

Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café

Ever O. Chacón Cáliz

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Diciembre, 2001

Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

presentado por

Ever Onán Chacón Cáliz

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2001

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Ever O. Chacón Cáliz

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café.

Presentado por:

Ever O. Chacón Cáliz

Aprobada:

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Asesor Principal

Alfredo Rueda, Ph.D.
Coordinador Área Temática
Fitotecnia

John Reilly, M.P.S.
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador CCPA

Pablo Paz, Ph.D.
Coordinador PIA

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Keith Andrews, Ph.D.
Director General

DEDICATORIA

A Dios que me dio la oportunidad de estudiar en Zamorano.

A mi Madre Sonia Cálix.

A mis hermanos René, Leslie, Lourdes, Isis y Any.

A mis mejores amigos Carlos, Gustavo, Javier y Ricardo.

A la iglesia Amor Viviente por su apoyo espiritual.

A todos los que creyeron en mi y me apoyaron a seguir adelante en mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por las fuerzas que me dio para seguir luchando y su amor incondicional, al cual le debo todo lo que soy .

A mi Madre Sonia, mis hermanos René, Leslie, Any, Isis y mi cuñado Wilson por su apoyo y familiares por esforzarse en ayudarme de una u otra forma en mis estudios.

A la iglesia Amor Viviente por su apoyo incondicional y cobertura espiritual que me brindaron.

Al Pastor Walter Fraño y su esposa por sus consejos y por estar siempre pendiente de mi.

Al Dr. Alfredo Rueda por su guía en la elaboración de mi tesis.

Al Ing. Luis Escoto por su apoyo en la elaboración de mi tesis.

Al Ing. John Reilly por su apoyo y colaboración en la tesis.

Al Ing. Martín Rodríguez por su colaboración en la tesis y su excelente amistad.

Al proyecto Zamorano/USAID por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios, al Dr. Jorge Christiansen por su apoyo y consejo en el programa de café.

A doña María Calona por toda la colaboración brindada.

A mis compañeros Oscar Ramos, Maria Omonte, Mauricio Nuñez, Julio Mora, Ramón Reyes, Roberto Andrango, Mónica Parreño. Muchas gracias por su amistad.

A todos los compañeros del proyecto AID por los buenos momentos que pasamos en clases y trabajo.

En especial a mis buenos amigos de la iglesia Amor Viviente Carlos, Tavo, Luque, Ricardo, Ily, Johanna, Jady, Marlin, Denis, y Carlos Estrada por su valiosa amistad y apoyo espiritual.

A los productores del proyecto Zamorano/USAID, Daniel Vallesillo, Joaquin Núñez, Doña Juana López, Armando Cruz y Ramiro Ucles.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Agradezco a la Fundación W.K. Kellogg, por financiar mis estudios de Agrónomo.

Al proyecto Zamorano/USAID, por financiar parte de mis estudios para obtener la Ingeniería.

A mi madre y hermanos René y Leslie por ayudarme económicamente para continuar mis estudios.

A Educ Crédito por financiar parte de mis estudios de Ingeniería

RESUMEN

Chacón Cálix, Ever O. 2001. Evaluación del sistema tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 32 p.

El sistema de beneficio húmedo de café tradicional usado en Honduras genera problemas de contaminación por la gran cantidad de agua utilizada, al mismo tiempo, puede bajar la calidad del café al manejar mal el proceso de fermentación. Este estudio evaluó el beneficio tradicional con una nueva tecnología de beneficio ecológico desarrollada en Colombia. Esta evaluación se desarrolló en dos comunidades del departamento de El Paraíso durante la cosecha 2000-2001. En cada comunidad se evaluó simultáneamente en tres ocasiones en el beneficio tradicional del productor y una Unidad Compacta de Beneficio Ecológico (UCBE-500) marca Penagos, usando el café de dichas fincas. Para la evaluación se obtuvieron variables de proceso de beneficiado y costos. La UCBE-500 utilizó 0.85 litros de agua por libra de café pergamino seco que fue 19 veces menor que el beneficio tradicional. La capacidad de despulpado fue similar entre los dos sistemas, con la diferencia que el tradicional sólo puede trabajar máximo 8 horas por día debido a la capacidad de los tanques de fermentación. El porcentaje de daño en el grano fue de 5.5 y 2.5 en el beneficio tradicional y el ecológico, respectivamente, lo que influyó en la calidad del café. El café del beneficio tradicional fue calificado como resaca exportable mientras que el ecológico fue normal exportable. En el análisis de costos el beneficio tradicional resultó cinco veces más caro que la UCBE, debido al costo de la infraestructura, equipo y operación. El análisis financiero de la instalación de un beneficio para prestar servicio de despulpado y lavado, para el beneficio tradicional resultó una TIR de -7.8 y de 43% a 0.45 y 1.11 dólares por quintal beneficiado respectivamente. En la UCBE la TIR fue de 43% y 155.4%, siendo factible a los dos precios de cobro por quintal beneficiado.

Palabras claves: Contaminación, fermentación, inversión, tecnología, despulpado.

Nota de prensa

BENEFICIADO ECOLÓGICO DE CAFÉ: UNA ALTERNATIVA RENTABLE Y AMIGABLE AL AMBIENTE

La transformación del fruto que se hace con beneficios tradicionales, desechan todos los residuos (pulpa, aguas mieles, aguas de lavado, cascarilla) hacia el entorno produciendo así contaminación y deterioro de las fuentes de agua, malos olores al ambiente y hasta condiciones favorables para el desarrollo de plagas vectoras de enfermedades (moscas, mosquitos).

Con el fin de ayudar a los productores de café que adopten prácticas de beneficiado de café amigables al ambiente se está introduciendo en Honduras la nueva tecnología: Unidad Compacta de Beneficio Ecológico (UCBE), fabricada por la Empresa Colombiana Penagos y Cenicafe; que a través de capacitación y demostraciones a nivel nacional motivan a los productores al uso de tecnologías amigables al ambiente que reducen la contaminación en un 92 %.

La UCBE tiene como ventajas la mínima cantidad de agua utilizada, ahorro en costo de beneficio, no contaminación de aguas, mantenimiento de peso por no fermentación, incremento de calidad en café pergamino, incremento en capacidad de despulpado y reducción de grano dañado.

Se impartieron cursos de beneficiado ecológico de café en la zona cafetalera de el departamento de El Paraíso, a través de el Proyecto Zamorano/USAID con el programa de café y con el apoyo de la Empresa Penagos. Estos cursos se realizaron en la época de cosecha 2000-2001, enfatizando en la no contaminación de las fuentes de agua por el proceso de beneficiado.

Licda. Sobeyda Alvarez

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Nota de prensa	viii
Índice general	ix
Índice de cuadros	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	
1.2 ALCANCES Y LÍMITES DEL ESTUDIO.....	3
1.2.1 Alcances.....	3
1.2.2 Límites.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 BENEFICIADO DEL CAFÉ.....	5
2.1.1 Técnicas empleadas en el beneficiado.....	6
2.1.2 Beneficiado "vía húmeda"	7
2.1.2.1 Recibo de café	7
2.1.2.2 Despulpado	7
2.1.2.3 Desmucilaginado	7
2.1.2.4 Lavado y clasificación	7
2.2 BENEFICIADO ECOLÓGICO.....	8
2.2.1 Despulpado.....	9
2.2.2 Eliminación del mucílago.....	9
2.2.3 Fermentación natural.....	9
2.3 DESMUCILAGINADO MECÁNICO.....	11
2.3.1 Calidad física del café desmucilaginado.....	13
2.3.2 Calidad organoléptica del café desmucilaginado.....	13
2.4 GASTOS DE AGUA EN EL LAVADO DE CAFÉ.....	13
2.5 CONTAMINACIÓN DEL BENEFICIADO TRADICIONAL.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16

3.1	DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	16
3.2	TOMA DE DATOS.....	16
3.2.1	Gasto de agua.....	16
3.2.2	Tiempo de despulpado.....	17
3.2.3	Grano dañado.....	17
3.2.4	Calidad de café.....	17
3.2.5	Costos.....	18
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	GASTO DE AGUA.....	19
4.2	CAPACIDAD DE DEPULPADO.....	20
4.3	GRANO DAÑADO.....	20
4.4	COSTOS.....	21
4.4.1	Construcción.....	21
4.4.2	Manejo de agua.....	21
4.4.3	Equipo de despulpado y lavado.....	21
4.4.4	Costo de operación	22
4.4.5	Costo total (equipo + instalación + operación)	22
4.5	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INSTALACIÓN DE UN BENEFICIO PARA PRESTAR SERVICIO DE DESPULPADO Y LAVADO.....	24
4.5.1	Capacidad del beneficio	24
4.5.2	Determinación de ingresos	24
4.5.3	Determinación de inversiones.....	25
4.5.4	Determinación de costos de operación	25
4.5.5	Financiamiento	25
4.6	CALIDAD DE CAFÉ	27
5.	CONCLUSIONES.....	28
6.	RECOMENDACIONES.....	29
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	30
8.	ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Defectos en taza de acuerdo al tiempo de fermentación10
2. Comparación de sistemas de beneficio húmedo de café en cuanto al proceso y otros parámetros.....14
3. Resultado del muestreo de aguas mieles de 7 beneficios húmedos tradicionales de Chiapas México15
4. Normas de calidad de CENICAFE partiendo de café uva maduro17
5. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable gasto de agua (l/lb CPS), en las dos localidades19
6. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable capacidad de despulpado (qq/ h), en las dos localidades.....20
7. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable % de grano dañado, en las dos localidades.....21
8. Análisis comparativo de costos de construcción, instalación y operación Beneficio Tradicional vs UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico) Diseño de beneficio estándar para finca productora de 1,000 quintales Oro por año (en dólares).....23
9. Capacidad de los dos sistemas de beneficio (tradicional y ecológico) por temporada de cosecha (4 meses)24
10. Resumen de ingresos totales para los dos sistemas de beneficiado a dos diferentes precios de cobro por servicio de despulpado y lavado (0.45 y 1.11 dólares por quintal.....24
11. Resumen de costos de operación de costos de operación del sistema de beneficio tradicional (T) y ecológico (E), en dólares por año25
12. Resumen del análisis financiero de la instalación de un beneficio para prestar el servicio de beneficiado a 1.11 y 0.45 US\$/qq, beneficiado en ambos sistemas (tradicional y ecológico) a 5 años.....26
13. Calidad de bebida del café obtenido con el sistema de beneficiado tradicional y con la UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico).....27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Subproductos del fruto de café..... 5
2. Distribución de costos en los dos sistemas de beneficiado (UCBE- 500 y tradicional)22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Componentes minerales de la pulpa y aguas mieles y consumo de agua asociado con cada fase del beneficiado del café.....	31
2. Parámetros de análisis obligatorio y valores límites permitidos para el vertido de aguas residuales de café	32
3. Plan de inversión y fuentes de financiamiento (UCBE).....	33
4. Plan de inversión y fuentes de financiamiento (tradicional).....	34
5. Estructura ocupacional (UCBE)	35
6. Estructura ocupacional (tradicional).....	36
7. Beneficio tradicional.....	37
8. Beneficio ecológico UCBE 500 de la empresa colombiana Penagos.....	38

