

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 08-029088- -00002-0000

Fecha: 2009-03-25 16:17:02 Dep. 2020 NUECREACION
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Art. 329 CTOINFORMACION Folios: 82

Señores

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y CO
DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. _____ S. _____ D. _____

Re: Expediente No. 08.029.088

Solicitud de Patente de Invención Titulada: "CONCENTRADO DE MUCÍLAGO
DE CAFÉ Y SU MÉTODO DE OBTENCIÓN"

Solicitante: JUAN CARLOS JARAMILLO GOMEZ y ANDRÉS RAMÍREZ
VELEZ

SUSTENTACIÓN DE LA OPOSICIÓN
RADICADA EL 29 DE DICIEMBRE DE 2008

CARLOS R. OLARTE, mayor de edad y vecino de Bogotá, identificado como aparece al pie de mi firma, en mi carácter de apoderado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, por medio del presente escrito me permito sustentar la oposición radicada el 29 de diciembre de 2008, en virtud del segundo párrafo del artículo 42 de la Decisión 486.

1. ANTECEDENTES

La solicitud de Patente de Invención No. 08.029.088, que pretende reclamar un Concentrado de Mucilago de Café y su método de obtención, fue presentada ante la Superintendencia de Industria y Comercio ("SIC") el 25 de marzo de 2008 sin reclamar prioridad. El 29 de diciembre de 2008 presenté argumentos que demuestran el incumplimiento de los requisitos de patentabilidad por parte de la solicitud de la referencia, y en esa misma fecha presenté una solicitud de prórroga para sustentar la oposición.

2. SUSTENTO DE LA OPOSICIÓN

Como mencioné en mi memorial de fecha 29 de diciembre de 2008, la presente solicitud no solo no cumple con los requisitos de claridad si no que tampoco cumple con los requisitos de novedad y nivel inventivo.

2.1. Indiqué en el numeral 3.3 de mi comunicación de fecha 29 de diciembre de 2009, en relación con la falta de novedad de la solicitud de la referencia, que el estado de la técnica para el momento de la presentación de la solicitud ya había revelado el uso del mucílago del café para la producción de etanol y como alimento para animales, y que adicionalmente en la técnica ya se enseñaba que el mucílago de café podía utilizarse para la producción de etanol por su potencialidad para alcanzar una alta concentración de azúcar, medida en grados Brix (°Brix).

En efecto, la referencia a la publicación de Narváez referida y anexada en mi comunicación anterior divulga la posibilidad de alcanzar altos niveles de azúcar en el mucílago del café.

Adicional a lo anterior, CENICAFÉ ha divulgado experimentos y pruebas en el campo por los cuales se produjo etanol a partir del mucílago del café.

En el "Resumen del Informe Anual de Actividades de CENICAFÉ DE 2007", publicado en noviembre de 2007¹, del cual se anexa copia, en sus páginas 161 y siguientes se describe el proceso de producción de etanol a partir del mucílago del café y de la pulpa del café y se revelan los resultados de dichos experimentos.

En particular, bajo el título "IX. TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DEL CAFÉ" se enumeran los distintos procesos evaluados de producción de etanol a partir del mucílago del café y de la pulpa del café. De hecho, se llevaron a cabo 16 tratamientos con 6 repeticiones con el propósito de "evaluar la factibilidad técnica y económica del proceso de producción de alcohol carburante a partir del mucílago del café."²

En las páginas 161 y 162 se indica que también se evaluó la influencia del PH, el tiempo de fermentación y los grados Brix sobre los rendimientos de alcohol, y se encontró que a mayor valor de ° Brix se obtienen mayores rendimientos de alcohol.³ Es decir, el documento citado, ya

¹ Se anexa certificación de cenicafé, donde se confirma que el documento en mención presenta derechos de copia en el año 2007.

² Resumen del Informe Anual de Actividades. Cenicafé. 2007. Página 161.

³ Ibidem paginas 161 y 162.

había revelado concentrados de mucilago de café con altos grados brix, para hacer posible la obtención de etanol lo cual claramente anticipa y afecta la novedad de la Reivindicación 1 y sus dependientes 2 a 6 de la solicitud de la referencia.

Adicionalmente, el documento “Utilización del mucilago de café en la alimentación de cerdos”⁴ revela que la propuesta de emplear el mucilago en alimentación animal, efectuada en la solicitud de patente objetada, no es novedosa.

2.2. Por otra parte y sin perjuicio de los argumentos ya presentados, deseo mencionar que además de los documentos citados existen en el estado de la técnica un sinnúmero de publicaciones efectuadas por CENICAFÉ, que abordan el problema de contaminación generada por los subproductos del beneficio del café.

Entre estos documentos se destacan: “Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucilago producidos en la tecnología BECOLSUB, STL”⁵ y “Tratamiento de las aguas mieles del café”⁶, a partir de los cuales una persona versada en la materia encuentra una clara invitación a reducir la cantidad de residuos líquidos del proceso de beneficio y aprovechar los desechos sólidos en actividad anteriormente descritas tales como producción de etanol y alimento para cerdos.

Atentamente,

CÁRLOS R. OLARTE
C.C. No. 79.782.747 de Bogotá
T.P. 74.295 del C.S. de la J.

Anexos:

- “Resumen del Informe Anual de Actividades de CENICAFÉ DE 2007” y certificación de Cenicafe que confirma que sus derechos de copia corresponden al año 2007.

⁴ Garavito A., Puerta G.; “Utilización del mucilago de café en la alimentación de cerdos”; CENICAFÉ, 49(3):231-256, 1998.

⁵ Cárdenas J., “Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucilago producidos en la tecnología BECOLSUB, STL”. Tesis para optar al título de Ingeniera de Producción Agroindustrial. Universidad de la Sabana. 2000

⁶ “Tratamiento de las aguas mieles del café”. Boletín técnico No 29, CENICAFÉ, 2006

3

- Garavito A., Puerta G.; "Utilización del mucilago de café en la alimentación de cerdos", CENICAFÉ, 49(3):231-256, 1998.
- Cárdenas J., "Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucilago producidos en la tecnología BECOLSUB, STLB". Tesis para optar al título de Ingeniera de Producción Agroindustrial. Universidad de la Sabana. 2000.
- "Tratamiento de las aguas mieles del café". Boletín técnico No 29, CENICAFÉ, 2006.



Cenicafé
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE
"Pedro Uribe Mejía"
Chinchiná - Caldas - Colombia

12 0 MAR. 2009

SV-956
Al contestar
cítese este número

DIR09C00466

Federacion Nacional de Cafeteros

24/03/2009 11:59:29



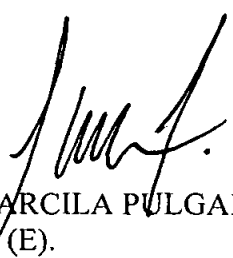
Señores
FEDERACIÓN NACIONAL DE
CAFETEROS DE COLOMBIA
Atención: Doctor José Luis Londoño Fernández
División Jurídica
Bogotá D.E.

Asunto: Solicitud Certificación Cenicafé

Estimado Doctor Londoño:

El Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFE se permite confirmar que en el Resumen del Informe Anual de Actividades Cenicafé 2007, con ISBN 978-958-98193-5-7, están consignados los avances más importantes en las investigaciones que se adelantaron en el periodo Octubre 1° del 2006 a 30 de Septiembre del 2007 con derechos de copia (Copyright) en 2007.

Atentamente,


JAIME ARCILA PULGARÍN
Director (E).

Copia: Dr. Gabriel Cadena Gómez – Director
Dr. Carlos E. Oliveros T. – Disciplina Ingeniería Agrícola.

Al servicio de los caficultores colombianos desde 1938

6

Está ubicado en: Home >> Búsqueda de títulos >> Resultados de la búsqueda

Cerrar Sesión

AGENCIA ISBN

>> Resultados de la búsqueda

Nueva búsqueda 1 resultados encontrados. Página 1 / 1 << >>

" Isbn: 978-958-98193-5-7
 Título: Informe Anual De Actividades 2007
 Autor: Cadena Gómez, Gabriel (Compilador)
 Cadena Gómez, Gabriel
 Editorial: Federación Nacional De Cafeteros De Colombia- Centro Nacional De Investigaciones De Café
 Materia: Tecnología(Ciencias Aplicadas)
 Publicado: 2007-11-28
 N°Edición: 1
 Idioma: Español

Nueva búsqueda 1 resultados encontrados. Página 1 / 1 << >>

Resumen de Informe Anual de Actividad Cenicafe 2005



confeccionados de acuerdo a tres modelos confeccionados con telas antifluidos, que son impermeables a líquidos, y que ofrecen protección, seguridad, confianza y comodidad para la salud de las personas.

Se realizaron dos jornadas de atención médica en la Estación Central Naranjal, la primera el 30 de mayo con la valoración de riesgo cardiovascular y glucometría en la cual participaron 85 y 113 usuarios de todas las Entidades Prestadoras de Salud (EPS), y la segunda, el 20 de junio con la valoración de agudeza visual con la atención de 40 usuarios de todas las EPS.

El 4 de agosto se llevó a cabo en el colegio Politécnico Integrado Naranjal de La Quiebra, una brigada que se denominó de "salud, medio ambiente y deportiva", para los trabajadores asociados en Coopservin quienes podían asistir acompañados de sus familias. Durante la jornada se realizó por parte de médicos y enfermeras de Saludecoop - Chinchiná: medicina general, exámenes de citología, visual e higiene oral, entre otros. Se contó con la participación de EMAS y los VIGIRS, Confamiliares. - Chinchiná, la Fábrica de Café Liofilizado y Super de Alimentos.

Durante la jornada se realizó una ceremonia de entrega de los certificados a las personas que participaron en la capacitación "Implementación del Sistema Integrado de Gestión y Manejo Integral de Residuos Ordinarios". Adicionalmente se entregó un certificado como un reconocimiento especial a los integrantes del Grupo Base.

IX. TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DEL CAFÉ

Producción de alcohol carburante a partir del mucilago del café. QIN0806. Con el fin de evaluar la factibilidad técnica y económica del proceso de producción de alcohol carburante a partir de mucilago de café se evaluaron 16 tratamientos con seis repeticiones. Se utilizó el mucilago de café obtenido de un desmucilagador mecánico-operado con un flujo de 550ml de agua/minuto. Se evaluaron cuatro tipos de hidrólisis (enzimática, ácida, alcalina y sin hidrólisis), y en cada una se probó el efecto de microorganismos, así: adición de dos levaduras prensadas comerciales, adición de una levadura seca y soluble, y otra sin adición, es decir, solo los microorganismos contenidos naturalmente en el mucilago de café.

Los rendimientos medios de alcohol por litro de muestra (medidos por hidrometría) en los destilados obtenidos mediante la hidrólisis con la adición de levaduras comerciales fueron de 29,19 para la hidrólisis ácida, de 38,48 para la hidrólisis alcalina, de 38,64 para la hidrólisis enzimática y de 40,13 para los tratamientos sin hidrólisis. Por lo que se concluye que la hidrólisis del mucilago no mejora los rendimientos del proceso de producción de alcohol. No hubo diferencias estadísticas significativas al 5%, entre los rendimientos de alcohol alcanzados con las diferentes levaduras evaluadas para los tratamientos sin hidrólisis. De acuerdo con los rendimientos alcanzados, los costos, la facilidad de aplicación, el tiempo y la forma de almacenamiento, se recomienda usar la levadura seca y soluble en el proceso de la fermentación alcohólica del mucilago.

También se evaluó la influencia del pH, el tiempo de fermentación y los grados

Brix sobre los rendimientos de alcohol, y se encontraron los siguientes resultados: el ajuste de pH del mucilago en el rango entre 5,0 y 6,0 mantiene o mejora los rendimientos; a mayor valor de °Brix se obtienen mayores rendimientos de alcohol, y en cuanto al tiempo de fermentación es necesario que éste sea de 38 horas cuando los grados Brix son mayores a 12,9°Brix, y por debajo de este valor es mejor utilizar un tiempo de fermentación de 15 horas.

