



IICA
Q70
075a

MEMORIAS
SEMINARIO-TALLER
"TRATAMIENTO ANAEROBICO DE LOS
RESIDUOS DEL CAFE"
PROMECAFE - PEICCE - ICAFE



P E I C C E



**Comisión
de las Comunidades
Europeas**

**Comité de Acción
de Apoyo al Desarrollo
Social y Económico
de Centroamérica**

Seminario-taller

**EL TRATAMIENTO ANAEROBICO DE LOS RESIDUOS DEL CAFE:
UNA ALTERNATIVA ENERGETICA PARA LA DISMINUCION DEL
IMPACTO AMBIENTAL EN EL SECTOR**

**MEMORIAS
SEMINARIO-TALLER
"TRATAMIENTO ANAEROBICO DE LOS
RESIDUOS DEL CAFE"
PROMECAFE - PEICCE - ICAFE**

PROMECAFE - IICA

PEICCE

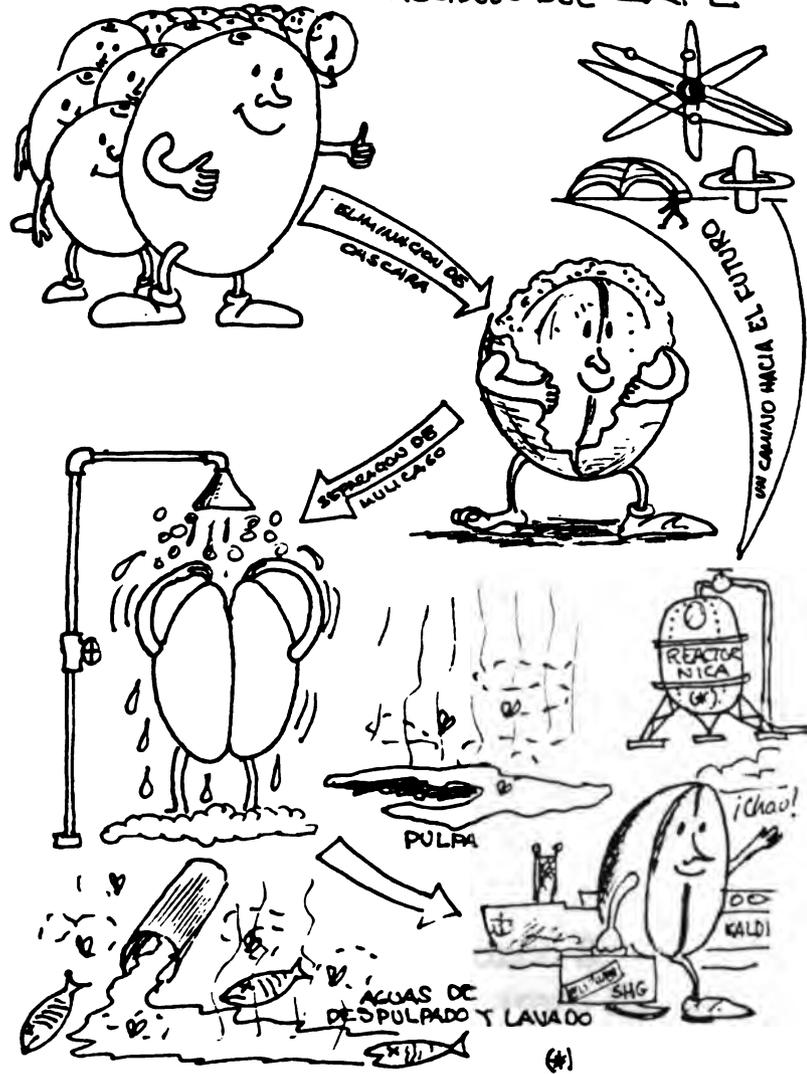
ICAFE

11CA
Q70 0735

00007601



SEMINARIO TALLER EL TRATAMIENTO ANAEROBICO DE LOS RESIDUOS DEL CAFE



El tratamiento anaeróbico de los Residuos del Café:

Una alternativa energética para la disminución del impacto ambiental en el sector

memorias



El tratamiento anaeróbico de los Residuos del Café:

**Una alternativa energética para la disminución del
impacto ambiental en el sector**

memorias

elaborado por:

**Ing. Carmen Orozco S.
Ing. Victor R. Cantarero P.
Lic. Juan Francisco Rodríguez M.**

Tabla de contenido:

1	INTRODUCCIÓN	4
2	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	5
3	EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL SEMINARIO	6
4	ALCANCE DE LAS SESIONES PARTICIPATIVAS.	8
5	ACCIONES PREVISTAS	13
6	RECOMENDACIONES	14
7	CONCLUSIONES	16

Anexos:

- 1 Lista de participantes
- 2 Programa
- 3 Esquemas y dibujos elaborados en las sesiones de trabajo
- 4 Sinópsis de las evaluaciones de los participantes



1 INTRODUCCIÓN

Actualmente los países productores de café de la región centroamericana están sufriendo un deterioro acelerado del medio ambiente provocado por la agroindustria cafetalera, principalmente durante el período de cosecha. El problema del beneficiado es generalizado para todos los países participantes de este seminario con la diferencia de que en países como El Salvador y Costa Rica lo es más acentuado ya que se percibe más fuerte la contaminación por las características de los beneficios y por los volúmenes de producción.

Por falta de alternativas eficientes de tratamiento se realizan descargas indiscriminadas de las aguas residuales a los ríos creando grandes problemas a la población además de los olores pestilentes que desprenden las aguas residuales y la pulpa acumulada en las zonas aledañas a los beneficios. Esto implica la imposibilidad de utilizar el agua para el consumo humano o agrícola.

Con la intención de encontrar una respuesta a la problemática antes expuesta el Programa energético del Istmo Centroamericano (PEICCE), proyecto fomentado por la Comunidad Económica Europea, en conjunto con PROMECAFE-IICA y el Instituto del Café (ICAFE) de Costa Rica realizaron el seminario-taller "El tratamiento anaeróbico de los residuos del café: una alternativa energética para la disminución del impacto ambiental".

Este evento se llevó a cabo en el Hotel Cipresal, Heredia, Costa Rica del 6 al 9 de abril de 1992 con el objetivo de dar a conocer las diversas alternativas de tratamiento de los desechos del beneficiado hasta ahora conocidas y transmitir las experiencias prácticas adquiridas por un grupo de investigadores nicaragüenses, quienes apoyados por organismos de cooperación holandesa han desarrollado la tecnología del tratamiento anaeróbico de las aguas residuales del beneficiado y promovido el uso de los desechos sólidos de la actividad cafetalera para ser utilizados como combustible y abono orgánico. Se contó con un total de 17 participantes, provenientes de 8 países (ver anexo 1), 3 expositores invitados y el grupo coordinador.

Las memorias aquí presentadas contienen una síntesis de las actividades desarrolladas durante el seminario-taller, así como los aportes realizados por los participantes. Se incluyen las sugerencias dirigidas a los organismos responsables de la normación y control del medio ambiente y a los Institutos de café, miembros de PROMECAFE para que dirijan sus esfuerzos en la integración de las experiencias prácticas existentes y en la coordinación de las investigaciones a desarrollar, para resolver los problemas de contaminación que ocasiona la agroindustria del café y optimizar los recursos energéticos e hídricos utilizados en esta actividad.



2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La inauguración del evento estuvo a cargo de los organismos patrocinadores PEICCE, PROMECAFE e ICAFE quienes hicieron una breve exposición sobre los objetivos que persigue cada una de las instituciones para resolver la problemática generada en la agroindustria de café. En vista de la creciente crisis energética y la contaminación ambiental que sufre la región centroamericana los organismos involucrados plantearon la necesidad de buscar alternativas donde se incluyan las experiencias prácticas obtenidas en los países participantes en el evento y encontrar tecnologías que permitan obtener un valor económico de los desechos que en la actualidad son considerados fuentes de contaminación del ecosistema.

El evento contó con dos manuales de apoyo elaborados por el grupo de expositores y se desarrolló en 7 sesiones de trabajo, en las cuales se hicieron presentaciones de los temas abajo descritos, se conformaron tres grupos de trabajo con el fin de que se promoviera un intercambio de experiencias de los diferentes países participantes con la posterior presentación en sesión plenaria de los resultados de la discusión de los grupos. Al final del seminario-taller se hizo una sesión para la integración de los temas discutidos. Además se llevó a cabo una visita a las instalaciones del Centro de Investigaciones del Café (CICAFE), a la planta piloto de tratamiento anaeróbico de aguas residuales, recorrido por el laboratorio de aguas residuales; para conocer los trabajos que desarrollan para el tratamiento de los desechos del café.

Las sesiones de trabajo se desarrollaron de acuerdo a la siguiente temática:

- Sesión 1: Efecto contaminante en el beneficiado húmedo del café;
- Sesión 2: Alternativas de tratamiento de los desechos sólidos. Experiencias prácticas en Nicaragua y Costa Rica;
- Sesión 3: Alternativas de tratamiento para las aguas residuales;
- Sesión 4: Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del café. Experiencias prácticas en Nicaragua y Costa Rica;
- Sesión 5: Aspectos de coordinación interinstitucional en Nicaragua y Costa Rica;
- Sesión 6: Discusión de grupos sobre la integración del tratamiento de los desechos de sólidos y líquidos en el proceso de beneficiado;
- Sesión 7: Sesión plenaria. Reporte de trabajos de grupo y discusión.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

3 EVALUACIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL SEMINARIO

Los objetivos propuestos para el seminario-taller consistían en lo siguiente:

- 1 *Efectuar en conjunto con los participantes del evento, un análisis y/o valoración del impacto ambiental causado por el beneficiado húmedo del café.*

La mayoría de los participantes coincidieron en que la problemática causada por el beneficiado húmedo del café en los países productores es similar. Se evaluaron las consecuencias que ha traído la caficultura en los países donde los desechos generados en el beneficiado húmedo del café: las aguas residuales y la pulpa son depositados a la intemperie o en fuentes de agua (ríos, quebradas) contribuyendo al deterioro del medio ambiente y principalmente a los recursos hídricos los que no pueden ser utilizados en actividades agrícolas o domésticas por el alto grado de contaminación.