1. INTRODUCCIÓN

En Honduras los sistemas actuales de producción de café poseen procesos de beneficiado húmedo tradicional. Este tipo de beneficiado genera grandes cantidades de desechos sólidos (pulpa, cascabillo) y líquidos (mucílago, aguas mieles, aguas de lavado), que son desechados al ambiente. Lo que ocasiona una gran contaminación de las aguas de las quebradas y otras fuentes que se encuentran cerca del beneficio (IHCAFE, 1997).

Actualmente ha habido cierre de beneficios por la contaminación que estos generaban, ya que no hacían un uso adecuado de los subproductos, contaminando así las fuentes de agua. Las operaciones del beneficiado húmedo han generado enormes volúmenes de aguas residuales, que arrastraban las mieles y otros desechos del fruto de café, hacia los cursos naturales de las aguas, sin tratamiento alguno (Gaitán, 1998).

Este problema es conocido a escala mundial, por lo que en otros países productores ya existen leyes que regulan este tipo de contaminación, por lo que están exigiendo a los productores utilizar sistemas de tratamiento de estas fuentes de contaminación en el proceso de beneficiado.

El perjuicio para los ríos era la destrucción de su flora y fauna, y perder su potencial para otros usos. Para la población cercana, los riesgos sobre la salud por plagas insectiles, malos olores y deterioro del ambiente. Las autoridades encargadas de la parte ambiental en el manejo de beneficiado (IHCAFE) en Honduras y otros países productores, exigen una evaluación del beneficio para ver si están llevando a cabo un manejo ecológico, o si están protegiendo el medio ambiente, para posteriormente entregarles un permiso ambiental para poder hacer uso del mismo (Alvarado y Rojas, 1998).

Otro problema que puede ocasionar el beneficiado tradicional sino se hace adecuadamente es el café con sabor a fermento, manchado, avinagrado, stinker (café con 60 o más horas de fermentación) y pérdida de peso (1.5 % por cada periodo de 24 horas), provocada por una fermentación prolongada, lo cual ocasiona importantes pérdidas económicas, ya que estos materiales son rechazados por los compradores en el exterior por mala calidad en tasa principalmente (Lema, 1998).

Por otra parte existen los elevados costos de instalación y operación de beneficios tradicionales, ya que requieren despulpadoras, canales de correteo, pilas de fermento, el personal a utilizar es mayor al momento de operar el sistema por la que la mano de obra es un factor importante en este tipo de sistema tradicional.

Actualmente las instituciones encargadas de la producción del café en Honduras, han introducido tecnologías para la reducción de la contaminación como ser: lagunas de

oxidación, beneficios ecológicos con grandes estructuras de instalación (tolvas, despulpadoras, pilas de fermento, canales de correteo, canales para lavado, lagunas de oxidación para las aguas mieles y aguas del lavado, depósitos para la pulpa), la mayoría de estas tecnologías requieren un alto costo de inversión.

Actualmente se está introduciendo una nueva tecnología en Honduras, la Unidad Compacta de Beneficio Ecológico (UCBE), esta nueva tecnología desarrollada por la empresa Colombiana Penagos y Cenicafe esta siendo aceptada por los productores de Honduras, aunque siempre hay algunos que no les gusta adoptar nuevas tecnologías por la falta de motivación de las instituciones encargadas de la producción de café en Honduras. Actualmente se tienen cerca de 60 máquinas UCBE de diferentes tamaños entre cooperativas y productores distribuidas en el país.

Esta nueva tecnología basada en el menor requerimiento de agua, reducción de la contaminación hasta un 92 %, ahorro en costo de beneficio y fácil mantenimiento, incremento en calidad de café pergamino, reducción de mano de obra, manejo adecuado de los subproductos, puede ser una alternativa de solución al problema, ya que no produce aguas residuales, por la mínima cantidad de agua utilizada en todo el proceso de beneficiado y la utilización de los subproductos sólidos (pulpa, cascabillo), para elaboración de abono orgánico.

Otra ventaja es el ahorro en el costo de construcciones, ya que todos los componentes de este beneficio (despulpadora cónica vertical, desmucilagador vertical ascendente (DELVA), tornillo sin fin, motor), han sido colocados en una estructura metálica modular y dispuestos en forma armónica, con diseños que permiten procesar volúmenes de café determinados en forma continua. En el cuadro 2 se muestran las diferencias en proceso de los dos tipos de beneficios.

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La importancia potencial de este estudio se verá reflejada a nivel nacional en un cambio de tecnología, haciendo conciencia al productor de la contaminación provocada por el beneficiado tradicional que utilizan la mayoría de productores en Honduras, logrando así cambiar la mentalidad del productor hacia una caficultura ecológica.

Con esta nueva tecnología, se reduciría considerablemente la contaminación provocada por las aguas mieles que salen del despulpado, la pulpa y las aguas de lavado y correteo del café, depositadas en las quebradas u otras fuentes de agua, ya que la mayoría de los beneficios se encuentran cerca de las mismas y también reducir las pérdidas económicas provocadas por la sobre fermentación del café en el sistema tradicional; resultando un café con sabor y olor a fermento, avinagrado, manchado y con bajo peso.

Lo que falta es una evaluación comparativa de los dos sistemas de beneficiado tradicional y ecológico (UCBE), en cuanto a los aspectos mencionados anteriormente referentes a la contaminación ambiental, costos, eficiencia, calidad; llevada a cabo por

una institución como Zamorano, ya que actualmente no existen estudios específicos que hayan medido las diferencias entre los dos sistemas de beneficiado usando como beneficio ecológico la UCBE.

Con esta información se podrá llevar resultados concretos y visibles a los productores, sobre los beneficios de esta nueva tecnología, y que estos puedan adoptarla en sus fincas y así reducir el daño al medio ambiente provocada por esta contaminación y las pérdidas económicas ocasionadas por el mal uso del beneficiado tradicional en cuanto al tiempo de fermento, lo que conlleva a cafés de mala calidad que no son aceptados en el mercado internacional siendo castigados, rebajándoles el precio por quintal, en Honduras el castigo es de US \$ 12/qq y ha llegado hasta US \$ 23/qq.

Esta evaluación servirá a Zamorano como institución líder en transferencia de tecnología de punta, a difundir esta tecnología a través de otras instituciones relacionadas al cultivo de café como ser IHCAFE, AHROCAFE, ANACAFE, cooperativas (COMICAOL) y a otras instituciones o proyectos que se preocupan del medio ambiente como PRODERCO que trabajan con productores en la mayoría pequeños que utilizan el beneficiado tradicional.

Al final esta evaluación servirá a los productores que lleguen a conocer esta nueva tecnología de beneficiado ecológico, logrando que estos la pongan en práctica en sus fincas o a través de grupos de productores que puedan adquirir la tecnología, contribuyendo a reducir el impacto ambiental ocasionado por la contaminación del beneficiado tradicional.

Además de lo anterior dicho, este estudio puede ayudar a instituciones como el IHCAFE a cambiar su tecnología de beneficiado, ya que ellos utilizan infraestructuras de alto costo inalcanzables para los pequeños productores, y ya que ellos son la institución encargada de la caficultura en Honduras, puedan ayudar a desarrollar tecnologías que reduzcan el impacto ambiental al menos costo posible, lo que se logra con la unidad compacta de beneficio ecológico (UCBE).

1.2 ALCANCES Y LÍMITES DEL ESTUDIO

1.2.1 Alcances

- a. Este estudio servirá a las instituciones encargadas del café en Honduras como IHCAFE, APROCAFE, ANACAFE, Cooperativas como COMICAOL, OROCAFE, y otras que se encuentran distribuidas por todo Honduras, produciendo información para la recomendación de sistemas de beneficiado que resulten rentables tanto económicamente como ecológicamente en el proceso de transformación del grano.
- b. Esta nueva tecnología ya está siendo difundida por todo el país, ya que ha tenido gran aceptación por parte de los productores, debido a que las actuales leyes que regulan la contaminación están exigiendo permisos para el uso de sus beneficios y tienen que

- cumplir con los requisitos que exigen estas instituciones como ser manejo de las aguas mieles, pulpa, aguas de lavado, 0% contaminación de las fuentes de agua y su protección a través de un manejo sostenible. Esta tecnología es para ellos una alternativa excelente para contrarrestar la contaminación y así poder hacer uso de sus beneficios.
- c. El beneficiado de café por medio de un sistema ecológico puede estimular a que en futuro se obtenga un mejor precio en el producto ya procesado, por el hecho de tener mejor calidad y conservar el ambiente.
 - d. Motivar a los productores o beneficiadores a que transformen sus beneficios tradicionales a ecológicos (UCBE), y así, mitigar el impacto negativo al ambiente.