De las 192 destilaciones simples de los productos de fermentación del mucilago de café provenientes de los tratamientos evaluados se encontraron en promedio 41,47ml de alcohol/litro de mucilago (C.V. 28,98%, valor máximo 76,84ml y valor mínimo 18,57ml). En el análisis cromatográfico de este alcohol se encontró 97,74% de etanol. El mucilago representó en volumen, el 21,39% del peso del fruto fresco, por tanto, se estima un rendimiento de 867ml de etanol/100kg de café cereza.

Los residuos de las destilaciones del mucilago fermentado de café (vinazas) representan el 44,42% del volumen inicial del fermentado del mucilago, y presentaron un pH de 4,58 en promedio, sólidos totales de 101.258ppm y una DQO promedio de 119.689ppm, por tanto, se generan 11 litros de vinazas en la destilación simple de 25 litros de mucilago fermentado que producen 1 litro de etanol. Para comparación, en la Industria Licorera de Caldas se obtiene un litro de etanol a partir de 12,5 litros de miel virgen de caña y se producen 11,5 litros de vinazas, con una DQO de 23.000ppm. En consecuencia, los rendimientos en la producción de alcohol a partir del mucilago del café son la mitad de los obtenidos de la caña de azúcar y su carga contaminante es cinco veces mayor, sin embargo, estos residuos pueden convertirse en biogás, que a su vez se podría utilizar para hacer las destilaciones.

Producción de etanol a partir de la pulpa de café. Se evaluó la producción de etanol a partir de la fermentación alcohólica de los jugos provenientes del prensado de la pulpa de café fresco y de la fermentación de las mezclas pulpa fresca - agua, en relaciones 1:1 y 1:2 utilizando dos levaduras prensadas y una levadura seca e instantánea sin ningún tipo de hidrólisis. En promedio se obtuvieron 0,208 litros de jugo/kg de pulpa fresca, en el primer prensado, con un pH de 4,57 y 12,94°Brix, aplicando una presión de 25 KN, y en el segundo prensado, realizado después de 24 horas, se aplicó la misma presión y se obtuvieron 0,114 litros de jugo/kg de pulpa fresca, con un pH de 3,80 y 10,34°Brix.

Los rendimientos medios de alcohol, medido por hidrometría, fueron de 47,95ml.L⁻¹ de jugo del primer prensado (contenido de etanol de 98,43%) y de 22,62ml.L⁻¹ de jugo del segundo prensado (contenido de etanol de 96,60%), equivalentes a 12,31ml de etanol/kg de pulpa fresca, lo cual representó el 42,67% del peso del fruto fresco. De esta manera se pueden obtener 525ml de etanol a partir de la pulpa generada en el beneficio de 100kg de café cereza. Se presentaron diferencias estadísticas significativas (al 5%) a favor de la levadura seca y soluble, en los rendimientos de alcohol alcanzados con los jugos del primer prensado (58,35ml.L⁻¹) comparado con los obtenidos con las levaduras prensadas (51,08 y 48,01ml.L⁻¹) (Tabla 61).

Para la fermentación de la pulpa fresca sin agua y con relaciones 1:1 y 1:2 y las diferentes levaduras, se obtuvo un rendimiento de alcohol de 25,75ml.kg⁻¹ de pulpa fresca en promedio. No hubo diferencias significativas en los rendimientos del alcohol obtenido a partir de la mezcla pulpa - agua (1:1), para los tres tipos de levaduras evaluadas (25,85ml.kg⁻¹ de pulpa para la levadura seca y 25,81 y 25,53ml.kg⁻¹ de pulpa para las levaduras

prensadas). Para la pulpa sin agua el rendimiento de alcohol fue de 5,59ml.kg⁻¹ de pulpa fresca y para la relación pulpa-agua de 1:2 los rendimientos de alcohol fueron de 40,98ml.kg⁻¹ pulpa fresca cuando se utilizó la levadura seca.

Por consiguiente, es posible obtener entre 1.099 y 1.749ml de alcohol de la pulpa proveniente de 100kg de café cereza, aunque falta analizar su contenido de etanol. Sin embargo, se estima que podrían obtenerse entre 1.073 y 1.708ml de etanol. Con base en los rendimientos de etanol encontrados con los jugos del prensado de la pulpa y con las primeras evaluaciones de las mezclas pulpa fresca-agua, se pueden obtener entre 1,39 y 2,58L de etanol/100 kg de café cereza (Tabla 62).

Diseño y evaluación de un sistema de depuración con base en plantas acuáticas para el postratamiento de las aguas

residuales del beneficio del café tratadas por digestión anaerobia. QIN0112. Con el fin de obtener efluentes del proceso de beneficio del café que no causen impacto biológico en el ecosistema acuático cafetero se evaluaron los contenidos de nitrógeno total y filtrado, nitrógeno amoniacal, nitratos, sulfatos, fosfatos, potasio y coliformes totales y fecales en los efluentes del sistema de postratamiento, en los que se emplearon cuatro materiales biológicos (jacinto de agua, lechuga de agua, salvinia y enea) con las cuales se obtuvieron remociones medias de carga orgánica del 76,66% en DBO₅, del 63,66% en nitrógeno total, del 66,31% en nitrógeno filtrado, del 66,16% en nitrógeno amoniacal, del 85,01% de nitratos, del 40,00% en sulfatos, del 59,55% en fosfatos, del 39,86% en potasio y del 99,19% en coliformes totales.

Diseño, construcción y evaluación de un sistema integral para el manejo y el tratamiento de los residuos generados

Tabla 61. Alcohol producido a partir de la pulpa y el mucilago de café.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (ml alcohol/litro mucilago de café)			C.V. %
		Promedio	Máximo	Mínimo	
T1	Microorganismos naturales de la fermentación natural, FN	6,39	6,95	5,68	7,5
T2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , Sc1 (marca Fleischmann)	39,94	46,32	34,29	12,0
T3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , Sc2 (marca Levapán)	40,32	44,63	33,35	11,9
T4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , Sc3 (marca Fermipán)	40,12	49,85	33,18	15,3
T5	Hidrólisis ácida y FN	4,5	7,61	1,53	43,9
T6	Hidrólisis ácida y Sc1	30,32	32,82	26,27	7,8
T7	Hidrólisis ácida y Sc2	29,01	32,39	25,65	8,3
T8	Hidrólisis ácida y Sc3	28,25	30,74	24,23	8,9
T9	Hidrólisis alcalina y FN	2,75	8,00	1,00	99,1
T10	Hidrólisis alcalina y Sc1	40,78	60,21	31,65	24,3
T11	Hidrólisis alcalina y Sc2	34,19	38,47	30,36	9,4
T12	Hidrólisis alcalina y Sc3	40,48	51,9	35,86	14,7
T13	Hidrólisis enzimática y FN	2,93	4,97	1,13	54,1
T14	Hidrólisis enzimática y Sc1	37,66	42,24	33,47	9,2
T15	Hidrólisis enzimática y Sc2	38,35	48,47	30,37	17,9
T16	Hidrólisis enzimática y Sc3	39,91	45,74	35,58	9,3

□ **Tábla 62.** Etanol producido a partir la pulpa y el mucilago de café generado en la producción de un millón de sacos de café verde.

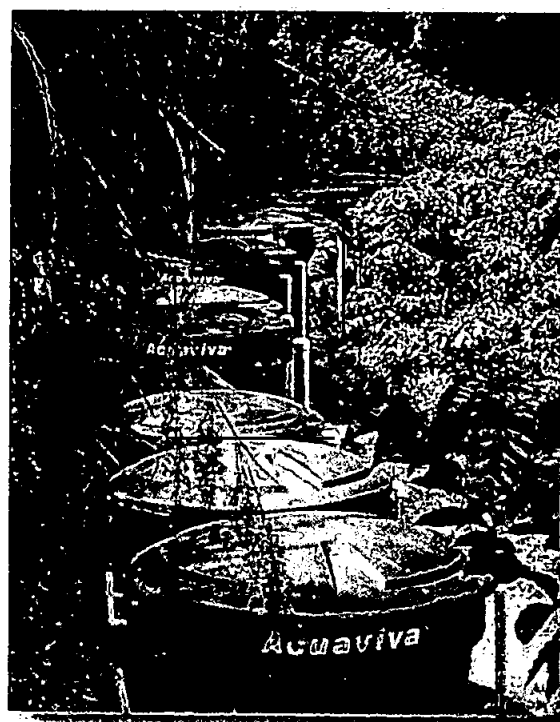
Residuo del beneficio del café	Pulpa fresca	Mucilago fresco	Total
Toneladas residuo/millón sacos de café verde	162.900	55.500	218.400
Litros de etanol/tonelada de residuo de café	25,17	58,37	33,66
Etanol producido m ³	4.100,2	3.239,5	7.339,7
Etanol producido en galones americanos	1.083.274	855.888	1.939.162

en la tecnología **BECOLSUB** en una finca. **QIN0115**. Con el objetivo de generar métodos y desarrollar sistemas para el tratamiento y la disposición de los residuos del beneficio del café y así disminuir su impacto ambiental, se realizó el montaje de un sistema integral de tratamiento de lixiviados en la Hacienda Veracruz (Caldas), y se efectuaron la inoculación y el arranque de los 13 reactores metanogénicos que conforman el sistema de tratamiento (Figura 42). Actualmente este sistema se encuentra en su etapa de estabilización y se han alcanzado remociones medias de carga orgánica del 65,54% de DQO y 66,05% de sólidos totales, para un afluente con una concentración media de 73.611 ppm de DQO.

Diseño y evaluación de sistemas prototipos para fincas cafeteras para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café. QIN0103. Se diseñaron, construyeron, arrancaron y evaluaron sistemas de tratamiento mediante la biodigestión anaerobia de las aguas residuales del lavado del café, en las siguientes localidades:

- Finca El Placer (Rionegro, Quindío)
- Subestación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda).

