llevar a cabo el beneficiado húmedo es imprescindible contar con el recurso agua; ya que este permite separar el mucílago, transportarlo, clasificarlo y evacuar los desechos; debido a ello es que la gran mayoría de beneficios se ubican a la orilla de ríos, quebradas u otros cuerpos de agua.



En lo referente al consumo de agua, en Guatemala existe mucha heterogeneidad, ya que este consumo depende en gran parte del beneficiador; el promedio nacional se estima en 2,000 litros por quintal oro, lo que supera en 10 veces el consumo de agua/habitante/día. (11). En Guatemala al igual que en todos los países de Centro América, los ríos son utilizados como efluentes de desechos agrícolas, industriales y urbanos, lo que provoca deterioro de la calidad de éstos y otros cuerpos de agua.

### **3.1.3 Procesos del beneficiado húmedo**

Los procesos básicos que conlleva el beneficiado húmedo se resumen de la siguiente manera:

#### **3.1.3.1 Recibo del café**

Como su nombre lo indica consiste básicamente en recibir el café que se cortó durante el día, este recibo se ejecuta en tanques con agua (sifón) o bien en recibidores en seco; el café debe permanecer el menor tiempo posible en el recibidor para no perder su calidad.

#### **3.1.3.2 El despulpado**

Consiste en la remoción del epicarpio (pulpa) y una parte del mesocarpio (mucílago) del fruto. Esta operación se efectúa en máquinas denominadas pulperos, éstas aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del café, para que por presión se suelten los granos y de esta forma se pueda eliminar la pulpa, ya sea en una corriente de agua o en seco (13).

### **3.1.3.3 Eliminación del mucílago**

Consiste básicamente en la eliminación del mesocarpio del fruto, se efectúa mediante el proceso de fermentación natural, el cual se lleva a cabo en pilas de concreto, en este proceso actúan las enzimas propias del grano y las producidas por microorganismos presentes en el material recién despulpado. Desde el punto de vista químico es la reducción de las pectinas y otras sustancias pécticas complejas a ácido galacturónico (13). Durante el proceso de fermentación, el grano despulpado no debe estar en contacto con agua u otro líquido, ya que esto impide el desarrollo de los procesos anaerobios que son vitales para alcanzar un buen punto de fermento; pues este proceso determina en gran medida la calidad final del fruto procesado (3).

### **3.1.3.4 Lavado**

Esta operación se realiza cuando el café ya ha alcanzado su punto de fermento completo, se realiza con el fin de eliminar los residuos del mucílago, así como sustancias solubles formadas durante el proceso de fermentación; con esta operación se obtiene un grano o pergamino limpio, áspero, blanco y sin restos de miel en su hendidura. Esta operación puede realizarse en forma manual o mecánica (3).

### **3.1.3.5 Secado**

Al terminar el proceso de lavado y escurrido, se tiene un café con un 55 % de humedad aproximadamente, con esta humedad es imposible almacenarlo, por lo que se procede a su secamiento al sol en patios de concreto, como ocurre con toda Centroamérica y Colombia. Con el secado se obtiene un grano con aproximadamente 10 al 12 % de humedad, listo para almacenarse. Cabe mencionar que el secado se puede efectuar en patios, con secadoras o combinación de ambos (13).

### **3.1.3.6 Almacenado**

Es la última operación del beneficiado húmedo y consiste únicamente en almacenar el café secado con humedad del 10 al 12% en sacos de yute, para posteriormente efectuarle el beneficiado seco o trillado para convertirlo a café oro y finalmente comercializarlo al exterior.

### **3.1.4 Tecnologías usadas en el beneficiado húmedo**

El proceso agroindustrial del beneficiado húmedo en Guatemala, según la tecnología aplicada se divide en 4 tipos, los cuales se describen a continuación:

#### **3.1.4.1 Despulpador de café**

Generalmente consiste de 1 a 2 pulperos colocados sobre las pilas de fermento, el café se despulpa en seco y ésta es su característica principal; el café despulpado se vierte en las pilas y la pulpa al exterior. El lavado se realiza en las pilas con agua, removiendo los granos, mediante pisoteado y agitado con un rastrillo de madera, cambiando el agua hasta que no tenga residuos de mucílago. El consumo de agua se estima en 60-80 lt/qq oro; el secado se realiza natural al sol. Se estima que en el país existen aproximadamente un 10% de este tipo (11).

### **3.1.4.2 Beneficio húmedo tradicional**

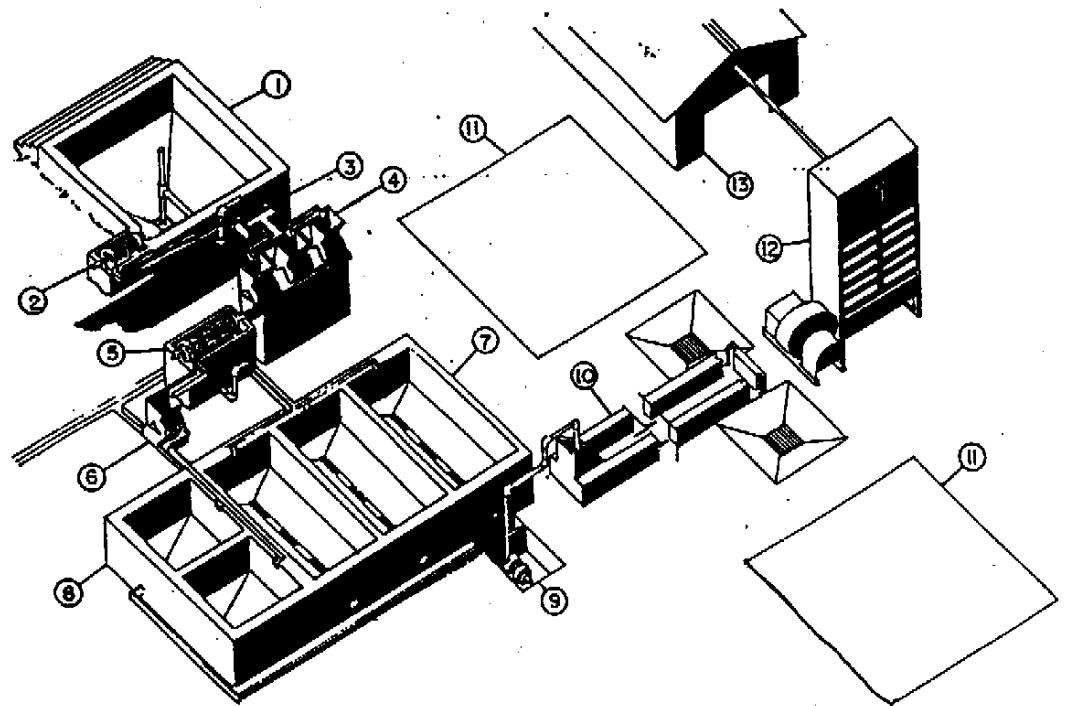
Este beneficio se le cataloga como una planta agroindustrial, en la que se recibe el café en un tanque o sifón que clasifica por flotación e inmersión los frutos con la ayuda del agua. Generalmente posee dos o más pulperos con pechero de hierro o de hule, con capacidades de 25-30 y 40-50 qq uva/hora respectivamente; estos pulperos vierten la pulpa con agua sobre un canal que la transporta hasta el punto de evacuación, el café despulpado lo coloca sobre una zaranda que separa el café sin despulpar del despulpado, regresando el primero al pulpero para su repaso; el café despulpado cae sobre un canal con agua que lo traslada a las pilas de fermento. El lavado se realiza en las pilas o un canal de correteo o la combinación de ambos; el café en el correteo permite la clasificación por decantación, así los granos más pesados se van acomodando al fondo en capas y los más livianos (natas) rebalsan el nivel de clasificación. Durante todo el proceso corre agua entre 12,000 a 15,000 litros/hora; en resumen este tipo de beneficio consume entre despulpe y lavado de 2,000 a 3,000 litros/qq oro. El secado se realiza en patios de cemento o de ladrillo; se estima que el 80 % de beneficios del país corresponden al tipo tradicional (4). Para una mejor comprensión del proceso y del tipo de beneficio se presenta la figura 1.

### **3.1.4.3 Beneficio semi-tecnificado**

El proceso de despulpado, lavado y secado es igual que el anterior, la diferencia es que el despulpe y lavado usan agua recirculada, con circuitos específicos para cada operación; esto les permite obtener consumos de 600 y 800 litros de agua/qq oro. Lo cual permite un beneficiado más fácil, funcional y económico (4).

1. Sifón
2. Separación de flotes
3. Despedrador
4. Pulperos
5. Cribas
6. Repasador
7. Pilas de fermentación de primera
8. Pilas de Fermentación de segundas
9. Bomba lavadora
10. Correos
11. Patios de secado
12. Presecadora
13. Secadora y almacén.

\* En este tipo de beneficios, generalmente la pulpa y las aguas mieles son vertidas a los cuerpos de agua más cercanos.



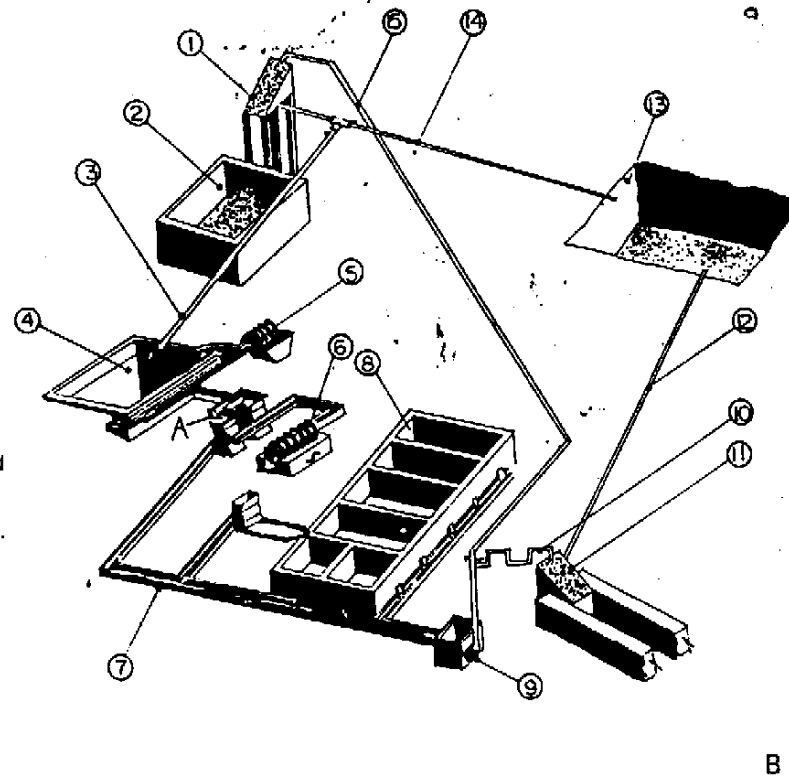
**Figura 1. Beneficio húmedo tradicional, operado sin recirculación de agua y con transporte de la pulpa en agua. Tomado de Asociación Nacional del café (3).**

#### 3.1.4.4 Beneficio tecnificado

Como puede observarse en la figura 2, en este tipo de planta, la recepción del café se realiza en seco, usando agua recirculada para evacuar los frutos por erosión y llevarlos hasta el tren de despulpe, los pulperos poseen pechero de hierro o de hule con capacidad de 45 a 60 qq uva/hora; éstos realizan el despulpe botando la pulpa sobre un conductor helicoidal (tornillo sin fin) y trasportándola hasta el punto de evacuación en seco; al mismo tiempo el café despulpado lo descarga sobre una criba cónica de nylon, la cual separa los frutos sin despulpar de los despulpados, enviando estos últimos a un pulpero repasador y los primeros a las pilas de fermento. El lavado se efectúa en un canal de correteo de un sólo tiro y la clasificación es controlada por un sólo operador (3).

Este tipo de beneficio tiene como principio operar con bajo consumo de agua y energía, razón por la cual usan la recirculación de agua para el lavado y despulpado, lo que permite un consumo promedio de 150 a 400 lt/qq oro. En nuestro medio se estiman que existen apenas un 2% de este tipo de beneficio (11).

1. Plancha que separa agua y pulpa
  2. Depósito de pulpa
  3. Tubería que lleva el agua por gravedad al sifón
  4. Sifón
  5. Criba de fletes
  6. Criba de primeras
  7. Canales que llevan pulpa y agua por gravedad
  8. Tanques de fermentación
  9. Bomba centrífuga para lavado y recirculado
  10. Tubería para lavar café
  11. Pichacha para recibir café lavado
  12. Tubería que conduce agua del lavado, hacia la fosa por gravedad
  13. Fosa que recibe el agua servida, proveniente del beneficiado
  14. Tubería que lleva agua a la fosa al terminar la recirculación diaria.
  15. Tubería que trasporta agua y pulpa, las que separa por medio de una pichacha.
- A. Pulperos  
B. Patios



**Figura 2. Beneficio húmedo tecnificado, operado con recirculación de agua y separación de la pulpa en seco.**  
Tomado de Asociación Nacional del Café (3)

### 3.1.5 Subproductos contaminantes generados por el beneficiado del café

El producir cafés de alta calidad (lavados), sitúa a Guatemala entre los principales países exportadores del grano en el mundo entero; sin embargo, esto tiene un costo ecológico muy alto, ya que el beneficiado húmedo del café genera una alta cantidad de subproductos como la pulpa, el mucilago y las aguas mieles que cuando son mal manejados provocan contaminación al medio ambiente; a continuación se da una breve descripción de cada uno de los subproductos del café.

#### 3.1.5.1 La pulpa

La pulpa representa el 41% del peso total y el 56% del volumen total del fruto (figura 9"A"); esto indica la cantidad de pulpa que se genera por cada quintal uva procesado. En el proceso de beneficiado aporta aproximadamente 20 kilogramos (kg) de materia orgánica/qq oro (17). Actualmente en Guatemala se esta promoviendo el uso de la pulpa como abono orgánico, ya que se ha determinado que posee más del 90% de materia orgánica (4). En países como Costa Rica y El Salvador se usa como combustible para el secado del grano. En el cuadro 1 se detalla la composición química de la pulpa de café.

**Cuadro 1 Componentes de la pulpa fresca y deshidratada.**

| SUSTANCIAS          | FRESCA (g) | FERMENTADA Y DESHIDRATADA (g) |
|---------------------|------------|-------------------------------|
| HUMEDAD             | 76.9       | 7.9                           |
| MATERIA SECA        | 23.3       | 92.1                          |
| EXTRACTO ETereo     | 0.48       | 2.6                           |
| FIBRA CRUDA         | 3.40       | 20.8                          |
| PROTEINA CRUDA      | 2.10       | 10.7                          |
| CENIZA              | 1.50       | 8.8                           |
| EXTRACTO LIBRE DE N | 15.80      | 49.2                          |

**Fuente.** Memorias tercer simposio internacional sobre la utilización de los subproductos del café 1,987 (4).



### **3.1.5.2 Aguas mieles**

Básicamente en el proceso de beneficiado se generan dos tipos de aguas mieles, siendo estas las aguas de lavado y despulpado, las cuales se describen a continuación (17).

#### **3.1.5.2.A Agua de despulpado**

Se obtiene en el arrastre del fruto del café hacia los despulpadores y el arrastre de la pulpa hacia afuera del beneficio, también incluye el agua que arrastra café más mucílago de los pulperos a las pilas de fermentación. El agua de despulpado contiene compuesto que se disuelven al entrar en contacto la pulpa y el agua; cuando no se tiene un contacto intensivo entre ambos, no se presentan altas concentraciones de sólidos. (17). La cantidad de agua varía mucho y depende entre otros de la maquinaria empleada, el diseño del beneficio y principalmente de la importancia que el beneficiador le de al uso del agua (3).