1.2.2 Límites

- a. La poca la información sobre investigaciones comparativas entre los dos sistemas de beneficio.
- b. La falta de motivación de algunos productores de café en adoptar tecnologías amigables al ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Evaluar comparativamente el sistema tradicional de beneficiado utilizado en Honduras con el sistema ecológico UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico, determinando las diferencias en cuanto a gasto de agua, tiempo de despulpado, % de grano dañado, calidad de café y costos de instalación.

1.3.2 Específicos

1. Comparar los dos sistemas para determinar cual de los dos es más eficiente operacionalmente (gasto de agua, tiempo de despulpado, granos dañados, mano de obra).
2. Medir la eficiencia de los dos sistemas en cuanto a cantidad de café despulpado, calidad de café en tasa (características organolépticas).
3. Calcular el costo de construcción, instalación y de operación de los dos tipos de beneficiado húmedo (tradicional y UCBE), para hacer un estudio financiero de la instalación de un beneficio para brindar el servicio de beneficiado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 BENEFICIADO DEL CAFÉ

Según Alvarado y Rojas (1998), la etapa que sigue a la cosecha del grano es el beneficiado. En esta, inicialmente el productor lleva el fruto de la finca al centro de acopio, conocido como recibidor, de ahí es trasladado al beneficio.

El beneficio de café se podría definir como el proceso mediante el cual se transforma el fruto (café en fruta) en producto comercial (café oro). Este proceso, igual al que se utiliza en la recolección, en las prácticas agronómicas, puede incidir en la calidad del grano, manteniéndolo intacto o deteriorándolo si se emplean métodos inapropiados.

El procesamiento de los frutos maduros de los cafetos para producir el “café verde” o “café oro” es una importante industria rural en varios países tropicales. No obstante, el uso de agua para el proceso es esencial si se han de obtener granos de café de alta calidad; en último término esto crea un riesgo de contaminar los ríos y el agua subterránea en la medida en que se generan aguas residuales ricas en sólidos orgánicos, muy turbias y muy ácidas (ANACAFE, 1988).

En la figura 1, se observan los componentes del fruto de café de los cuales provienen las fuentes de contaminación.

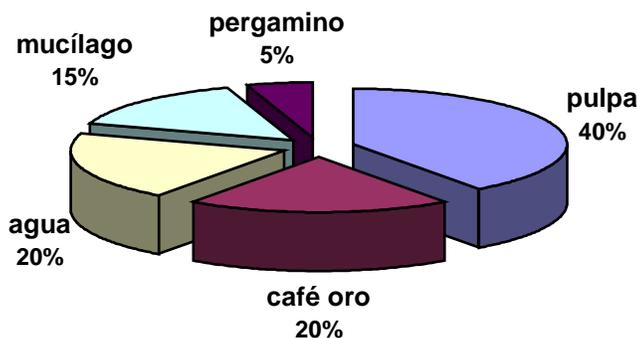


Figura 1. Subproductos del fruto de café
(Fuente: Gaitán, 1998)

2.1.1 Técnicas empleadas en el beneficiado

Según El Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia (1991), en la actualidad existen dos técnicas básicas para beneficiar café con características distintas: las llamadas “vía húmeda” y la “vía seca”, que dan origen a los cafés “lavados” (suaves o finos) y “naturales” (fuertes o brasileños), respectivamente. El beneficiado por “vía seca” es el más se emplea en Brasil; mientras que el llamado “vía húmeda” es utilizado en los restantes países de América y en Brasil, aunque en una proporción menor.

Las diferencias entre estas técnicas de beneficiado se manifiestan desde el método de recolección hasta el beneficiado; consecuentemente, mostrarán disparidad en el café oro y en la bebida obtenida.

En la recolección mediante el proceso “vía seca”, el café se deja en la planta hasta obtener sobremaduración y secamiento parcial para hacer la recolección en una sola pasada, para lo cual se utilizan cosechadoras mecánicas que recolectan un 75 % de la cosecha. Luego, de la recolección del grano verde que ha quedado en la planta y, del maduro y seco que ha caído al suelo, se termina con labor humana.

En los países que procesan el café por “vía húmeda”, entre los que se incluye Costa Rica y Honduras, la recolección es selectiva; es decir, en este país se cosechan sólo los frutos maduros, por lo que es necesario hacer varias pasadas. El café verde se escoge o se separa manual o mecánicamente y es comercializado como tal. Las pequeñas cantidades de café recogido del suelo, o “juntas o pepena” también se procesan separadamente.

Los expertos en la prueba de taza o catación coinciden en que la maduración natural es la que produce la mejor calidad en bebida. En cambio, los cafés verdes o faltos de maduración, beneficiados por la “vía seca” dan una taza con sabores indeseables y sin acidez.

El proceso de beneficiado propiamente dicho difiere sustancialmente; el fruto por la “vía seca” se seca con todas las cubiertas y tejidos que cubren el grano (endospermo); es decir, la pulpa (exocarpio), el mucílago (mesocarpio) y el pergamino (endocarpio). El proceso es muy simple y la inversión inicial requerida en maquinaria es menor, lógicamente. Sin embargo el volumen de café por manejar y la cantidad de agua por evaporar son mucho mayores, lo cual encarece y retarda este tipo de beneficiado.

El beneficiado por “vía húmeda” se sigue cuidadoso proceso que se inicia en el tanque de recibo del grano, con agua. Luego, de manera continua, se despulpa y se clasifica. Posteriormente se elimina el mucílago y se lava.

Finalmente, se efectúa un presecamiento, seguido del secamiento hasta un nivel de 10 al 12 % de humedad del grano, lo que permite almacenarlo en pergamino durante períodos más o menos prolongados.

Otro aspecto favorable del procesamiento húmedo es que permite obtener en forma separada, los subproductos del café. De esta manera, la pulpa puede utilizarse como biabono y alimento para ganado, en forma deshidratada. Del mucílago pueden derivarse pectinas, cafeína, y otros. Por otra parte, el pergamino puede utilizarse como combustible para secamiento de café.

2.1.2 Beneficiado “vía húmeda”

En presencia del agua en este tipo de beneficiado se pretende obtener, a partir del fruto, un grano libre de pulpa, y con el mucílago debidamente lavado.

A continuación se describen sus principales etapas.

2.1.2.1 Recibo de café: La fruta se mide por su volumen y después se vacía en un tanque con agua, en forma de pirámide invertida, denominado sifón; este permite almacenar, inicialmente, el fruto, reducir la fermentación y hacer una primera selección; los frutos menos densos y enfermos flotan y se procesan como tercera calidad, mientras que los desarrollados se hunden y producen la primera y segunda.

En la actualidad se ha ido popularizando el tipo de tanque cuadrangular para recibir café en seco, pues su capacidad es mucho mayor.

El café en fruta abandona el sifón por medio de un tubo, luego pasa por un despredador, que impide, en el proceso, de partículas extrañas y pesadas.

2.1.2.2 Despulpe: El despulpe es la primera operación mecanizada del beneficio húmedo. Consiste en la eliminación de la cubierta externa o pulpa del fruto, dejando al descubierto el grano recubierto con el pergamino. En este trabajo se utilizan máquinas llamadas despulpadoras, que pueden ser de discos o de cilindro. Recientemente se utiliza la separadora de café verde para este mismo propósito.

En el despulpe, el despulpador de cilindro se alimenta con frutos de café y agua, y estos son presionados contra un pechero metálico. La pulpa abandona el despulpador por la parte de atrás, mientras que los granos lo hacen por la delantera. Debido a la heterogeneidad del tamaño de los frutos es indispensable hacer ajustes en las despulpadoras, de tal manera que se despulpe la mayor cantidad de café, pero sin dañarlo o picarlo.

2.1.2.3 Desmucilaginado: El grano de café proveniente del despulpe, independientemente del equipo utilizado, viene desprovisto de epicarpio y parte del mesocarpio. El grano queda cubierto por el endocarpio o pergamino, al cual queda adherida una parte del mesocarpio llamada mucílago o baba.

Como el mucílago es hidrocópio, se constituye en verdadero obstáculo para el secado y la conservación del grano. Para su eliminación se utilizan procedimientos que tienen como base procesos bioquímicos o de fermentación, químicos y mecánicos. La remoción de mucílago que tiene como base procesos bioquímicos o de fermentación, es la que se conoce como “fermentación natural”. Se basa en la solubilización del mucílago por descomposición de las materias pécticas del mesocarpio, bajo la influencia de enzimas (pectinazas) y microorganismos (bacterias y hongos).

Este método presenta muchos inconvenientes, por ejemplo, es de duración variable, depende de las condiciones climáticas, de la construcción de pilas (la que es onerosa) y el proceso no es ágil. Por ello, en la actualidad, gran cantidad de beneficios no lo usan.

Los métodos que se basan en reacciones químicas, son los que emplean productos como soda cáustica. En nuestros países no se ha difundido mucho, por cuanto es muy caro y requiere personal calificado para su utilización. La separación de mucílago por métodos mecánicos es el otro usado en nuestro medio; emplean máquinas como la Delva (desmucilagadora vertical ascendente), las que mediante fricción logran retirar el mucílago del grano.