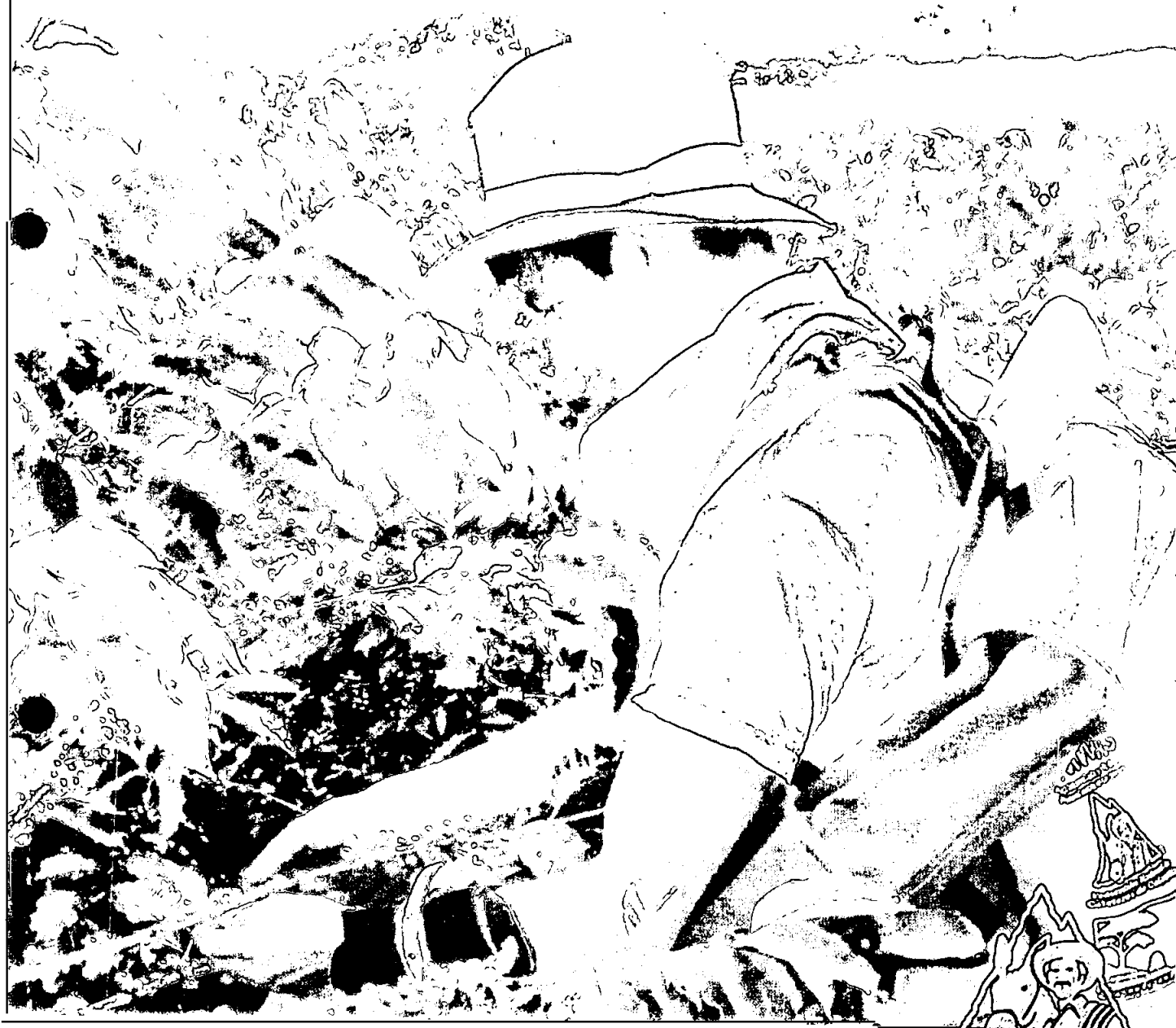
- Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas)
- Sistema integral para manejo y tratamiento de los residuos generados en la tecnología Becolsub en la Hacienda Veracruz. (Chinchiná, Caldas).



■ **Figura 42.** Sistema integral de tratamiento de lixiviados en la Hacienda Veracruz.

12

Resumen de Informe Anual de Actividad Cenicafe 2005



confeccionados de acuerdo a tres modelos confeccionados con telas antilíquidos, que son impermeables a líquidos, y que ofrecen protección, seguridad, confianza y comodidad para la salud de las personas.

- o Se realizaron dos jornadas de atención médica en la Estación Central Naranjal: la primera el 30 de mayo con la valoración de riesgo cardiovascular y glucometría en la cual participaron 85 y 113 usuarios de todas las Entidades Prestadoras de Salud (EPS), y la segunda, el 20 de junio con la valoración de agudeza visual con la atención de 40 usuarios de todas las EPS.
- o El 4 de agosto se llevó a cabo en el colegio Politécnico Integrado Naranjal de La Quiébra, una brigada que se denominó de "salud, medio ambiente y deportivo", para los trabajadores asociados en Coopservin quienes podían asistir acompañados de sus familias. Durante la jornada se realizó por parte de médicos y enfermeras de Saludcoop - Chinchiná: medicina general, exámenes de citología, visual e higiene oral, entre otros. Se contó con la participación de EMAS y los VIGIRS, Confamiliares - Chinchiná, la Fábrica de Café Liofilizado y Super de Alimentos.
- o Durante la jornada se realizó una ceremonia de entrega de los certificados a las personas que participaron en la capacitación "Implementación del Sistema Integrado de Gestión y Manejo Integral de Residuos Ordinarios". Adicionalmente se entregó un certificado como un reconocimiento especial a los integrantes del Grupo Base.

IX. TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DEL CAFÉ

Producción de alcohol carburante a partir del mucilago del café QIN0806. Con el fin de evaluar la factibilidad técnica y económica del proceso de producción de alcohol carburante a partir de mucilago de café se evaluaron 16 tratamientos con seis repeticiones. Se utilizó el mucilago de café obtenido de un desmucilagador mecánico operado con un flujo de 550ml de agua/minuto. Se evaluaron cuatro tipos de hidrólisis (enzimática, ácida, alcalina y sin hidrólisis), y en cada una se probó el efecto de microorganismos, así: adición de dos levaduras prensadas comerciales, adición de una levadura seca y soluble y otra sin adición, es decir solo los microorganismos contenidos naturalmente en el mucilago de café.

Los rendimientos medios de alcohol por litro de muestra (medidos por hidrometría) en los destilados obtenidos mediante la hidrólisis con la adición de levaduras comerciales fueron de 29,19 para la hidrólisis ácida, de 38,48 para la hidrólisis alcalina, de 38,64 para la hidrólisis enzimática y de 40,13 para los tratamientos sin hidrólisis. Por lo que se concluye que la hidrólisis del mucilago no mejora los rendimientos del proceso de producción de alcohol. No hubo diferencias estadísticas significativas al 5%, entre los rendimientos de alcohol alcanzados con las diferentes levaduras evaluadas para los tratamientos sin hidrólisis. De acuerdo con los rendimientos alcanzados, los costos, la facilidad de aplicación, el tiempo y la forma de almacenamiento, se recomienda usar la levadura seca y soluble en el proceso de la fermentación alcohólica del mucilago.

También se evaluó la influencia del pH, el tiempo de fermentación y los grados

Brix sobre los rendimientos de alcohol, y se encontraron los siguientes resultados: el ajuste de pH del mucílago en el rango entre 5,0 y 6,0 mantiene o mejora los rendimientos; a mayor valor de °Brix se obtienen mayores rendimientos de alcohol, y en cuanto al tiempo de fermentación es necesario que éste sea de 38 horas cuando los grados Brix son mayores a 12,9°Brix, y por debajo de este valor es mejor utilizar un tiempo de fermentación de 15 horas.

De las 192 destilaciones simples de los productos de fermentación del mucílago de café provenientes de los tratamientos evaluados se encontraron en promedio 41,47ml de alcohol/litro de mucílago (C.V. 28,98%, valor máximo 76,84ml y valor mínimo 18,57ml). En el análisis cromatográfico de este alcohol se encontró 97,74% de etanol. El mucílago representó en volumen, el 21,39% del peso del fruto fresco, por tanto, se estima un rendimiento de 867ml de etanol/1.00kg de café cereza.

Los residuos de las destilaciones del mucílago fermentado de café (vinazas) representan el 44,42% del volumen inicial del fermentado del mucílago, y presentaron un pH de 4,58 en promedio, sólidos totales de 101,258ppm y una DQO promedio de 119,689ppm, por tanto, se generan 11 litros de vinazas en la destilación simple de 25 litros de mucílago fermentado que producen 1 litro de etanol. Para comparación, en la Industria Licorera de Caldas se obtiene un litro de etanol a partir de 12,5 litros de miel virgen de caña y se producen 11,5 litros de vinazas, con una DQO de 23.000ppm. En consecuencia, los rendimientos en la producción de alcohol a partir del mucílago del café son la mitad de los obtenidos de la caña de azúcar y su carga contaminante es cinco veces mayor, sin embargo, estos residuos pueden convertirse en biogás, que a su vez se podría utilizar para hacer las destilaciones.

Producción de etanol a partir de la pulpa de café. Se evaluó la producción de etanol a partir de la fermentación alcohólica de los jugos provenientes del prensado de la pulpa de café fresco y de la fermentación de las mezclas pulpa fresca - agua, en relaciones 1:1 y 1:2, utilizando dos levaduras prensadas y una levadura seca e instantánea sin ningún tipo de hidrólisis. En promedio se obtuvieron 0,208 litros de jugo/kg de pulpa fresca en el primer prensado, con un pH de 4,57 y 12,94°Brix, aplicando una presión de 25 KN, y en el segundo prensado, realizado después de 24 horas, se aplicó la misma presión y se obtuvieron 0,114 litros de jugo/kg de pulpa fresca, con un pH de 3,80 y 10,34°Brix.

Los rendimientos medios de alcohol, medido por hidrometría, fueron de 47,95ml.L⁻¹ de jugo del primer prensado (contenido de etanol de 98,43%) y de 22,62ml.L⁻¹ de jugo del segundo prensado (contenido de etanol de 96,60%), equivalentes a 12,31ml de etanol/kg de pulpa fresca, la cual representó el 42,67% del peso del fruto fresco. De esta manera se pueden obtener 525ml de etanol a partir de la pulpa generada en el beneficio de 1.00kg de café cereza. Se presentaron diferencias estadísticas significativas (al 5%) a favor de la levadura seca y soluble, en los rendimientos de alcohol alcanzados con los jugos del primer prensado (58,35ml.L⁻¹) comparado con los obtenidos con las levaduras prensadas (51,08 y 48,01 ml.L⁻¹) (Tabla 61).

Para la fermentación de la pulpa fresca sin agua y con relaciones 1:1 y 1:2 y las diferentes levaduras, se obtuvo un rendimiento de alcohol de 25,75ml.kg⁻¹ de pulpa fresca en promedio. No hubo diferencias significativas en los rendimientos del alcohol obtenido a partir de la mezcla pulpa - agua (1:1), para los tres tipos de levaduras evaluadas (25,85ml.kg⁻¹ de pulpa para la levadura seca y 25,81 y 25,53ml.kg⁻¹ de pulpa para las levaduras

prensadas). Para la pulpa sin agua el rendimiento de alcohol fue de 5,59ml.kg⁻¹ de pulpa fresca y para la relación pulpa - agua de 1:2 los rendimientos de alcohol fueron de 40,98ml.kg⁻¹ pulpa fresca cuando se utilizó la levadura seca.

Por consiguiente, es posible obtener entre 1.099 y 1.749ml de alcohol de la pulpa proveniente de 100kg de café cereza, aunque falta analizar su contenido de etanol. Sin embargo, se estima que podrían obtenerse entre 1.073 y 1.708ml de etanol. Con base en los rendimientos de etanol encontrados con los jugos del prensado de la pulpa y con las primeras evaluaciones de las mezclas pulpa fresca - agua, se pueden obtener entre 1,39 y 2,58L de etanol/100 kg de café cereza (Tabla 62).

Diseño y evaluación de un sistema de depuración con base en plantas acuáticas para el postratamiento de las aguas

residuales del beneficio del café tratadas por digestión anaerobia. QIN0112.

Con el fin de obtener efluentes del proceso de beneficio del café que no causen impacto biológico en el ecosistema acuático cafetero se evaluaron los contenidos de nitrógeno total y filtrado, nitrógeno amoniacal, nitratos, sulfatos, fosfatos, potasio y coliformes totales y fecales en los efluentes del sistema de postratamiento, en los que se emplearon cuatro materiales biológicos (jacinto de agua, lechuga de agua, salvinia y enea), con las cuales se obtuvieron remociones medias de carga orgánica del 76,66% en DBO₅, del 63,66% en nitrógeno total, del 66,31% en nitrógeno filtrado, del 66,16% en nitrógeno amoniacal, del 85,01% de nitratos, del 40,00% en sulfatos, del 59,55% en fosfatos, del 39,86% en potasio y del 99,19% en coliformes totales.