#### **3.1.5.2.B Agua de lavado**

Esta agua proviene del lavado del café, el cual ya se encuentra en su estado óptimo de fermentación, en la cual el mucílago es fácilmente removido del grano, este mucílago aporta al agua de lavado pectinas, azúcares y celulosa, tal como se observa en el cuadro 2; la concentración de materia orgánica en este proceso solo puede variar con el grado de madurez del fruto, ya que entre más verde se encuentre el fruto menor será su concentración de mucílago y viceversa (17).

**Cuadro 2 Composición química del mucílago del café.**

| SUSTANCIAS             | PORCENTAJE EN PESO |
|------------------------|--------------------|
| MATERIAS PECTICAS      | 33                 |
| AZUCARES REDUCTORES    | 30                 |
| AZUCARES NO REDUCTORES | 20                 |
| CELULOSA               | 17                 |

**Fuente.** Memorias tercer simposio internacional sobre utilización de los subproductos del café 1,987 (4).

En forma general, las aguas mieles del proceso de beneficiado del café se caracterizan como ricas en azúcares y fácilmente biodegradables por las enzimas presentes en la pulpa y el mucílago fermentado. En condiciones aeróbicas provoca fácilmente el agotamiento del oxígeno en las aguas, quedando en condición anaeróbica, dando como consecuencia que esta se convierta en un substrato de ácidos grasos volátiles, como ácido acético, propiónico, butírico, valérico (17). En consecuencia las aguas tienen una baja capacidad buffer, lo que facilita que su pH baje hasta 3.3; además de lo anterior, el agua de despulpado contiene cierta concentración de polifenoles que le dan un color obscuro, afectando solo la calidad organoléptica de la misma (13).

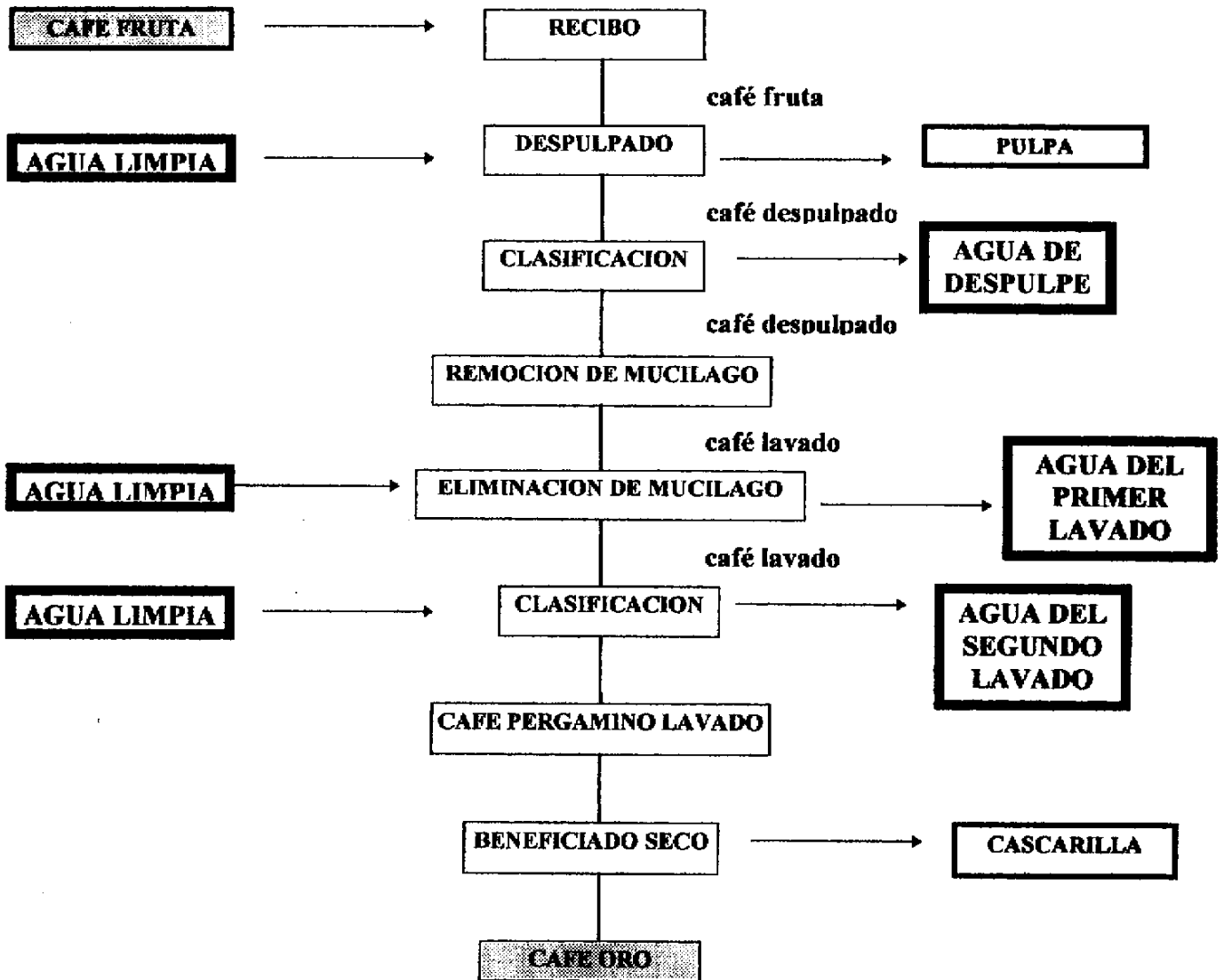
### 3.1.6 Contaminación ambiental provocada por el beneficiado del café

La mayoría de los países productores de café, vierten los desechos del beneficiado directamente a los ríos, actividad que pone en grave peligro la calidad del agua, ya que le afecta de tres maneras principales, las cuales son las siguientes (17).

- a) El agua adquiere un olor pestilente; si el río es pequeño y tiene poca aireación, el oxígeno se agota, causando de esta manera la muerte de la vida acuática.

- b) El agua no es apta para consumo humano ni animal, ya que va cargada de desechos orgánicos como pulpa y aguas mieles.
  
- c) El olor a materia orgánica descompuesta, la hace inservible para el lavado del café, ya que afecta la calidad y la taza del mismo.

Además de lo anterior, el vertir los desechos a los cuerpos de agua modifica el pH, aumentan la turbidez de la misma, perjudicando directamente la flora y la fauna acuática, alterando el equilibrio biológico. En síntesis las aguas mieles del café constituyen una amenaza para el medio ambiente; siendo más grave la contaminación por la pulpa, ya que posee un alto contenido de materia orgánica y compuestos tóxicos (11). Como se puede apreciar en la figura 3, se presentan los procesos del beneficiado húmedo y seco, así como los desechos que cada etapa genera.



**Figura 3. Proceso de beneficiado y desechos que generan.  
Contaminación generada por los beneficios de café  
Matagalpa, Nicaragua (17).**

### **3.1.6 Impacto ambiental ocasionado por el beneficiado del Café**

Cuando en el proceso de beneficiado no se integra el uso racional del agua, no se aplica un tratamiento o manejo a los efluentes, y además se descarga en forma irresponsable los desechos sobre los ríos o cuerpos de agua, estas actitudes producen un impacto ambiental que se identifica a través de los resultados siguientes: (11).

- a) Contaminación de cuerpos superficiales y/o subterráneos de agua por descargar residuos sólidos o líquidos.
- b) Comunidades vecinas, hábitat terrestres y/o acuáticas, actividades agrícolas o de pesca y esparcimiento; afectados por la disposición sin tratamiento de los desechos líquidos sobre terrenos.
- c) Deterioro estético del ambiente acuático causado por la materia orgánica aportada en los vertidos de aguas mieles.
- d) Competencia en la demanda de agua con los sectores poblacionales, especialmente en lugares donde los caudales son muy bajos y se registran altos consumos, tanto por los habitantes como por los beneficios.
- e) Proliferación de fauna nociva, con alto potencial de ser vector de enfermedades, debido a la deposición de desechos líquidos y sólidos.

### 3.1.7 Legislación ambiental

En lo referente al beneficiado de café, actualmente no existe un control legal que regule los permisos de construcción y de operación de los beneficios húmedos, esto ha permitido que cada vez se incremente el número de beneficios. La Asociación Nacional del Café, mediante el departamento de post-cosecha por iniciativa propia esta impulsando nuevas técnicas de beneficiado (recibo en seco, despulpe en seco, recirculación, manejo de pulpa etc.), sin embargo por no existir una figura legal que obligue la implementación de éstas técnicas son muy pocos los beneficios que las han puesto en práctica (3). La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) a través de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86 (12) y en cumplimiento de lo estipulado en el Título II y Artículo 11, es la entidad encargada de velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y calidad del medio ambiente, así también en el Capítulo II, Artículo 15, se refieren al sistema hídrico y en especial al uso y calidad del agua para consumo humano e industrial. En esta ley no están contemplados los límites máximos permisibles de contaminación para las aguas servidas de beneficios de café y por consiguiente su aplicación es muy subjetiva (12). De acuerdo a lo expresado por La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (9), por medio del Acuerdo Gubernativo 60-89, fue creado el Reglamento de Requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas, en el cual se establecieron parámetros que van mucho más allá de los establecidos en normas internacionales, tales como la Organización Mundial de la Salud y otros. Esto ha permitido que los sistemas hídricos estén en constante deterioro y por consiguiente tenga efectos negativos para la población en general.

Ante el incremento de contaminación de los cuerpos de agua de parte de los beneficios húmedos de café, y tomando como base el Lago de Amatitlán, CONAMA (9), creó la **Autoridad Para El Manejo**

**Sustentable De La Cuenca y Lago de Amatitlán (AMSA)**, la cual cuenta dentro de sus miembros con un representante de la ANACAFE; para que fuera ésta AMSA, la encargada de elaborar una propuesta de modificación al *Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas*. Este reglamento será válido no sólo para el café y para el Lago de Amatitlán, sino tendrá cobertura a nivel nacional y para todo tipo de industria. En el caso específico del beneficiado húmedo del café, será CONAMA/AMSA los encargados de dictaminar los procedimientos a seguir que tiendan a disminuir la contaminación de las aguas servidas, y por el otro lado la ANACAFE será la encargada de ejecutar las disposiciones emanadas de CONAMA/AMSA.

En octubre de 1,996 se elaboró la primera propuesta de modificación al reglamento, la cual actualmente se encuentra en el Congreso de la República para su revisión, y dentro de su propuesta en el Capítulo IV que trata sobre el beneficiado húmedo presenta el siguiente cuadro.

**Cuadro 3. Límites máximos permisibles en las aguas servidas de beneficios de café.**

| PARAMETRO                            | ETAPA 1    | ETAPA 2    | ETAPA 3    |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|
| Sólidos sedimentables                | 2.0 ml/L   | 1.0 ml/L   | 0.5ml/L    |
| Sólidos en suspensión                | 60 mg/L    | 30 mg/L    | 20 mg/L    |
| Sólidos totales                      | 1.00%      | 1%         | <1%        |
| Demanda Bioquímica de oxígeno        | 250 mg/L   | 120 mg/L   | 100 mg/L   |
| Demanda Química de oxígeno           | 500 mg/L   | 250 mg/L   | 200 mg/L   |
| Fósforo total                        |            | 3 mg/L     | 2 mg/L     |
| Nitrógeno total                      |            | 15 mg/L    | 10 mg/L    |
| pH                                   | 6 a 9      | 6.5 a 8.5  | 6.5 a 8.5  |
| Material flotante                    | Ausente    | Ausente    | Ausente    |
| Coliformes totales (UFC/100ml)       | E 5 NMP    | E 4 NMP    | E 3 NMP    |
| Coliformes fecales (UFC/100ml)       | E 5 NMP    | E 4 NMP    | E 3 NMP    |
| Oxígeno disuelto                     | 4.0 mg/L*  | 7.0 mg/L*  | 7.0 mg/L*  |
| Temperatura                          | 25 a 30 °C | 25 a 30 °C | 25 a 30 °C |
| Pesticidas Organo clorados           | 0.1 mg/L   | 0.05 mg/L  | 0.005 mg/L |
| Pesticidas nitrogenados y fosforados | 0.1 mg/L   | 0.05 mg/L  | 0.005 mg/L |
| Grasas y aceites                     | 50 mg/L    | 20 mg/L    | 10 mg/L    |

\* Mínimos

Fuente. Comisión Nacional del Medio Ambiente, AMSA .  
Octubre 1,996 (9).

### 3.1.8 Efluentes del beneficiado del café

El café al ser beneficiado genera dos tipos de efluentes uno sólido y otro líquido; son estos efluentes los que provocan contaminación a los cuerpos receptores. En Guatemala existen muy pocos estudios sobre contaminación de este tipo. Entre estos estudios tenemos los de Contaminación en la cuenca de Mataquescuintla y del lago de Atitlán, los cuales fueron efectuados en 1994 y 1995; (11), lo que nos da un índice de la poca información que se tiene al respecto. A continuación se describe cada uno de los efluentes del beneficiado y aporte en contaminación al medio ambiente.

#### 3.1.8.1 Efluente sólido

Este lo constituye la pulpa (cáscara o epicarpio) la cual esta formada por el 41% del peso del fruto con una carga contaminante de aproximadamente 20 kg de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)<sup>A</sup> por quintal oro, éste residuo contiene un 70-80% de humedad lo que hace difícil su transporte, manejo y procesado. Su composición Química según la ANACAFE (11), es de sustancias pécticas totales, azúcares reductores y no reductores, además posee compuestos tóxicos como taninos, cafeína, ácido clorogénico y ácido caféico total, ver cuadro 4. Vasques (16), indica que la pulpa en estado óptimo de maduración al estar en contacto con el agua por un período mínimo de 4 minutos pierde aproximadamente un 26% de su peso seco, principalmente sustancias solubles.

A. La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es la cantidad de oxígeno requerido para descomponer (oxidar) la cantidad de materia orgánica que halla dentro de un cuerpo receptor en un medio ácido (6).



Vasquez, continua diciendo que el despulpado en seco y el transporte no hídrico de la pulpa, logra reducir hasta un 50% la carga contaminante de las aguas mieles y además se logra obtener una pulpa de mejor calidad que puede ser usada como abono orgánico, ya que no libera nutrientes al agua, pues no entra en contacto con la misma. El Instituto del Café de Costa Rica, citado por Vasques (16), indica que las aguas recirculadas disminuye la liberación de contaminantes de la pulpa conforme las mismas alcanzan concentraciones mayores, esto no sólo permite una concentración en volúmenes menores de contaminantes, sino que disminuye la producción de estos mismos. En el momento del despulpe, al romperse la pulpa sus componentes solubles se exponen en función de tiempo e intensidad de contacto entre pulpa-agua a ser extraídos y disueltos, aportando al agua sustancias altamente contaminantes como taninos, cafeína y ácido caféico; los cuales confieren un color obscuro al agua. Además se incorpora otro elemento importante como lo son las fibras (pelillos), en esta etapa el nivel mínimo de contaminación es de 3 kg DQO/qg oro (11).

**Cuadro 4 Composición Química de la pulpa del café.**

| COMPONENTE                  | g Kg <sup>-1</sup> (*) |
|-----------------------------|------------------------|
| Humedad                     | 126                    |
| Fibra cruda                 | 210                    |
| Materia seca                | 8 a 74                 |
| Extracto etéreo             | 25                     |
| Prot. Cruda (N x 6.25)      | 112                    |
| Cenizas                     | 83                     |
| Extracto libre de Nitrógeno | 444                    |
| Taninos                     | 18-86                  |
| Sustancias pécticas totales | 65                     |
| Azúcares reductores         | 124                    |
| Cafeína                     | 13                     |
| Acido clorogénico           | 26                     |
| Acido caféico total         | 16                     |
| Celulosa                    | 276                    |

(\*) Valores en base seca, excepto la humedad.