2.1.2.4 Lavado y clasificación: El lavado tiene por finalidad separar de los granos de café las mieles o mucílago y simultáneamente, clasificar los granos por densidad, en agua. El lavado se efectúa mediante el arrastre de los granos en caños de concreto o metálicos en los cuales las calidades (1ª, 2ª, y 3ª) se van estratificando por la densidad del grano, de manera tal que la primera va hacia el fondo; la segunda en posición intermedia y, la tercera encima, depositándose en pilas independientes, a criterio del operador del caño (IHCAFE, 1997).

2.2 BENEFICIADO ECOLÓGICO

Según Lema (1998), la tecnología del beneficio ecológico del café, fue desarrollada en Colombia, hace cerca de una década, esta soportada fundamentalmente en la eliminación del uso del agua en el despulpado y como medio de transporte de café en baba y de pulpa.

Racionaliza igualmente el uso del agua en el proceso de lavado y la utilización óptima de los subproductos (pulpa y mucílago), utilizando equipos básicos, al despulpadora cónica vertical de café que trabaja sin agua y un desmucilagador vertical ascendente de café (DELVA), que lava café con un mínimo de agua, auxiliados por sistemas mecánicos de transporte de café y subproductos (tornillos sin fin).

Todos los anteriores componentes han sido colocados en una estructura metálica modular y dispuestos en forma armónica, con un diseño que permite procesar volúmenes de café determinados en forma continua. Esta agrupación tiene el nombre UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico).

2.2.1 Despulpado

En la labor de despulpado, se obtiene dos fracciones que son el café despulpado que representa un 60%, y la pulpa que representa un 40%. Se ha encontrado que un 72% de la contaminación proviene de la labor de despulpado con agua y evacuación de la pulpa en la misma forma, el 28% de la contaminación restante proviene del proceso de lavado, al remover con agua el mucílago ya fermentado (Clieves, 1995).

Es posible tener un beneficiadero ecológico que reduzca un 72% de la contaminación, si se despulpa sin agua y se transporta la pulpa por gravedad o por medios mecánicos. Para que la labor de despulpado se haga en una forma eficiente, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La camisa y el pechero deben estar en buenas condiciones
- La calibración de la máquina debe ser la adecuada (la calibración es la distancia que existe entre el cilindro y el pechero)
- Si la máquina es de cilindro horizontal y esta accionada por un motor, el cilindro de la misma debe trabajar entre 145 a 180 revoluciones por minuto. Cuando la máquina esta trabajando a menos de 145 rpm, se está sub-utilizando la máquina. Cuando la máquina trabaja a más de 180 rpm se puede afectar la calidad del despulpado
- El eje del cilindro debe ser lineal, en caso de encontrarse torcido, es difícil la calibración
- La distancia entre la cuchilla y el eje alimentador debe ser del tamaño promedio de un grano de café uva. Se abre la cuchilla hacia donde está girando el eje alimentador
- En el caso de que el eje alimentador sea de vaivén (en cuyo casi gira a ambos sentidos), se deben abrir ambas cuchillas
- Los rodamientos deben encontrarse en buen estado. Cuando estos se encuentran gastados, causan desplazamientos en el cilindro que dificultan la calibración
- Una vez terminada la labor de despulpado, se debe lavar la máquina.

2.2.2 Eliminación del mucílago

Se explicarán dos métodos de eliminación del mucílago

1. Fermentación natural
2. Desmucilaginado mecánico.

2.2.3 Fermentación Natural

La fermentación tiene como finalidad hacer que el mucílago que cubre el pergamino, se descomponga y, una vez fermentado, se disuelve en agua, eliminándose por medio del lavado.

La duración oscila entre las 12 a 20 horas, dependiendo de las siguientes variables:

- La temperatura
- La cantidad de microorganismos presentes
- La altura de la capa de café
- La presencia o no del agua (se recomienda la fermentación en seco)
- El grado de madurez del café
- La cantidad de mucílago.

Se considera que en el proceso, pueden llegarse a desarrollar 4 tipos de fermentación: alcohólica, láctica, acética y butírica. Cuando el proceso de fermentación se realiza con un adecuado control, no se presenta la fermentación butírica, responsabilizada esta de la formación de granos con olor y/o sabor a fermento. Investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros, a través de CENICAFE, indican que dependiendo del tiempo de fermentación, se pueden presentar defectos de la bebida detectables en la prueba de taza como puede ver a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Defectos en taza de acuerdo al tiempo de fermentación.

FERMENTACIÓN (HORAS)	DEFECTO EN TAZA
20	Sabor vinoso
30	Fruti
40	Ligero vinagre
50	Fermento
60 Horas o más	Stinker

(Fuente: Lema, 1998)

Existe entre los caficultores la costumbre de dejar el café en agua (cambiándola a diario) durante varios días, para efectuar un solo lavado. Aunque con esta práctica se logra prolongar las horas en el tanque fermentador para que no se afecte la calidad de la bebida en la prueba de taza, se presenta una pérdida de materia seca del orden del 1.5% por día, debido a la respiración del grano, solubilidad de algunos compuestos y actividades enzimáticas, lo cual hace que se obtenga menos café para la venta, y además se incrementan los defectos en la almendra, tales como café decolorado y café parcialmente vinagre. Si la fermentación es muy prolongada puede llegarse a producir el grano negro, que afecta el precio de venta del café.

El punto óptimo de fermentación se determina lavando y frotando un puñado de café. Si el grano se nota áspero y con sonido de cascajo, se debe iniciar el lavado. Otra manera de determinar el punto de fermentación, es introduciendo un palo en la masa de café, si al sacar el mismo, el hueco no se cierra, es señal de que el café está de lavar. Si el café se sobrefermenta se mancha, pierde peso, se avinagra la almendra y da un café de mala calidad.

2.3 DESMUCILAGINADO MECÁNICO (UCBE)

En la parte superior del tornillo sinfín, se encuentran los rotores o DELVAS que giran a 875 revoluciones por minuto. En la parte externa del rotor, se encuentra una lamina troquelada de 3.2 x 20 mm, la cual permite la evacuación de la mezcla mucílago, agua y restos de pulpa del café (procedentes del café que la máquina no alcanzo a despulpar y al café media cara).

El café sale ya lavado por la parte superior del desmucilaginador, el agua necesaria para el lavado, se le agrega por medio de 2 mangueras plásticas, que deben garantizar un consumo de 1 litro de agua por cada kilogramo de café pergamino seco. Los consumos de agua en litros por minuto para los desmucilaginadores o DELVAS de UCBE 500, UCBE 1500 Y UCBE 2500 Kg. de uva/ hora son de 2, 4 y 8 respectivamente.

La mezcla agua-mucílago, si es en pequeñas cantidades, se puede utilizar para alimentación animal (siempre y cuando se trabaje con la cantidad de agua recomendada), si la producción es demasiada, se recomienda la mezcla con la pulpa resultante del proceso de despulpado, por medio de un tornillo sinfín (así se garantiza una retención del 63%, que no ocurre si se efectúa de forma manual).

Se ha encontrado que la mezcla agua-mucílago puede reemplazar hasta un 20% del concentrado en la alimentación de cerdos. Se recomienda utilizar la mezcla agua-mucílago en forma fresca (solo la producida en el día). Cuando se utiliza el desmucilaginador, se debe manejar adecuadamente la mezcla agua-mucílago (para la alimentación animal o mezclada con la pulpa), para evitar la contaminación de las aguas.

Cuando se hace el lavado tradicional, las aguas procedentes de esta labor son causantes de un 28% de la contaminación total, si se utiliza un desmucilaginador mecánico y las aguas mieles se vierten a los causes naturales, se causa el doble de la contaminación comparado con el método tradicional que es de 34 gr DBO (demanda biológica de oxígeno)/kg. de uva.

Con la utilización del desmucilaginador, se obtiene más café para la venta (estimado entre un 1 a un 2% como máximo) por efecto que no hay pérdida de materia seca, lo que si ocurre en un proceso de fermentación normal con una duración máxima de 20 horas. Además la ganancia por efecto de que no se pierde materia seca, hay una recuperación de pasillas, debido a que el grano que no despulpa la máquina, por efecto de la fricción, termina despulpándose en el equipo (grano sin despulpar y media cara). En el caso de los granos con poco mucílago (verdes o secos), pueden terminar siendo pelados o trillados, o salir en la misma forma que entraron.

La calidad del café lavado que entrega el desmucilaginador, depende de la materia prima inicial, basado en esto se ve la necesidad o no del uso de la zaranda. En la recolección se debe evitar al máximo la recolección de granos verdes, los cuales terminan siendo

mordidos inicialmente por la despulpadora, y finalmente trillados por el desmucilagador, lo cual aumenta el % de grano pelado.

Se ha establecido que un desmucilagador bien diseñado, puede llegar a trillar como máximo un 0.6%. para garantizar que los desmucilagadores trabajen con las normas impartidas por CENICAFE y regidas por PENAGOS, lo cual garantiza mínimo consumo de potencia, eliminación hasta un 98% del mucílago, posibilidad de uso del mucílago para alimentación animal o mezclada con la pulpa.

Las variables principales que afectan el porcentaje de grano trillado en un desmucilagador son:

El tiempo de retención dentro del equipo (sí la despulpadora tiene menor capacidad que el desmucilagador, el tiempo se puede aumentar)

Las revoluciones por minuto

El porcentaje de grano verde o seco

La distancia entre el tornillo sinfín y la lamina troquelada

El área abierta para la evacuación de agua mucílago (en algunas ocasiones utilizan sistemas que hacen que el grano de café se acomode en las perforaciones de salida del mucílago, lo cual causa su daño posterior)

Los obstáculos que se coloquen a la salida del café (guillotinas y codos).