Diseño, construcción y evaluación de un sistema integral para el manejo y el tratamiento de los residuos generados

Sociedad

Resumen del Informe Anual de Actividades 2007

□ **Tabla 61.** Alcohol producido a partir de la pulpa y el mucilago de café.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (ml alcohol/litro mucilago de café)			C.V. %
		Promedio	Máximo	Mínimo	
T1	Microorganismos naturales de la fermentación natural, FN	6,39	6,95	5,68	7,5
T2	<i>Sachharomyces cerevisiae</i> , Sc1 (marca Fleischmann)	39,94	46,32	34,29	12,0
T3	<i>Sachharomyces cerevisiae</i> , Sc2 (marca Levapán)	40,32	44,63	33,35	11,9
T4	<i>Sachharomyces cerevisiae</i> , Sc3 (marca Fermipán)	40,12	49,85	33,18	15,3
T5	Hidrólisis ácida y FN	4,5	7,61	1,53	43,9
T6	Hidrólisis ácida y Sc1	30,32	32,82	26,27	7,8
T7	Hidrólisis ácida y Sc2	29,01	32,39	25,65	8,3
T8	Hidrólisis ácida y Sc3	28,25	30,74	24,23	8,9
T9	Hidrólisis alcalina y FN	2,75	8,00	1,00	99,1
T10	Hidrólisis alcalina y Sc1	40,78	60,21	31,65	24,3
T11	Hidrólisis alcalina y Sc2	34,19	38,47	30,36	9,4
T12	Hidrólisis alcalina y Sc3	40,48	51,9	35,86	14,7
T13	Hidrólisis enzimática y FN	2,93	4,97	1,13	54,1
T14	Hidrólisis enzimática y Sc1	37,66	42,24	33,47	9,2
T15	Hidrólisis enzimática y Sc2	38,35	48,47	30,37	17,9
T16	Hidrólisis enzimática y Sc3	39,91	45,74	35,58	9,3

■ **Tabla 62:** Etanol producido a partir la pulpa y el mucilago de café generado en la producción de un millón de sacos de café verde.

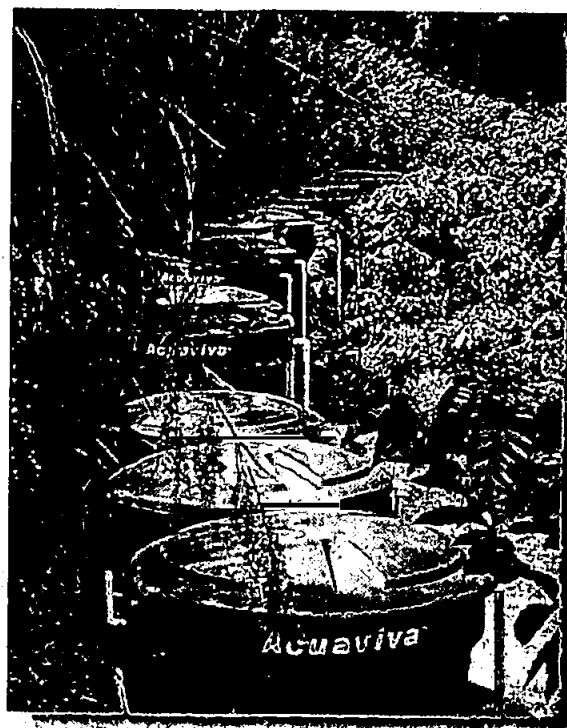
Residuo del beneficio del café	Pulpa fresca	Mucilago fresco	Total
Toneladas residuo/millón sacos de café verde	162.900	55.500	218.400
Litros de etanol /tonelada de residuo de café	25,17	58,37	33,66
Etanol producido m ³	4.100,2	3.239,5	7.339,7
Etanol producido en galones americanos	1.083.274	855.888	1.939.162

en la tecnología **BECOLSUB** en una finca. **QIN0115**. Con el objetivo de generar métodos y desarrollar sistemas para el tratamiento y la disposición de los residuos del beneficio del café y así disminuir su impacto ambiental, se realizó el montaje de un sistema integral de tratamiento de lixiviados en la Hacienda Veracruz (Caldas), y se efectuaron la inoculación y el arranque de los 13 reactores metanogénicos que conforman el sistema de tratamiento (Figura 42). Actualmente este sistema se encuentra en su etapa de estabilización y se han alcanzado remociones medias de carga orgánica del 65,54% de DQO y 66,05% de sólidos totales, para un afluente con una concentración media de 73.611 ppm de DQO.

Diseño y evaluación de sistemas prototipos para fincas cafeteras para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café. QIN0103. Se diseñaron, construyeron, arrancaron y evaluaron sistemas de tratamiento mediante la biodigestión anaerobia de las aguas residuales del lavado del café, en las siguientes localidades:

- Finca El Placer (Rionegro, Quindío)
- Subestación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda).

- Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas)
- Sistema integral para manejo y tratamiento de los residuos generados en la tecnología Becolsub en la Hacienda Veracruz (Chinchiná, Caldas).



■ **Figura 42:** Sistema integral de tratamiento de lixiviados en la Hacienda Veracruz.

LITERATURA CONSULTADA

- AYOADE, J.O. Introduction to climatology for the tropics. Chichester, John Wiley and Sons, 1983, 256p.
- BAKRY, R.G. Moisture weather and climate. New York, Knutner, 1992, 402p. (Routledge Physical Environment Series).
- BAKRY, R.G.; CHORLEY, R.J. Atmosfera, tiempo y clima. Barcelona, Omega, 1972, 395p.
- CORTES, B.E. Estudio del régimen de temperatura en Colombia. Semestre de Bogotá, IUBVAT, 1989, 88p.
- CHAVES, C.B.; JARAMILLO, A. Regionalización de la distribución espacial del bello solar en Colombia por métodos de conglomeración estadística. In: CONGRESO Colombiano de Meteorología y Salud de Bogotá, Marzo 19-23, 1990. Abstracts. Semestre de Bogotá, IDEAN, 1990, p. 125-131.
- ESLAVA, R. J.A. Climatología y diversidad climática de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Físicas, November 1987, 507-538, 1993.
- ESLAVA, R. J.A.; LÓPEZ, G.V.A.; OLAYA, T. G. Contribución al conocimiento del régimen climático y fitoclimático de Colombia. Colombia Geográfica 12 (2):53-118, 1986.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, CENICAFÉ. Disciplina de Agroclimatología. Anuarios Meteorológicos 1980-1993. Chinchiná, Centaife, 1993.
- JARAMILLO, E.A. Características climáticas de la zona cafetera. In: TECNOLOGIA del cultivo del café. Chinchiná, HEDERA-CAFE, Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, Centaife, 1988, p. 4-55.
- JARAMILLO, A.; CHAVES, C.B. Distribución de la precipitación en Colombia: uso de la conglomeración estadística. Chinchiná, Centaife, 1997, 12p.
- LAUDER, W. Climate and weather. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. (eds) Tropical rainforest ecosystem: biogeographical and ecological studies. Amsterdam, Elsevier, 1989, p. 7-53. (Ecosystems of the world, 14B).
- MORAN, J.A.; MORAN, M.D. Meteorology, the atmosphere and the science of weather. 4th. English ed. Cliffs, Macmillan Publishing Company, 1991, 517p.
- STANESCU, S.; DIAZ, J.R. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Semestre de Bogotá, Semestre de Bogotá de Meteorología y Climatología, 1971, 80p.
- TROPER, H. Fundamentos para la zonificación meteorológica y climatológica del territorio colombiano en Colombia. Centaife, 1988, 209, 573, 1993.
- VIERA, G. Climatología. Barcelona, Editorial Oikos-Tm, 1975, 300p.

UTILIZACIÓN DEL MUELAGO DE CAFÉ EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Adriana Gaviria-Rozz, Gloria Inés Puentes-Quintero

RESUMEN

GABARITO, R. A.; PUERTA, O. C. A. Utilización del mueLAGO de café en la alimentación de cerdos. Centaife 49(3): 231-236, 1998.

Se evaluó la utilización del mueLAGO de café (*Coffea arabica*) en la alimentación porcina. Se determinó la proporción en la dieta utilizando el mueLAGO como suplemento del concentrado y según el peso del animal, en dos etapas de experimento, cada una de 70 días. Se utilizaron 50 lechones, Landrace Biglia y Britania, con peso inicial de 32,4 kg y edad de 120 días para el primer ciclo y 75 lechones, Landrace x Yorkshire con peso inicial de 38,4 kg y edad de 72 días, en el segundo ciclo. Parte del mueLAGO fue conservado hasta por 72 h a 4°C para su utilización en estado fresco, y otro mueLAGO fue fermentado. Los animales que consumieron 100% de mueLAGO fresco o fermentado, perdieron peso, alcanzando sólo 30 kg. No el suministro adicional de premezcla mineral, ni el consumo a voluntad favorecieron la conversión y ganancia de peso. Al suplir, hasta 20% en peso el concentrado por mueLAGO fresco se obtuvieron conversores promedio de 4,20 en la conversión con 1,98 puntaje (0,6% de concentración), pero los pesos finales superaron la ganancia económica por kilogramo de animal vendido, respecto al suministro de concentrado. La calidad de la carne no se afectó al proporcionar el 20% de concentrado. Animales con peso mayor de 72 kg se les puede suministrar enteros, 2 litros diarios de mueLAGO, manteniendo el 80% de concentrado, requiriendo por el porcino, según su peso.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, suplementos, mueLAGO, alimentación de ganado, dietas, porcinos.

ABSTRACT

Acceptance and yield of coffee mulch from selected and non-selected herms for porcine feeding was evaluated. Proportion in the diet was determined using the by-product as a supplement for commercial food and according to animal weight, in two 70-day cycles. Fifty Biglia Landrace x Britania pigs with initial weight 32.4 kg and 75 days old were used in the first cycle and 75 Landrace x Yorkshire pigs with initial weight 38.4 kg and 92 days old were used in the second cycle. A part of the mulch was kept for as much as 72 hours at 4°C to be used as fresh material. Fermented mulch (>20 h from fermentation) was also used. The ration was adjusted every 14 days according to weight. Animals fed 100% fresh or fermented mulch lost weight, reaching an average of 30 kg. When substituting up to 20% the weight of commercial food with fresh mulch, food conversion averaged 4.20, compared to 1.98 for 100% commercial food. Meat quality per kg was not higher. Quality of meat in the physical, taste and nutritional aspects was not affected when feeding was supplemented with as much as 20% mulch.

Key words: Coffee, *Coffea arabica*, by-product, mulch, cattle feeding, diets, porcine cattle.

El presente trabajo evalúa la utilización del mueLAGO de café en la alimentación de cerdos, así como la proporción en la dieta utilizando el mueLAGO como suplemento del concentrado y según el peso del animal, en dos etapas de experimento, cada una de 70 días. Se utilizaron 50 lechones, Landrace Biglia y Britania, con peso inicial de 32,4 kg y edad de 120 días para el primer ciclo y 75 lechones, Landrace x Yorkshire con peso inicial de 38,4 kg y edad de 72 días, en el segundo ciclo. Parte del mueLAGO fue conservado hasta por 72 h a 4°C para su utilización en estado fresco, y otro mueLAGO fue fermentado. Los animales que consumieron 100% de mueLAGO fresco o fermentado, perdieron peso, alcanzando sólo 30 kg. No el suministro adicional de premezcla mineral, ni el consumo a voluntad favorecieron la conversión y ganancia de peso. Al suplir, hasta 20% en peso el concentrado por mueLAGO fresco se obtuvieron conversores promedio de 4,20 en la conversión con 1,98 puntaje (0,6% de concentración), pero los pesos finales superaron la ganancia económica por kilogramo de animal vendido, respecto al suministro de concentrado. La calidad de la carne no se afectó al proporcionar el 20% de concentrado. Animales con peso mayor de 72 kg se les puede suministrar enteros, 2 litros diarios de mueLAGO, manteniendo el 80% de concentrado, requiriendo por el porcino, según su peso.

En Colombia el proceso de beneficio del café se hace tradicionalmente por vía húmeda, y éste es uno de los factores a los cuales se atribuye la excelente calidad del café colombiano. En el beneficio del café se generan residuos del proceso de beneficio con el agua limpia se originan cambios en las propiedades de esta última debido a la composición química, microbiológica y las características fisicoquímicas de los subproductos y efluentes orgánica, la acidez y el contenido de sólidos. Según el tipo de beneficio y de la cantidad de agua utilizada en el proceso ocurren cambios en las propiedades de viscosidad, color, turbiedad, transparencia, temperatura, olor, tensión superficial y sabor del agua, se eleva la demanda química y biológica de oxígeno, causándose impacto biológico y por tanto, desequilibrio en el ecosistema acuático (31, 37, 41, 54).