**Fuente.** Identificación del impacto ambiental, cuencas de Mataquescuintla y lago de Atillán. Marzo 1,995 (11).

### 3.1.8.2 Efluente líquido

Esta formado por el agua que se usa en el despulpe y en el lavado, la cual es contaminada por el aporte de la pulpa y el mucilago; este último con una carga contaminante de aproximadamente 3.4 kg. DQO/qq oro, que proviene del lavado y 3 kg. DQO/qq oro del agua de despulpe (11). En el lavado en forma de sólidos suspendidos y materia disuelta, se aporta al agua azúcares, pectinas y celulosa que aunado a lo que aporta el despulpado producen la mayor carga contaminante en el proceso de beneficiado; cuando estas aguas son vertidas a otros cuerpos de agua producen efectos negativos ambientales como los siguientes:

- a) Las aguas mieles poseen pH de 4 a 5, por lo tanto modifican la acidéz de las aguas, debido a la presencia de ácidos orgánicos (butírico, acético y propiónico) los cuales son producidos en la degradación de los compuestos orgánicos del café.
- b) Agotan el oxígeno del agua debido a su alta concentración de materia orgánica, aproximadamente 6.4 kg. DQO/qq oro.
- c) Aumentan la turbidez del agua, a consecuencia de los sólidos suspendidos.

En síntesis las aguas mieles vertidas en los ríos alteran el equilibrio biológico, ya que dañan la flora y la fauna acuática; el efecto visible de la contaminación se nota por los malos olores, proliferación de insectos dañinos, acidificación del suelo; todo esto se agrava aún más cuando se vierte la pulpa directamente a los ríos, ya que por su alto contenido de materia orgánica aporta aproximadamente una carga contaminante de 20 kg. DQO/qq oro (11).

Para tener una idea mas clara del consumo de agua y de la cantidad de efluente líquido que se genera en el beneficiado del café, se presenta el cuadro 5.

**Cuadro 5 Consumo de agua según tecnología empleada (litros/qq oro)**

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| DESPULPADOR                      | 60 a 80      |
| BENEFICIO TRADICIONAL            | 2,000 a 3000 |
| BENEFICIO SEMI-TECNIFICADO       | 600 a 800    |
| BENEFICIO TECNIFICADO            | 150 a 400    |
| <b>CONSUMO PROMEDIO NACIONAL</b> | <b>2,000</b> |

**Fuente.** Identificación del impacto ambiental, cuencas de Mataquesuintla y del lago de Atitlán (11).  
Marzo 1,995.

Tomando los datos del cuadro anterior y asumiendo una producción promedio de 5,000,000 de quintales de oro/año el consumo de agua para beneficiar esta cantidad sería 10,000,000 m<sup>3</sup>; de los cuales un alto porcentaje es vertido a los ríos; esto equivale al consumo de una población/año de 136,987 habitantes, ya que el consumo por habitante/día es de 0.2 m<sup>3</sup> (10). Además de lo anterior, en el cuadro 6 se describe la cantidad de contaminación expresada en kg de DQO que produjo el efluente líquido (agua de despulpe y de lavado) y la pulpa, en un estudio sobre contaminación realizado en la cuenca de Mataquesuintla y en el lago de Atitlán (18). Los problemas que causa el lanzar las aguas servidas a los cuerpos de agua, en 1,983 provocó que el gobierno de turno, ordenara el cierre de todos los beneficios ubicados en la cuenca de mataquesuintla, ya que éstos estaban lanzando las aguas servidas hacia el río Plátanos, el cual abastece de agua a la población de Sanarate, El Progreso (10). En ese entonces la ANACAFE, ordenó a todos los propietarios de beneficios del Mataquesuintla, a que recircularan el agua, lo cual sirvió para disminuir la contaminación al río y para que no se presentaran más demandas de parte de la población de Sanarate (18).

Sin embargo actualmente (septiembre de 1,997), el problema continúa; de tal manera que los propietarios de los beneficios ubicados en Mataquesuintla, están condicionados, a recircular el agua y despulpar en seco; de lo contrario, no podrán operar en la cosecha 1,997/1,998 (10).

**Cuadro 6 Contaminación generada en las cuencas de Mataquescuintla y del lago de Atitlán.**

| DATOS                                      | MATAQUESCUINTLA | ATTILAN   |
|--|-----------------|-----------|
| qq pergamino/cosecha                       | 114,550         | 130,000   |
| qq pulpa obtenida/cosecha                  | 234,828         | 266,500   |
| kg DQO por año                             | 1,878,624       | 2,132,000 |
| <b>CARGA CONTAMINANTE</b>                  |                 |           |
| a) Agua de despulpe kg DQO/año             | 228,588         | 271,923   |
| b) Agua de lavado kg DQO/año               | 232,103         | 355,591   |
| c) Agua miel (a+b) m <sup>3</sup> agua/año | 212,709         | 41,834    |
| kg DQO/año                                 | 460,691         | 627,514   |

**Fuente.** Identificación del impacto ambiental en las cuencas de Mataquescuintla y Atitlán (11) marzo 1,995.

Al analizar el cuadro 6, se observa que en la cuenca de Mataquescuintla la cantidad de agua consumida por los beneficios y la carga contaminante de las aguas mieles tiene un equivalente poblacional de 2,914 habitantes y 12,622 habitantes/año; lo cual se talla a continuación:

$$\{(212,709 \text{ metros cúbicos de agua/año}) / [(0.200 \text{ metros cúbicos de agua/habitante/día}) \times (365 \text{ días/año})]\} = 2,914 \text{ habitantes por año.}$$

$$(460,691 \text{ kg. DQO/año}) / [(0.100 \text{ kg. DQO/habitante/día}) / (365 \text{ días/año})] = 12,622 \text{ habitantes por año.}$$

Para el lago de Atitlán, el consumo de agua por los beneficios tiene su equivalente poblacional de 573 habitantes y por contaminación un equivalente de 17,192 habitantes/año (11). En éstos cálculos se consideró una carga contaminante por habitante/día de 0.100 kg. de DQO y una carga contaminante por efluente como se muestra en el cuadro 7.

$$\{(41,834 \text{ metros cúbicos de agua/año}) / [(0.200 \text{ metros cúbicos de agua/habitante/día}) \times (365 \text{ días/año})]\} = 573 \text{ habitantes por año.}$$

$$(627,514 \text{ kg. DQO/año}) / [(0.100 \text{ kg DQO/habitante/día}) / (365 \text{ días/año})] = 17,192 \text{ habitantes por año.}$$

**Cuadro 7 Relación carga contaminante por efluente de beneficiado húmedo.**

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| CARGA CONTAMINANTE/PULPA         | 20 kg DQO/qq ORO  |
| CARGA CONTAMINANTE/AGUA DESPULPE | 2.4 kg DQO/qq ORO |
| CARGA CONTAMINANTE/AGUA LAVADO   | 2.6 kg DQO/qq ORO |

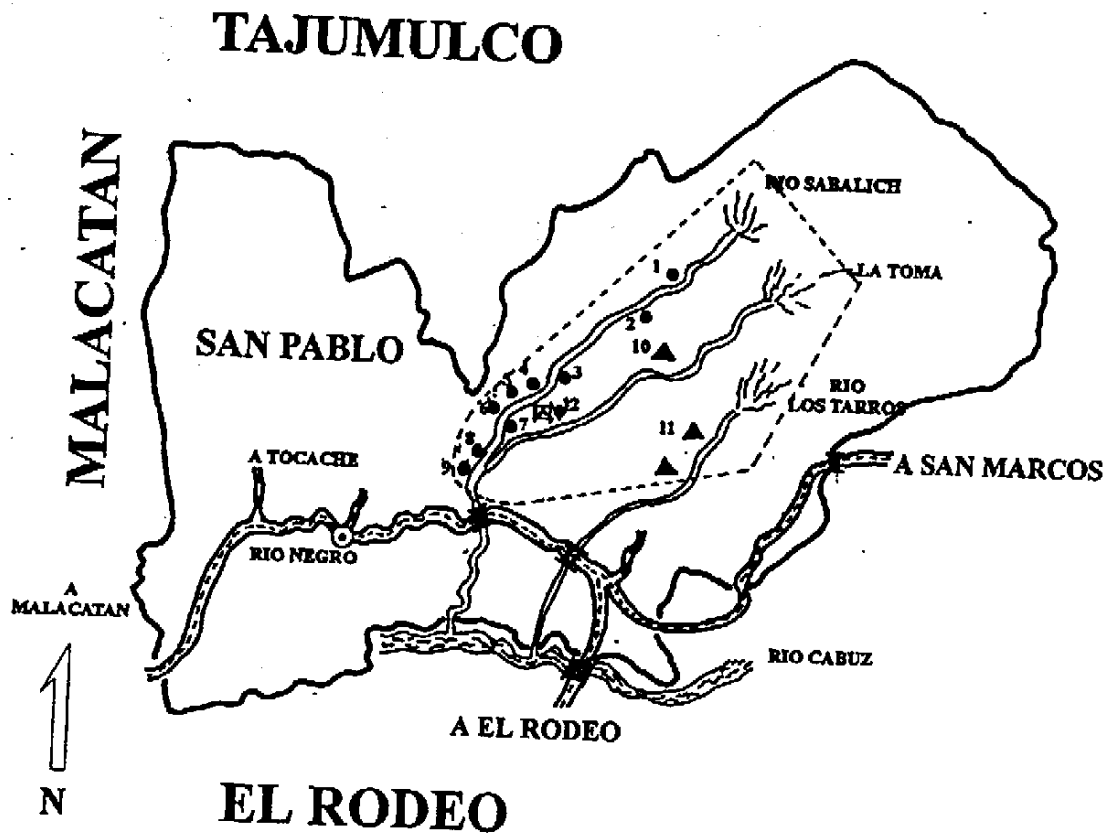
**Fuente.** Memorias de la Acción Cuencas de Mataquescuintla. 1,995 (18)  
DQO = Demanda Química de Oxígeno

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Características generales del área de estudio**

El presente estudio se realizó en el municipio de San Pablo, San Marcos; ubicado en el Sur-occidente del país (ver figura 4), que dista de la cabecera departamental 30 km y 310 km de la ciudad capital, con una altitud promedio de 762 metros sobre el nivel del mar y una población de 32,631 habitantes. El municipio cuenta con 52 fincas de las cuales el 95% son productoras de café, 13 caseríos, 11 parcelamientos, 15 labores, 13 comunidades agrarias y 2 aldeas (10). Según Simmons et al (15), los suelos del área de estudio corresponden a los suelos del declive del Pacífico y a la serie de suelos Chocolá y Suchitepéquez, esta región esta formada por sistema de abanicos aluviales coalescentes, que se caracteriza por ríos en canales profundos y barrancos en forma de V. Los suelos de esta área presentan características de ser profundos, con buen drenaje a moderado, con textura franco arcillosa friable, fertilidad natural alta y alta capacidad de abastecimiento de humedad, además ocupan relieves de suavemente inclinados a inclinados a altitudes de 450 y 1,200 metros sobre el nivel del mar (15).

Según De la Cruz (6), basado en el sistema de clasificación de mapas de zonas de vida de Holdridge, el área de estudio pertenece al bosque muy húmedo sub-tropical cálido bmh-S (c), con biotemperaturas de 21 a 25°C, con topografía de plana a inclinada y con una precipitación pluvial promedio de 2,283 milímetros.



| NOMENCLATURA. |                 |
|---------------|-----------------|
| ●             | Finca           |
| ⊙             | Cabecera Mpal.  |
| ▣             | Aldea Tocache   |
| ▩             | Puente          |
| ▲             | Com. Agraria    |
| ~~~~~         | Río             |
| — — — — —     | Camino real     |
| =====         | Cinta asfáltica |
| - - - - -     | Area estudiada  |

| REFERENCIAS |               |
|-------------|---------------|
| 1           | Chibuj        |
| 2           | El Edén       |
| 3           | Tanemburgo    |
| 4           | Miramar       |
| 5           | Nueva Alianza |
| 6           | San Antonio   |
| 7           | La Concepción |
| 8           | La Ilusión    |
| 9           | Monte Alegre  |
| 10          | El Porvenir   |
| 11          | Colima        |
| 12          | El Jazmín     |

Figura 4. Ubicación del área de estudio, San Pablo, San Marcos.

### **3.2.2 Características socio-económicas**

El municipio de San Pablo, según el último censo efectuado en 1,995 por la municipalidad y centro de salud, cuenta con 32,631 habitantes, de los cuales el 70% son ladinos y el 30% indígenas. La economía del municipio esta basada en el cultivo de café, el cual es realizado por pequeños, medianos y grandes caficultores; los cuales absorben un 90% de la población económicamente activa (PEA); equivalente a 10,848 habitantes, el otro 10% se dedica a la industria (10). Después del café, los cultivos de importancia son: maíz, frutales, frijol y otros.

#### **3.2.2.1 Condiciones de salud de la comunidad**

Tomando como base la información proporcionada por el centro de salud del municipio de San Pablo y principalmente lo reportado por el delegado de saneamiento ambiental, se determinó que en el área estudiada, en 1,996 fallecieron un total de 21 niños por problemas de diarrea, lo que representó un 15% de los casos atendidos durante todo el año; además 5 personas adultas también fallecieron por las mismas causas. En lo que referente a morbilidad general por trastornos del estómago, se presentaron un total de 767 casos, lo que representa un 25% de todas las enfermedades reportadas; y en los niños menores de cinco años se presentaron 571 casos, representando el 35.25%.

Todo esto de acuerdo a lo expresado por el personal del centro de salud, tiene su principal causa en el consumo de agua contaminada, especialmente la provenientes de los ríos. Además del problema de diarrea, se presenta otra enfermedad como es la sarcoptiosis (erupciones en la piel), la cual es la principal causa de

morbilidad entre la población en general. Esta enfermedad es provocada por el contacto de la piel con agua contaminada, principalmente con residuos de químicos. También se han presentado en el área otras enfermedades como la dermatitis alérgica, la micosis cutánea, infecciones del oído; las cuales en conjunto representaron en 1,996 el 10% de todos los casos atendidos en el centro de salud de San Pablo (10).

Como puede observarse, aproximadamente un 70% de las principales enfermedades que sufre la población, esta directamente relacionada con la calidad del agua, ya que ésta actúa como el vehículo principal de transporte y puede provocar la enfermedad, vía ingestión directa o por contacto (10).



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Caracterizar los procesos del beneficiado húmedo del café, manejo de subproductos y estimación de la contaminación provocada por los beneficios ubicados sobre los ríos Savalich y Tarros, del municipio de San Pablo, San Marcos.

### **4.2 ESPECIFICOS**

- ◆ Caracterizar el proceso de beneficiado de los beneficios húmedos de café, ubicados en la ribera de los ríos Savalich y Tarros.
- ◆ Determinar el tipo de manejo que se le da a los subproductos del café (pulpa y aguas mieles) en los beneficios de la zona de estudio.
- ◆ Estimar la contaminación provocada por los desechos generados por cada uno de los beneficios estudiados.

## **5. HIPOTESIS**

- 5.1** Todos los beneficios ubicados en la ribera de los ríos Savalich y Tarros utilizan la misma tecnología para el beneficiado húmedo del café
  
- 5.2** Toda el agua empleada en el proceso del beneficiado húmedo del café, recibe una carga contaminante superior al rango 0.025 - 0.080 kg de la Demanda Química de Oxígeno por metro cúbico, el cual es el permisible para mantener su potabilidad.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1 DELIMITACION DEL AREA DE TRABAJO**

Se delimitó el área cubierta por los beneficios húmedos de café que drenan sus aguas mieles hacia los ríos Savalich y Tarros, con la ayuda de mapas cartográficos, caminamientos y entrevistas personales. Esta información se obtuvo después de visitar a las instituciones nacionales y privadas que apoyaron la presente investigación, siendo estas: El puesto de salud y la municipalidad de San Pablo, San Marcos; La Asociación Nacional del Café.