- 2 *Identificar las posibles variantes que pueden introducirse al beneficiado tradicional que contribuyan a disminuir el efecto de contaminación.*

Se analizaron las diferentes modalidades de beneficiado practicadas en los países participantes y surgió como recomendación introducir el beneficiado en seco en base a la experiencia de El Salvador, técnicas de recirculación de aguas y hacer una separación eficiente de los desechos en las diferentes etapas. Asimismo fue planteada la necesidad de normar la introducción de nuevas maquinarias de beneficiado a los países, tomando en cuenta el aspecto de contribución a la contaminación.

- 3 *Dar a conocer y evaluar las alternativas de tratamiento que pueden ser aplicadas a los desechos sólidos y líquidos del café, sus efectos y consecuencias económicas.*

Por medio de presentaciones de las experiencias prácticas en el tratamiento de los desechos sólidos y líquidos y los aportes de los participantes se concluyó que técnicamente existen alternativas de solución, pero las limitantes que estas presentan para su introducción y aplicación son de carácter socio-económico y a la vez requieren de una evaluación acorde a las características de cada país.

- 4 *Dar a conocer algunos principios del tratamiento anaeróbico de las aguas residuales del café, tecnología que combina la descontaminación con la generación de combustible.*

Para alcanzar este objetivo se realizó una presentación sobre las experiencias prácticas en el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales del café en

El Tratamiento Anaeróbico de los Residuos del Café... Ayuda Memoria - 7

Nicaragua a escala real y en Costa Rica a escala piloto. Además se dieron a conocer los parámetros de control y análisis de laboratorio, microbiología y bioquímica y su importancia en la **generación de energía** y descontaminación como un valor agregado de la producción cafetalera.

4 ALCANCE DE LAS SESIONES PARTICIPATIVAS.

Para lograr un intercambio de experiencias entre los participantes se conformaron tres grupos de trabajo, integrados cada uno por miembros de diferentes países. En la sesión de integración de las discusiones de grupo se propusieron las siguientes preguntas para que sirvieran de base para el trabajo:

- 1 *¿Cuáles son los daños ocasionados al medio ambiente y/o poblaciones, por los desechos del beneficiado de café en su país?*

Los problemas ocasionados por los desechos industriales del café son semejantes en los países productores, dependiendo su magnitud de las características locales. Se señalaron concretamente, los siguientes efectos adversos, los que al mismo tiempo se sabe que son crecientes:

Problemas por la pulpa:

- * Contaminación de las fuentes de agua (lagos, lagunas, ríos, arroyos, pozos, aguas subterráneas) y suelos;
- * Proliferación de insectos dañinos (enfermedades gastro-intestinales);
- * Daños a la flora y fauna;
- * Malos olores en el medio ambiente;
- * Diseminación de la broca del fruto del cafeto;
- * Medio insalubre para el que maneja la pulpa (alergias, dermatosis, etc.)

Problemas por las aguas residuales:

- * Contaminación de fuentes de agua y de suelos (daños a la vida acuática, inutilización y/o reducción alarmante del agua para usos domésticos, industriales y agrícolas, daños a la estabilidad del suelo);
- * Malos olores;
- * Pérdidas económicas a la ganadería (abortos, intoxicaciones);
- * Proliferación de moscas y zancudos;
- * Insalubridad (incremento de la mortalidad infantil, enfermedades gastro-intestinales, oculares y dérmicas);
- * Daños materiales (obstrucción de tuberías, corrosión de equipos);
- * Daños a la flora y fauna acuáticas (eliminación de la vida acuática, afectando la pesca artesanal).

En casos, donde la pulpa es descargada junto con el agua (Panamá); el problema



es casi permanente porque es más prolongado el período de degradación.

2 *¿Qué experiencia práctica tiene o conoce sobre el tratamiento de esos desechos en su país?*

Experiencias con desechos sólidos:

La mayoría de los países coincidieron en afirmar que son ampliamente conocidos los usos que se pueden dar a la pulpa y cascarilla. Sin embargo, en el caso de la pulpa, no ha sido suficientemente difundida su aplicación práctica; la cascarilla no constituye un problema y por el contrario es utilizada como una fuente energética en el proceso de secado del grano.

Los usos que en general se da a la pulpa en los diferentes países son:

- * Abono orgánico para utilización en viveros y en fincas en producción (utilizando cal para control de malos olores y aceleración del proceso de descomposición) por medio de:
 - compostaje en aboneras;
 - descomposición natural en los cafetales o en áreas cercanas a los mismos;
 - disposición en fosas, para posterior descomposición;
 - producción de hongos comestibles (en Costa Rica a nivel de laboratorio, en México a nivel comercial);
 - lombricultura a nivel de laboratorio en Costa Rica.
- * Alimentación animal (ensilada o seca para ganado vacuno en pequeñas cantidades, elaborada como concentrado)
- * Control de malezas (pequeñas cantidades)
- * Como combustible (deshidratada y utilizada para la generación de calor en calderines y calderas)
 - secada al sol;
 - secada mecánicamente.

Experiencias con desechos líquidos:

Con los desechos líquidos, se ha tratado en todos los países, de causar el menor daño posible, sin embargo no se puede afirmar que estas acciones (medidas provisionales) implique un sistema de tratamiento, entre ellas tenemos:

- * Lagunas de filtración y evaporación;

- * Fosas anaeróbicas;
- * Tanques de sedimentación primaria;
- * Sistemas físico-químicos (adición de cal, sulfato de aluminio);
- * Irrigación en campos de labranza;
- * Lagunas de oxidación;
- * Reactor metanogénico a escala piloto (2.2 m³/día), en Guatemala en conjunto con ICAITI; no fue considerada como una buena alternativa de solución debido al costo de equipos y operación del mismo;
- * Sistemas varios de inyección de aire a presión (presurización);
- * Disposición conjunta con la pulpa en fosas naturales.

3 *¿Qué modificaciones se pueden introducir en el proceso de beneficiado actual para disminuir el efecto contaminante de los desechos, tomando en cuenta la escala del beneficio sin deterioro a la calidad del grano?*

Se identificaron modificaciones que es posible introducir en el proceso de beneficiado tradicional, las cuales pueden contribuir a eliminar y/o disminuir sustancialmente la contaminación en algunas etapas del mismo. Esto es partiendo de experiencias prácticas, implementadas principalmente en El Salvador. Evidentemente las modificaciones serán acordes con la escala del beneficio, tomando como punto de partida la disminución en los caudales de agua utilizados. Las modificaciones que se propusieron fueron las siguientes:

- * Cambio en el sistema de recibo del café en las plantas existentes: recibo en seco. Para las nuevas instalaciones, incluir este aspecto en el diseño;
- * Implementar el despulpado en seco, con la adaptación necesaria de la maquinaria para este fin;
- * Recirculación de aguas de despulpado y de lavado por separado;
- * Establecer una eficiente e inmediata separación pulpa-agua;
- * Transporte no hidráulico de la pulpa, por medio de tornillos helicoidales o bandas sinfín;
- * Efectuar una disposición final adecuada de la pulpa;
- * Eliminación del mucílago en forma mecánica, cuando la escala del beneficio lo permita. Esto deberá ir acompañado de un sistema de secado inmediato;
- * Implementar, en la medida de lo posible pequeños sifones para el espumado;



- * En beneficios pequeños realizar el lavado del grano en las mismas pilas de fermentación (práctica en Honduras);
- * Eliminar la práctica de lavar el café en quebradas y/o ríos.

Dentro de las respuestas surgidas de los grupos, se presentaron esquemas de modificaciones, los cuales se presentan en el anexo 3.

4 *¿Cuál es su valoración de la integración de un sistema de tratamiento de desechos al proceso de beneficiado?*

Se identificaron primero los antecedentes que tiene la problemática de contaminación por el beneficiado húmedo del café de la manera siguiente:

- * El beneficiado del café es una industria de alto riesgo ambiental;
- * El auge del movimiento ecologista tarde o temprano, obligará a las autoridades competentes a ejercer un control estricto de los desechos contaminantes;
- * Cada día es más necesario reducir el consumo de agua en los beneficios y tratar eficientemente las aguas residuales con el fin de poder darles reuso;
- * Un sistema de tratamiento para los desechos del café, no debe constituir una carga económica para el productor y beneficiador.

Dentro de este contexto, se llegó a la conclusión de que se debe considerar el beneficiado del café como un sistema integral que incluya: recibo, despulpado, secamiento, y tratamiento de los desechos. Evidentemente no podrá funcionar si le falta uno de estos elementos.

Por otro lado, en la medida en que se logre esta integración, se estarán disminuyendo costos de los sistemas de tratamiento.

Un papel importante juegan las autoridades respectivas, mediante el establecimiento de normas y sanciones de tipo económico, tendientes a controlar los problemas de contaminación al medio ambiente.

5 *¿Hasta que punto y de que manera puede el tratamiento de los desechos de café contribuir a la generación de energía, disminuyendo así la deforestación y los costos energéticos del beneficiado?*

Se dieron las respuestas siguientes:

- * La pulpa de café y la cascarilla pueden contribuir en una gran porción a

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

satisfacer las necesidades energéticas en los beneficios. Con un mejoramiento en los sistemas de generación de calor se podría optimizar el proceso de combustión de estos desechos. Estos pueden llegar a satisfacer las necesidades de energía hasta en un 75 %, para el secamiento;

- * Se propusieron dos alternativas para el uso de estos desechos como combustibles: Utilizando la cascarilla sola o bien mezclada con pulpa de café en proporciones de 40 a 50% de pulpa por 60 a 50% de cascarilla. Para la segunda opción se ha observado que disminuye la eficiencia de combustión si no se hace un secado correcto de la pulpa;
- * La digestión anaeróbica de los residuos líquidos del café (aguas residuales y jugo de pulpa) genera biogás, que puede sustituir la leña para usos domésticos, el diesel en motores y otros combustibles utilizados en actividades agroindustriales. Cuando se utilicen sistemas anaerobios, deberá evaluarse las posibilidades de utilización en el secado del grano.