Tradicionalmente se han utilizado 20 litros de agua pura el lavado de 1 kg de café pergamino seco, con un volumen igual para el despulpa y el transporte de la pulpa y del café en baba (54). Por medio de las investigaciones desarrolladas en CENICAFÉ se logró controlar en parte esta contaminación. En la actualidad se requieren en el proceso sólo 4 litros de agua por 1 kg de café pergamino seco, cuando se despulpa, se transporta la pulpa y el café despulpa, sin agua y se lava el café después de una fermentación natural (2, 49, 50, 52). Del mismo modo, con el uso de los desmucilaginosadores mecánicos se ha minimizado aún más el uso del agua, hasta sólo 1 litro por cada kilogramo de café pergamino procesado. El mucilago obtenido en este proceso es un material viscoso, con alto contenido de sólidos (90 g/L de mucilago), altamente contaminante debido a su carga orgánica, que equivale a aproximadamente 110000 ppm de Demanda Química de Oxígeno (DQO) (20, 36, 54). La obtención concentrada de este subproducto facilita su aprovechamiento y conversión a escala agrícola, industrial y pecuaria. Igualmente se han desarrollado en CENICAFÉ los sistemas de tratamiento para las aguas residuales del beneficio húmedo de café, los cuales remueven eficientemente más del 80% de la carga orgánica de los efluentes expresada como DQO.

El mucilago o mesocarpio del fruto de café es una sustancia localizada entre la pulpa y el pergamino, compuesta por tejidos fibrosos que no contienen cafeína ni taninos y son ricos en azúcares y pectinas. El mucilago constituye el 20% del fruto de café en base húmeda y alrededor del 5% en base seca (6, 9). El contenido de agua en el mucilago de café varía entre el 85 y el 90 % (5, 6, 9). La mayor parte de la materia seca está representada por carbohidratos, en particular, compuestos pectínicos y azúcares reductores y no reductores. El mucilago está constituido por 0.95, 0.08 y 0.45% de proteína, grasas y cenizas, respectivamente (43). En el mucilago están presentes minerales como K, Ca, Mg, P, en mayor proporción y se encuentran trazas de Fe, Zn, Mn y Cu. El poder calorífico del mucilago es bajo, del orden de 500 kcal/g y está representado principalmente por el contenido de carbohidratos (40).

El mucilago de café se ha usado en la obtención de bebidas alcohólicas, por otra parte, se ha estudiado su utilización en la producción de pecuarias que tienen uso en la industria de alimentos, productos farmacéuticos, pinturas y temple de acero, además, por sus propiedades reológicas, actualmente se investiga sobre su uso en la perforación de pozos de petróleo (6, 8, 9, 17, 21, 44).

Las características fisicoquímicas y composición química del mucilago concentrado (52), así como la ausencia de compuestos anti-

bióticos como la cafeína (12, 15, 21, 29, 30, 34, 46, 47), son factores que hacen potencialmente apropiado a este subproducto para suplir la alimentación animal, constituyendo su uso, una solución parcial al problema de la contaminación causada por el proceso de beneficio húmedo del café, tal como se observó en Cenicafé al utilizar aguas residuales en la alimentación animal (49) (Figura 1).

En los últimos años se le ha dado un enfoque diferente a la producción animal donde el feno es producir carne y leche en forma sostenible, utilizando las fuentes disponibles, principalmente los residuos agroindustriales. Se busca así abarcar los sistemas de producción, dentro de un marco social, económico y conservacionista del agua y de los recursos naturales (26). Los subproductos del beneficio húmedo de café, tales como la pulpa, el mucilago y el pergamino, han sido empleados en la alimentación animal en bovinos, cerdos, pollos, peces y conejos, con resultados no siempre muy favorables por la composición

y forma de suministro de estos subproductos (7, 21, 30).

Aunque en Colombia el consumo de carne de cerdo, representa sólo el 3,2% y ésta se consume más por tradición y costumbre que por sus características nutritivas recomendadas en países altamente consumidores como Dinamarca, Alemania, Canadá y Hungría, existen desarrollos tecnológicos en la producción porcina, pero no competitivos económicamente.

En la actualidad la alimentación porcina corresponde al 80% de los costos de producción por tanto, los productores buscan alternativas de alimentación como los subproductos agroindustriales con las cuales la función del cerdo sea la conversión de estos subproductos en sustancias cuya materia y energía puedan ser aprovechadas por el hombre (4).

El cerdo posee un aparato digestivo simple corto, en relación con el de otras especies



Figura 1. Cerdos consumiendo mucilago de café.

domésticos pero en particular, la capacidad de tal órgano es relativamente grande en relación con su masa corporal. A diferencia de los ruminantes, la acidez elevada de este órgano, constituido por un simple reservorio, impide el desarrollo de la flora bacteriana. Por dicha razón, el ganado porcino no puede transformar la fibra y su alimentación se basa en concentrados y productos de fácil asimilación (11, 13, 25, 32, 35, 39, 44).

En ensayos preliminares realizados en la Fundación Manuel Mejía en 1995 se alimentaron cerdos durante dos meses con concentrado complementado con agua residual fresca proveniente del beneficio de café, almacenada durante 24h. En estos ensayos se demostró que el ganado porcino aceptaba los subproductos del café sin presentar problemas digestivos aparentes (51).

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la aceptación y estimar la proporción de muelago de café en la dieta del ganado porcino y las utilidades, buscando así una solución parcial al impacto biológico y ambiental que ocasiona este subproducto, si se vertiera directamente a las intersecciones.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Fundación Manuel Mejía en el municipio de Chinchipe (Caldas), latitud 4° 59' N, longitud 75° 39' O. Altitud 1400 m, temperatura media 20,8 °C, humedad relativa promedio de 78%, precipitación total anual de 2646 mm con 249 días de lluvia y brillo solar de 1817h (19). Los cerdos permanecieron durante el engorde en porquerizas diseñadas y construidas especialmente para la distribución de los tratamientos y unidades experimentales de esta investigación. Se construyeron en cemento, con un área de 14,2 m² cada una (43 x 3,30m) para cinco animales, con divisiones para alimentación individual y bebederos de agua. La temperatura promedio en el día fue de 24°C y en la noche de 15°C.

Animales. Se compraron 125 cerdos (50 del cruce Landrace Belga x Pietrain y 75 del cruce Landrace Belga x Yorkshire).

Alimento. Se utilizó concentrado comercial tipo levante y finalizador; premixza mineral; muelago de café fresco y fermentado; de café seleccionado y de recolección normal.

Materiales y equipos. Se utilizó un desmullagador mecánico de café con capacidad de 7500 kg/h (litro de agua/min; equivalente a 0,5 litros de agua por kg de café pergamino seco), zarrandas para clasificación de café cereza y en baba, canecas plásticas, refrigeradores, balanzas, reactivos y material de medida para análisis de laboratorio, droga veterinaria y material de protección.

Cerdos de engorde. Se evaluó la aceptación del muelago de café en 2 ciclos de engorde de cerdos, cada uno de 70 días.

Primer ciclo. Se utilizaron 50 lechones, los cuales se alimentaron con concentrado, tipo levante, hasta alcanzar un peso promedio de 42 kg y una edad de 120 días. Se evaluaron 9 tratamientos, en los cuales se incluyó el suministro de 100% concentrado (T1) y suministro de muelago fresco y fermentado (T8 y T9), y mezclas del 20%, 30%, y 40% del muelago de café en estado fresco y fermentado (T2 a T7) (Tabla 1).

Durante el primer ciclo se evaluó la aceptación del muelago de café por los cerdos, cumpliendo la dieta del concentrado por muelago de café, basados en la cantidad total de alimento requerido por el animal según su peso, teniendo en cuenta para la formulación de la dieta el peso total de cada material concentrado y muelago de café.

Tabla 1. Descripción de tratamientos, del primer ciclo de engorde de cerdos alimentados con concentrado y muelago de café.

Tratamiento	Concentrado (%)	Muelago (%)	Estado del muelago	Tipo de café
1	100	0	—	—
2	20	80	Fresco	Seleccionado
3	30	70	Fresco	Seleccionado
4	40	60	Fresco	Seleccionado
5	40	60	Fermentado	Seleccionado
6	30	70	Fermentado	Seleccionado
7	40	60	Fermentado	Seleccionado
8	0	100	Fresco	Seleccionado
9	0	100	Fermentado	Seleccionado

*Reducción expresada en peso (g/kg).

Segundo ciclo. Se utilizaron 75 lechones, los cuales fueron alimentados con concentrado tipo levante, hasta alcanzar un peso promedio de 38,4 kg y una edad de 92 días. Se evaluaron 15 tratamientos, en los cuales se incluyó el suministro de concentrado en un 100% (T1), el suministro de muelago fresco y fermentado para consumo voluntario (T14 y T15) y mezclas al 20%, y al 30%, del muelago de café en base seca y en base húmeda, tanto en estado fresco como fermentado, y proveniente de café seleccionado, como de café de recolección normal. Se incluyó en algunos tratamientos el suministro adicional de una premixza mineral como se muestra en la Tabla 2.

Durante el segundo ciclo de engorde se evaluó la aceptación del muelago de café por los cerdos, cumpliendo la dieta del concentrado por muelago de café, basados en la cantidad total de alimento requerido por el animal según su peso, teniendo en cuenta para la formulación de la dieta el peso total de cada material concentrado y muelago de café.

materia seca de cada material concentrado y muelago de café. Para los tratamientos T14 y T15 se suministró solo muelago a voluntad. Para el cálculo de la materia seca en la formulación de la mezcla se tuvo en cuenta un contenido de humedad del muelago de café de 85% y del 13% para el concentrado.

Suministro de alimento. Se establecieron 5 períodos dentro del ciclo, determinándose como fechas de pesaje los días 0, 14, 28, 42, 56 y 70. Tanto para los animales del grupo testigo (concentrado) y el muelago (100%) como para los alimentados con mezclas de concentrado y subproducto, se les suministró la ración cada 14 días, con base en el peso, obteniendo para cada animal la fecha de pesaje. El suministro de alimento se realizó tres veces al día. Se utilizaron comederos independientes, para medir el consumo diario por cada animal de acuerdo con el tratamiento y la dieta, por suministrar Tomaron agua a voluntad, medida por los contadores ubicados en cada uno de los bebederos.

20

Tabla 2. Descripción de tratamientos del segundo ciclo de engorde de cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café.

Tratamiento	Concentrado (%)	Mucilago (%)	Formulación	Estado del mucilago	Tipo de café	Adición de sales
1	100	0	b.s.	—	—	—
2	80	20	b.h.	Fresco	Seleccionado	Si
3	80	20	b.s.	Fresco	Seleccionado	Si
4	80	20	b.s.	Fresco	Sin selección	Si
5	80	20	b.s.	Fresco	Seleccionado	No
6	80	20	b.h.	Fresco	Seleccionado	Si
7	70	30	b.h.	Fresco	Seleccionado	Si
8	70	30	b.s.	Fresco	Seleccionado	Si
9	70	30	b.s.	Fresco	Sin selección	Si
10	70	30	b.s.	Fresco	Sin selección	No
11	70	30	b.s.	Fresco	Sin selección	No
12	74	26	b.s.	Fresco	Sin selección	No
13	74	26	b.s.	Fresco	Seleccionado	No
14	74	26	b.s.	Fresco	Seleccionado	Si
15	0	100	b.s.	Fresco	Seleccionado	Si

b.s.: base seca, b.h.: base húmeda

* Suministro de acuerdo con la edad más no al peso, cada 14 días.