Luego de delimitar el área de estudio, se efectuó un segundo caminamiento para verificar la ubicación de los beneficios y al mismo tiempo se realizó una prueba piloto para evaluar la funcionalidad de la boleta de encuesta (anexo 1"A").

### **6.2 CARACTERIZACION POR BENEFICIO**

Se visitaron cada una de las instalaciones de los beneficios delimitados, para lo cual se tuvieron entrevistas previas con los propietarios ó administradores, para obtener el permiso de ingreso. Luego se procedió a llenar la boleta de caracterización (anexo 1"A") con la información que en su mayoría fue proporcionada por los encargados de operar los beneficios (caporales).

Durante las visitas efectuadas a las instalaciones y en las fincas que lo permitieron, se tomaron medidas de los correteos, de las pilas, del sifón, se observó el tipo de clasificación, de las llaves de paso del agua, de la fuente utilizada en el proceso, del tipo de maquinaria, depósitos de pulpa y aguas mieles, aforos de fuentes de agua para el despulpe y lavado, circuitos de recirculación y el manejo de los subproductos especialmente. Para determinar el tipo de tecnología usada y clasificar los beneficios, se tomo como base lo siguiente:

- a) Recibo del café: El cual está relacionado con la presencia o ausencia de sifón.
- b) Tipo de maquinaria.
- c) Tipo de Despulpado (en seco ó con agua).
- d) Forma y ancho del correteo.
- e) Drenaje de las pilas de fermento.
- f) Consumo de agua/qq oro.
- g) Manejo de la pulpa.
- h) Manejo de las aguas mieles.
- i) Circuitos de recirculación.
- j) Tipo de clasificación (zaranda o criba)

*El consumo de agua* en el proceso de beneficiado es un factor determinante en el grado de tecnificación de un beneficio húmedo, es por ello que en el presente trabajo se acentúo su importancia . Para calcular esta variable se efectuaron seis aforos en promedio por finca, distribuidos en tres para el proceso de despulpado y tres para el proceso de lavado, con lo cual se obtuvo un dato promedio para cada proceso; además se aforaron las fuentes de abastecimiento de agua de los beneficios.

Los lugares de los beneficios húmedos en donde se efectuaron los aforos son los siguientes: Todas las llaves de paso que permiten el ingreso de agua hacia los sifones, pilas, correteos, pulperos, drenajes, depósitos de pulpa, canales de conducción. Para cada caso se tomaron tres lecturas para un volumen conocido de cinco galones. En síntesis para calcular el consumo de agua en cada etapa se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo de agua por etapa} = \frac{\text{Volumen (litros)} \times \text{Segundos llave abierta}}{\text{Tiempo (segundos)}}$$

Para determinar la cantidad de agua utilizada por quintal procesado en cada etapa, se dividió la cantidad total de café procesado entre el total de agua consumida en esa etapa, y con el total de consumo de ambas etapas se determinó el consumo total por quintal, además con esta información se clasificaron los beneficios de acuerdo al cuadro 8.

Cuadro 8. Clasificación del beneficiado según consumo de agua <sup>(m<sup>3</sup>/qq oro)</sup>

| GLASIFICACION             | CONSUMO DE AGUA m <sup>3</sup> /qq oro |
|---------------------------|--|
| Consume poca agua         | de 0.2 a 0.5                           |
| Consumo moderado del agua | de 0.5 a 0.1                           |
| Consume mucha agua        | de 1.0 a 2.0                           |
| Consumo exagerado de agua | mas de 2.0                             |

Fuente. Contaminación generada por los beneficios de café. (17).

Las conversiones que se utilizaron para el presente trabajo fueron las siguientes:

|                              |      |                        |
|------------------------------|------|------------------------|
| De quintales uva a pergamino | 5.00 | qq maduro/qq pergamino |
| De café pergamino a oro      | 1.25 | qq pergamino/qq oro    |
| De café uva a oro            | 6.25 | qq maduro/qq oro.      |

### 6.3 CARGA CONTAMINANTE

Esta variable fue calculada mediante el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), para lo cual se tomaron como base datos reportados por Wasser (17), los cuales fueron aceptados por la Asociación Nacional del café y son válidos para todo Guatemala y Centroamérica. Los parámetros que Wasser indica son los siguientes:

agua de despulpado = 3 kg DQO/quintal oro.

agua de lavado = 3.4 kg DQO/quintal oro.

pulpa = 20 kg DQO/quintal oro.

Estos datos ya fueron utilizados en el estudio sobre contaminación de las cuencas de Mataquescuintla y de Atitlán efectuado en 1,995 por la Asociación Nacional del Café. Actualmente la contaminación generada por el beneficiado húmedo del café en nuestro país es un tema de muchas contradicciones, especialmente en cuanto a parámetros permisibles se refiere, en síntesis el procedimiento utilizado en el presente trabajo fue el siguiente:

kg. DQO del despulpado = 3 x quintales oro despulpados

kg. DQO del lavado = 3.4 x quintales oro lavados

kg. DQO de la pulpa = 20 x quintales oro despulpados.

Para calcular la cantidad de subproductos generados por cada beneficio, se registró el dato de la cosecha 95/96, y en base a la boleta y a las visitas efectuadas se determinó el uso que le proporcionaba a los mismos, para el cálculo de la cantidad de pulpa generada se utilizó el procedimiento siguiente.

La relación pulpa/café maduro en Guatemala es del 41% (11); por lo tanto:

Cantidad de pulpa generada = quintales uva procesados X 0.41.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 UBICACION DE LOS BENEFICIOS

Los beneficios de café, se encuentran ubicados aproximadamente entre 10 a 25 metros de los ríos, esto se puede observar claramente en la figura 4. Esta ubicación obedece a que el agua es un recurso indispensable en el proceso de beneficiado húmedo.

La selección de áreas de ubicación para beneficios húmedos, obedece a que los mismos están diseñados para efectuar el beneficiado utilizando volúmenes de agua que oscilan entre los 3,000 a 10,000 litros/qq oro, ésta agua es conducida en su mayoría por gravedad y en algunos casos se aprovecha para generar energía al mover ruedas Pélton, las cuales proporcionan movimiento a pulperos, secadoras y elevadores. Esto se pudo observar en la Empresa Campesina Asociativa (ECA) Colima y en la finca el Edén; sin embargo, de acuerdo a lo expresado por los propietarios, este tipo de energía se usa muy poco, debido a que los caudales son muy bajos y variables, lo que no permiten mantener un ritmo constante de trabajo en el beneficio, es por ello que sólo es utilizado en casos de emergencia y para mover una parte del proceso, el cual puede ser el lavado, secado o despulpado.

La topografía, es otro factor que va ligado a la ubicación del área donde están construidos los beneficios, en base a las visitas se pudo constatar que el 100% de beneficios se construyeron en lugares con pendientes que oscilan entre el 10 y el 15%, generalmente todos se ubican a favor de la pendiente, lo cual facilita la conducción del agua por gravedad y obtener mayor fuerza con la misma y así también facilitar su drenaje.



En el proceso de beneficiado observado, el agua primero arrastra el café a los sifones, luego hacia los pulperos, seguidamente a las pilas de fermento, y finalmente hacia los patios. Al concluir el proceso, el agua regresa al mismo cauce o río del cual fue desviado.

## **7.2 INFRAESTRUCTURA**

Otro aspecto evaluado en la caracterización fue la infraestructura, ya que ésta también influye en la eficiencia del proceso de beneficiado. Las variables más importantes se presentan en el cuadro 9, y son las siguientes: Tipo de recibidor, pilas de fermento y su drenaje, forma y ancho del correteo.

### **7.2.1 El recibidor**

El 100% posee tanque tipo sifón, es decir reciben el café en un tanque con agua, donde se realiza la primera clasificación por peso y posteriormente se pasa al proceso de despulpado, la capacidad de estos tanques en el área estudiada osciló entre 15,000 y 30,000 litros, esto es muy importante ya que es aquí donde se desperdicia mucha agua, pues para que funcione es necesario llenarlo, independientemente de la cantidad de café a procesar, esto indica la ineficiencia de este recibidor. En general la infraestructura de los beneficios analizados obedece a diseños de aproximadamente 50-60 años y por lógica la tecnología en su mayor parte es rudimentaria y con construcciones mayores a las necesarias, las cuales no están acorde a las exigencias actuales, en especial en la eficiencia del uso de los recursos agua, mano de obra, espacio y principalmente de protección ambiental.

**Cuadro 9 Principales características de los beneficios tradicionales ubicados sobre la ribera de los ríos Savalich y Tarros. San Pablo, San Marcos 1,997.**

|                      | Receptor | Tipo de<br>correlato | Drenaje/pilas | Tipo maquinaria | Tipo de<br>clasificadoras | Tipo despulpado* | Consumo agua<br>litros/qq oro | Circuitos de<br>recirculación | Manejo de<br>sub-productos** |
|----------------------|----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <b>Chibuj</b>        | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 7,148                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>El Edén</b>       | Sifón    | <b>Lineal</b>        | <b>Bueno</b>  | Tradicional     | <b>Criba</b>              | Con agua         | 12,469                        | <b>Despulpado</b>             | <b>Ninguno</b>               |
| <b>San Antonio</b>   | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 10,471                        | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>Miramar</b>       | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 7,431                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>Tanemburgo</b>    | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 9,280                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>La Concepción</b> | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | <b>Criba</b>              | Con agua         | 8,545                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>Colima</b>        | Sifón    | Lineal               | <b>Bueno</b>  | <b>Moderna</b>  | <b>Criba</b>              | Con agua         | 2,438                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>El Porvenir</b>   | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | <b>Moderna</b>  | Zaranda                   | Con agua         | 4,966                         | Ausente                       | <b>Ninguno</b>               |
| <b>Nueva Alianza</b> | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 7,385                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>Monte Alegre</b>  | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 6,781                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>El Jazmín</b>     | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | 6,214                         | Ausente                       | Sólo a la pulpa              |
| <b>La Ilusión</b>    | Sifón    | Lineal               | Deficiente    | Tradicional     | Zaranda                   | Con agua         | -----                         | Ausente                       | -----                        |

\* Puede ser con agua o en seco

\*\* Se refiere a pulpa y aguas mieles

es que posean drenaje al centro y a todo lo largo de las pilas, como sucede con el otro 17% de los beneficios, ya que esto permite una rápida salida del agua y una fermentación homogénea.

### 7.3 MAQUINARIA

Al referirnos a la maquinaria del beneficio húmedo de café, se está hablando principalmente de los pulperos, ya que del tipo y manejo que se le proporcione a los mismos depende el grado de tecnificación y eficiencia del proceso de beneficiado, ver cuadro 9. En el área de estudio, al momento de pasar la boleta se determinó que el 92% de los beneficios caracterizados poseen maquinaria tradicional, es decir pulperos tipo Jhon Gordon, los cuales poseen rendimientos entre 20 y 25 quintales uva/hora/pulpero, con cilindros de 15 pulgadas de diámetro y 500 libras de peso, además de los bajos rendimientos tienen aproximadamente entre 50 y 75 años de estar funcionando y necesitan 3 a 5 caballos de fuerza/pulpero. El restante 8% posee maquinaria moderna con 3 a 4 años de funcionamiento, esta maquinaria es mucho más eficiente en el despulpado, ya que posee rendimientos entre 40 y 50 quintales uva/hora/pulpero; estos poseen un cilindro de 8 pulgadas de diámetro y 100 libras de peso (figura 5 "A") además están diseñados con principios de ingeniería basados en bajo consumo de energía, lo que les permite operar con 1 a 1.5 caballos de fuerza/pulpero. Las características antes descritas, permiten en el proceso de despulpado, disminuir el consumo de agua, reducción de horas de trabajo (debido a los altos rendimientos/hora/pulpero) y principalmente en mejorar la calidad del proceso.

En cuanto a las clasificadoras se determinó que el 75% posee un sistema deficiente, ya que la clasificación se realiza con zarandas (figura 6 "A"), las cuales clasifican el grano en seco y únicamente por tamaño, en la cual el grano despulpado pasa a través de los agujeros y el no despulpado es enviado al pulpero repasador.

El otro 25% cuenta con cribas cónicas las cuales son mas eficientes en la clasificación, pues clasifican por peso y por tamaño y utilizan agua. (figura 7 "A"). Un comportamiento similar se detectó en cuanto al uso de bombas lavadoras, ya que sólo dos fincas las utilizan, siendo éstas Colima y La Concepción; según lo expresado por los propietarios, la fricción que provoca el bombear el café al sacarlo de las pilas, les proporciona un mejor y mas rápido lavado, así como también les ahorra tiempo y mano de obra.

De todos los beneficios estudiados, solamente la ECA Colima posee maquinaria moderna, la cual fue instalada a finales de 1,995. Para la adquisición de la maquinaria la empresa recibió el apoyo y financiamiento de la Unión Europea, a través del Proyecto ALA 92/28 con sede en Coatepeque, con un costo total de Q100,000.00. Esta maquinaria tiene como objetivo disminuir el consumo de agua y por consiguiente la contaminación, posee un bajo consumo de energía y una estructura compacta que lo hace funcional en un espacio reducido. (figura 8 "A" ). Dentro de su estructura posee un tornillo helicoidal sin fin que permite el transporte de la pulpa en seco, desde los pulperos hasta un depósito, esto permite disminuir hasta en un 99% el contacto de la pulpa con el agua, logrando con esto que la pulpa se descomponga en un período menor y por consiguiente que no provoque olores desagradables; además de lo anterior esta maquinaria posee un alto rendimiento por pulpero/hora.(35-40 quintales uva/pulpero).

Un aspecto importante que se observó en este beneficio, es que los propietarios no lo están manejando correctamente, ya que en base a los aforos efectuados se determinó que están utilizando más agua de la requerida en el proceso de lavado y despulpado. (inciso 7.4) Así también la pulpa la transportan con grandes volúmenes de agua y que la infraestructura no está acorde a la capacidad de la maquinaria.

De acuerdo a lo expresado en el cuadro 9 y haciendo referencia al tipo de maquinaria, se observa claramente que 83% de los beneficios poseen maquinaria tradicional; es necesario aclarar que la maquinaria es sólo un componente en la tecnificación y que por sí sola no determina la eficiencia o la contaminación que pueda generar el proceso de beneficiado húmedo, es en sí el manejo de todo el proceso de beneficiado lo que determina el grado de tecnificación de un beneficio.

#### 7.4 CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua en el proceso de beneficiado es un factor determinante en el grado de tecnificación de un beneficio húmedo, es por ello que en el presente trabajo se acentuó su importancia; los datos sobre esta variable se presentan en el cuadro 10, en donde se desglosan los consumos por cada etapa (despulpado y lavado) para finalmente expresarlos en consumos por quintal oro.

**Cuadro 10. Consumo de agua por etapa de beneficiado y su equivalente en quintales oro. Cosecha 1,995/96.**

| Finca         | Litros/qq<br>Despulpado | Litros/qq<br>Lavado. | Total litros/qq<br>Pergamino* | Total litros/qq |
|---------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|
|               |                         |                      |                               | oro**           |
| Chibuj        | 543                     | 3,003                | 5,718                         | 7,148           |
| El Edén       | 195                     | 9,000                | 9,975                         | 12,469          |
| San Antonio   | 900                     | 3,877                | 8,377                         | 10,471          |
| Miramar       | 589                     | 3,000                | 5,945                         | 7,431           |
| Tanemburgo    | 972                     | 2,564                | 7,424                         | 9,280           |
| La Concepción | 980                     | 1,936                | 6,836                         | 8,545           |
| Colima        | 337                     | 265                  | 1,950                         | 2,438           |
| El Porvenir   | 551                     | 1,218                | 3,973                         | 4,966           |
| Nva. Alianza  | 751                     | 2,153                | 5,908                         | 7,385           |
| Monte Alegre  | 625                     | 2,300                | 5,425                         | 6,781           |
| El Jazmín     | 543                     | 2,256                | 4,971                         | 6,214           |

\* Total litros/qq pergamino = (litros/qq despulpado x 5) + litros/qq lavado

\*\* Total litros/qq oro = Total litros/qq pergamino x 1.25

En base a lo observado en el cuadro 10, se nota claramente que el consumo de agua por quintal oro en todos los beneficios húmedos aforados, es superior al promedio nacional reportado por la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), el cual es de 2,000 litros por quintal oro (3).