6 *¿Cuáles son las posibilidades reales de aplicación de sistemas de tratamiento anaerobio para aguas residuales de café?
¿Dónde? ¿Con qué tipo de productores?*

Los participantes manifestaron lo siguiente:

- * Si antes no se implementan reformas en el sistema de beneficiado actual, resulta mas difícil desde el punto de vista económico la aplicación de sistemas anaeróbicos. Sin embargo es una opción que puede desarrollarse a corto y mediano plazo en beneficios descentralizados (con producciones de café hasta 5000 quintales oro). Para las condiciones de centrales de beneficio, deberá elegirse muy bien cuales residuos queremos tratar, en un sistema anaerobio mejorado (calefacción de las aguas a tratar para elevar la eficiencia);
- * Una de las limitantes observadas por los participantes es el costo de los sistemas anaeróbicos, su operación requiere personal calificado y su arranque puede tomar un tiempo comparable al período de beneficiado. A este respecto se sugirieron las siguientes estrategias para aumentar las posibilidades de implementación de reactores anaeróbicos:
 - **Facilidades crediticias** para la construcción;
 - **Ayuda Internacional**, condicionada a la protección ambiental;
 - **Estructura legal** que incluyan sanciones legales fuertes. Incentivos fiscales para la aplicación de los sistemas.



5 ACCIONES PREVISTAS

Las acciones a desarrollar en los países participantes se describen a continuación:

GUATEMALA:

A mediano plazo se propone la construcción de un beneficio que trabaje en un 85% en seco, evaluando si tiene incidencia en la calidad del café. Además se contempla la construcción de un reactor anaeróbico a escala piloto, por parte de ANACAFE.

HONDURAS:

Está incluido en una planificación, la implementación de un sistema de tratamiento anaerobio en la finca de un productor luego de la identificación de una zona de prioridad (Ciudad Marcal, Departamento de La Paz).

COSTA RICA:

Se propone en un período de cinco años (a partir de la cosecha 92-93), reducir la contaminación de las aguas, generada por la industrialización del café en todo el país en un 80 % (Ver documento "Estudio del manejo de los efluentes líquidos del beneficiado del café en El Salvador y México").

ORGANISMOS REGIONALES:

Por parte de los organismos regionales organizadores del evento PEICCE y PROMECAFE se manifestó la necesidad de divulgar las experiencias en el tratamiento de los desechos del beneficiado de café, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y buscar alternativas a la crisis energética que vive la región.

PEICCE ofreció su apoyo para promover la transferencia de la tecnología del tratamiento anaeróbico para su aplicación práctica. Colaborar con las iniciativas de grupos interesados en implementar sistemas de tratamiento que incluyan la generación de energía, financiando estudios de factibilidad, ingeniería de proyectos y capacitación del personal local.

6 RECOMENDACIONES

Después de las discusión sostenida en los grupos de trabajos surgieron las siguientes recomendaciones:

- * Que en los países productores de café se realicen estudios que establezcan la situación actual del beneficiado (capacidad de operación instalada, demanda de energía, consumo de combustible, tipo de maquinaria y equipo, nivel tecnológico, fuentes y consumo de agua, mano de obra empleada, etc.) y de los desechos del café (cantidades producidas, técnicas de tratamiento, utilización práctica, investigación en marcha etc.);
- * Realizar estudios de factibilidad para la introducción de nuevas tecnologías ó modificaciones a las existentes y que se consideren las condiciones propias de cada sitio y se analicen diferentes alternativas;
- * Para la construcción de los nuevos beneficios de café es necesario que se realice y se norme un estudio de **Impacto ambiental** para determinar el grado de afectación al medio ambiente;
- * Es indispensable una normación de control de la contaminación para la protección del medio ambiente;
- * Se debe de tomar en cuenta las instituciones especializadas en investigaciones del café, para la elaboración de leyes de protección ambiental;
- * Es necesario que exista regulación en la construcción de nuevos beneficios en los que se incluyan sistemas de tratamientos de los desechos;
- * El mejoramiento de la eficiencia del beneficiado, en los aspectos administrativos y de proceso, haría más visible el desarrollo de sistemas integrales de tratamiento de desechos;
- * Dedicar esfuerzos para mejorar los sistemas de combustión de biomasa en beneficios de café;
- * Promover el uso de desechos sólidos del café como combustible en el secado del grano para reducir costos, ahorrar leña y combustible fósiles;
- * Se propone la realización de estudios a mediano y largo plazo de tecnologías que permitan disminuir la contaminación y obtener energía las cuales arrojen resultados que sean tanto técnica como económicamente factible;
- * Controlar la adquisición de maquinarias cumpliendo con los requerimientos de cada país;
- * Debido a los altos costos de los materiales de construcción y de empaque que actualmente se utilizan en los digestores anaeróbicos se requiere investigar otros materiales con el objetivo de minimizar las inversión;
- * Que los institutos de investigación dediquen esfuerzos en la aplicación de la



ingeniería industrial,(administración, producción, tiempos, movimientos e investigación de operaciones) de la ingeniería química (principios de operación unitaria y cinética de procesos) y las demás ramas de la ingeniería en el beneficiado a fin de reducir costos y mejorar rendimientos;

- * Los sistemas integrales de tratamientos de desechos del café, deberán significar un uso racional de los recursos en el beneficiado;
- * Existen soluciones técnicas para productores con pequeños beneficios que pueden ser implementadas de inmediato:
 - Limpieza del café en cereza, separando piedras y objetos extraños que puedan dañar los pulpero;
 - Prohibir la práctica de lavar el café en quebradas y ríos;
 - Fomentar la construcción y uso de las fosas para la disposición de las aguas mieles.

7 CONCLUSIONES

- 1 En base a las manifestaciones de los participantes en el seminario-taller deducimos que la problemática de degradación del medio ambiente por la agroindustria del café es generalizada en todos los países productores de este rubro.
- 2 Es de vital importancia que en los países productores de café exista una legislación ambiental que permita desarrollar acciones para el tratamiento de los desechos de la industria cafetalera.
En la formulación y ejecución de las leyes es necesario que se encuentren representada los sectores generadores de la contaminación (productores, beneficiadores e institutos rectores de la actividad cafetalera) y las instituciones normadoras y protectoras de la salud y el medio ambiente, autoridades locales y representante de los sectores afectados (Ministerio de salud, Recursos Naturales, Acueductos y Alcantarillado, alcaldías, etc).
- 3 Es necesario considerar para el futuro que los sistemas de tratamiento de los desechos son parte integral de los beneficios. En este sentido es responsabilidad de los institutos de investigación del café hacer los estudios correspondientes para las modificaciones a las instalaciones del beneficio húmedo que permitan hacer un menor uso de agua para las labores del despulpado y lavado haciendo uso de técnicas de despulpado en seco, la recirculación de aguas y separación eficiente de los desechos e incluir los sistemas de tratamiento de las aguas residuales para la descontaminación y generación de energía.
- 4 Se deben de aprovechar las experiencias existentes e integrar los esfuerzos e investigaciones en cada uno de los países miembros de PROMECAFE. Este organismo a corto y mediano plazo debe de considerarse como el coordinador y ejecutor de las acciones antes mencionadas. Es conveniente que este organismo tome en cuenta la recomendación planteada por los participantes de contar con un inventario de la situación actual del beneficiado a nivel de la región, que esté disponible la información sobre los trabajos de investigación y de las experiencias prácticas para evitar duplicidad de esfuerzos y por otra parte acelerar la implementación de alternativas de tratamiento.
- 5 Existe suficiente conocimiento en lo que respecta al uso de la pulpa como abono orgánico y alimentación de ganado. El problema principal es que no ha sido posible que los productores pongan en uso los conocimientos técnicamente factibles, esto se debe generalmente por la falta de educación y concientización a los productores de parte de las entidades encargadas de la transferencia de tecnología.
- 6 Por los costos de aplicación de los sistemas de tratamiento anaeróbico de aguas residuales se estima que estos no pueden ser considerados como una alternativa para beneficios que procesan grandes volúmenes de café, por lo que se requiere darle un valor a la contaminación que estos generan y a la utilidad que de esta

se pueda obtener (El biogas que se genera es un subproducto de la descontaminación que puede ser utilizado como recurso energético en el secado, la salud de la población mejora notablemente y se evita el deterioro del medio ambiente).

- 7 Por la situación de crisis actual que pasan los países productores de café, debido a los precios bajos del grano, difícilmente un productor o beneficiador está en la capacidad económica de asumir totalmente los costos de un sistema de tratamiento, por lo que se hace necesaria la creación de programas regionales o paquetes tecnológicos que cuenten con la ayuda indispensable de organismos internacionales financieros, interesados en la preservación del medio ambiente y en la generación de fuentes alternas de energía.
- 8 Consideramos que la tecnología del tratamiento anaeróbico de aguas residuales del café requiere ser divulgada y transferida, por medio de seminarios y cursos más específicos sobre la temática, construcción de plantas piloto con su respectiva puesta en marcha.
- 9 Finalmente, debe de hacerse uso de los adelantos en el campo de la biotecnología para encontrar otros usos a los subproductos del café (producción de pectinas, por medio del aprovechamiento del mucílago, la utilización de la cafeína, a partir de la pulpa, para darle un uso industrial, etc).
- 10 Para los futuros eventos con esta temática se requiere de mayor tiempo para poder profundizar en los temas expuestos.