Las ventajas de obtener un DELVA son las siguientes:

- Reducción de la contaminación hasta un 92%
- Consumo de agua 40 veces menos que el proceso tradicional
- Posibilidad de utilizar las lluvias
- Recuperación de los buenos, cubiertos de pulpa (media cara y grano sin despulpar).
- Reducción de la mano de obra
- Reducción de las áreas civiles de trabajo, hasta la tercera parte del tradicional.
- Movilidad del beneficio
- Manejo adecuado de los subproductos (mucílago y pulpa)
- Obtención de una materia prima excelente para el uso de lombricultivos
- Reducción de los costos en el proceso del beneficio
- No se afecta la calidad física y organolépticas del café
- Se disminuye la relación café uva a pergamino seco, hasta los valores cercanos a 4:1:1
- Se obtiene más café para la venta debido a que no hay pérdida de materia seca (estimada en un promedio del 1.5% en el proceso tradicional)
- Se aprovecha más eficientemente las instalaciones de secado
- Bajo costo y fácil mantenimiento. La inversión hecha en un DELVA se puede recuperar hasta en un año (cuando se hace con recursos propios).

2.3.1 Calidad física del café desmucilaginado

La calidad física del café desmucilaginado depende del equipo utilizado y principalmente de la calidad del café uva (contenido de uvas verdes, secas, impurezas, etc.). Adicionalmente, la calidad física también es afectada por el tratamiento previo y posterior al proceso: Eliminación de flotes e impurezas en el café en uva, separación de las guayabas y media cara en el café en baba y separación de flotes, guayabas e impurezas en el café desmucilaginado.

Cuando el café se obtiene de la época considerada como cosecha, el porcentaje de granos verdes generalmente es inferior al 3%. En el caso de granos provenientes de cafetales con bajo contenido de guayabas, el café desmucilaginado es de alta calidad física y puede estar dentro de las normas de compra establecidas por Almacafé: menos del 0.5% de impurezas, menos del 3% de guayabas y media cara, y menos del 2% de granos mordidos y trillados.

2.3.2 Calidad organoléptica del café desmucilaginado

Es de aceptación generalizada que existen medios mecánicos, químicos y bioquímicos, que permiten retirar eficientemente el mucílago en tiempos mucho más cortos que los utilizados por el método convencional, o sea, el de someter las masas de café despulpado a la fermentación del mucílago en tanques o pilas, durante tiempos que oscilan entre 15 y 30 horas y el lavado posterior con agua limpia en la forma convencional.

2.4. GASTOS DE AGUA EN EL LAVADO DE CAFÉ

Si se lava en el tanque fermentador mediante el método tradicional, se necesita entre 4 a 5 litros de agua por cada libra de café pergamino seco.

Si se lava en el tanque tipo tina, se necesitan aproximadamente 45 litros de agua por quintal de café seco.

Si se lava en el canal de correteo largo (40 m), se necesita aproximadamente 6.8 litros de agua por libra de café seco. Cuando se lava en canal de correteo, se puede ir hasta un 18% de café de buena calidad con el café de segunda, representando esto una pérdida.

Si se lava en el desmucilaginador de tipo ascendente recomendado por CENICAFE se necesita un litro de agua por cada kilo de café seco.

Cuando se lava y se clasifica con el canal semisumergido, se necesitan aproximadamente 7 litros de agua por cada kilo de café pergamino seco.

Se debe lavar con agua limpia y no utilizar en lo posible aguas recicladas.

Las consecuencias de un mal lavado son:

1. Café con olor a fermento
2. Café avinagrado

3. Pergamino manchado
4. Café de regular calidad

Cuadro 2. Comparación de sistemas de beneficio húmedo café en cuanto al proceso y otros parámetros.

Beneficio Tradicional	Beneficio Ecológico
Tolva húmeda	Tolva seca
Recibo de café con recirculación de agua	Despulpado con mínima cantidad de agua
Transporte de café cereza y pulpa con agua	Transporte por gravedad y mecánico (Tornillo sinfín)
Transporte del café despulpado en el canal de correteo con agua	Café despulpado es llevado directamente a la secadora o se puede orear en patios al sol
Fermentación en pilas con agua	No hay fermentación
Lavado con agua después de la fermentación	Lavado en la misma máquina con la DELVA (desmucilagadora vertical ascendente) que ya tiene incorporada
Se pueden presentar daños por sobre fermentación	No afecta la calidad organoléptica del café
Secado al sol en los patios o en secadoras especiales	Secado principalmente en secadoras especiales
Trillado y pulido	Trillado y pulido
Café oro	Café oro
Tiempo de beneficiado 48 horas en un proceso discontinuo	Tiempo de beneficiado 24 horas en proceso continuo (uva a pergamino seco)
Mayor tiempo de secado	Disminución en tiempo de secado hasta en 15%
Relación 5:1 (uva a pergamino)	Relación 4,5:1 (uva a pergamino)
Requiere construcciones grandes y costosas	Requiere construcciones sencillas, de bajo costo
La pulpa tarda 4 meses en descomponerse	La pulpa tarda 2 meses en descomponerse

(Fuente: Lema, 1998).

2.5 CONTAMINACIÓN DEL BENEFICIADO TRADICIONAL

En el beneficiado húmedo tradicional de los frutos de café, se incluye la práctica en la que es necesario la utilización de agua en grandes cantidades como uno de los principales componentes del proceso. Esta transformación del café en húmedo se realiza en casi todos los países productores del grano. Este proceso se caracteriza por usar altas cantidades de agua como elemento principal del proceso de transformación y una de sus limitantes es la no reutilización de la misma y el elevado nivel de contaminación ambiental (Ponce, s.f).

CIES (Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste), (1994), reporta en su estudio realizado en los beneficios húmedos tradicional de café del estado de Chiapas, México, que el impacto negativo generado por estos beneficios a las fuentes de agua es bastante grande, pues altera sus características físicas, químicas y biológicas tal como se puede observar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultado del muestreo de aguas mieles de 7 beneficios húmedos tradicionales de Chiapas México.

Etapa	Temp. °C	pH	ppm			mg O ₂ /l			
			ST	SST	SDT	SS	DBO	DQO	OD
Entrada	19.7	6.4	373	94	278	0	4.4	0	7.8
Lavado	19.5	5.5	2393	908	1485	88	1235	2211	2.2
Despulpado	21.6	5.3	4106	937	3169	64	1651	275	1.2

Fuente: CIES (1994).

Donde: ppm= partes por millón; ST= sólidos totales; SST= sólidos solubles;
SDT= sólidos disueltos; SS= sólidos sedimentados; DBO= demanda biológica de oxígeno; DQO= demanda química de oxígeno; OD= oxígeno disuelto
Mg O₂/l) = miligramos de oxígeno por litro.

En el Anexo 1 se describen los componentes minerales de la pulpa y las aguas mieles, principales contaminantes del proceso de beneficiado y el consumo de agua asociado con cada fase del beneficiado del café.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

Este estudio se llevó a cabo en dos comunidades de el departamento de El Paraíso (Las Limas, Alauca y Dificultades, El Paraíso) en las fincas de los productores Daniel Vallecillo (Las Limas) y Martín Rodríguez (Dificultades), ya que los dos tienen el sistema de beneficiado tradicional.

3.2 TOMA DE DATOS

Se tomaron los datos de las variables a medir que son: gasto de agua (lts/lb), tiempo de despulpado (qq/h), grano dañado (%), calidad de café en tasa (acidez, aroma, cuerpo) y costos. Para comparar los dos sistemas en el caso del beneficiado ecológico se evaluó la UCBE- 500 (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico) que distribuye la marca Penagos (Colombiana) y tradicional con su despulpadora, canal de correteo para lavado del café y pilas de fermento. Los datos se tomaron de la siguiente manera de acuerdo a cada variable:

3.2.1 Gasto de agua

En cuanto al gasto de agua en el sistema ecológico se tomó la cantidad de agua que gasta por libra de café despulpado midiendo la cantidad de agua que sale de las dos mangueras una que va en la tolva de recibo del café y la otra en la desmucilagadora vertical ascendente (DELVA) o lavadora, recolectando el agua en un recipiente graduado en litros haciendo 3 repeticiones para sacar un promedio.

En el caso del beneficio tradicional se midió la cantidad de agua que sale de la manguera de 1 pulgada, que se pone en la tolva de recibo del café, la cantidad de agua por cada libra de café despulpado igualmente con un recipiente graduado en litros, además se le agregó la cantidad de agua utilizada en el canal de correteo, en las pilas de fermento y en el lavado del café después de la fermentación. Al final se saco el gasto de agua por libra de pergamino seco (al 12% de humedad).

3.2.2 Tiempo de despulpado

Se despulpó un quintal de café para saber el tiempo de despulpe en latas/min para luego pasarlo a qq/h, en cada finca se realizó la prueba con tres repeticiones y se utilizó el promedio.

3.2.3 Grano dañado

Del café que se despulpe se midió el porcentaje de daño del grano (pelado, quebrado, picado, trillados, aplastados, granos sin despulpar) esto se hizo escogiendo estos granos dañados y sacando el porcentaje que representa de la muestra por libra de café despulpado para el estudio, haciéndolo en los dos tipos de beneficio, simultáneamente en las dos localidades.

3.2.4 Calidad de café

En el caso de la calidad se hicieron pruebas a ciegas con un catador experimentado de una exportadora de El Paraíso (OROCAFE) para evaluar los dos tipos de cafés, del café despulpado se sacaron dos muestras por cada tipo de beneficiado de 1 libra por cada una, en el caso del beneficiado tradicional se lavo el café como normalmente se hace en este sistema y luego se guardaron las muestras y después de 4 meses se secaron, trillaron, tostaron y molieron, para hacer la catación.