En el área de estudio se reportan consumos bajos desde 2,438 litros/qq oro, que corresponde a la ECA Colima, siendo este el más próximo al promedio nacional según la ANACAFE; hasta consumos muy elevados los cuales oscilan entre 10,000 a 12,500 litros/qq oro, estos consumos corresponden a las fincas El Edén y San Antonio. Los elevados consumos de agua se deben principalmente al manejo que el beneficiador le da al proceso, además que el 92% de la maquinaria, según se describió anteriormente está diseñada para trabajar con volúmenes de agua superior a los 5,000 litros/qq oro.

Existe una gran diferencia entre el consumo de agua en el despulpado en la finca El Edén, y el resto de fincas analizadas, ya que reporta 195 litros/qq uva; esto se debe a que la finca El Edén posee un circuito de recirculación, razón por la cual cuenta con un tanque sifón (recibidor) con capacidad de 18,500 litros de agua, la cual es recirculada en el proceso de despulpe, esto le permite disminuir considerablemente el consumo de agua en este proceso, sin embargo, en la misma finca el consumo de agua por quintal lavado se incrementa al nivel más alto de los beneficios evaluados (9,000 litros/qq lavado). El alto consumo de agua en la finca El Edén se debe principalmente a dos factores. El primero a que posee agua abundante, ya que es la segunda finca en recibir el agua del río Savalich, el cual le aporta un caudal aproximado de 1,500 litros /segundo, además posee un desvío del río hacia su beneficio, con tubería de 4 pulgadas de diámetro, que le permite trabajar con caudales de 20 litros/segundo. El segundo factor que influye en el alto consumo de agua son las dimensiones del correteo, principalmente el ancho (0.76 metros), esto les permite lavar fácilmente el café con grandes volúmenes de agua.

Para reducir el consumo de agua en esta finca, se recomienda instalar un circuito de recirculación en la etapa de lavado, aprovechando la misma bomba con que cuenta el circuito de despulpado, esto le permitirá lavar el café por fricción y el correteo aunque tenga dimensiones muy grandes, sería utilizado como medio de transporte y clasificación. Con estos cambios, además de disminuir considerablemente el consumo de agua, se estaría colaborando para que los beneficios ubicados en la parte baja de la cuenca, puedan contar con un mayor caudal para trabajar.

En la caracterización realizada también se pudo constatar la importancia que conlleva el tipo de maquinaria utilizada en relación al consumo de agua, esto se observó en la ECA Colima, la cual cuenta con un beneficio moderno, (figura 7 "A"), diseñado para trabajar con bajos volúmenes de agua (hasta 150 litros/qq pergamino); sin embargo no está siendo manejado de acuerdo a su diseño original ya que están utilizando demasiada agua en el despulpe (337 litros/qq) y la pulpa es transportada en un canal con agua (3.75 litros/segundo), cuando podría ser transportada totalmente en seco. En cuanto al lavado se tiene un consumo de 265 litros/qq lavado, esto se logra por la presencia de una bomba lavadora, la cual además de transportar el café hacia el correteo y patios, lo lava por fricción, lo que permite que el correteo se utilizado exclusivamente como medio de transporte y clasificación y no para lavado propiamente.

Para mejorar substancialmente el funcionamiento de este beneficio, es necesario instalar circuitos de recirculación en cada etapa del proceso, aprovechando que se cuenta con una bomba para lavar, la cual podría ser utilizada para la recirculación del agua; además se debe eliminar el adicionar agua a la pulpa, para aprovechar de mejor forma la función del tornillo helicoidal. Con estos cambios y con el tipo de maquinaria que se cuenta, se esperaría consumos de agua de hasta 75 a 100 litros/qq oro.

Otro beneficio que vale la pena analizar por separado, es el de la Comunidad Agraria El Porvenir, el cual posee un consumo por quintal despulpado de 551 litros y para el lavado 1,218 litros, haciendo un total por quintal pergamino de 3,973 litros, lo que equivale a 4,966 litros por quintal oro, como se puede observar, el consumo es mayor que el promedio nacional, sin embargo es menor en relación al resto de beneficios estudiados; esto a pesar que no recirculan el agua y el manejo es el tradicional. Este consumo por quintal procesado, se logra debido a las grandes cantidades de café que en este beneficio se procesan, (100,000 qq uva cosecha 94/95 y 46,122 qq cosecha 95/96); estas grandes cantidades le permiten promediar la cantidad de agua utilizada por quintal procesado, a pesar que sólo para el despulpe utilizan un caudal de 20.41 litros/segundo y para el lavado 8.12 litros/segundo, a esto todavía se le suma el caudal que utilizan para la evacuación de la pulpa que según el aforo reporta 9.95 litros/segundo. Este beneficio por su ubicación geográfica, no tiene problemas de abastecimiento de agua, ya que cuenta con nacimientos propios. Sin embargo si se quiere disminuir el consumo de agua por quintal procesado se necesitan la instalación de circuitos de recirculación, con la observación de que debido a los altos volúmenes que se procesan, sería necesario cambiar el agua por lo menos dos veces durante cada proceso. También es necesario que los pulperos trabajen en seco, ya que están diseñados para ello; finalmente se debe eliminar el agua que se le agrega a la pulpa para ser evacuada; este último cambio se detalla en el párrafo siguiente.

En lo referente a los demás beneficios aforados (Chibuj, San Antonio, Miramar, Tanemburgo, La Concepción, Nueva Alianza, Monte Alegre y el Jazmín) poseen consumos de agua en un rango que oscila entre los 6,000 a los 10,000 litros/quintal oro, lo que hace un promedio de 8,500 litros/qq oro; esto se traduce en un consumo 4.25 veces superior al promedio nacional, lo que nos da un índice de los altos volúmenes de agua que se utilizan en el beneficiado y por consiguiente nos pone en alerta de la necesidad



de orientar debidamente a los agricultores en aspectos que conlleven a la disminución del consumo de agua en el beneficiado húmedo del café. Estos consumos de agua, únicamente pueden ser disminuidos con la instalación de circuitos de recirculación en cada etapa del beneficiado; para los beneficios ubicados en la parte alta de la cuenca (Chibuj, Tanemburgo, Miramar, San Antonio y Nueva Alianza) con la recirculación estarían logrando, primero disminuir considerablemente su consumo por cada quintal procesado, luego estarían permitiendo que los beneficios de la parte baja de la cuenca (La Concepción, La Ilusión, Monte Alegre y El Jazmín), dispongan de mejor calidad y mayor cantidad de agua para su beneficiado, independientemente de que estos últimos instalen o no circuitos de recirculación.

Es muy importante resaltar que en todo el municipio de San Pablo, existen alrededor de 52 fincas, de las cuales según caminamientos y visitas realizadas, un 75% poseen beneficio húmedo cuya infraestructura y maquinaria son totalmente tradicionales; con altos consumos de agua e indica que a través del tiempo se presentarían problemas de abastecimiento, como sucede en el área caracterizada.

## **7.5 MANEJO DE SUB-PRODUCTOS**

Uno de los aspectos relevantes del proceso de beneficiado húmedo, lo constituye la cantidad de cada uno de los subproductos (pulpa y aguas mieles) que se generan, así como el manejo que el beneficiador le proporcione a los mismos; ya que del manejo de éstos depende directamente la contaminación que el proceso genera.

### 7.5.1 La pulpa

Este es el subproducto que más se genera en el proceso de beneficiado húmedo del café, pues representa el 41% del peso del grano maduro (3), lo que indica que por cada 100 libras de café despulpado, 41 libras corresponde a la pulpa. En el cuadro 11, se puede observar que en el área estudiada se generaron un total de 39,497 quintales de pulpa fresca, también se indica la cantidad de pulpa que cada beneficio generó en relación a los quintales uva procesados.

**Cuadro 11 Cantidad de café procesado y pulpa generada en la cosecha 1,995/96 de los beneficios ubicados en la ribera de los ríos Tarros y Savalich, San Pablo San Marcos 1,997.**

| FINCA          | QUINTALES UVA | QUINTALES PULPA* |
|----------------|---------------|------------------|
| Chibuj         | 5,220         | 2,140            |
| El Edén        | 8,065         | 3,307            |
| San Antonio    | 1,500         | 615              |
| Miramar        | 2,650         | 1,087            |
| Tanemburgo     | 2,120         | 869              |
| La Concepción  | 18,120        | 7,429            |
| Colima         | 6,964         | 2,855            |
| El Porvenir    | 46,122        | 18,910           |
| Nueva Alianza  | 1,600         | 656              |
| Monte Alegre   | 2,150         | 882              |
| El Jazmín      | 1,823         | 747              |
| La Ilusión     | 1,250         |                  |
| <b>Totales</b> | <b>97,584</b> | <b>39,497</b>    |

Totales 97,584 39,497  
 \*Quintales pulpa = quintales uva x 0.41

Como se puede observar en el cuadro 11, la cantidad de café procesado en el área de estudio asciende a la cantidad de 97,584 quintales de café uva, los cuales al ser despulpados generaron un total de 39,497 quintales de pulpa.

De acuerdo a la boleta de caracterización (anexo 1), y a visitas efectuadas a los beneficios, se estimó que del total de pulpa generada, aproximadamente un 60% equivalente a 23,698 quintales es lanzada hacia los ríos Savalich y Tarros. El otro 40% de pulpa es utilizada como fertilizante orgánico, especialmente en almácigos, según lo reportado por las fincas Tanemburgo, Chibuj y la Concepción; en lo que se refiere al manejo de ésta pulpa, se determinó que únicamente la amontonan por periodos de hasta dos años para luego ser utilizado en el llenado de bolsa para almácigo. Otras fincas como Nueva Alianza, Miramar y San Antonio indicaron que una parte de la pulpa generada por ellos, es aplicada en los cafetales adultos en producción, por lo que en muchos casos la pulpa es llevada al cafetal en estado fresco; en algunas como la ECA Colima y las fincas Jazmín y Monte Alegre, indicaron que la pulpa simplemente la recolectan y no le dan ningún uso.

Así también se obtuvo información sobre el porqué las personas encuestadas no utilizan toda la pulpa como fertilizante orgánico, entre las principales causas se citan las siguientes.

- a) Falta de mano de obra para el manejo ( acarreo, volteos, riegos, etc..)
- b) Falta de espacio físico para almacenar la pulpa. ( 5.5 qq/m<sup>3</sup> )
- c) A las personas (jornaleros) no les gusta efectuar las labores de manejo de la pulpa, debido a los olores desagradables que ésta genera cuando está en proceso de fermentación.
- d) Es un gasto innecesario, si se cuenta con una fuente de agua que la puede arrastrar sin ningún costo.
- e) No creen que la pulpa sirva como abono orgánico, pues tienen la creencia que quema los cafetales.

Los incisos a y b son las principales causas de la no utilización de la pulpa, esto es válido no sólo para el área caracterizada, sino que para todo el municipio de San Pablo, San Marcos; ya que se pudo comprobar en las visitas a las instalaciones de los beneficios que un alto porcentaje no contaban con espacio suficiente para almacenar la pulpa y además la mano de obra siempre era insuficiente. En forma general las causas antes descritas, son algunas de las limitantes que no permiten que la pulpa pueda ser manejada y utilizada correctamente y así poder aprovechar sus propiedades como fertilizante orgánico y de esta manera disminuir la contaminación de las fuentes de agua.

Sin embargo, en fincas como la ECA Colima para poder aprovechar la pulpa se necesita únicamente alargar aproximadamente 10 metros el tornillo helicoidal que ya existe dentro de la maquinaria instalada, ya que éste la transporta en seco; el depósito para la pulpa ya existe en forma natural y únicamente falta la construcción de la galera rústica. Con esto se estaría logrando el transporte total de la pulpa en seco, así mismo se estaría protegiendo de la lluvia; lo que permitiría una reducción en el tiempo de descomposición y se evitaría la producción de olores desagradables producto de la fermentación. Para fincas que procesan grandes cantidades de café como El Porvenir y la Concepción, la recomendación sigue siendo el despulpado en seco, con el inconveniente de que requieren mucho espacio para el almacenamiento de la pulpa, por lo que es necesario que a mitad de cosecha vacíen el depósito y amontonen la pulpa en los caminos internos; esto es posible ya que las dos fincas cuentan con los recursos necesarios (vehículos y mano de obra).

Para las fincas pequeñas que procesan entre 1,000 a 5,000 quintales uva/cosecha (Chibuj, San Antonio, Miramar, Tanemburgo, Nueva Alianza, Monte Alegre, El Jazmín y la Ilusión) con problemas de mano de obra, se recomienda amontonar a la intemperie la pulpa durante el tiempo de cosecha. Luego en época seca hacer promontorios de una tonelada métrica de pulpa, aplicarle volteos cada cuatro días

y adicionarle agua a razón de 5 galones/tonelada; todo esto por un período aproximado de 90 a 120 días. Con este tratamiento, según Orellana (14), y la ANACAFE, se obtienen las concentraciones más altas de macro y micronutrientes en el proceso de descomposición de la pulpa, con un costo Q.10.52/tonelada métrica. Luego de descompuesta la pulpa aplicarla a los cafetales en el momento de la siembra, o bien en cafetales establecidos; además se puede utilizar también para el llenado de bolsas para almácigo.

### 7.5.2 Aguas mieles

Las aguas mieles que provienen del despulpado y lavado del café, constituyen el segundo sub-producto del proceso de beneficiado húmedo; son éstas, después de la pulpa, las que más contaminación generan. El agua del despulpado, generalmente lleva altos contenidos de desechos como: mucilago, pulpa, pelillos, granos verdes, granos quebrados y otros; mientras que el agua de lavado lleva como componente principal el mucilago proveniente de la fermentación, el cual constituye el principal contaminante al cuerpo receptor (17).

En base al caminamiento efectuado en el área de estudio y varios recorridos por todo el municipio se constató que el 100% de los beneficios caracterizados no realizan ningún tipo de tratamiento o manejo alguno a las aguas mieles, simplemente lanzan las aguas en áreas aledañas al beneficio y en su mayoría al mismo cuerpo receptor que les provee de agua. Es importante mencionar que el manejo de las aguas mieles del beneficiado del café, es algo sumamente complicado y costoso; que va desde una simple fosas de sedimentación y evaporación, hasta tratamientos biológicos que requieren de descargas y concentraciones constantes, lo cual en el proceso de beneficiado es muy difícil de lograr.

De acuerdo a lo expresado por los encargados de los beneficios, en relación al porque no realizan tratamiento a las aguas mieles, el 92% respondió que desconocen las técnicas de manejo de las mismas,

mientras que el restante 8% respondió que sí conocían alguna técnica como las fosas de sedimentación, máquinas desmieladoras y otras; sin embargo, también expresaron que para poner en práctica las técnicas de manejo de aguas es necesario efectuar inversiones altas las cuales no les traen ningún tipo de beneficio económico. A demás de lo anterior, de los doce beneficios caracterizados, en once respondieron que no conocían los efectos negativos que sobre la flora y la fauna provoca el lanzar las aguas mieles a los ríos.

En forma general y en base a los resultados que la presente investigación generó, se puede deducir que en nuestro medio no existe metodología práctica que pueda ser aplicada al tratamiento de las aguas mieles provenientes del beneficiado del café; la única forma que algunas fincas practican es lanzar las aguas mieles a un terreno baldío o bien sobre acequias. Sin embargo esta práctica deja de ser útil cuando los volúmenes de agua son exagerados, los terrenos son arcillosos y es época lluviosa, tal y como sucede en el área de estudio.