ANEXO 1:

Seminario-Taller:

**"El tratamiento anaerobio de los residuos del café:
una alternativa energética para
la disminución del impacto ambiental en el sector"**

Costa Rica, 6-9 de Abril - PROMECAFE - PEICCE - ICAFE

Lista de participantes

Expositores

Victor R. Cantarero, Nicaragua
PEICCE
Ing. Agr., Consultor
Apdo. 217, Matagalpa
Tel: (505)61-2087; Fax: (505)61-2458

Carmen Orozco S., Nicaragua
PEICCE
Ing. Civil, Consultor
Apdo. 217, Matagalpa
Tel: (505)61-2087; Fax: (505)61-2458

Juan Fco. Rodríguez, Nicaragua
PEICCE
Lic. Ecólogo, Consultor
Apdo. 217, Matagalpa
Tel: (505)61-2087; Fax: (505)61-2458

Organización

Sergio Obando, Costa Rica
PEICCE
Ing. Agr., Asesor
Apdo 1215-2050 San José. 300 sur y 25 este de
Automercado Los Yoses
Tel: (506)53-6551; Fax: (506)53-3054

Expositores invitados

Albino Rodríguez S., Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Químico Oficial
San Pedro Barva, Heredia
Tel: (506)60-1875; Fax: (506)37-1975

Martín Montero H., Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Ing. Agr. Investigador
San Pedro Barva, Heredia
Tel: (506)60-1875; Fax: (506)37-1975

Rolando Vásquez, Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Ing. Agr. Investigador
San Pedro Barva, Heredia
Tel: (506)60-1875; Fax: (506)37-1975

Gerardo Hidalgo U., Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Jefe Centro de Investigaciones en Café
Apdo 37-1000 San José
Tel: (506)60-1929; Fax: (506)37-1975

Ana Lorena Arias Z., Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Ing. Civil
San Pedro Barva, Heredia
Tel: (506)60-1875; Fax: (506)37-1975

Participantes:

Jorge E. Ramírez C., Costa Rica
ICAFE - CICAPE
Técnico en Química
San Pedro Barva, Heredia
Tel: (506)60-1875; Fax: (506)37-1975

Juan Ernesto Guerrero Mendoza, El Salvador
Consejo Salvadoreño del Café
Analista técnico
Paseo General Escalón No. 5430, San Salvador
Tel: 23-6633 y 98-1043; Fax: 23-8485

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Jorge Gerardo Lardé G., El Salvador
Fundación Salvadoreña para Invetaciones en
Café
Ing. investigador
Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador
Tel: 28-0490; Fax: 28-0694

Victor Eduardo Mencia, El Salvador
PROCAFE - RSIC
Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador
28-0490
Tel: 28-0694; Fax:

Augusto César Zepeda R., Nicaragua
CONCAFE
Técnico Unidad facilitadora Proyecto Renovación
de Cafetales
Gallo y Villa Sur, 150 Vrs. al lago, Managua
Tel: (505)-2-666506; Fax: (505)-2-666500

Erik René Guerrero S., Guatemala
ANACAFE
Asistente Técn. de Beneficios y Control de Cali-
dad
5. Nivel Ed. Plazuela España, Zona 9
Tel: 355137; Fax: 347854

Adolfo Valdemar Barrios O., Guatemala
ANACAFE
Asistente Técn. de Beneficios proyecto AID/ANA-
CAFE
5. Nivel Ed. Plazuela España, Zona 9
Tel: 355137; Fax: 347854

Eddie Estuardo García V., Guatemala
ANACAFE
Coordinador de Beneficios proyecto AID/ANACA-
FE
5. Nivel Ed. Plazuela España, Zona 9
Tel: 355137; Fax: 347854

Georges Op den Bosch, Guatemala
ANACAFE
Asesor proyecto AID/ANACAFE
5. Nivel Ed. Plazuela España, Zona 9
Tel: 355137; Fax: 347854

Jorge Aníbal López, Honduras
Instituto Hondureño del Café, INCAFE
Extensionista Pgr. de Beneficiado
Santa Bárbara S.B.
Tel: 642021; Fax:

Francisco A. Oseguera, Honduras
Instituto Hondureño del Café, INCAFE
Coordinador Pgr. de Beneficiado
Centro de Investigación y Capacitacion Dr. Jesús
A. Paz, La Fe, Ilama, Santa Bárbara S.B.
Tel: 373130; Fax:

Salomón Ortega R., Honduras
Instituto Hondureño del Café, INCAFE
Agente de Extensión
Edif. Banco Altántida frente a Plaza Morazán,
Tegucigalpa
Tel: 373138; Fax:

Juan Carlos Figueroa, Panamá
Asociación de Cafetaleros Boaueteños
Control de Recibo de Café
Palmira Boquete, Chiriauí
Tel: 70-1252; Fax: 70-1661

Marcelino Hurtado P., Panamá
Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Técnico en Café
Boquete, Chirquí
Tel: 70-1349; Fax:

Francisco A. Estrella M., Sto. Domingo
Inter-regional de Café, Zona "A", Santiago
Secretaria de Estado de Agricultura. Centro de
los Heroes Sto. Dgo
Tel: 583-5739; Fax:

ANEXO 2:

Seminario-Taller:

**"El tratamiento anaerobio de los residuos del café:
una alternativa energética para
la disminución del impacto ambiental en el sector"**

Costa Rica, 6-9 de Abril - PROMECAFE - PEICCE - ICAFE

Programa

Lunes 6 de abril

- | | |
|----------|---|
| 8:00 AM | Inauguración.
(Estarán presentes: representantes de PROMECAFE, PEICCE e ICAFE) |
| 8:30 AM | SESIÓN 1: EFECTO CONTAMINANTE EN EL BENEFICIADO HÚMEDO-
DEL CAFÉ.

PARTE 1: Concepto de la contaminación; Uso de agua en el beneficia-
do; Caracterización de contaminación en beneficios descen-
tralizados
Expositor: Ing. Victor Cantarero P. |
| 9:15 AM | PARTE 2: Caracterización de contaminación en beneficios centralizados:
El efecto del escalamiento.
Expositor: Ing. Rolando Vásquez (CICAFE) |
| 10:00 AM | Café |
| 10:45 AM | Discusión en grupos |
| 12:00 AM | Almuerzo |
| 1:30 PM | SESIÓN 2: ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS.

PARTE 1: Alternativas de tratamiento para la pulpa del café: Una
Revisión de experiencias en la región centroamericana
Expositores: Lic. Juan Fco. Rodríguez
Ing. Víctor R. Cantarero |

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

- 3:30 PM **PARTE 5:** Aspectos de Coordinación Interinstitucional en Costa Rica
Expositor: Ing. Gerardo Hidalgo (CICAFE)
- PARTE 6:** Experiencias con la Coordinación interinstitucional en Nicaragua
Expositor: Ing. Carmen Orozco S.
- 4:15 PM **PARTE 7:** Discusión plenaria sobre el tema.
- 5:30 PM Traslado al Hotel
- 6:00 PM Cena
- 7:30 PM **PARTE 8:** Experiencia práctica en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del café en Nicaragua.
Expositor: Ing. Carmen Orozco y/o Ing. Víctor Cantarero P.
- 8:15 PM **PARTE 9:** Experiencias en la construcción de la planta del CICAFE.
Expositor: Ing. Ana Lorena Arias (CICAFE)

miércoles 8 de Abril:

- 8:30 AM **SESIÓN 4: TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAFÉ**
- PARTE 1:** Principios básicos del tratamiento anaeróbico: Microbiología y bioquímica
Expositor: Carmen Orozco
- 10:00 AM Café
- 10:30 AM **PARTE 2:** Parámetros de control y análisis de laboratorio: Balance de DQO en el proceso
Expositor: Ing. Víctor Cantarero P.
- 12:00 AM Almuerzo
- 1:30 PM Ejercicios y ejemplos de cálculo



- 2:30 PM **PARTE 3:** Parámetros de control y análisis de laboratorio: Caracterización de lodo
Expositor: Ing. Víctor Cantarero
- 4:00 PM Ejercicio de cálculo para montar un ensayo de actividad metanogénica.
- 6:00 PM Cena
- 7:30 PM Variantes al proceso, y aspectos de diseño y construcción
Expositor: Ing. Carmen Orozco S.

Jueves 9 de Abril:

- 8:30 AM **SESIÓN 5: INTEGRACIÓN**
- PARTE 1:** Discusión de grupos sobre la integración del tratamiento de los desechos de sólidos y líquidos en el proceso de beneficiado. Trabajo de grupos, por medio de preguntas.
- 12:30 PM Almuerzo
- 2:00 PM **PARTE 2:** Sesión plenaria: Reporte de trabajos de grupo y discusión.
- 3:30 PM Clausura