** Suministro variando la proporción entre los cinco períodos así: 20:30:20:30:20.

*** Suministro variando la proporción entre los cinco períodos así: 20:20:30:30:20.

**** Suministro variando la proporción entre los cinco períodos así: 20:30:30:30:20.

Para el segundo ciclo el suministro de sales se hizo a partir del trigésimo día de iniciación del ciclo, adicionándose a cada ración diaria 37,5 g de premezcla mineral (Tablas 3 y 4).

Mucilago de café: El mucilago se obtuvo de café de la especie *Coffea arabica* L. proveniente de la Estación Central Nariño y de fincas cercanas. En los tratamientos en los cuales se utilizó café seleccionado en ambos ciclos, el café se cosechó normalmente, se clasificó mecánicamente por medio de una zaranda y se seleccionó de nuevo manualmente escogiendo solo frutos pinones y maduros y descartando aquellas cerezas verdes y negras, principalmente. El café se despulpo sin agua y la pulpa fue dispuesta para su descomposición

natural o por medio de la lombriz roja tenebrosa la separación de la pulpa, el café en bruto se pasó por una segunda zaranda en la cual se separó del café "guayaba" con el fin de obtener un mucilago libre de impurezas. Posteriormente el café despulpo y clasificado se pasó a un desmuelgador de café experimental donde la operación de remoción del mucilago se realizó utilizando en promedio 0,5 litros de agua por cada kilogramo de café por germen seco. El mucilago se almacenó en cisternas plásticas separando el material con el fin de suministrarlo tanto fresco, es decir, con menos de 18 h de almacenamiento a temperatura ambiente, y hasta 72 h en refrigerador a 4°C, y como fermentado, aquel que permaneció almacenado por un período de más de 24 h a temperatura ambiente.

Tabla 3. Raciones suministradas a cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café, en cada uno de los períodos del primer ciclo de engorde.

Período	1		2		3		4		5	
Tratamiento	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.
1	28,14	0	30,66	0	36,12	0	42	0	59,03	0
2	24,64	6,16	24,64	6,16	24,36	6,44	29,4	7	33,6	8,4
3	19,6	8,4	19,32	8,4	21,84	8,96	21,84	8,96	21,16	9,24
4	16,8	12	18,48	7,9	18,48	12,32	18,72	12,3	21,84	14,56
5	16,8	12	22,63	5,7	24,36	6,44	24,34	6,4	24,64	6,16
6	19,6	8,4	21,84	8,96	21,84	8,96	21,56	9,24	29,4	12,6
7	16,8	12	16,81	11,2	18,48	12,32	18,48	12,32	21,84	14,6
8	0	21	0	21	0	21	0	21	0	21
9	0	21	0	21	0	21	0	21	0	21

Tabla 4. Raciones suministradas a cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café, durante los períodos del segundo ciclo de engorde.

Período	1		2		3		4		5	
Tratamiento	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.	Concentrado kg.	Mucilago kg.
1	30,8	0	36,4	0	42	0	47,6	0	47,6	0
2	32,4	5,6	32,4	5,6	24,6	6,2	29,12	7,28	33,6	8,4
3	16,8	24,36	22,4	32,48	24,6	35,67	29,12	42,20	33,6	48,72
4	16,8	24,36	22,4	32,48	24,6	35,67	29,2	42,20	33,6	48,72
5	16,8	24,36	22,4	32,48	24,6	35,67	29,2	42,20	33,6	48,72
6	22,4	5,6	22,4	5,6	24,6	6,2	29,2	7,6	33,6	8,4
7	14,7	6,3	19,6	8,4	21,56	9,24	25,48	10,92	25,48	10,92
8	14,7	36,54	19,6	48,72	21,56	53,60	25,48	63,42	25,48	63,30
9	14,7	36,54	19,6	48,72	21,56	53,60	25,48	63,42	25,48	63,30
10	14,7	36,54	19,6	48,72	21,56	53,60	25,48	63,42	25,48	63,30
11	16,8	24,36	22,4	32,48	24,6	35,66	24,6	61,14	25,48	36,94
12	16,8	24,36	22,4	32,48	21,56	53,60	25,48	63,42	33,6	48,72
13	16,8	24,36	19,6	48,72	21,56	53,60	25,48	63,42	33,6	48,72
14	0	280	0	322	0	364	0	420	0	466,2
15	0	280	0	322	0	364	0	420	0	466,2

Para los tratamientos del segundo ciclo se realizó el desmenuado y el desmenuado del café inmediatamente después del recibo, sin usar ningún tipo de clasificación, obteniéndose un material altamente viscoso y con algunas partículas de pulpa, las cuales no se separaron del mucilago.

Diseño experimental. Cada tratamiento consistió de 5 animales o unidades experimentales. En el momento inicial de cada ciclo se pesaron los animales y se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento. Este peso inicial P_i se tuvo en cuenta como covariable en los análisis estadísticos de los resultados.

Durante la investigación se llevaron registros de las variables propias de la explotación porcinas tales como: peso entre períodos, peso vivo, ganancia en peso, conversión alimenticia, controles sanitarios (vacunas, vermifugaciones y control de parásitos externos, incluyendo la desinfección de las instalaciones), así como las características y composición de los materiales utilizados para la alimentación.

Además, se realizó la evaluación zootécnica de la canal, registrándose el espesor de la grasa dorsal, la longitud y el rendimiento de la canal. Del mismo modo, se determinó por medio de análisis físicoquímicos la calidad nutritiva de la carne y a través de evaluaciones de consumidor, la calidad organoléptica. Se realizaron análisis de los siguientes cortes de carne: lomo, costilla, pechito y tocino.

Igualmente se realizó la evaluación económica calculando los beneficios brutos y netos por tratamiento y animal. Se consideró el total de costos de producción por tratamiento, resultante de la sumatoria del total de materiales, directos (costo de porcinos, concentrado, mucilago de café y premezcla mineral), la mano de obra directa de manejo de la explotación y el total de costos indirectos que incluyó la selección del café.

Es importante destacar que en el total de costos de producción hallados, se tuvo en cuenta el costo de inversión inicial para los animales, así como también el período correspondiente a la etapa de levante, comprendida desde el ingreso de los animales con peso promedio de 15 kg hasta un peso final promedio de 40 kg; peso para el cual se inició la etapa de finalización empleando mucilago de café. Se estimó un flete en compra de mucilago de café de \$ 8.55/L para el primer ciclo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer ciclo. En la Tabla 5 se presentan los pesos alcanzados por los animales al final de cada período del primer ciclo de engorde. No se presentaron diferencias significativas al 5% entre tratamientos para el peso inicial, P_i . Para todos los tratamientos en los cuales se suministró algún porcentaje de concentrado comercial, se observó un aumento en peso progresivo a través de la ceba, presentándose diferencias significativas a los 42 días en los pesos alcanzados y en la ganancia en peso entre los animales alimentados con 100% concentrado y los demás tratamientos. También se presentaron diferencias entre los cerdos que consumieron solo mucilago de café como alimento y el resto de los animales.

El promedio de peso final de los cerdos que se alimentaron con mezclas de mucilago y concentrado en todas las proporciones y edades, fue de 76.58 kg, obteniéndose el mayor promedio de peso (82.77 kg) con la mezcla que incluyó el 20% del mucilago fresco.

Con relación al peso final de cada unidad experimental se encontró que el 6% de los animales alcanzaron peso superior a 100 kg, que correspondió a los animales que consumieron solo concentrado; el 20% de los animales alcanzaron un peso superior a 90 kg, cerdos que

TABLA 5. Pesos medios a fines de los períodos de engorde y ganancia en peso promedio diario y por período de los cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café, primer ciclo.

Tratamiento	Días						Ganancia	
	0	14	28	42	56	70	kg durante 14 días	kg durante 70 días
1	43.9	54.98	64.78	73.50	86.20	95.65	11.1	0.75
2	43.0	50.94	58.40	61.94	72.60	82.70	9.04	0.57
3	43.9	49.30	54.34	57.64	64.76	75.00	11.77	0.40
4	43.5	51.80	58.44	62.27	69.74	77.00	6.95	0.43
5	37.5	47.48	52.96	57.42	64.00	74.00	7.90	0.32
6	44.0	50.76	57.78	64.76	70.80	79.20	7.99	0.30
7	40.5	49.20	53.62	56.86	63.04	70.80	6.48	0.43
8	44.1	49.72	57.72	55.66	63.84	72.50	7.22	0.17
9	43.0	39.50	37.60	35.80	33.55	31	2.10	-0.19

consumieron concentrado en más del 80% con mucilago en estado fresco. El 36.7% de los animales con pesos iniciales superiores a 43 kg y alimentados con concentrado en un 100% o con mezclas de mucilago y concentrado, alcanzaron más de 80 kg. Entre 70 y 80 kg de peso final alcanzaron el 42.9% de los animales, y correspondieron a cerdos de todos los tratamientos que incluyeron mezclas. 29 animales alcanzaron un peso superior a 75 kg, entre 60 y 70 kg de peso final fue obtenido por 3 animales, la mayoría de los cuales solo consumieron el 60% de concentrado y 40% del mucilago durante el engorde. El 18% de los animales pertenecientes a los que consumieron solo mucilago, alcanzaron un peso final entre los 27 y 36.0 kg.

En la Figura 2 se observa la ganancia en peso de los cerdos durante el ciclo de engorde. Se destaca que los animales que consumieron solo mucilago unido en forma fresca como herramienta, perdieron 300 g diarios en los primeros 14 días y 100 g diariamente durante los siguientes períodos, hasta el final del ciclo de engorde, alcanzando un peso promedio de solo 32 kg después de 70 días. Esto se explica por el bajo aporte calórico y el bajo contenido nutritivo.

En particular, grasa, proteínas, vitaminas y minerales que fueron suministrados con el mucilago de café a estos animales. Se demostró así que el mucilago no debe emplearse como única fuente de alimento en la dieta porcina, sino para suplir otras fuentes completas como el concentrado.

En general, se observó para todos los tratamientos, entre los 28 y 42 días una tendencia de ganancia en peso menor, en comparación con los primeros días de engorde; ganancia que

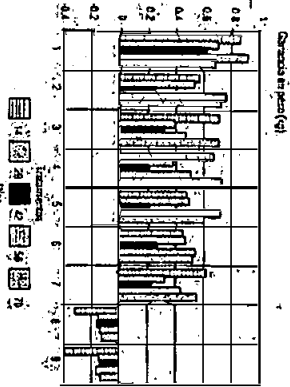


Figura 2. Ganancia en peso de cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café, primer ciclo.

82

aumentó en los 14 días siguientes para todos los tratamientos que consumieron algún porcentaje de concentrado.

A los 56 días se observó una ganancia en peso promedio de 0,57 kg/animal para los animales que consumieron la dieta 80-20 concentrado-muchilago fresco, seguidos de la proporción 30% en estado fermentado que ganaron en promedio de 0,50 kg/animal. A los 56 días se observó una ganancia en peso promedio de 0,57 kg/animal para los animales que consumieron la dieta 80-20 concentrado-muchilago fresco, seguidos de la proporción 30% en estado fermentado que ganaron en promedio de 0,50 kg/animal. Cada 14 días se requirió una ganancia en peso promedio de 11 kg para el grupo testigo de concentrado, 9 kg para los animales que consumieron 80% de concentrado y 20% del muchilago fresco. Los cerdos que consumieron del 30% al 40% del muchilago en su dieta ganaron solo 7 kg durante el periodo.

Lo mismo que para la variable ganancia en peso, se presentó una respuesta positiva en la conversión alimenticia para los tratamientos en los cuales se incluyó concentrado, mientras

los animales que consumieron solo muchilago mostraron una respuesta negativa desde el inicio del ciclo. En la figura 3 se observa que en general la conversión alimenticia fue mayor para los tratamientos que incluyeron muchilago fresco que fermentado.