## **7.6 CARGA CONTAMINANTE**

Uno de los principales problemas que afronta el beneficiado húmedo del café, es la contaminación que alrededor de su entorno genera, es decir sobre el suelo, agua, aire, flora y la fauna. Esta contaminación esta directamente relacionada con la cantidad de subproductos pulpa y aguas mieles que se generan y principalmente al manejo que se le proporcione a los mismos. En la investigación realizada, la contaminación fue evaluada mediante el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que no es más que la cantidad de oxígeno requerida para descomponer (oxidar) la cantidad de materia orgánica que se halla dentro de un cuerpo receptor en un medio ácido (6). Se evaluó la contaminación generada por cada beneficio, así como también la concentración que dicha contaminación lleva, hacia el efluente receptor.

Para comprender mejor lo que significa la Demanda Química de Oxígeno y la contaminación, se hizo la comparación siguiente: Un quintal de pulpa fresca posee una Demanda Química de Oxígeno de 8 kilogramos; una persona posee una Demanda Química de Oxígeno de 0.1 kilogramos/día; por lo tanto, por cada 100 libras de pulpa fresca lanzada al río, se está contaminando el equivalente a la contaminación que producen 80 personas durante un día.

### 7.6.1 Carga contaminante sobre el río Savalich

Como se puede observar en el mapa de ubicación (figura 4), el río Savalich es un afluente del río Negro; este afluente recibe los subproductos (pulpa y aguas mieles) de 10 beneficios, los cuales le aportan una carga contaminante proveniente de la pulpa de 213,008 kg de DQO, esto se observa detalladamente en el cuadro 12, que a continuación se presenta.

**Cuadro 12 Carga contaminante de la pulpa vertida sobre el río Savalich cosecha 1,995/96. San Pablo, San Marcos 1,997.**

| FINCA          | qq UVA        | qq PULPA      | PORCENTAJE DE PULPA | qq PULPA      | Kg. DQO *      |
|----------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|----------------|
|                | DESPULPADOS   | GENERADOS     | QUE VA AL RIO       | VAN AL RIO    | TOTALES        |
| Chibuj         | 5,220         | 2,140         | 30                  | 642           | 5,136          |
| El Edén        | 8,065         | 3,307         | 100                 | 3,307         | 26,456         |
| San Antonio    | 1,500         | 615           | 40                  | 246           | 1,968          |
| Miramar        | 2,650         | 1,087         | 30                  | 326           | 2,608          |
| Tanemburgo     | 2,120         | 869           | 30                  | 261           | 2,088          |
| La Concepción  | 18,120        | 7,429         | 25                  | 1,857         | 14,856         |
| El Porvenir    | 46,122        | 18,910        | 100                 | 18,910        | 151,280        |
| N. Alianza     | 1,600         | 656           | 40                  | 262           | 2,096          |
| Monte Alegre   | 2,150         | 882           | 50                  | 441           | 3,528          |
| El Jazmín      | 1,823         | 747           | 50                  | 374           | 2,992          |
| <b>TOTALES</b> | <b>89,370</b> | <b>36,642</b> |                     | <b>26,626</b> | <b>213,008</b> |

Totales 89,370 36,642

26,626 213,008

\* kg. DQO totales = qq pulpa que van al río x 8

En base a lo observado en el cuadro anterior, se determinó que los beneficios que más aportan pulpa al río son: La Concepción con un 7%, El Edén con un 12% y El Porvenir con 71%, el resto de beneficios aporta un promedio del 2%. En el mismo cuadro se observa que no aparece la finca La Ilusión; la ausencia de ésta, se debe a que dicha finca en los últimos 4 años, comercializa su café en uva, debido a los problemas de abastecimiento de agua y de contaminación que ha tenido, pues ésta es una de las que se ubica en las partes más bajas del cauce del río Savalich; además, porque ya fueron demandados por fincas vecinas de contaminar el agua. Retomando la información del cuadro 12, se calculó que los 213,008 kg. de DQO provenientes de la pulpa que es lanzada sobre el río Savalich, posee un equivalente poblacional en contaminación de 5,836 personas/año, así:

$$(213,008 \text{ kg. DQO/año}) / [(0.10 \text{ kg. DQO/habitante/día}) \times (365 \text{ días/año})] = 5,836 \text{ habitantes/año.}$$

En lo referente a la carga contaminante de las aguas mieles sobre el río Savalich, se determinó que este recibe un total de 91,515 kg. de DQO, de los cuales se detalla el aporte por cada finca en el cuadro 13; esta contaminación tiene un equivalente poblacional de 2,507 habitantes/año.

En síntesis la carga contaminante que la pulpa y las aguas mieles aportan sobre el río savalich, hacen un total de 304,523 kg. de DQO; esto es equivalente a la contaminación generada por 8,343 personas durante un año. Este dato es sumamente alarmante, si se toma en cuenta que el río Savalich posee un caudal promedio de 1,500 litros/segundo, que la contaminación se produce en un periodo de 5 meses y que en sus alrededores no habitan más de 5,000 personas (10). Esta carga contaminante, según versión de los vecinos del lugar, se viene dando desde hace aproximadamente 25 años, lo que ha provocado que en la actualidad se tengan serios problemas de contaminación, los cuales se describen a continuación:



### **7.6.1.1 Abastecimiento de agua**

El caudal del río Savalich (1,500 litros/segundo como máximo), no permite abastecer de agua a todos los beneficios de café, esto tomando en consideración los altos volúmenes de agua utilizados por cada quintal procesado (2,000 hasta 12,000 litros/qq oro). La poca agua que llega a los beneficios ubicados en la parte baja del cauce (Nueva Alianza, Monte Alegre, El Jazmín), llega con grandes cantidades de pulpa y aguas mieles provenientes de los otros beneficios de la parte alta (Chibuj, El Edén, San Antonio ), lo que hace aún más pequeño el caudal a ser aprovechado por los beneficios.

### **7.6.1.2 Desaparición de especies**

En varias entrevistas efectuadas a personas que habitan en el área estudiada (especialmente ancianos), informaron que la contaminación de las aguas mieles al río Savalich, ha provocado la desaparición de algunas especies de crustáceos. Esto es el resultado según lo expresado por ellos, al incremento de la viscosidad del agua por el mucílago del café, lo que provocó la extinción de especies de cangrejos y camarones. Otro aspecto en el que hicieron énfasis, fue en la facilidad de poder capturar a los cangrejos, debido a la gran cantidad de mucílago impregnado en su caparazón, lo que los hacía lentos para desplazarse y por consiguiente ser presa fácil de captura.

### **7.6.1.3 Enfermedades**

De acuerdo a los registros del área de Saneamiento Ambiental, del centro de salud de San Pablo, San Marcos (10); en los últimos cinco años se ha incrementado en un 75% los casos de enfermedades de

la piel, especialmente en los niños. Sólo en 1,996 se reportaron 767 casos de enfermedades del estómago, lo que representó el 25% de todas las causas de morbilidad en el municipio; también se ha incrementado la incidencia de enfermedades de la piel. Esto se debe a que un alto porcentaje de los pacientes, especialmente niños, utiliza las aguas de los ríos para beber ó para bañarse, las cuales vienen contaminadas con desechos químicos, pulpa, heces fecales y otros. De acuerdo a la información proporcionada por saneamiento ambiental, este problema es general para todo el municipio, ya que en toda el área de San Pablo se utilizan los ríos para bañarse y/o consumo; esto es un indicador clave de la contaminación de los ríos por beneficiado del café y los asentamientos humanos.

#### **7.6.1.4 Problemas entre propietarios**

Los problemas de contaminación y escasez de agua que se viene produciendo en el río Savalich, a causa del beneficiado húmedo, ha provocado problemas entre los propietarios de los beneficios, ya que se culpan entre ellos de ser los causantes de los problemas existentes, incluso se tienen demandas formales las cuales denotan la gravedad de las acusaciones. Esto ha provocado que algunas fincas como la Ilusión desistan de beneficiar el café y opten por comercializarlo en uva.

Además de lo anterior, existen otros factores que han influido en la contaminación como son los **asentamientos humanos** los cuales utilizan el río como letrina, llegando en algunos momentos a causar mayores problemas que el mismo beneficiado húmedo. También cabe mencionar que **los residuos de los agroquímicos**, han dado su aporte en la contaminación del río, ya que estas aguas también son utilizadas para lavar equipos de fumigación, los cuales aportan residuos de fungicidas e insecticidas; también es importante mencionar que ésta contaminación se produce principalmente en la época seca (enero a mayo), mientras que la contaminación por beneficiado se produce en los meses de agosto a diciembre.

Finalmente es necesario aclarar que de todos los beneficios analizados y personas encuestadas, respondieron estar de acuerdo en efectuar cambios de fondo en sus instalaciones, siempre y cuando la entidad rectora de la caficultura en Guatemala (ANACAFE) se comprometa a buscarles el financiamiento a un mediano plazo y a bajo interés. Esta petición está fundamentada en que actualmente no cuentan con los recursos económicos para efectuar remodelaciones, y además que si las realizan con el objetivo de disminuir la contaminación no reciben ningún tratamiento especial en cuanto a calidad ni precio del grano. Por lo tanto, se deduce que los caficultores no están motivados a efectuar un beneficiado ecológico si a cambio no reciben un aliciente económico. Además de lo anterior, en Guatemala (abril de 1,998) no existen leyes que regulen el funcionamiento, instalación ó remodelación de beneficios húmedos de café

**Cuadro 13. Carga contaminante de las aguas mieles sobre el río Savalich cosecha 1,995/96 San Pablo, San Marcos 1,997**

| FINCA         | qqs uva | qq oro | Total kg DQO | Total kg DQO | TOTAL kg DQO | Consumo de agua         | DQO TOTAL                |
|---------------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
|               |         |        | DESPULPADO   | DEL LAVADO   | GENERADOS    | total en m <sup>3</sup> | POR m <sup>3</sup> usado |
| Chibuj        | 5,220   | 835    | 2,505        | 2,839        | 5,344        | 5,970                   | 0.90                     |
| El Eden       | 8,065   | 1,290  | 3,870        | 4,386        | 8,256        | 16,125                  | 0.51                     |
| San Antonio   | 1,500   | 240    | 720          | 816          | 1,536        | 2,520                   | 0.61                     |
| Miramar       | 2,650   | 424    | 1,272        | 1,442        | 2,714        | 3,138                   | 0.86                     |
| Tanaburgo     | 2,120   | 339    | 1,017        | 1,153        | 2,170        | 3,153                   | 0.69                     |
| La Concepción | 18,120  | 2,899  | 8,697        | 9,857        | 18,554       | 24,642                  | 0.75                     |
| El Porvenir   | 46,122  | 7,380  | 22,140       | 25,092       | 47,232       | 36,162                  | 1.31                     |
| N. Alianza    | 1,600   | 256    | 768          | 870          | 1,638        | 1,894                   | 0.86                     |
| Monte Alegre  | 2,150   | 344    | 1,032        | 1,170        | 2,202        | 2,339                   | 0.94                     |
| El Jazmin     | 1,823   | 292    | 876          | 993          | 1,869        | 1,810                   | 1.03                     |
| TOTALES       | 89,370  | 14,299 | 42,897       | 48,618       | 91,515       | 97,753                  | 0.94                     |

**Cuadro 14. Carga contaminante de las aguas mieles sobre el río tarros cosecha 1,995/96 San Pablo, San Marcos 1,997**

| FINCA  | qqs uva | qq oro | Total kg DQO | Total kg DQO | TOTAL kg DQO | Consumo de agua         | DQO TOTAL                |
|--------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
|        |         |        | DESPULPADO   | DEL LAVADO   | GENERADOS    | total en m <sup>3</sup> | POR m <sup>3</sup> usado |
| Colima | 6,964   | 1,114  | 3,342        | 3,787        | 7,129        | 2,674                   | 2.67                     |

**Referencias para cuadros 13 y 14**

Conversión quintales uva a oro 6.25 a 1

Total kg DQO despulpado = 3 kg DQO/qq oro\* x qqs oro

Total kg DQO lavado = 3.4 kg DQO/qq oro\* x qqs oro

Total DQO generados = DQO del despulpado + DQO lavado

Consumo total de agua en m<sup>3</sup> = Consumo de agua/qq oro (ver cuadro 10) x qqs oro

DQO/m<sup>3</sup> = Total DQO generados/total consumo agua total en m<sup>3</sup>

\* Parámetros de contaminación, Wasser (17).

DQO = Demanda Química de Oxígeno

### 7.6.2 Contaminación sobre el río Tarros

El río Tarros atraviesa en toda su magnitud a la ECA Colima, hasta desembocar en el río Cabúz; durante su recorrido arrastra un caudal de aproximadamente 4,000 litros/segundo, del cual se desvía un ramal que alimenta al beneficio húmedo de café de la ECA Colima, aportándole un caudal de aproximadamente 500 litros/segundo.

En el proceso de despulpado según los aforos efectuados, se utiliza un caudal de 12.03 litros/segundo, lo que se traduce en un consumo/qq uva de 337 litros; de este consumo de agua se estimó que el 100% del agua utilizada retorna de nuevo al cauce principal; mientras que en el lavado se utiliza un caudal promedio de 5.52 litros/segundo, haciendo un consumo por quintal pergamino lavado de 265 litros y un consumo general por quintal oro de 2,438 litros; en síntesis por las aguas mieles (lavado y despulpado) este beneficio aporta una carga contaminante al río Tarros de 7,129 kg. de DQO, esto se observa en detalle en el cuadro 14. De los 7,129 kg. de DQO aportados por las aguas mieles, se estimó que tienen un equivalente poblacional en contaminación de 195 personas por año, así:

$$(7,129 \text{ kg. DQO/año}) / [(0.10 \text{ kg. DQO/habitante/día}) / (365 \text{ días/año})] = 195 \text{ habitantes/año.}$$

En lo referente a la contaminación generada por la pulpa del café el río Tarros recibe un total de 5,712 kilogramos de DQO, esto se observa en detalle en el cuadro 15, que a continuación se presenta.

**Cuadro 15. Carga contaminante de la pulpa sobre el río Tarros, cosecha 1,995/96.  
San Pablo, San Marcos. 1,997.**

| FINCA  | qq uva | qq PULPA<br>GENERADOS | porcentaje de PULPA<br>QUE<br>VA AL RIO | qq PULPA QUE<br>VAN AL RIO | kg. DQO<br>TOTALES * |
|--------|--------|-----------------------|---|----------------------------|----------------------|
| Colima | 6,964  | 2,855                 | 25                                      | 714                        | 5,712                |

\* 8 kg. DQO/qq pulpa  
DQO = Demanda Química de Oxígeno

→ Colima.

Finalmente, es necesario mencionar que la ECA Colima, actualmente es la única que se abastece del río Tarros, y por consiguiente no tiene problemas de abastecimiento de agua ó de utilizar agua contaminada en su beneficiado, sin embargo en época de plena cosecha (septiembre a noviembre), provoca problemas a sus mismos habitantes, ya que por lanzar parte de la pulpa al río y todas las aguas mieles, los pobladores no pueden utilizar el río para lavar ropa ni bañarse, esto significa que de no tomar las medidas para evitar la contaminación, se presentarían los mismos problemas que ya se tienen en la ribera del río Savalich. Además, hay que agregar que el río Tarros desemboca en el río Cabúz, cuyas aguas son utilizadas por muchos poblados del municipio de San Pablo.