ANEXO 3: Esquemas y dibujos elaborados en las sesiones de trabajo

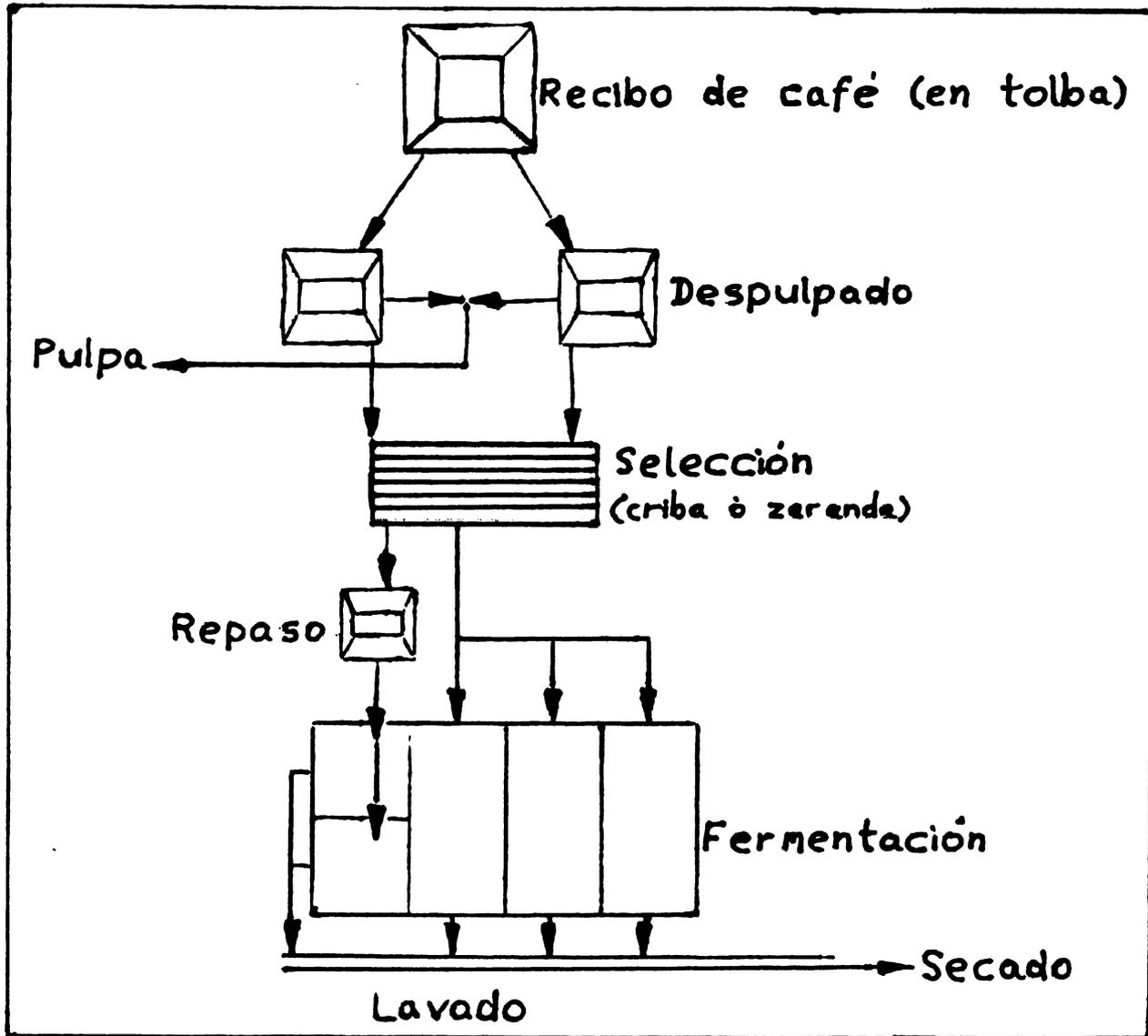


Figura 6 Ejemplo del beneficiado húmedo tradicional

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

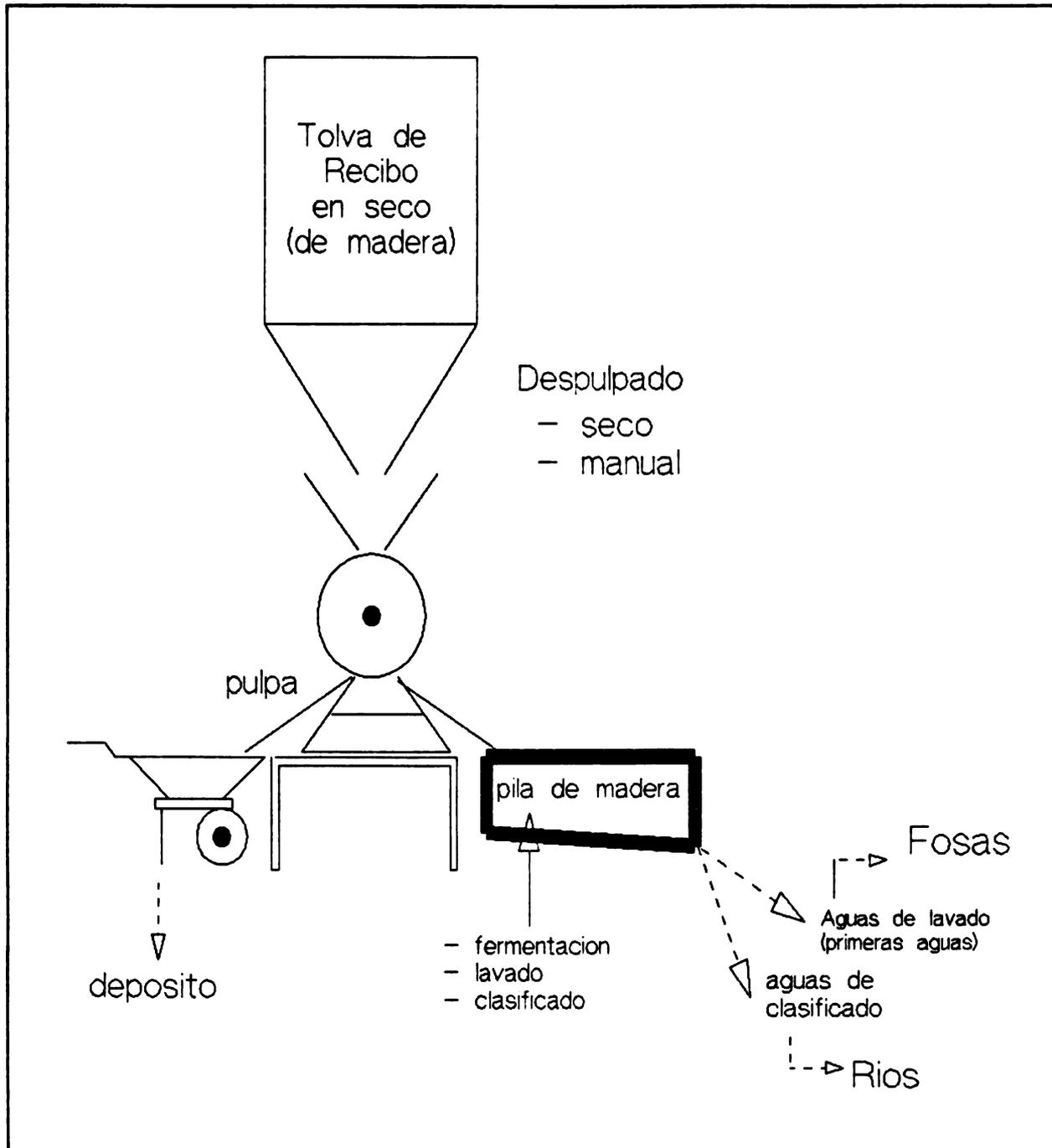


Figura 2 Beneficio modelo de madera y sistema integral de depósito de desechos (experiencias de Honduras)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

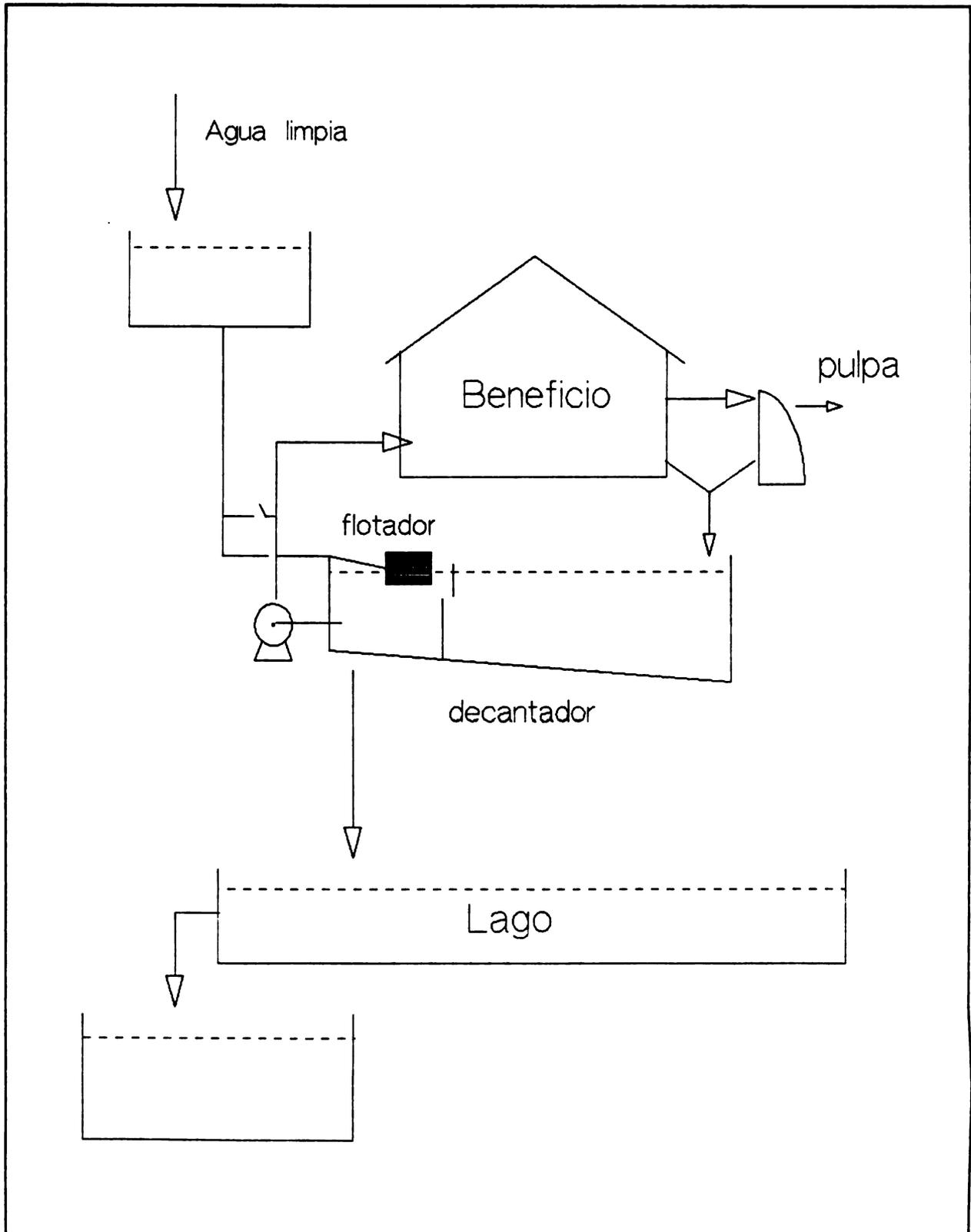


Figura 3 Propuesta para sistema integral de recirculación y deposición de los desechos(J. Op del Bosch)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