En el caso del beneficiado ecológico (UCBE), las muestras de café despulpado se secaron y guardaron y después de los 4 meses se le hizo el mismo proceso del café beneficiado tradicionalmente y se sacaron las características organolépticas (aroma, cuerpo y acidez), estas pruebas se hicieron a ciegas enumerando las muestras de cada tipo de beneficiado, se hicieron 2 muestras por cada tipo de beneficiado enumeradas del 1 al 4 (1 y 2 eran de beneficiado tradicional, 3 y 4 de la UCBE), y luego se hizo la catación.

Según las normas para la calidad del despulpado de CENICAFE, partiendo de café uva maduro, existen varias categorías de café según el porcentaje de daño (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Normas de calidad de CENICAFE partiendo de café uva maduro.

Variable	Porcentaje máximo
Café en la pulpa	0
Café mordido	1.5
Café pelado	1.5
Grano sin despulpar	1.0
Pulpa en el café despulpado	3.0

(Fuente: Lema, 1998)

3.2.4 Costos

En cuanto a costos, se tomaron en cuenta los costos de construcción, instalación y de operación. En el sistema tradicional se tomó toda la infraestructura utilizada desde las tolvas de recibo del café, despulpadora, canal de correteo, pilas de fermentación, motores, tornillo sinfín, mano de obra, área de instalación (m²).

En el caso del beneficio ecológico se tomó el costo de la maquina UCBE-500, mano de obra utilizada, área de instalación, esta maquina es la mas pequeña de las que distribuyen Penagos en la línea de beneficios ecológicos. Los datos obtenidos se hicieron basándose en fincas que producen 1,000 qq/año con un promedio de 20 qq Oro producidos en el día pico, que es mas o menos lo que producen las fincas en donde se realizó el estudio.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS, utilizando como diseño experimental el DCA (Diseño completo al azar).

Las unidades experimentales fueron las dos máquinas (tradicional y la UCBE-500), Los tratamientos son los dos sistemas de beneficiado (tradicional y la UCBE), con dos unidades observacionales (una en Las Limas, Alauca y la otra en Dificultades, El Paraíso).

Las variables son: gasto de agua (lts/lb), capacidad de despulpado (qq/h), café dañado (%), costos (construcción, instalación y operación) en dólares y calidad de café en tasa (acidez, aroma y cuerpo). A cada una de estas variables se le aplicó los tratamientos correspondientes.

Se usó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Se hizo una prueba *t* para ver las diferencias por cada tratamiento que se midió independientemente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 GASTO DE AGUA

En el Cuadro 5 se presentan el detalle de los resultados obtenidos de los dos tipos de beneficiado en el cual se puede apreciar la diferencia en litros/libra de café pergamino seco (l/lb CPS), existiendo una diferencia significativa ($P = 0.0043$), el beneficio ecológico gastó 17 veces menos agua (0.85 l/lb CPS), en comparación con el tradicional (16 l/lb CPS).

En el beneficiado tradicional, el gasto de agua en el canal de correteo al lavar el café fue de 6.3 litros de agua por libra de café en Las Limas y 6.9 litros en Dificultades, el resto se gastó en el despulpado y las pilas de fermento.

Cuadro 5. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable gasto de agua (l/lb CPS), en las dos localidades.

Localidades	Gasto de agua (l/lb CPS)		
		Tradicional	
UCBE-500			
Finca las limas	15	0.9	
Finca Dificultades	17	0.8	
	Promedio:	16	0.85
	Diferencia porcentual:	100%	5.31%

4.2 CAPACIDAD DE DESPULPADO

La capacidad de despulpe por hora en la UCBE fue en promedio de 10.7 qq uva/h y la del sistema tradicional de 8.19 qq uva/h, pero estos no fueron estadísticamente diferentes ($P=0.1538$) (ver Cuadro 6). Aunque ya para producciones a escalas mayores ($>$ de 1000 qq/año), estos 2.5 qq que despulpa más la UCBE si son significativos, utilizando beneficios grandes como la UCBE-7500 y beneficios tradicionales con grandes infraestructuras con dos despulpadoras de doble disco. Otro aspecto importante en esta variable, es que el beneficio tradicional solo puede despulpar un tiempo limitado de horas dependiendo de la capacidad de las pilas de fermento que se tengan, no así en la UCBE, que no tiene este tipo de restricciones.

Cuadro 6. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable capacidad de despulpado (qq/h), en las dos localidades.

Localidades	Capacidad de despulpado (qq/h)	
	UCBE-500	Tradicional
Finca las limas	9.26	10.35
Finca Dificultades	7.13	11.05
Promedio:	8.19	10.7
Diferencia porcentual:	100%	131%

4.3 GRANO DAÑADO

El daño del café tomado en cuenta en esta evaluación es mas que todo en el proceso de despulpado, ya que hay otros daños que son provocados desde que se cosecha el café en uva, en el transporte del café, recibo del café en la finca hasta que esta listo para despulparlo. Pero el interés de este estudio era encontrar diferencias en el porcentaje de daño en el despulpado de los dos sistemas, en el cual se encontraron diferencias estadísticas ($P = 0.05$). en promedio se encontraron 2.5% en el sistema UCBE y de 5.5% en el sistema tradicional.

Según las normas de CENICAFE para la calidad del despulpado partiendo de café en uva maduro (ver Cuadro 3), los dos sistemas están bien teniendo mayor cuidado el sistema tradicional (5.5%) que la UCBE (2.5%) (ver Cuadro 7). Algo que mostró la UCBE, fue que el porcentaje de grano pelado fue menor que el tradicional ya que **el sistema de**

despulpado es diferente siendo la pechera la principal permitiendo el despulpe de diferentes tamaños de granos por la forma que tiene el pechero, de forma que granos pequeños y grandes sean despulpados sin ningún problema.

Cuadro 7. Datos obtenidos de los dos sistemas de beneficiado en cuanto a la variable % de grano dañado, en las dos localidades.

Localidades	Grano Dañado (%)	
	Tradicional	
UCBE-500		
Finca Las Limas	6	3
Finca Dificultades	5	2
	Promedio:	5.5
	Diferencia porcentual:	100%
		2.5
		45.5%

4.4 COSTOS

4.4.1 Construcción

De los costos totales, en el caso del beneficiado tradicional; el costo de construcción es el de mayor inversión representando el 51% del costo total de equipo e instalaciones, mientras que en la UCBE, el costo de construcción solo representa un 12% de la inversión. Comparando los dos sistemas la UCBE es 18 veces menor el costo de construcción que el tradicional (ver Cuadro 8).

4.4.2 Manejo de agua

En el caso de manejo de agua, de los costos totales en el sistema tradicional representa un 44% siendo el segundo valor, y en la UCBE el manejo de agua solo representa un 6.5%. Comparativamente la UCBE gasta 30 veces menos en manejo de agua que el sistema tradicional ya que la cantidad utilizada en la UCBE es mínima por lo que requiere una menor infraestructura para el almacenamiento del agua (ver Cuadro 8).

4.4.3 Equipo de despulpado y lavado

En el sistema UCBE el equipo de despulpado y lavado representa el mayor valor de los costos totales siendo este de 81%, este equipo incluye la despulpadora cónica vertical, la desmucilagadora vertical ascendente (DELVA) y auxiliados por un sistema mecánico

de transporte de café y subproductos (Tornillo sin fin), un motor ya sea eléctrico, gasolina o diesel, todo esto colocado en una estructura metálica modular y dispuestos e forma armónica, con un diseño que permite procesar volúmenes de café determinados en forma continua. En el beneficiado tradicional el costo de la despupadora representa solo un 6% del costo total de equipo e instalaciones, siendo 3.3 veces menor que la UCBE.

La diferencia entre los dos sistemas de beneficiado en cuanto a costos totales de equipo e instalaciones es de 4.4 veces menor en la UCBE, siendo la diferencia porcentual de 443% en el tradicional y de 100% en la UCBE , para 17,180 y 6,200 dólares respectivamente (ver Cuadro 8).

4.4.4 Costo de operación

En los dos sistemas el costo de lavado es el mayor valor del costo total de operación, siendo 4 veces menor el la UCBE que el tradicional. Comparativamente la UCBE gasta 4 veces menos en costos de operación que el sistema tradicional. En el estudio los costos promedio de operación fueron de 780 y 200 dólares para el beneficio tradicional y la UCBE respectivamente (ver Cuadro 8).

4.4.5 Costo total (equipo+instalación+operación)

La diferencia porcentual del costo total es de 442% en el sistema tradicional y de 100% en la UCBE, siendo 4.4 veces menor (relación 4.4:1). La distribución de estos costos los puede ver en la figura 2.