En síntesis y en forma general, para disminuir la contaminación provocada por todos los beneficios caracterizados es necesario que éstos realicen cambios substanciales en su infraestructura, maquinaria, y principalmente en el manejo de la pulpa. Dentro de los cambios mas significativos, está la instalación de circuitos de recirculación, lo que permitirá disminuir el consumo de agua en cada etapa del proceso de beneficiado; también el transporte en seco de la pulpa y manejo de ésta de acuerdo a lo reportado por Orellana (14). Con estos cambios se estaría logrando reducir considerablemente el consumo de agua, y con el manejo de la pulpa se reduce la contaminación a los ríos y al ambiente en general.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 Todos los beneficios caracterizados, corresponde a la categoría de "Beneficio Húmedo Tradicional," tomando como base su infraestructura, maquinaria, consumo de agua y manejo de los subproductos.
- 8.2 El 100% de los beneficios caracterizados no le proporcionan ningún tipo de tratamiento a las aguas mieles, mientras que el 40% del total de pulpa generada es utilizada como abono orgánico y el resto es lanzada hacia los ríos Savalich y Tarros.
- 8.3 La contaminación que cada beneficio genera, esta directamente relacionada con la cantidad de café procesado y al manejo que se le proporcione a la pulpa y aguas mieles.
- 8.4 Toda el agua que se utiliza en los procesos del beneficiado húmedo del café, recibe una carga contaminante superior al rango de 0.025 a 0.080 kg. DQO por metro cúbico, el cual es el permisible para mantener su potabilidad.
- 8.5 El 73% de los beneficios caracterizados, podrían utilizar la pulpa generada en el proceso y con ello disminuir la contaminación, especialmente a los ríos.

## 9. RECOMENDACION

Que las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que tengan estrecha relación con el cultivo del café y especialmente con el proceso de beneficiado húmedo, capaciten a los dueños de beneficios, sobre técnicas que tiendan a disminuir los niveles de contaminación, especialmente en el manejo de la pulpa, ya que ésta es la mayor contaminante cuando es vertida hacia los cuerpos de agua; así mismo reglamenten la construcción y funcionamiento de los beneficios y así lograr que no se incremente el número de éstos que contaminen el ambiente.

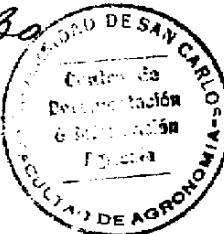


## 10. BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (Gua). Area cultivada y producción total en quintales oro de la república años 1973/74 a 1,993/94.  
  
Sin publicar.
2. \_\_\_\_\_. Producción de café en la república por departamentos, en quintales oro cosechas 1,996/1,997.  
  
Sin publicar.
3. \_\_\_\_\_. SUB-GERENCIA DE ASUNTOS AGRICOLAS. 1,991. Manual de caficultura. Guatemala. 168 p.
4. BRESANI, L. et al. 1,987. Alimentación de animales con pulpa de café. III Simposio Internacional Sobre la utilización de los subproductos del café. (3., 1,987, Guatemala). Memorias. Guatemala, Asociación Nacional del Café. p. 45-53
5. COMITÉ DE ACCION DE APOYO AL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL DE CENTRO AMERICA. 1,994. Proyecto energético del istmo centroamericano. s.l. 49 p.
6. CRUZ, J.R. DE LA. 1,982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. CUCHET, R. 1,995. Proyecto cadena del café; el financiamiento de la caficultura en Guatemala: proyecto NTP92/416E22. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 86 p.
8. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. 1,995. Guatemala ha exportado café por Q1,059 millones este año. Prensa Libre, Guatemala (Guatemala); Julio. 5:64
9. GUATEMALA. COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE; AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y LAGO DE AMATITLAN. s.f. Propuesta de modificación; reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas 1,996. Guatemala. 22 p.
10. GUATEMALA. MINISTERIO DE SALUD Y ASISTENCIA SOCIAL. JEFATURA AREA DE SALUD SAN MARCOS. DISTRITO DE SALUD NUMERO 7 MUNICIPIO DE SAN PABLO. 1,995. Instructivo general de programación del distrito de salud número 7 municipio de San Pablo, plan operativo anual 1,996. San Pablo, San Marcos, Guatemala. 8 p.
11. GUATEMALA. MINISTERIO DE ECONOMIA; ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ; COMISION DE LA UNION EUROPEA. 1,995. Proyecto cadena del café Guatemala; identificación del impacto ambiental del beneficiado del café en las cuencas de Mataquesuintla y lago de Atilán. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 61 p.

12. GUATEMALA, LEYES, DECRETOS, ETC. 1,988. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente; decreto 68-86. Guatemala, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 21 p.
13. MENCHU VASQUEZ, E. 1,995. Aplicación de la ingeniería química a la agroindustria del café. Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química. 57 p.
14. ORELLANA PALOMO, O. 1,994. Conversión de la pulpa del fruto del café en abono orgánico, por medio de diferentes procesos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 152 p.
15. SIMMONS, CH.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1,959. Mapa de clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Servicio Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Esc. 1:250,000. Color.
16. VASQUEZ MORERA, R.; RODRIGUEZ SALAZAR, A. 1,996. Efecto de la concentración del agua sobre la liberación de sólidos disueltos de la pulpa del café. Noticiero del Café (C.R.) 8(77):2-4.
17. WASSER, R. 1,993. Contaminación generada por los beneficios de café; alternativas técnicas e ideas para una estrategia de solución. Matagalpa, Nicaragua, Oficina Biogas y Saneamiento ambiental. 72 p.
18. \_\_\_\_\_ et al. 1,994. Memorias de la acción cuencas Mataquesuintla. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 53 p.

*Vo. Bo.*  
*P. Aguilar*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
Centro de  
Documentación  
& Información  
Física  
FACULTAD DE AGRONOMIA

**11. APENDICE.**

## ANEXO I.

**BOLETA DE CARACTERIZACION****A. GENERALIDADES**

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_

Propietario: \_\_\_\_\_

Altura snm (pies): \_\_\_\_\_

## 1. Tipo de beneficio.

a) Tradicional \_\_\_\_\_ b) Tecnificado \_\_\_\_\_ c) Otro \_\_\_\_\_

2. Años de funcionamiento del beneficio \_\_\_\_\_

3. Fecha de inicio de la cosecha: \_\_\_\_\_ Final \_\_\_\_\_

4. Promedio procesado por cosecha en quintales maduro: \_\_\_\_\_

## 5. Topografía en la que esta construido el beneficio (porcentaje de pendiente).

a) plana (0-5%) \_\_\_\_\_ b) ligeramente inclinada (5-15%) \_\_\_\_\_

c) inclinado (15-30%) \_\_\_\_\_ d) mayor de 30% \_\_\_\_\_

**B: DESPULPADO Y MANEJO DEL AGUA**

6. Que cantidad de agua estima usar en el despulpado \_\_\_\_\_

7. Que cantidad de agua estima usar en el lavado. \_\_\_\_\_

8.Cuál es el origen del agua usada en ambos procesos: a) río \_\_\_\_\_ b) pozo \_\_\_\_\_ c) otro \_\_\_\_\_

9. Como recibe el café maduro a) tanque sifón \_\_\_\_\_ b) pila de acopio en seco \_\_\_\_\_

10. Recupera el agua usada en el transporte del café maduro hacia los pulperos \_\_\_\_\_

del café despulpado hacia las pilas \_\_\_\_\_ del agua que transporta la pulpa \_\_\_\_\_

11. Se recircula el agua recuperada.

a) del despulpado \_\_\_\_\_ b) del lavado \_\_\_\_\_ c) de la pulpa \_\_\_\_\_

12. Cuanto tiempo se recircula el agua recuperada.

a) durante el día \_\_\_\_\_ b) por dos días \_\_\_\_\_ c) otro \_\_\_\_\_

13. En donde descarga las aguas del despulpado. \_\_\_\_\_

14. Distancia del beneficio, hacia los cuerpos de aguas mas cercanos \_\_\_\_\_

### C. LAVADO Y MANEJO DEL AGUA.

15. El lavado del café se realiza por medio del procedimiento siguiente:

a) remoción del grano en la pila \_\_\_\_\_ b) correteo \_\_\_\_\_ c) con bomba \_\_\_\_\_

16. Para realizar el primer arrastre del café al sistema de lavado, el agua es de calidad:

a) limpia \_\_\_\_\_ b) recirculada del lavado ó despulpe \_\_\_\_\_

17. Cuantas veces le adiciona agua al correteo, para el lavado de una partida. \_\_\_\_\_

18. Recupera el agua que transporte el café lavado hacia los patios. \_\_\_\_\_

19. En donde descarga las aguas del lavado. \_\_\_\_\_

### D. MANEJO DE LA PULPA

20. Transporta la pulpa en seco, hacia el depósito u otro. a) sí \_\_\_\_\_ b) no \_\_\_\_\_

21. Separa la pulpa a) inmediatamente del despulpado \_\_\_\_\_ b) a 20 -50 metros del depulpador \_\_\_\_\_

c) a más de 50 metros del despulpador \_\_\_\_\_

22. El lugar donde deposita la pulpa es:

a) con acceso: \_\_\_\_\_ b) topografía: \_\_\_\_\_ c) distancia del depósito, hacia los  
cuerpos de agua \_\_\_\_\_

23. Los lixiviados de la pulpa son: a) canalizados \_\_\_\_\_ b) sin canalizar \_\_\_\_\_

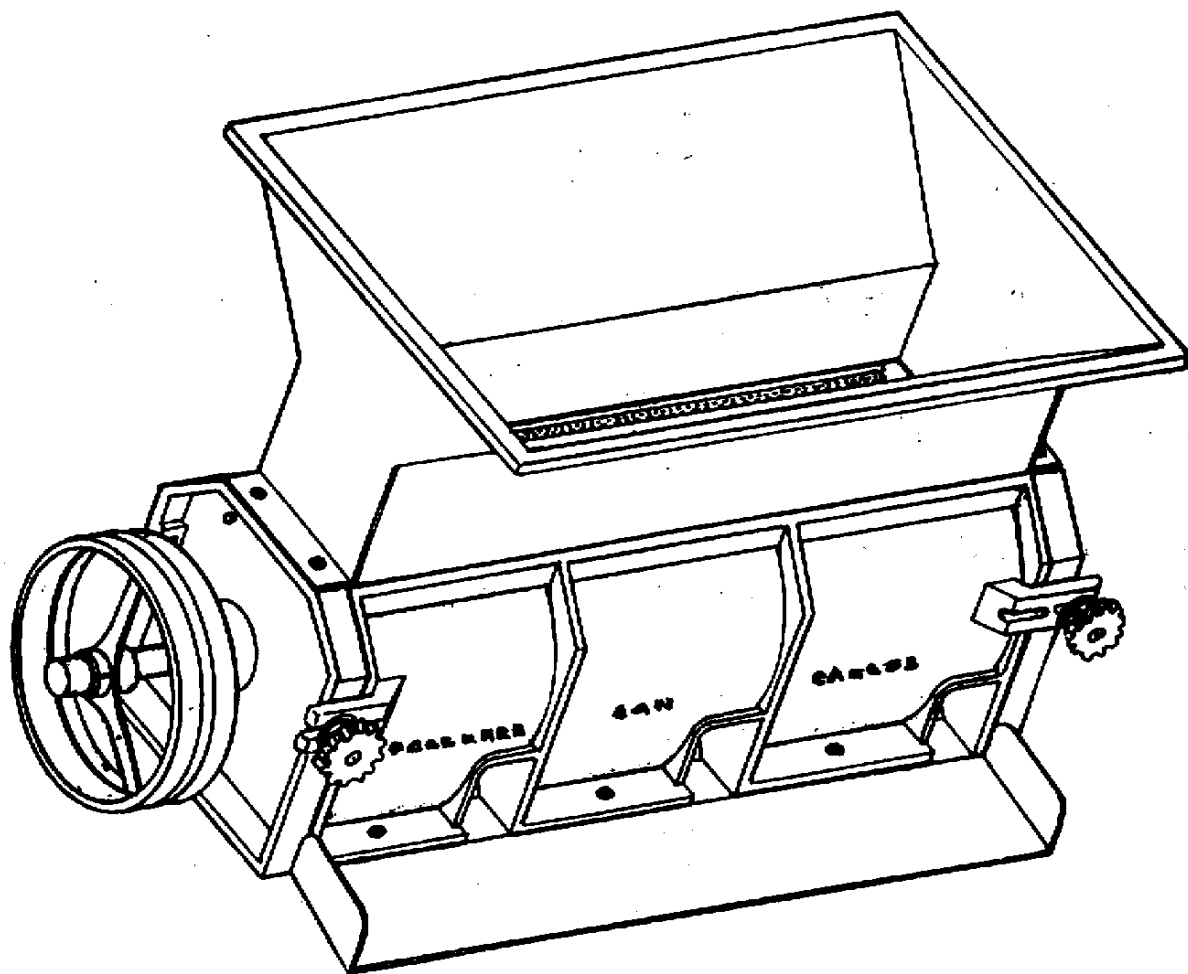
c) drenados a cuerpos de agua \_\_\_\_\_

24. Le realiza control de insectos a la pulpa \_\_\_\_\_
25. Maneja la pulpa para uso posterior. a) no \_\_\_\_\_ b) sí \_\_\_\_\_ especifique \_\_\_\_\_
26. Que uso le da a la pulpa. a) abono \_\_\_\_\_ b) combustible \_\_\_\_\_ c) forraje \_\_\_\_\_ d) otro \_\_\_\_\_

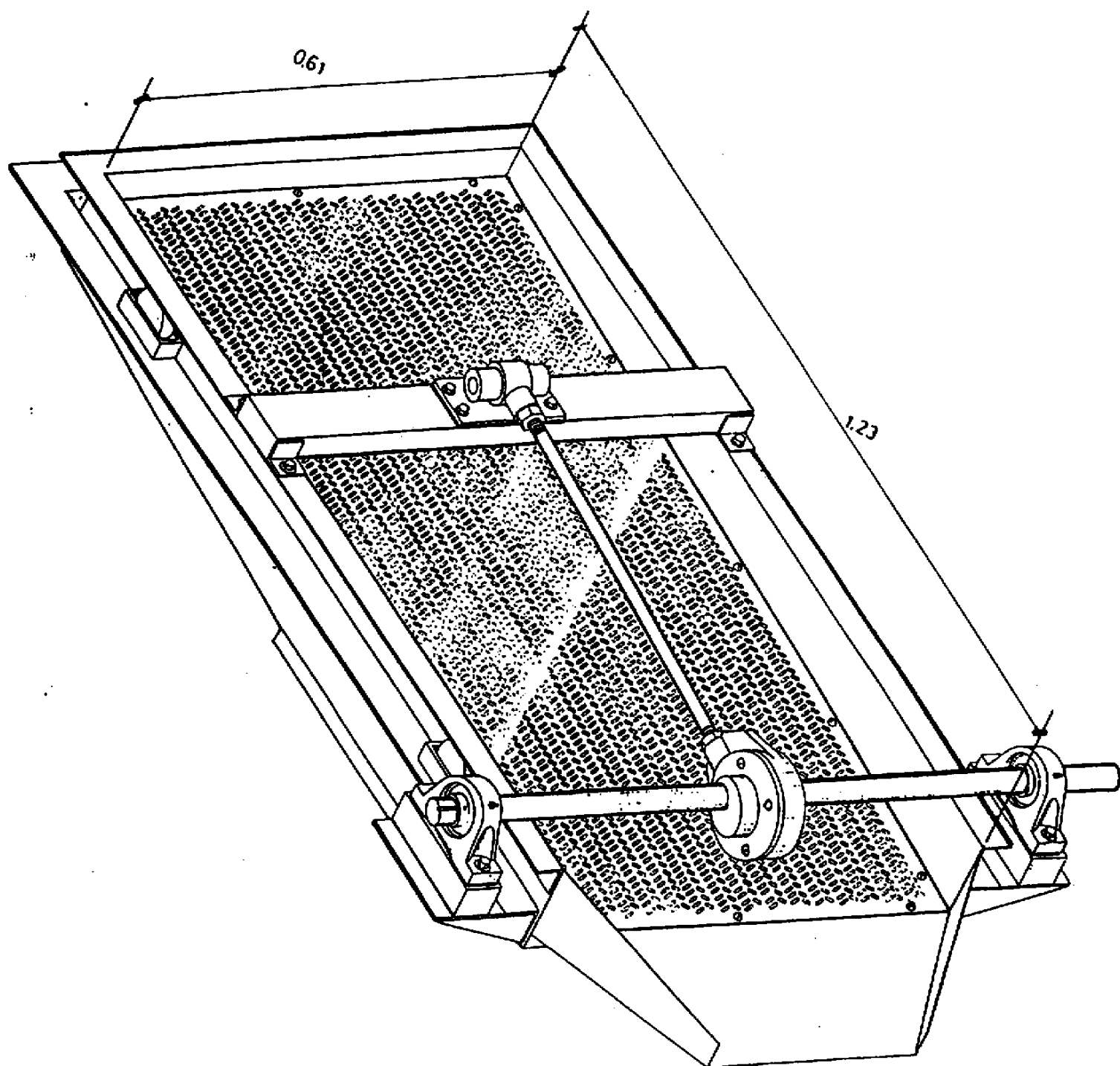
E. OTROS.