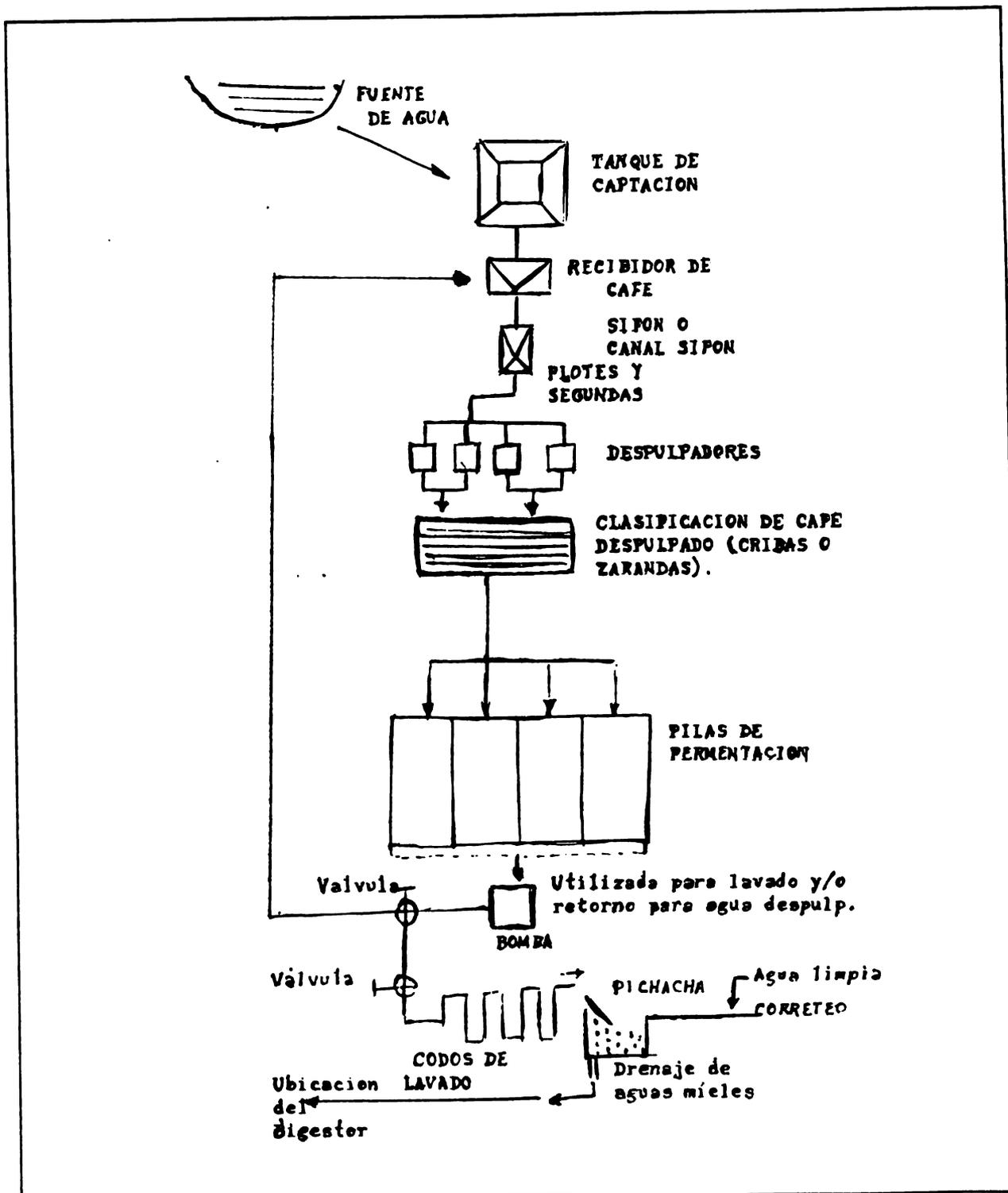


Figura 4 Beneficio modelo para medianos productores, con su sistema de recirculación, deposición y tratamiento de desechos (experiencias y propuestas de Guatemala)



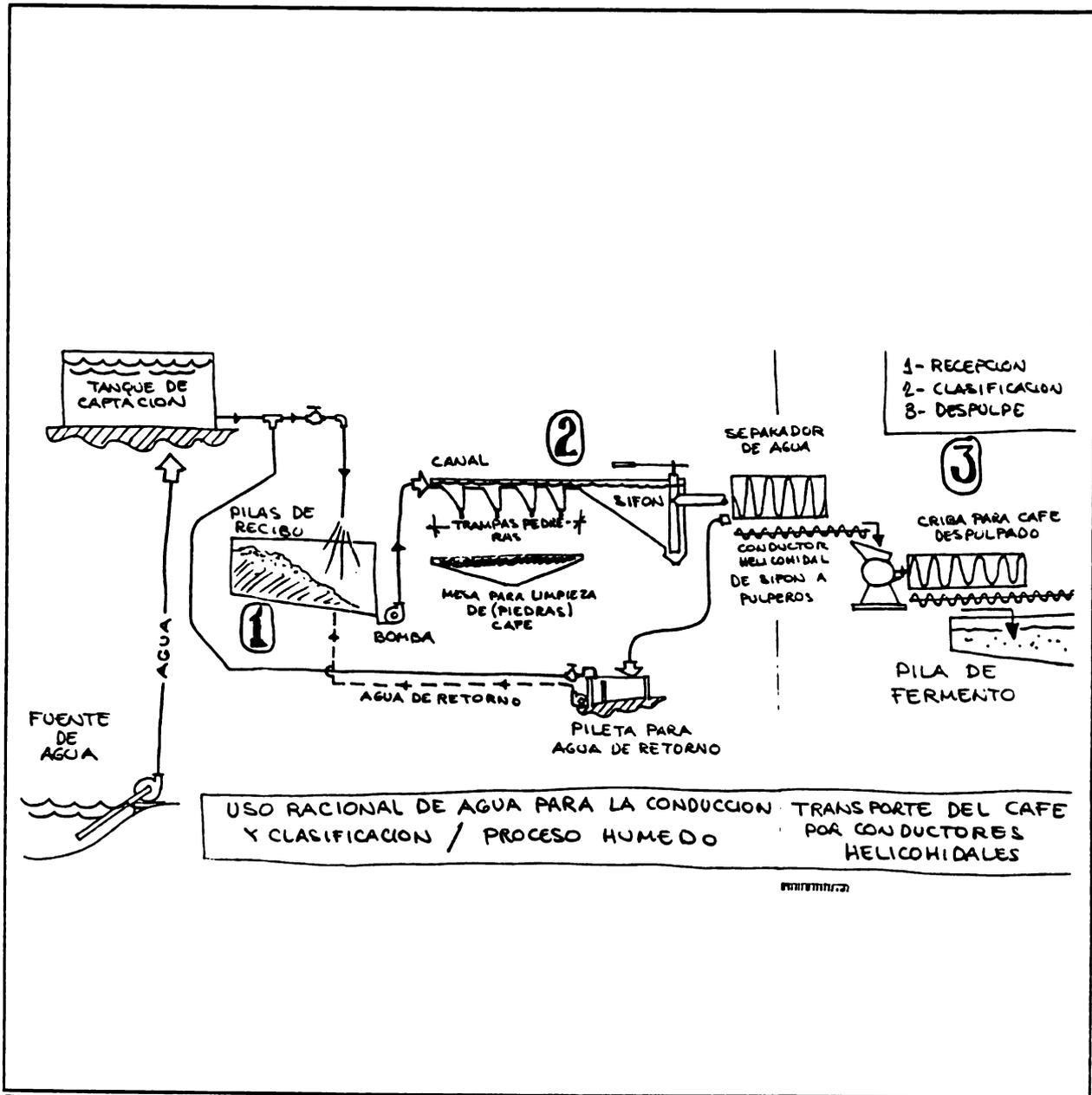


Figura 5 Esquema de recirculación de aguas (experiencias de El Salvador)

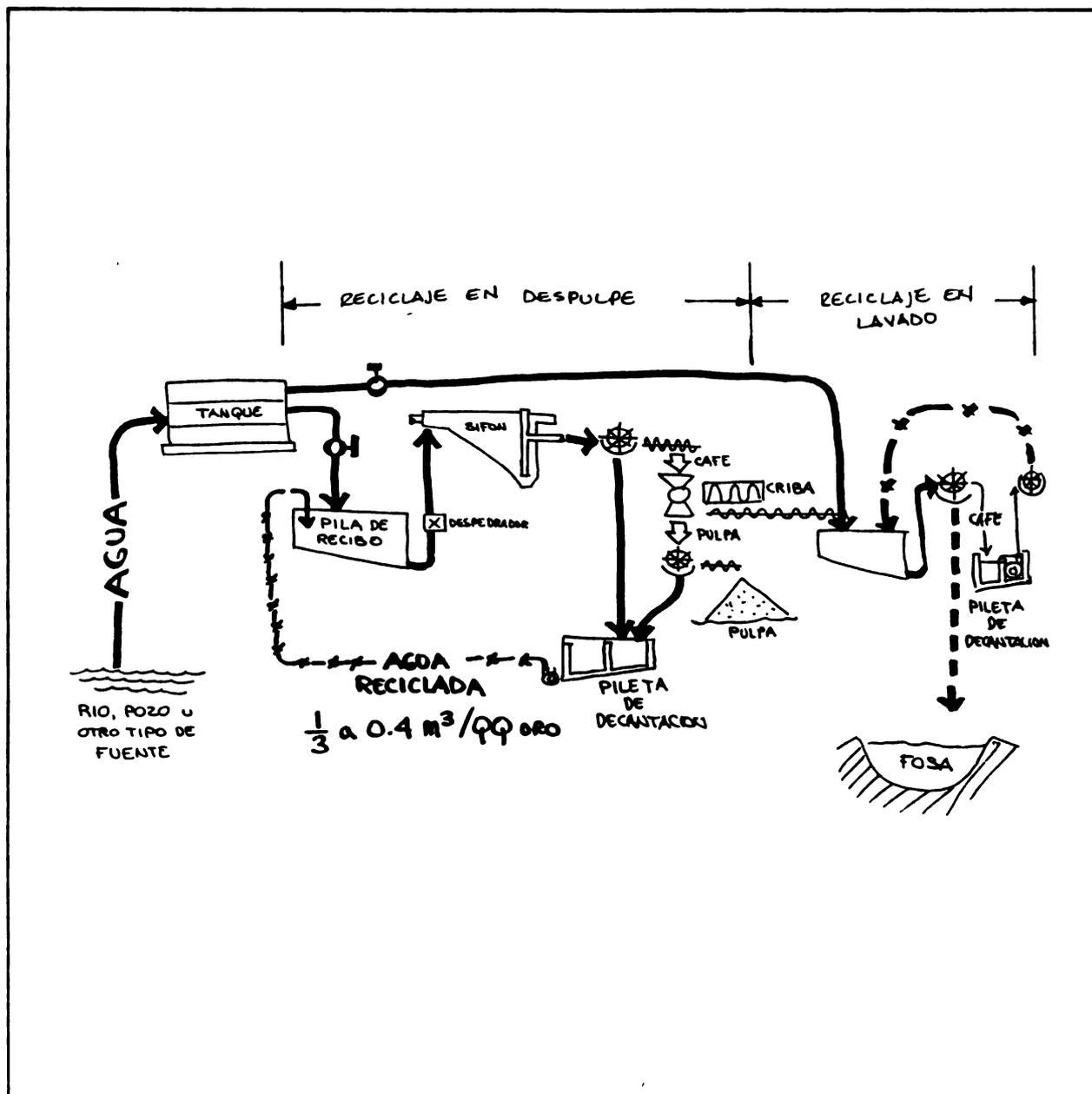


Figura 6 Propuesta para el reciclaje de agua en la primera etapa del beneficiado húmedo (El Salvador)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