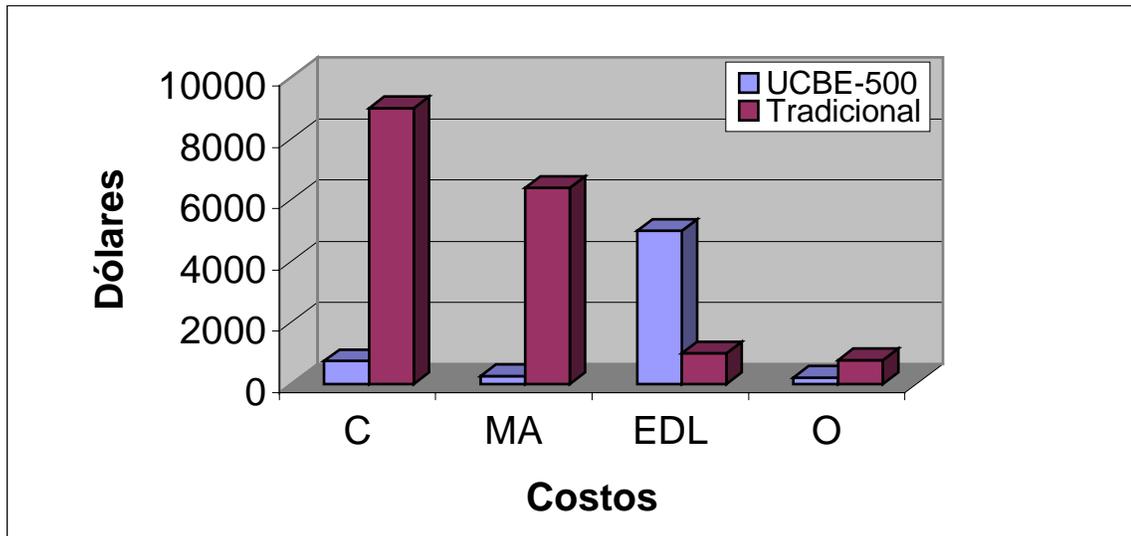


Figura 2. Distribución de costos en los dos sistemas de beneficiado (UCBE-500 y Tradicional).

C= Construcción, **MA=** Manejo de agua, **EDL=** Equipo de despulpado y lavado, **O=** Operaciones

Cuadro 8. Análisis comparativo de costos de construcción, instalación y operación Beneficio Tradicional vs UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico) Diseño de beneficio estándar para finca productora de 1,000 quintales Oro por año (en dólares)

Concepto	Tradicional	UCBE
Construcción		
Metros cuadrados de construcción*	50	6
Costo metro cuadrado*	180	125
Costo total de construcción	9,000	750
Subtotal construcción	9,000	750
Manejo de Agua		
Volumen de agua requerido en día pico (Galones)	9,600	200
Volumen de agua - tanque requerido m ³ ***	35	0.7
Costo del tanque colector	6,400	250
Subtotal Manejo de Agua	6,400	250
Equipo de despulpado y lavado		
Numero de despulpadoras requeridas	1	1
Costo UCBE 500 (Capacidad 10-12 qq café uva / hora)		5,000
Costo de despulpadora con motor requerido	1,000	
Subtotal Equipo de despulpado y lavado	1,000	5,000
Total – Costo Equipo e Instalaciones	16,400	6,000
Diferencia Porcentual	100%	37%
Costo de Operación		
Requerimiento de Motor Gasolina (HP)	3	5
Mano de obra anual/1,000 qq de café Oro	30	10
Mano de obra en lavado/qq Oro (Horas hombre día pico)	10	4
Costo lavado	730	200
Precio de café Lps./qq Oro	50	0
Total Operaciones	780	200
Costo por quintal de café Oro	0.78	0.20
Diferencia porcentual	100%	26%
Gran total costo Equipo+Instalaciones+Operación	17,180	6,200
Diferencia porcentual	100%	36%
Relación	3	1
<p>* Incluye costo de materiales, mano de obra y flete de materiales a 15 km</p> <p>** Sistema de ½ pulgada PVC, tanque colector, tubería de conducción – 500 m de distancia</p> <p>*** fincas de 1000 qq Oro/año produce 16 qq Oro en el día pico es decir 96 qq uva en día pico, requiere un tanque de 9600 galones o 35 m³ con beneficio tradicional.</p>		

4.5 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA INSTALACIÓN DE UN BENEFICIO PARA PRESTAR SERVICIO DE DESPULPADO Y LAVADO

4.5.1 Capacidad del beneficio

En el Cuadro 9 se detalla la capacidad de los dos sistemas de beneficio evaluados, tomando una capacidad de 12 quintales (qq) por hora de despulpe y 8 horas por día de trabajo para los dos sistemas. Resultando 11,520 qq uva de producción para 4 meses de cosecha (120 días).

Cuadro 9. Capacidad de los dos sistemas de beneficio (tradicional y ecológico) por temporada de cosecha (4 meses).

CAPACIDAD	Quintales
Procesamiento anual de QQ oro	1,986
Producción QQ uva (relación 5.8 a 1)	11,520
Produccion diaria	96.0
Producción mensual	2,880
Producción temporada anual (120 días)QQ Uva	11,520
% Utilización	100%

4.5.2 Determinación de ingresos

Se muestran en el anexo 2, se calcularon tomando la capacidad de despulpado y lavado en el tiempo de cosecha (4 meses), cobrando 0.45 y 1.11 dólares por quintal despulpado y lavado para los dos sistemas de beneficiado.

Cuadro 10. Resumen de ingresos totales para los dos sistemas de beneficiado a dos diferentes precios de cobro por servicio de despulpado y lavado (0.45 y 1.11 dólares por quintal).

DETALLE	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Beneficiado (0.45)	5,184.00	5,184.00	5,184.00	5,184.00	5,184.00
Beneficiado (1.11)	12,787.20	12,787.20	12,787.20	12,787.20	12,787.20

4.5.3 Determinación de inversiones

El monto de la inversión inicial es de 6,200 y de 17,180 dólares para el sistema ecológico y tradicional respectivamente, incluyendo el costo de la UCBE-500 en el sistema ecológico, manejo de agua y construcciones. En el tradicional incluye la despulpadora, motor (HP), construcciones y manejo de agua. Estas inversiones se muestran en detalle en el anexo 2.

4.5.4 Determinación de costos de operación

Incluyen los costos de mano de obra, repuestos, agua, depreciaciones y amortizaciones, alquiler, energía, imprevistos. En el Anexo 3 se encuentra el detalle de los gastos de operación por año.

Cuadro 11. Resumen de costos de operación del sistema de beneficio tradicional (T) y ecológico (E), en dólares por año.

	AÑOS									
	1		2		3		4		5	
Beneficio	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E
Personal	1,448	1,088	1,448	1,088	1,448	1,088	1,448	1,088	1,448	1,088
Gastos diversos	215	195	215	195	215	195	215	195	215	195
Depreciaciones y amortizaciones	1,984	410	1,984	410	1,984	410	1,984	410	1,984	410

4.5.5 Financiamiento

Está compuesto de un préstamo a largo plazo, los desembolsos pueden ser obtenidos a través de FONAPROVI, cubriendo el 100% de las inversiones a una tasa de interés de 8% a 5 años plazo para ambos sistemas de beneficiado. En el Anexo 4 se detalla esta información.

4.5.6 Resultados y evaluación

Como lo indica el estudio, se realizó análisis de costos y rendimientos o ingresos para la instalación de un beneficio para brindar el servicio de despulpado y lavado comparando el sistema de beneficiado tradicional y ecológico, a 0.45 y 1.11 dólares por quintal de café y así determinar la rentabilidad que se tiene con cada beneficio y a diferentes precios de cobro del servicio, para poder invertir en el que resultó mas rentable.

Todos los costos e ingresos están dados en dólares. Los índices financieros son los más importantes, porque sobre la base de ellos se determina la rentabilidad del beneficio, los índices que se consideran son la TIR y el VAN.

La tasa interna de retorno (TIR): es una tasa de descuento donde el VAN es igual a cero y representa la rentabilidad media del dinero invertido en un proyecto sin tomar la inflación. Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad del capital el proyecto se puede o debe aceptar (Torres, 1997).

La TIR del beneficio tradicional a 1.11 dólares por quintal despulpado y lavado es de 43% superior al costo de capital, por lo tanto es factible la inversión. Cobrando 0.45 dólares la TIR es de - 7.8% siendo menor al costo del capital, por lo que no es factible prestar el servicio beneficiado a este costo.

La TIR del beneficiado ecológico (UCBE-500) es de 155% a 1.11 dólares por quintal beneficiado muy superior al costo del capital, lo que nos dice que el beneficio es muy rentable y factible cobrando a este precio por quintal que se beneficia. Cobrando 0.45 dólares la TIR resultó de 43%. en ambos precios resulto factible el proyecto de instalar un beneficio ecológico (UCBE-500) para brindar el servicio de beneficiado.

VAN: representa la diferencia entre los ingresos menos los costos, utiliza la tasa de descuento igual al costo de oportunidad del capital, si el VAN es positivo el proyecto es favorable y desfavorable en caso de ser negativo.

El VAN del beneficio tradicional dio como resultado US\$ 18,998 y -6,805 a 1.11 y 0.45 dólares por quintal beneficiado respectivamente, siendo favorable a 1.11 y desfavorable a 0.45 US\$/qq beneficiado.

En el beneficio ecológico el VAN resultó de US\$ 27,944 y de 6,538 para 1.11 y 0.45 respectivamente, siendo en ambos casos favorable, mayormente si cobramos 1.11 dólares por quintal beneficiado.

Cuadro 12. Resumen del análisis financiero de la instalación de un beneficio para prestar el servicio de beneficiado a 1.11 y 0.45 US\$/qq, beneficiado en ambos sistemas (tradicional y ecológico) a 5 años.

Concepto / precio por qq	Tradicional		Ecológico	
	1.11	0.45	1.11	0.45
Inversión inicial	17,180	17,180	6,000	6,000
Ingresos	48,709	15,254	51,087	17,633
Egresos	3,223	2,082	3,008	1,868
Utilidad neta	7,670	1,208	9,369	2,906
Costo del capital	8%	8%	8%	8%
VAN	18,998	-6,805	27,944	6,538
TIR	43.5%	-7.8%	155%	43%

4.6 CALIDAD DE CAFÉ

Los resultados presentados en el Cuadro 13 permiten concluir que la calidad en taza del café desmucilaginado con el sistema UCBE es igual o un poco superior a la obtenida por medio de la fermentación natural con el sistema de beneficiado tradicional, diferenciados en lo que es la taza de café siendo mas astringente con el sistema tradicional, mientras que la UCBE resultó una taza flácida con ligero sabor a viejo resultado de la humedad que tenía el café oro de esa muestra (13% de humedad).