Como se muestra en la Tabla 6, hasta los 56 días la conversión del grupo testigo se destacó sobre los otros tratamientos. Durante el primer periodo se requirió de 2,32 kg de alimento para

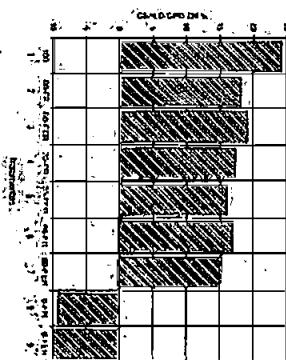


Figura 3. Relación consumo de alimento y ganancia en peso para cerdos alimentados con muchilago de café y concentrado. Primer ciclo.

TABLA 6. Conversión alimenticia de cerdos alimentados con concentrado y muchilago de café, primer ciclo.

Tratamiento	Días					Conversión alimenticia X	Consumo de alimento total	Ganancia de peso los 70 días	Cantidad total de alimento para alimentar 90 kg
	0-14	14-28	28-42	42-56	56-70				
1	2,32	3,1	4,14	3,30	6,24	3,82	195,89	52,75	333,9
2	3,87	4,1	8,20	3,41	4,15	4,85	170,87	30,70	307,0
3	2,97	3,3	9,93	4,22	3,01	5,10	148,12	33,72	278,9
4	4,88	3,9	8,14	4,12	3,01	5,22	155,40	31,5	287,7
5	3,0	5,1	6,90	4,67	3,08	4,52	148,67	36,48	260,9
6	4,3	4,4	10,26	3,06	5,00	5,45	165,00	35,2	292,2
7	3,1	6,3	9,5	4,98	4,09	5,75	154,05	30,3	284,7
8	4,7	10,5	-10,2	-11,51	-12,8	—	106,00	—	—
9	3,8	-11,05	-11,6	-9,13	-8,4	—	105,00	—	—

producir 1 kg de cerdo, mientras que se necesitó 3,87 kg de mezcla 80-20 concentrado-muchilago fresco y 3,1 kg de mezcla 60-40 concentrado-muchilago fermentado, para obtener el mismo aumento de peso. Para la conversión alimenticia se presentaron diferencias significativas a los 42 días entre el testigo y los tratamientos de muchilago fermentado, periodo en el cual la eficiencia en la conversión del alimento bajó en todos los tipos de alimentación, con respecto al periodo de 14 días inmediatamente anterior.

En el último periodo para el tratamiento con suministro 80-20 concentrado-muchilago fresco se destacó la conversión con un valor promedio de 4,15 kg, el cual está dentro de los rangos normales de conversión: 4,56 kg entre los 79,81 y 91,66 kg según ICA (28), para los pesos finales obtenidos en este tratamiento. Estos animales lograron convertir en carne y grasa alrededor del 24% del alimento consumido, mientras que el testigo solo convirtió el 16%. La relación de conversión fue mejor para el consumo de material fresco que fermentado. En promedio, para todo el ciclo de engorde se encontró que para ganar 52,75 kg en 70 días se requieren 195,89 kg de concentrado, obteniéndose una conversión alimenticia promedio de 3,82. En tanto que un cerdo que consuma la mezcla 80-20 concentrado-muchilago fresco, requiere de 170,87 kg de alimento con una conversión alimenticia de 4,8, ganando 39,70 kg en los 70 días.

En la Tabla 6 se observa igualmente para cada tratamiento la cantidad de alimento necesario para alcanzar pesos finales de 90 kg, lo cual implicaría para el tratamiento T2, prolongar el ciclo de engorde hasta 80 días aproximadamente.

En las Figuras 4, 5 y 6 se comparó el aspecto de los cerdos que consumieron 100% concentrado, 100% muchilago fresco y fermentado, y 80-20 concentrado-muchilago fresco durante el



Figura 4. Cerdo que consumieron 100% fermentado.

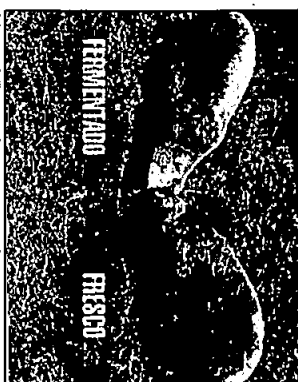


Figura 5. Cerdo que consumieron 100% muchilago fresco y fermentado, primer ciclo.



Figura 6. Cerdo que consumieron concentrado-muchilago de café fresco en proporción 80-20% (b.h.)

23

primer ciclo de engorde, apreciándose claramente la deficiencia en la dieta suministrada a los cerdos de los tratamientos T8 y T9.

En la Tabla 7 se presentan las características zoonóticas de los cerdos sacrificados después del primer ciclo de engorde. Se presentaron diferencias significativas para la longitud y el rendimiento de la canal, el espesor de la grasa dorsal y la clasificación de las carnes entre los animales que consumieron solo muellago de café y los cerdos a los cuales se les suministró concentrado o mezclas de concentrado y muellago de café. El rendimiento en canal del castigo fue del 70%, en tanto que los cerdos de los tratamientos T8 y T9 rindieron solo el 59%.

Igualmente el espesor de la grasa dorsal para los animales que no consumieron ninguna proporción de concentrado fue de 1.8 cm, comparado con 3.3 cm en promedio para el resto de los tratamientos. Las diferencias en todos las medidas zoonóticas se explican por el peso vivo de los animales alcanzado en los tratamientos T8 y T9 con respecto a los demás, sumado a la mala conformación muscular y al bajo contenido de grasa originado por la carencia en compuestos nutritivos y caloríficos de la dieta suministrada con el muellago de café (14, 24, 27, 45).

En la Tabla 8 se resumen los resultados obtenidos de las pruebas de aceptación de consumo y de los análisis fisicoquímicos de las

Tabla 7. Características zoonóticas de carnes de cerdos alimentados con concentrado y muellago de café, primer ciclo.

Tra.	Longitud de la canal (cm)	Observación	E, G, D (cm)	Observación	Rendimiento en canal (%)	Observación
1.	70.27	Normal	3.70	I	70.06	Buena
2.	67.83	Normal	3.07	I	64.91	Buena
3.	66.00	Normal	3.06	I	70.26	Buena
4.	66.33	Normal	3.20	I	67.77	Buena
5.	66.17	Normal	3.33	II	68.46	Regular-buena
6.	68.67	Normal	3.27	II	5.63	Buena
7.	65.83	Normal	3.33	II	68.23	Buena
8.	50.33	Mala	1.80	III	59.58	Regular-buena
9.	54.84	Mala	1.93	III	58.51	Regular-buena

E, G, D. Espesor de grasa dorsal. E, carne excelente; II, II, carne de primera, segunda, tercera, respectivamente.

Tabla 8. Aceptación sensorial y composición nutritiva de carnes de cerdos alimentados. Con concentrado y muellago de café, primer ciclo.

Tra.	Aceptación sensorial (%)	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)
1.	96	71.76	20.67	6.91	1.352
2.	92.1	61.3	17.8	18.5	1.455
3.	89.6	69.6	22.57	6.82	1.491
4.	98.2	70.71	20.12	7.53	1.527
5.	94.3	69.6	22.38	5.9	1.575
6.	94.3	67.93	20.64	10.63	1.352
7.	84.3	68.2	22.5	6.7	1.607
8.	28	74.44	19.6	6.6	1.55
9.	30	71.1	21.6	6.3	1.35

carnes de cerdo del primer ciclo de engorde con concentrado y muellago de café. Todas las carnes de los cerdos que consumieron concentrado o mezclas de concentrado y muellago fueron aceptadas por más del 90% de los consumidores, en tanto que las carnes de los cerdos que consumieron solo muellago de café fueron rechazadas totalmente por el 30% de los consumidores y calificadas de regular por el 42% de los participantes. Estas carnes presentaron color oscuro, textura muy dura y sabor insípido o picante, características que reflejaron las deficiencias nutritivas de la alimentación de esos cerdos. De esta forma se demostró que el tipo de alimento suministrado por los cerdos influye directamente en la calidad sensorial de la carne obtenida, produciéndose carnes de rechazo de los animales a los cuales no se les suministró los requerimientos proteicos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales en su dieta (1, 16, 23, 38, 42).

Los contenidos de humedad, proteína y grasa de todos las carnes a excepción del tratamiento T2 estuvieron dentro de los valores normales de una carne de cerdo magra, la cual contiene en promedio 19% de proteína y 7% de grasa en base húmeda, aportando igualmente contenidos energéticos similares al consumidor.

Las carnes de los tratamientos T8 y T9 se desmenuaron por su alto contenido de humedad. Los mayores contenidos de proteína los presentaron los tratamientos T3 y T7, en tanto que las carnes de T2 y T6 se desmenuaron por su alto contenido de grasa, catalogándose como una carne semimagra.

El contenido de minerales (potasio, calcio, magnesio, hierro y fósforo) de las carnes de los cerdos que consumieron alguna proporción de muellago se diferenciaron significativamente de los reportados para carnes normales. Para los tratamientos a los cuales se suministró solo muellago de café, se determinaron contenidos

de Fe de 5 a 10 veces superiores, y 25 veces superiores para el calcio, valores tan altos se han reportado para ratas con deficiencias de aminoácidos esenciales en su dieta (15).

Por medio del concentrado suministrado a los cerdos del tratamiento T1, se aportaron 3200 kcal/kg y componentes nutritivos representados en 12.5% de proteína, 2.4% de grasa, 65.2% de carbohidratos (db) y un alto contenido de minerales, principalmente potasio, fósforo, magnesio, calcio, hierro, sodio, zinc, manganeso y yodo (43). Al supirse parte del concentrado y de acuerdo a la composición del muellago, se suministró menos cantidad de nutrientes y energía al cerdo, lo cual se reflejó en la ganancia en peso, conversión alimenticia y características zoonóticas. Sin embargo, se encontró que la calidad de la carne de cerdo no se afecta cuando se suministra el muellago de café como parte de la dieta del porcino, en mezcla con el concentrado requerido por el animal según su peso.

El muellago de café es un producto dulce al paladar y esto explica el que haya sido aceptado fácilmente por los cerdos los cuales han mostrado gran afinidad por los alimentos dulces. Durante el primer ciclo los cerdos de los tratamientos T8 y T9 consumieron hasta 1.5L diarios de muellago presentando mala conformación muscular y pérdida de peso, sin ningún tipo de trastornos digestivos aparentes, pero sí mal aspecto del pelaje del animal junto con una dermatitis crónica.

El alto contenido de agua y el bajo aporte de grasas y proteína del muellago de café, no permite compararlo con otros subproductos y materiales utilizados para la alimentación animal y porcina, por ejemplo, la miel finalizada en la etapa de azúcar contiene hasta el 65% de carbohidratos y azúcares inmediatos y aporta energía y compuestos nutritivos básicos para el metabolismo y transformación en carne.

Si bien, al disminuir la cantidad de concentrado y reemplazarlo por muelugo de café, se está obteniendo un alto porcentaje de costos del alimento, los pesos finales alcanzados con las mezclas evaluadas no permiten obtener ganancias económicas significativas, cuando se suministra el muelugo, tal como se obtiene del beneficiado de café, proporcionalmente en peso con respecto al concentrado y de acuerdo con el peso del animal.

Los beneficios económicos para cada tratamiento dependieron del peso final alcanzado y éste a su vez del peso inicial de cada animal engordado. En la Tabla 9, para lechones de 40 kg y un costo inicial de \$62000, alimentados 70 días con 100% concentrado, se obtiene una ganancia de \$ 7000/ animal y carnes de calidad aceptable. En general, a medida que se aumentó la proporción de muelugo la ganancia fue mayor y a la vez que los animales adquirieron un menor peso, la calidad de la carne fue inferior. Para pesos iniciales similares, los pesos finales alcanzados y la ganancia obtenida varían según el tipo de alimentación utilizado.

Tabla 9. Beneficios brutos por animal según los pesos iniciales y finales y el tipo de alimentación de cerdos alimentados con concentrado y muelugo de café, primer ciclo.