ANEXO 4: Sinópsis de las evaluaciones de los participantes

De acuerdo a la evaluación de los participantes podemos concluir que la mayoría de los temas expuestos generaron interés y fué lo suficientemente claro. Las observaciones generales manifestada por ellos se resume de la siguiente manera:

- Se necesitaba remarcar que este era un seminario sobre tratamiento anaeróbico para no entrar en otros aspectos, que si bien podían mencionarse no constituían el motivo de la reunión;
- Generar un esfuerzo internacional para hacer una realidad de los problemas que se están presentando;
- Apoyamos la investigación de alternativas, **es ahora y no cuando sea demasiado tarde cuando se debe actuar;**
- Promover más la integración de los países, para la investigación conjunta y compartir experiencias;
- Se requiere en la parte de la microbiología, parámetros y cálculos, que estos sean más resumidos y de conceptos básicos unicamente, porque el interés está en el funcionamiento y aplicabilidad y no en un control que para los participantes es algo secundario;
- Que los temas contemplados se les de más tiempo para abordarlo con mayor profundidad;
- Respetar horario de trabajo, programa recargado para participantes y expositores, hotel aislado;
- Horario nocturno recargado, hotel más cerca de la ciudad;
- El curso lo consideré muy interesante, pero para los temas tratado se necesita de más tiempo;
- Felicitamos a las organizadores y conferencistas;
- En vista de lo confuso del ejercicio de cálculo hay que integrarlo en la ayuda memoria.

SESIONES DE TRABAJO

PARAMETROS	Efecto cont. en beneficiado	Experiencias con pulpa	Coordinación interinstitucional	Ejercicios de cálculos	Integración	Sesión plenaria
DE INTERES	15/17	13/17	12/17	3/17	14/17	14/17
NO DE INTERES	0/17	0/17	0/17	2/17	0/17	0/17
NO CONTEST.	2/17	4/17	5/17	12/17	3/17	3/17
CLARO	9/17	9/17	10/17	2/17	5/17	7/17
CONFUSO	1/17	0/17	0/17	12/17	0/17	0/17
NO CONTEST.	7/17	8/17	7/17	4/17	12/17	10/17

ASPECTO GENERAL

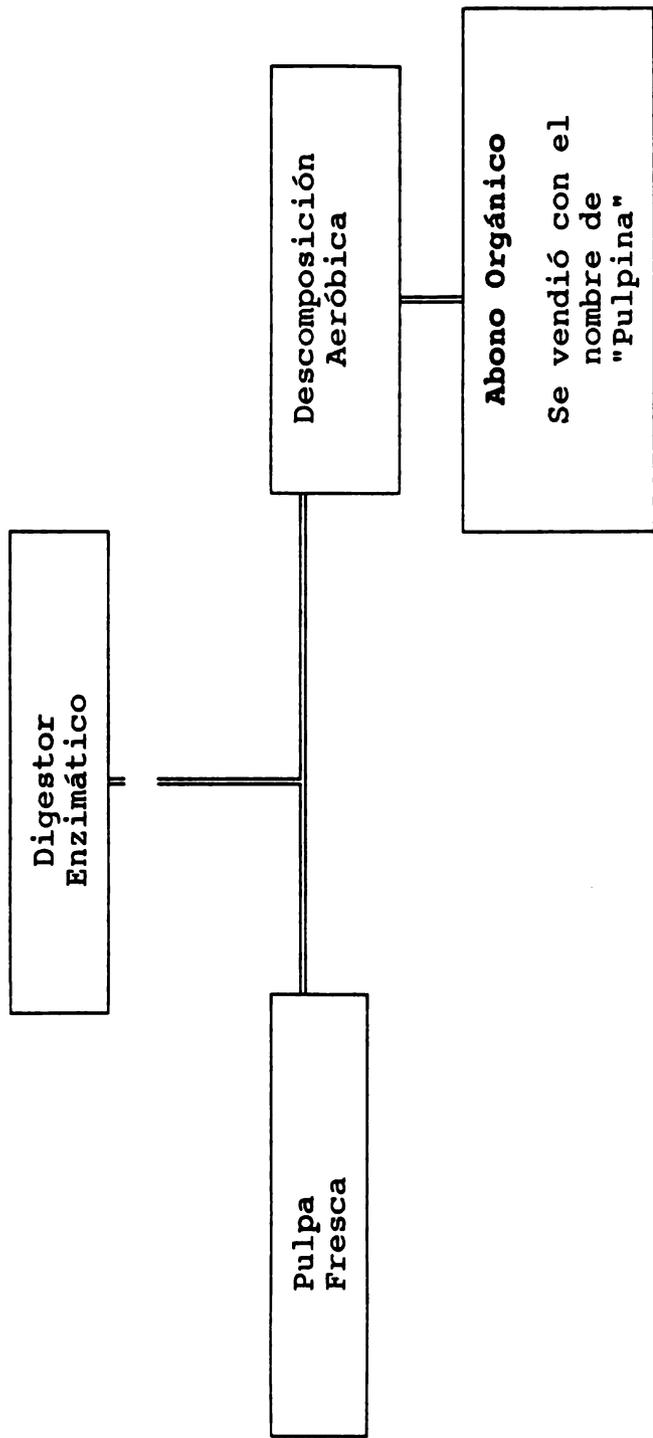
PARAMETROS	Manual didáctico	Manual de referencia	Organización y logística	Salas de conferencia	Hotel	Comidas
DE INTERES	10/17	12/17	12/17			
NO DE INTERES	0/17	0/17	0/17			
NO CONTEST.	7/17	5/17	5/17			
CLARO	13/17	9/17	7/17			
CONFUSO	0/17	1/17	1/17			
NO CONTEST.	4/17	7/17	9/17			

Presentaciones

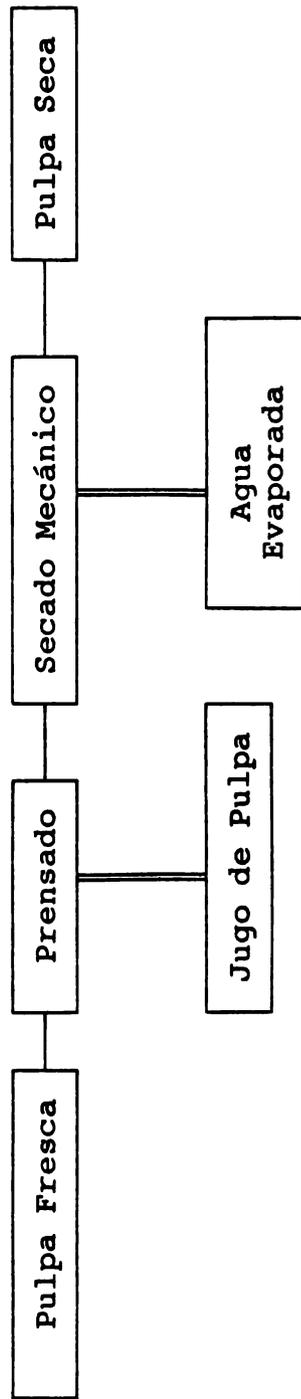
PARAMETROS	Efecto cont. en beneficiado	Alternativas con des. sólidos	Alternativas para aguas res.	Exp. práct. con trata. anaerobio	Tratamiento anaerobio	Coordinación interinstitucional
DE INTERES	15/17	15/17	11/17	10/17	11/17	11/17
NO DE INTERES	0/17	0/17	0/17	1/17	1/17	0/17
NO CONTEST.	2/17	2/17	6/17	5/17	5/17	6/17
CLARO	10/17	10/17	11/17	9/17	7/17	11/17
CONFUSO	0/17	0/17	1/17	3/17	2/17	1/17
NO CONTEST.	7/17	7/17	5/17	5/17	8/17	5/17

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Ejemplo de un beneficio de café MECAFE, Nejapa, El Salvador



Ejemplo del beneficio de café San Antonio, El Salvador



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

PROBLEMAS CON RESPECTO A DETERMINACION DE PARAMETROS

- 1 Un ensayo para la determinación de la actividad metanogénica AME se realizó de la siguiente manera:

Lodo a analizar: lodo de un reactor FAFA.

El reactor en caso produjo una cantidad de gas de $1.2 \text{ m}^3/\text{m}^3_{\text{R}}\cdot\text{día}$ con 75% CH_4

Medio de alimentos: $100 \text{ gDQO}_{\text{AGV}}/\text{l} - \text{C}_2$

medios de nutrientes: (Ver manual de referencia Tabla 12)

el sistema era sin agitación

cantidad de lodo puesto a secar: 50 ml

peso del cresol seco y vacío: 28.895 g

peso del cresol + muestra secado a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso seco constante: 31.776g

peso de la ceniza ($600 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante): 1.405 g

Para el ensayo de AME se quiere una producción mínima de 25 ml de CH_4 en su fase de producción máxima.