27. Conoce usted sobre la contaminación provocada por el beneficiado húmedo del café a) no \_\_\_\_\_  
b) sí \_\_\_\_\_ explique \_\_\_\_\_
28. Ha tenido problemas por denuncias de contaminación, provocado por el beneficiado del café: \_\_\_\_\_  
a) de quién o quienes \_\_\_\_\_  
b) cual es el contaminante señalado. \_\_\_\_\_
29. En caso de que las exigencias ambientales obliguen a invertir en remodelaciones del beneficio, para disminuir la contaminación, estaría usted dispuesto a cooperar.

Comentario. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

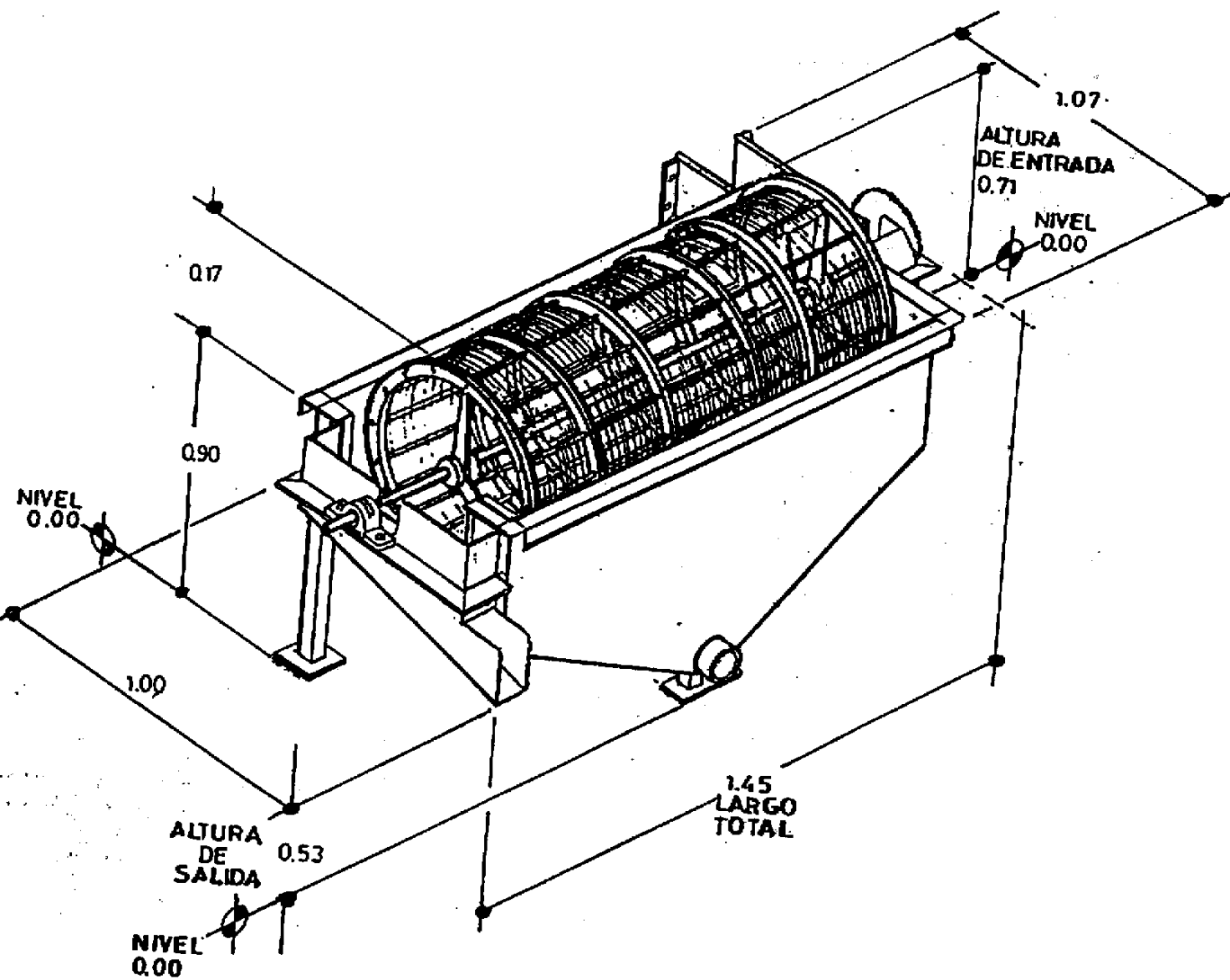


**Figura 5 "A". Despulpador moderno, tipo San Carlos.  
Industrias San Carlos, Antigua Guatemala 1,997.**

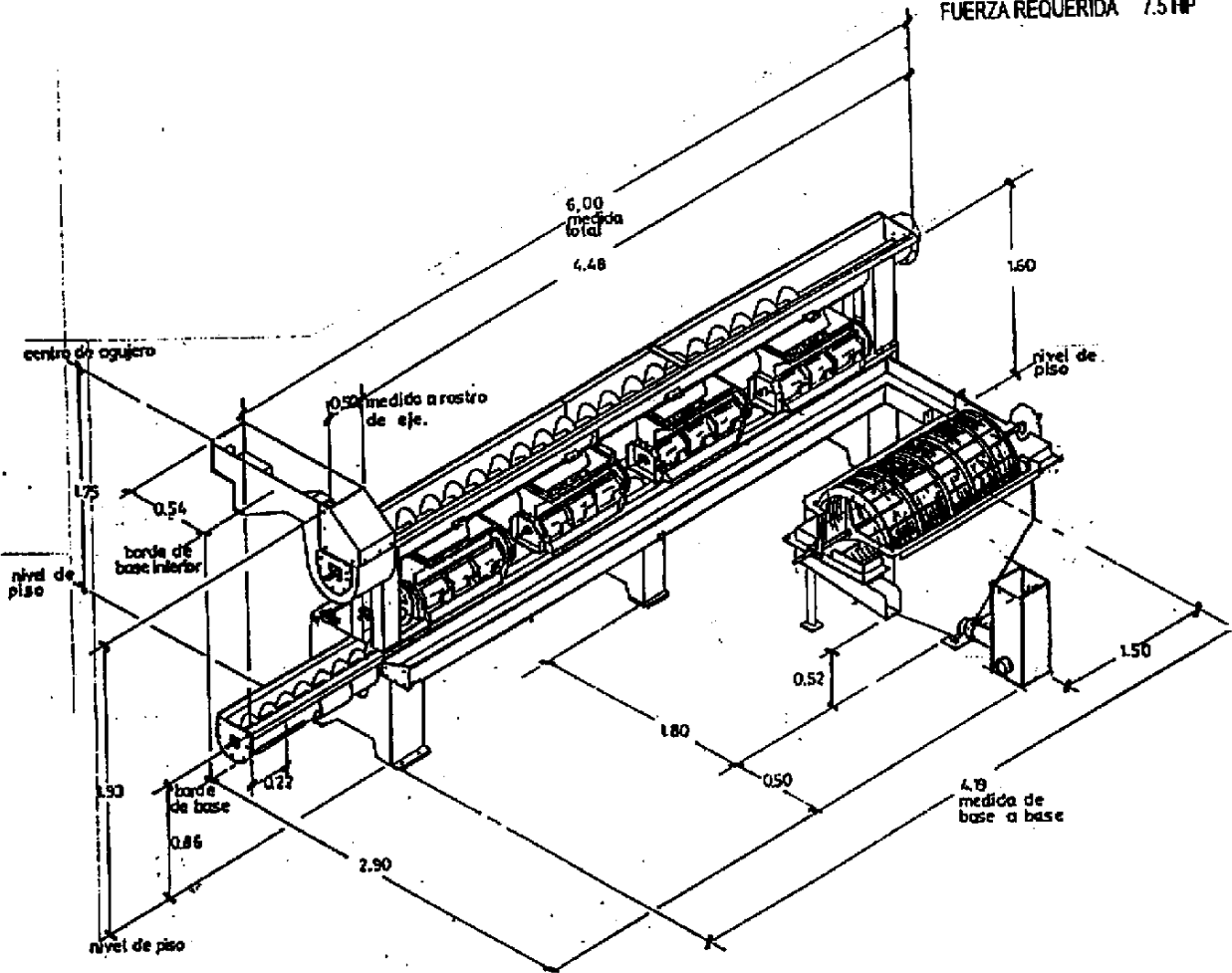
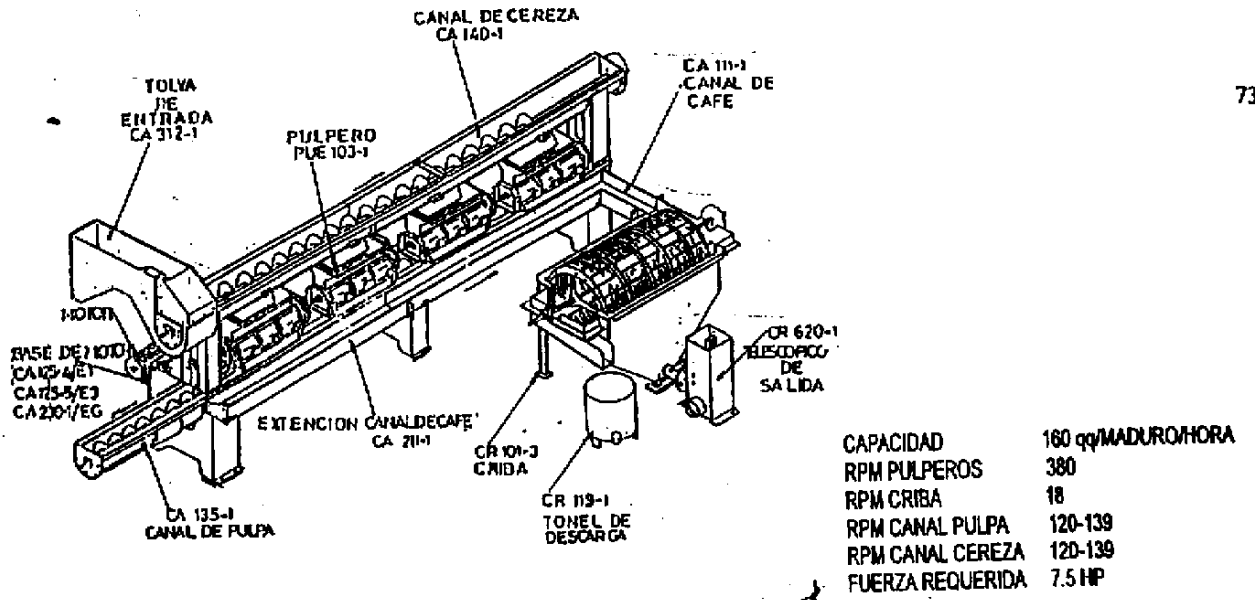


**Figura 6 "A". Clasificadora de café, tipo zaranda.  
Industrias Rea, Guatemala 1,997.**





**Figura 7 "A". Clasificadora de café, tipo criba.  
Industrias San Carlos, Antigua Guatemala 1,997.**



**Figura 8"A". Beneficio moderno, tipo modular ecológico.  
Industrias San Carlos, Antigua Guatemala 1,997.**

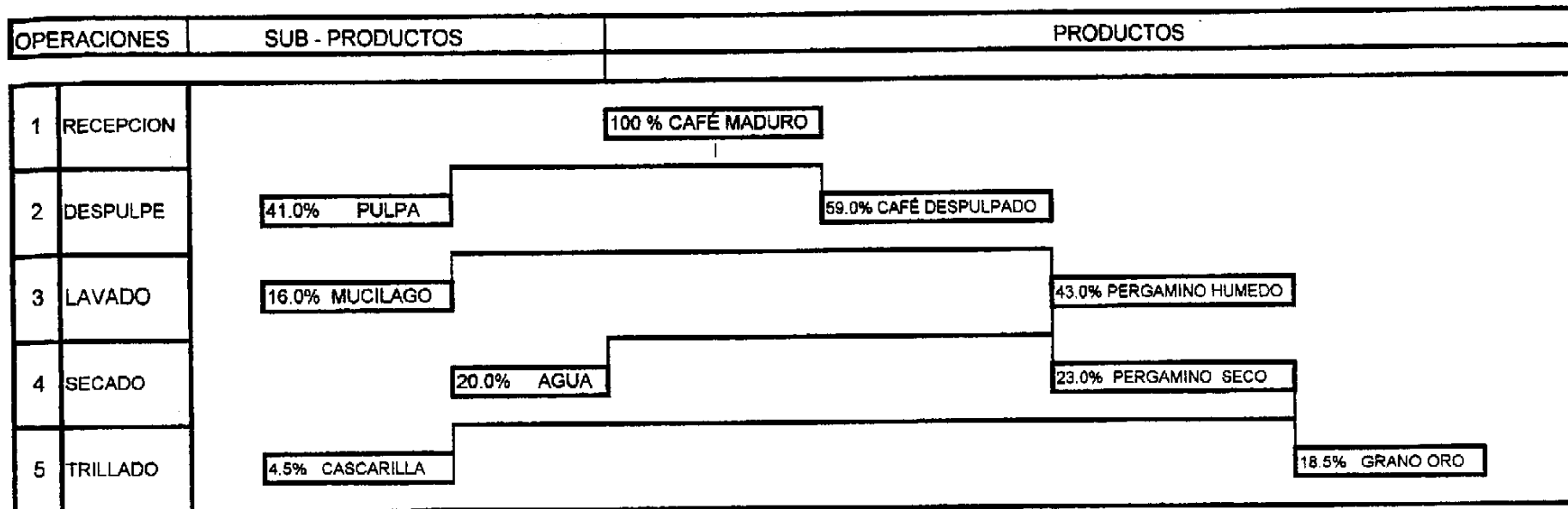


Figura 9 "A" Balance de materia orgánica / Composición del fruto del café  
 Cantidades en cifras relativas.  
 Contaminación generada por beneficios de café. Wasser. R. (17)



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

Ref. Sem 020-98

LA TESIS TITULADA: "CARACTERIZACION DE LOS BENEFICIOS HUMEDOS DE CAFE  
Y ESTIMACION DE SUS CARGAS CONTAMINANTES SOBRE LOS  
RIOS SAVALICH Y TARROS DEL MUNICIPIO DE SAN PABLO,  
SAN MARCOS".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FELIX HAROLDO GALINDO YLESCAS

CARNET No: 87-13098

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eugenio Oliverio Orozco y Orozco  
Lic. Jorge Alfredo Solís González

El Asesor 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 Universi-  
dad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. Agr. Pedro Armira Atz  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Fernando Rodríguez  
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Rolando Lara Alejo  
D E C A N O

cc:Control Académico  
Archivo  
FR/prr.  
APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.  
TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770