Todas las muestras fueron almacenadas en las mismas condiciones y el tiempo de almacén fue de cuatro meses aproximadamente. Podemos ver en el Cuadro 13 que la calidad después de que el café ha sido secado, trillado, tostado, molido y catado la calidad disminuye en caso del beneficiado tradicional debido al porcentaje de grano que se daña en el proceso de despulpado y la fermentación posterior que se le da al café, dando aproximadamente un 40 % de grano dañado (resaca exportable) después de procesado. Mientras que la calidad en el sistema UCBE se mantiene normal.

Cuadro 13. Calidad de bebida del café obtenido con el sistema de beneficiado tradicional y con la UCBE (Unidad Compacta de Beneficio Ecológico).

Atributo	Tradicional	UCBE-500
Aroma	Bueno	Bueno
Acidez	Bueno	Bueno
Cuerpo	Regular	Regular
Sanidad	Todas sanas	Todas sanas
Taza	Astringente	Flácida con ligero sabor a viejo por humedad (13%)
Observaciones	Tenia sabor a patio o tierra	Sabor normal
Calidad	Resaca exportable	normal
Grano Dañado (defectos) (%)	40	10

5. CONCLUSIONES

1. UCBE gasta 19 veces menos cantidad de agua que el beneficio tradicional reduciendo la contaminación y impacto negativo al ambiente.
2. El tiempo de despulpado de los dos sistemas de beneficiado es similar, no encontrando diferencias significativas, aunque para sistemas mas grandes la probabilidad de encontrar diferencias es mayor, por la cantidad de volumen de café que se despulpa (>1000 quintales). Aparte que las horas de trabajo por día del beneficiado tradicional depende de la capacidad de almacen de café en las pilas de fermento, no asi en la UCBE ya que el café sale lavado.
3. El sistema UCBE causa menos daños al café (2.5%) cuando es despulpado que el sistema tradicional, principalmente por la forma del pechero de la UCBE que se adapta a varios tamaños de grano de café, no así en el sistema tradicional donde la probabilidad de daño es mayor (5.5%). Esto influye en la calidad final en el momento que se hace la catación del café.
4. Hay una significativa reducción de los costos de infraestructura y operación utilizando la UCBE en comparación con el beneficiado tradicional, siendo la relación de costos de 3:1.
5. No se afecta la calidad física y organolépticas del café en la UCBE, mientras que en el sistema tradicional se tiene el peligro de que el café se sobrefermente, disminuyendo la calidad del café y su peso, como consecuencia un bajo precio.
6. La rentabilidad es mayor y es más factible económicamente instalar un beneficio ecológico para prestar el servicio de beneficiado que un tradicional.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre la contaminación real provocada por las aguas mieles, de lavado y pulpa que son depositados a las fuentes de agua.
2. Motivar a los productores de café en Honduras a la implementación de tecnologías amigables al ambiente que reduzcan la contaminación.
3. Impartir capacitaciones en los departamentos productores de café, sobre el uso y manejo de la UCBE, y que de esta manera ellos conozcan la tecnología y su funcionamiento.
4. Que las instituciones encargadas del café en Honduras impongan precios por calidad, y de esta manera motivar a los productores a adquirir tecnologías que mejoren la calidad de su café como la UCBE.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M.; Rojas, G. 1998. El cultivo y beneficiado del café. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San Jose, Costa Rica. 160 p.
- ANACAFE. 1988. Los desechos del beneficiado y la contaminación de las fuentes de agua. Guatemala. 14 p.
- Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES). 1994. Diagnóstico de la contaminación en las aguas residuales de los beneficios húmedos de café en el Soconusco, Chiapas, México. 13 p.
- Clieves, R. 1995. Tecnología en beneficiado de café. San José, C.R., Impresora Tica.
- Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia. 1991. El Beneficio del Café. Edinalco Ltda., Medellín, Colombia. 153 p.
- Gaitán Yaeggy, D. L. 1998. Estudio de factibilidad para un sistema de producción de café con beneficio húmedo ecológico en Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. 11 p.
- IHCAFE. 1997. 6to. Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura. Honduras. 438 p.
- IHCAFE. 1993. Guía tecnológica para el cultivo del café. 2 ed. Honduras. 54 p.
- Lema Londoño, F. 1998. Taller práctico de beneficio ecológico de café húmedo y seco. Serviagro S. de R.L, Tegucigalpa, Honduras. 40 p.
- Meir, E. 1998. Tratamiento de las aguas residuales de los beneficios de café de Costa Rica. ICAFE. Embajada Suiza. Informe de consultoría.
- Ponce, O. s.f. Como minimizar la contaminación generada por los beneficios húmedos de café. Guatemala. 18 p.
- Torres López, F.J. 1997. Análisis de costos del beneficiado seco y comercialización de café (*Coffea arabica*) tipo Gourmet de la Empresa K-FE (Marcala, Honduras) para el ciclo productivo 1995-1996. Tesis Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. 11 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Componentes minerales de la pulpa y aguas mieles.

Componentes	Unidades	Pulpa	Mieles
pH	--	5.22	6.22
Material orgánico	%	8.97	9.75
N (total)	%	0.98	1.32
P	ppm	42.80	116.20
K	meq/100g	3.30	3.10
Ca	meq/100g	13.40	9.0
Mg	meq/100g	7.33	2.25
Al	meq/100g	0.12	0.35
Mn	ppm	248.0	67.0
Zn	ppm	8.0	13.0
Fe	ppm	181.0	293.0
Cu	ppm	3.0	21.0

(Fuente: IHCAFE, 1993)

Consumo de agua asociado con cada fase de el beneficiado del café.

Método de operación	Café	Pulpa	Despulpado	Lavado	Total
Manual	Manual	Manual	256	414	670
Motor	Gravedad	Manual	76	247	323
Motor	Gravedad	Hidráulico	1635	544	2,179
Motor	Hidráulico	Hidráulico	5997	524	7,641

(Fuente: IHCAFE, 1993)

Anexo 2: Parámetros de análisis obligatorio y valores límites permitidos para el vertido de aguas residuales de café.

Parámetro	Valor límite
DBO	1 000 mg/L
DQO	1 500 mg/L
pH	5 a 9
Sólidos suspendidos totales a 103°C (SST)	-
Sólidos sedimentables	1 mL/L
Materia flotante	ausente
Temperatura	$15\text{ °C} \leq T \leq 40\text{ °C}$

(Fuente: Meir, 1998)

Anexo 3. Plan de inversión y fuentes de financiamiento (UCBE)

(Valores en US\$)

Concepto	Inversión Total US\$	FONDOS PROPIOS
UCBE - 500 PENAGOS "	6,000.00	6,000.00
Total	6,000.00	6,000.00
Participación	100%	100%

Plan de Amortización

Tasa Anual	8%
Plazo en años	5
Periodo de Gracia	-

(Pagos semestrales)

	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Saldo inicial	6,000.00	4,800.00	3,600.00	2,400.00	1,200.00
PAGO CAPITAL	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Saldo final	4,800.00	3,600.00	2,400.00	1,200.00	-
Saldo promedio	5,400.00	4,200.00	3,000.00	1,800.00	600.00
Tasa de interés anual	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
PAGO DE INTERESES	456.00	360.00	264.00	168.00	72.00

Anexo 4. Plan de inversión y fuentes de financiamiento (tradicional)
(Valores en US\$)

Concepto	Inversión Total US\$	FONDOS PROPIOS
BENEFICIO TRADICIONAL	17,180.00	17,180.00
Total	17,180.00	17,180.00
Participación	100%	100%

Plan de Amortización

Tasa Anual	8%
Plazo en años	5
Periodo de Gracia	-

(Pagos semestrales)

	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Saldo inicial	17,180.00	13,744.00	10,308.00	6,872.00	3,436.00
PAGO CAPITAL	3,436.00	3,436.00	3,436.00	3,436.00	3,436.00
Saldo final	13,744.00	10,308.00	6,872.00	3,436.00	-
Saldo promedio	15,462.00	12,026.00	8,590.00	5,154.00	1,718.00
Tasa de interés anual	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
PAGO DE INTERESES	1,305.68	1,030.80	755.92	481.04	206.16

Anexo 5. Estructura ocupacional (UCBE)
(Valores en dólares)

Puestos	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	1	1	1	1	1
Supervisor	1	1	1	1	1
Sub total	2	2	2	2	2

Sueldo Mensual	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
Supervisor	177.00	177.00	177.00	177.00	177.00

Planilla ANUAL	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
Supervisor	708.00	708.00	708.00	708.00	708.00
Personal	1,068.00	1,068.00	1,068.00	1,068.00	1,068.00
PLANILLA TOTAL	1,068.00	1,068.00	1,068.00	1,068.00	1,068.00

Anexo 6. Estructura ocupacional (tradicional)
(Valores en dólares)

Puestos	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	2	2	2	2	2
Supervisor	1	1	1	1	1
Sub total	3	3	3	3	3

Sueldo Mensual	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
Supervisor	177.00	177.00	177.00	177.00	177.00

Planilla ANUAL	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Operarios	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
Supervisor	708.00	708.00	708.00	708.00	708.00
Personal	1,428.00	1,428.00	1,428.00	1,428.00	1,428.00
PLANILLA TOTAL	1,428.00	1,428.00	1,428.00	1,428.00	1,428.00

Anexo 7. Beneficio tradicional



Anexo 8. Beneficio ecológico UCBE-500 de la empresa Colombiana Penagos.