Describa el procedimiento de este ensayo de manera cuantitativa, valorando los siguientes parámetros:

- Volumen del ensayo
- Volumen del frasco
- Cantidad de lodo a ocupar
- Cantidad de gas esperada por día (mínimo)
- Cantidad de gas esperada en total (estimación)
- Cantidad de alimentación

2. Los datos de práctica de otro ensayo realizado fueron los siguientes:

horas	producción CH ₄ acumulada (ml)
0	0
24	14
48	42
72	74
96	102
120	141
144	167
168	187
192	201
216	213
240	219
264	221
288	225

El ensayo ("botella reactor") era de 250 ml, la concentración de alimentación de 2.5 kg DQO-AGV/l (puro C₂) y una concentración de lodo de 1.4 kg SSV/m³.

Cuanto era la AME?



Solución al problema No. 1:

$$\begin{aligned} \text{SST} &= (\text{peso del cresol} + \text{muestra seca}) - \text{peso del cresol} \\ &= 31.776 \text{ g} - 28.895 \text{ g} \\ &= \mathbf{2.881 \text{ g}} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSV} &= (\text{SST} - \text{peso de ceniza}) \\ &= 2.881 \text{ g} - 1.405 \text{ g} \\ &= \mathbf{1.476 \text{ g}} \quad (2) \end{aligned}$$

SST y SSV en g/l :

$$\begin{aligned} \text{SST} &= \frac{\text{SST}^{(1)} \text{ g} * 1000}{(50.0 \text{ ml})} \text{ (g/l)} \\ &= \mathbf{57.62 \text{ g/l}} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSV} &= \frac{\text{SSV}^{(2)} \text{ g} * 1000}{50.0 \text{ ml}} \text{ (g/l)} \\ &= \mathbf{29.52 \text{ g/l}} \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{SSV}}{\text{SST}} &= \frac{(4) * 100}{(3)} \text{ (\%)} \\ &= \frac{29.52 \text{ g} * 100}{57.62 \text{ g}} \\ &= \mathbf{51.2 \text{ \%}} \quad (5) \end{aligned}$$

En el reactor FAFA hay lodo en un 60% de su altura ó 60% de su volumen total, entonces la cantidad de SST y SSV por m³ de reactor será:

$$\begin{aligned} \text{SST} &= 57.62 \text{ g/l} * 60\% \\ &= \mathbf{34.56 \text{ kgSST/m}^3} \text{ (6)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSV} &= 29.52 \text{ g/l} * 60\% \\ &= \mathbf{17.712 \text{ kgSSV/m}^3} \text{ (7)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción de gas} &= 1.2 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{día} \\ \text{Producción de CH}_4 &= 1.2 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{día} * 75 \% \text{ CH}_4 \\ &= \mathbf{0.9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{m}^3 \cdot \text{día}} \quad (8) \end{aligned}$$



En términos de DQO, según tabla # 10, pag. 34 del Manual de Referencia :

$$= 0.9 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{m}^3\text{.día} * 2.6$$

$$= 2.34 \text{ kg DQO/m}^3\text{.día} \quad (9)$$

Se desea una producción de 25 ml de CH₄ por día, esto es :

25 ml CH₄ / 75% (contenido del CH₄ en el biogas)

$$= 33.3 \text{ ml de biogás por día.} \quad (10)$$

1 m³ de reactor: produce 1.2 m³ de biogás y tiene 17.712 kgSSV, entonces la producción esperada de gas por kg de SSV será:

$$= \frac{1.2 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{.día}}{17.712 \text{ kgSSV/m}^3} = 0.067750 \text{ m}^3/\text{kgSSV.día}$$

$$= 67.75 \text{ lts/kgSSV.día} \quad (11)$$

Actividad mínima esperada: 67.75 lts/kgSSV.día * 2.6 (ver 9)
= 176.1517 mg DQO/g SSV.d (12)

Para el ensayo se requiere una producción de 33.3 ml de biogas, por lo que se necesita conocer que cantidad de SSV nos dará esa cantidad.

$$33.3 \text{ ml} * 67.75 \text{ lts/kgSSV.d} / 1000 = 0.492 \text{ g SSV} \quad (13) \quad \text{Ver (11)}$$

En qué cantidad de lodo se encuentra ?

$$\frac{0.49 \text{ g SSV}}{17.7 \text{ g SSV/lt}} * 1000 = 27.8 \text{ ml lodo inicial} \quad (14) \quad \text{Ver (7)}$$

Para el montaje de ensayos de AME se recomienda trabajar con una concentración de lodos de 1.5 g SSV/litro de reactor (Ver tabla 13 del manual de referencia) por lo que se debe diluir la muestra con un factor:

$$\frac{29.52 \text{ g SSV/lt}}{1.5 \text{ g SSV/lt}} = 19.68 \text{ veces} \quad (15) \quad \text{Ver (4)}$$

Para determinar el volumen del ensayo tendremos:

$$19.68 * 27.8 \text{ ml lodo} = 546.66 \text{ ml} \quad (16)$$



Se puede recomendar una botella de suero de **500 ml**

ALIMENTACION:

La alimentación que se recomienda para este tipo de ensayos es de **3 gDQO/lit. (Ver tabla 13)**

El volumen del ensayo es de **0.5 lts** por lo que obtendremos:

$$\frac{3 \text{ g DQO/lit}}{0.5 \text{ lts}} = 1.5 \text{ g DQO (17)}$$

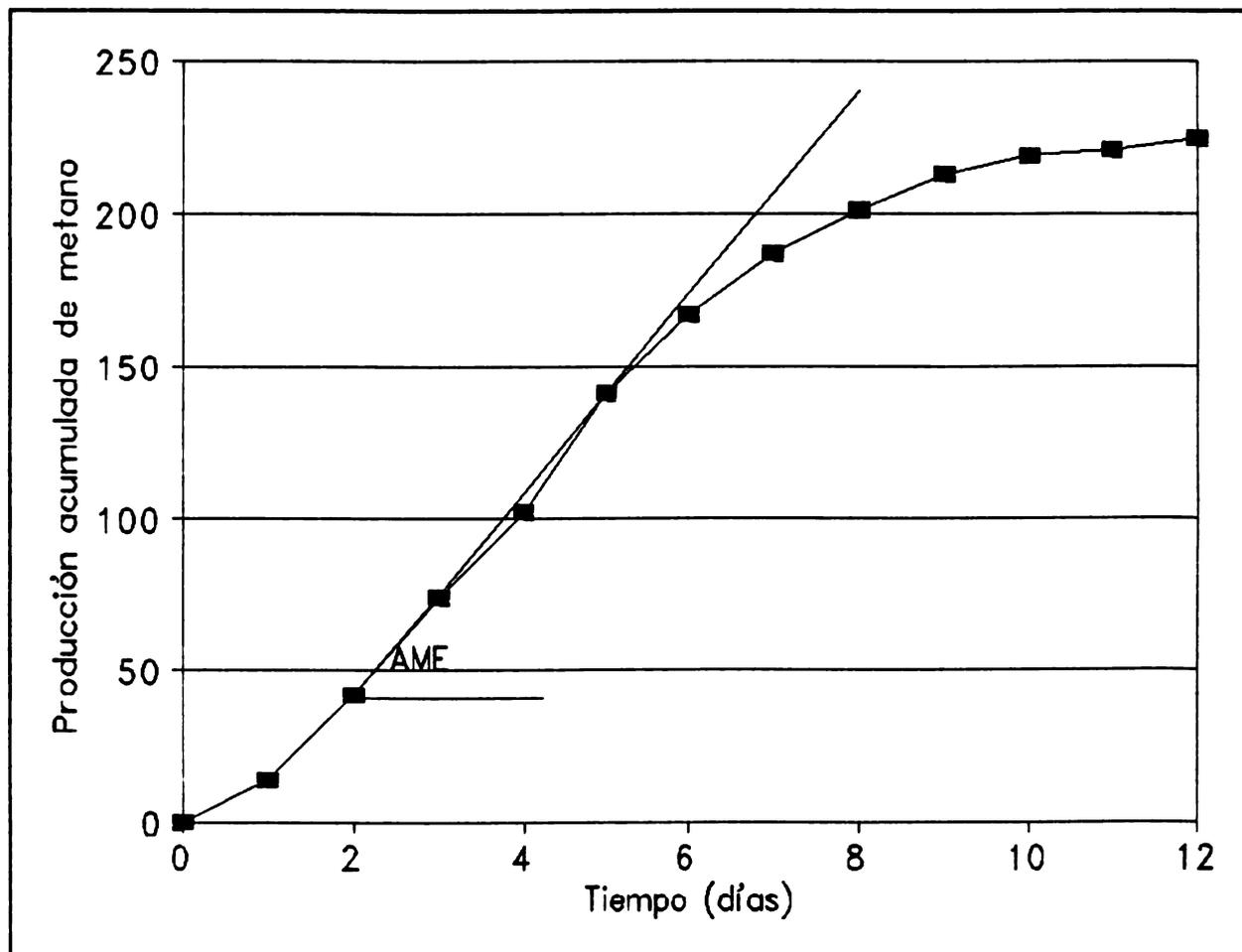
De acuerdo a los datos iniciales el medio de alimentación tiene:
100 g DQO_{5g}/lit por lo que se necesita:

$$\frac{1.5 \text{ g DQO}}{100 \text{ g DQO/lit}} = 15 \text{ ml de solución}$$



Solución al problema No. 2:

Para el segundo ejercicio observamos en la gráfica que la producción máxima se da entre los días 2 y 5.



En estos 3 días se produjeron: **99 ml**
 Esto nos da un promedio por día de: **33 ml**
 $33 \text{ ml/d} * 2.6 \text{ (conversión a DQO)} =$ **85.8 mg DQO-CH₄.d**

Cantidad de lodo en el ensayo: 0.25 lts
 Concentración de lodo 1.4 g SSV/lt
 Entonces tenemos: $0.25 * 1.4 =$ **0.35 g SSV**

La Actividad Metanogénica Especifica será de:
 $85.8 + 0.35 =$
245 mg DQO/gSSV.d
 o sea **0.25 kg DQO/kgSSV.d**