Tratamiento	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Beneficios brutos \$/ animal	
			Muelugo sin costo	\$ 8,550/ muelugo
1	40,4	89	6.888,1	6.888,1
2	41,9	76	(737,81)	(445,06)
3	40,1	72	6.332,83	6.630,38
3	40,9	79	13.832,83	(141) 30,38
4	40,9	77	10.832,83	11) 30,38
4	43,4	73	7.930,64	8,330,37
5	41,9	75	4.409,57	1.657,24
6	43,4	76	10.409,57	10.657,24
6	43,4	76	4.785,93	5.198,66
7	40,4	70	9.285,93	9.698,66
8	40	30	7.097,38	7.625,63
9	45,4	28	(20.333,8)	(19.435,65)
			(23.333,8)	(22.435,93)

Segundo ciclo: En la Tabla 10 se observa que todos los animales que consumieron concentrado solo o en mezcla con muelugo de café ganaron peso a través de los periodos del ciclo de engorde independientemente de la dieta, estado del muelugo, tipo de café y adición de sales. Por el contrario, los animales alimentados con muelugo a voluntad en ambos estados, perdieron peso desde el principio disminuyendo 6 kg los primeros 14 días y 1,5 kg en promedio, con cada una de las etapas siguientes y alcanzaron un peso final promedio de 28 kg.

Los cerdos que se alimentaron con mezclas de muelugo y concentrado en todas las proporciones y estados, alcanzaron un peso promedio de 78,4 kg, en comparación de 95,6 para el testigo de concentrado. Para el tratamiento que incluyó la mezcla del 20% de muelugo fresco o fermentado y calor seleccionado, se obtuvo el mayor peso final (81,8 kg) entre las mezclas, siendo mayor el peso del tratamiento T3. Para los tratamientos en los cuales se empleó muelugo sin ningún tipo de selección de café, independiente de la proporción, estado del

Tabla 10. Pesos medios a través de los periodos de engorde y ganancia en peso, promedios diarios y por periodo de cerdos alimentados con concentrado y muelugo de café, segundo ciclo.

Tratamiento	Días							kg	Ganancia cada 14 días	Ganancia durante los 70 días
	0	14	28	42	56	70				
1	42,90	54,98	64,78	71,50	86,20	95,60	10,54	0,77		
2	41,70	46,40	54,08	63,40	73,46	82,90	8,24	0,57		
3	38,76	43,50	53,04	63,30	76,84	83,04	8,86	0,62		
4	38,00	42,80	50,16	64,80	73,80	81,32	8,66	0,51		
5	36,92	41,30	51,20	60,20	71,00	79,40	8,50	0,62		
6	34,00	39,40	49,06	60,60	71,80	79,80	9,16	0,63		
7	37,16	41,20	50,20	59,40	68,40	74,56	7,48	0,53		
8	38,16	41,60	52,60	61,20	69,60	78,92	8,15	0,62		
9	37,48	41,30	50,44	60,50	70,62	77,57	8,01	0,56		
10	37,84	44,80	52,26	61,56	70,76	76,56	7,74	0,53		
11	37,60	40,10	48,00	56,60	65,20	76,60	7,80	0,54		
12	35,16	40,00	49,40	59,09	69,72	76,60	8,29	0,59		
13	38,80	44,10	52,80	62,08	71,72	80,20	8,28	0,58		
14	40,24	45,10	53,72	62,12	70,54	78,56	7,86	0,57		
15	41,16	44,60	53,04	62,76	70,54	78,56	7,86	0,56		

muelugo, sales y forma de suministro se alcanzó en promedio un peso de 76,6 kg.

Se encontró que el 12% de los cerdos alcanzaron pesos finales superiores a 90 kg y correspondieron a animales que consumieron más del 80% de concentrado en su dieta. Los cerdos de los tratamientos T1, T2, T11, T12 y T13 alcanzaron más de 80 kg. El 34,6% de los cerdos alcanzaron pesos entre los 70 y 80 kg y correspondieron a animales que consumieron mezclas de concentrado y muelugo en todas las proporciones y estados evaluados. El 8% de los animales alcanzaron un peso final entre 60 y 70 kg y correspondieron a animales que consumieron sólo el 70% de concentrado durante el engorde.

Con relación a la ganancia en peso diaria promedio durante los 70 días, el grupo testigo se destacó con respecto a los otros tratamientos, obteniéndose valores en ganancia en peso diario de 0,77 kg. Los tratamientos que incluyeron

con 80% de concentrado presentaron una ganancia de 0,58 kg/ animal, independientemente del tipo de café y del estado del muelugo. Las ganancias obtenidas se encuentran dentro de los parámetros establecidos para animales entre los 70 y 90 kg de peso. Todos los tratamientos, independientemente de la mezcla y estados, tuvieron un comportamiento homogéneo en la ganancia en peso y aumento de peso, a los 70 días con valores promedio de 0,59 kg/animal, 4,32 kg, respectivamente, no diferenciándose entre sí los tratamientos por la selección del muelugo o la adición o no de premezcla mineral. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de muelugo fresco en proporción 20% y 30% en base húmeda, alcanzándose ganancias en peso promedio de 41,2 y 37,4 kg y una ganancia en peso diario de 0,60 y 0,53 kg, respectivamente (Figura 7).

Cada 14 días se registró una ganancia en peso promedio de 10,5 kg para el grupo testigo, 8,75 y 7,8 kg para los animales que consumie-

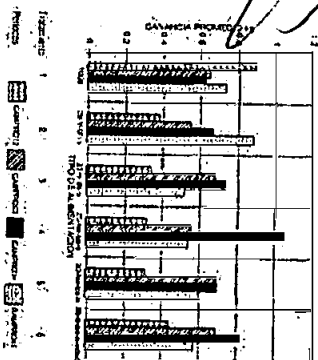


Figura 7. Ganancia en peso a través del engorde en cerdos alimentados con 80-20 concentrado-alimento de café. Segundo ciclo.

con muelugo fresco en proporción 20 y 30%, respectivamente, en tanto que los cerdos que consumieron el muelugo terminado independientemente de la selección de café, en combinación con concentrado ganaron de 7.8 a 8.8 kg.

En la Tabla 11 se observan los datos sobre la conversión alimenticia de los animales que consumieron concentrado y muelugo, independientemente del estado.

Los animales que consumieron solo concentrado presentaron la mejor conversión alimenticia en promedio, seguidos de los animales que consumieron hasta el 80% de concentrado. En los primeros 14 días del ciclo de engorde, la conversión del grupo testigo se destacó con respecto a la de los otros tratamientos: se requirieron 2.55 kg de alimento para producir 1 kg de cerdo para el grupo testigo, mientras que para el tratamiento T2 5.96 kg de alimento. Para todos los tratamientos en los cuales se suministró solo el 80% de concentrado se requirieron 7.56 kg en promedio y para aquellos a los cuales se les suministró solo el 70% de concentrado se requirió de 10.27 kg de alimento para producir 1 kg de cerdo.

Ya para el período final de la alimentación se destacaron las conversiones del tratamiento T2, con 4.45 kg, correspondiente a la dieta del 20% b.h. muelugo seleccionado y del tratamiento T1 (100% concentrado), con 5.06 kg.

La disminución de la conversión alimenticia en el último período del ciclo de engorde se debe a que, al limitar la alimentación de los cerdos en finalización se disminuye la ganancia de la canal. Al mismo tiempo se disminuye el índice y la eficiencia de la ganancia debido a la mayor proporción de consumo diario que se necesita para el mantenimiento del animal (15).

Basados en el tipo de alimentación y el peso final alcanzado se encontró que para obtener 95 kg de peso de animal vivo alimentado 70 días con solo concentrado, partiendo de un peso inicial de 42.9 kg, se requiere de 204 kg con una conversión de 3.96 kg. ganado 52.7 kg. de peso (Tabla 11). En el caso de mezcla 80-20 concentrado-muelugo fresco en base húmeda, se necesita 165.2 kg de alimento. Con una relación 4-20 1 kg ganado 41.2 kg de peso durante el ciclo y alcanzando 82.9 kg de peso vivo.

Los animales de tratamiento T14 y T15 consumieron hasta 6 litros de muelugo en promedio diariamente con conversiones negativas debido a su pérdida de peso, disminuyendo 300 g en peso durante los primeros 14 días y 100 g en promedio diarios en los períodos siguientes, como en el primer ciclo.

También para el segundo ciclo se observó una relación directa entre el tipo de alimentación y la cantidad de concentrado suministrado al cerdo, con su conformación muscular, grasa dorsal y rendimiento en canal. Las carnes producidas con alimentación de 100% concentrado y mezclas de concentrado-muelugo no se diferenciaron en sus características de peso de canal, espesor de grasa dorsal, área del músculo, rendimiento de la canal y demás propiedades zootécnicas. En tanto que los cerdos que

TABLA 11. Conversión alimenticia total y por período para los cerdos alimentados con concentrado y muelugo de café, segundo ciclo.

Tratamiento	Días	Conversión total (g)	kg de alimento		Consumo total de alimento	Ganancia a los 70 días		Cantidad de alimento para alcanzar 30 kg
			kg de cerdo	kg	kg	kg	kg	
1	2.55	3.71	4.82	3.73	50.6	3.98	204.4	32.74
2	5.96	3.69	3.20	3.62	4.44	4.20	165.2	12.4
3	8.68	5.73	5.87	5.69	11.63	7.49	309.95	42.4
4	8.58	7.46	4.12	7.92	10.93	7.80	309.95	32.4
5	9.40	5.54	6.70	6.60	9.80	7.61	309.95	22.4
6	5.19	2.90	2.67	3.26	5.25	3.85	165.28	5.8
7	5.20	3.11	3.35	4.04	5.91	4.32	152.60	37.4
8	14.90	6.21	8.74	10.58	9.53	9.99	372.42	40.7
9	13.41	7.47	7.40	8.87	12.87	10.01	372.42	40.0
10	7.36	9.16	8.08	9.66	15.31	9.92	372.42	43.26
11	16.46	18.65	7.04	9.98	5.47	9.52	318.34	39.0
12	8.50	5.84	7.76	8.39	11.97	8.49	342.72	41.4
13	7.77	7.85	8.10	9.25	9.71	8.54	356.16	41.4
14	52.43	—	—	—	—	—	11652	—
15	42.68	—	—	—	—	—	1852	—

consumieron solo muelugo a voluntad, presentaron diferencias muy marcadas en las propiedades zootécnicas con respecto al resto de los tratamientos. Esto se debe al peso final alcanzado por los animales de los tratamientos T14 y T15. La longitud de la canal fue de 5.5 cm y el espesor de la grasa dorsal fue de 1.09 cm, en comparación con 7.5 cm de longitud de canal y 2.25 cm de grasa dorsal para los animales que consumieron 100% concentrado (Tabla 12).

El espesor de la grasa dorsal de los tratamientos 1, 5, 7, 8, 10, 12 y 13, se destacó, presentando excelentes características, seguido de los tratamientos 2, 3 y 4, que dieron carnes de primera. Vale la pena destacar que el mayor valor en espesor de grasa dorsal la obtuvo la relación 20% b.h. en estado fresco con 6.32 cm, seguido de la relación 20% b.h. suministrado de acuerdo a la edad del animal con 6.61 cm y de la relación 30% b.h. con 2.9 cm.

26

TABLA 12. Características azometrícas de las carnes de cerdos alimentados con concentrado y muelilago de café. Segundo ciclo.

Tratamiento	Peso final kg	Longitud de canal (cm)	Observación	E.C.D.	Observación	Rendimiento en canal (%)	Observación	Aceptación secundaria (%)
1	87.60	75	Normal	2.35	E	83.33	Excelente	91.5
2	75.40	72	Buena	6.32	I	76.92	Buena	89.4
3	98.20	75	Normal	4.01	I	81.46	Excelente	93.52
4	92.60	72	Normal	3.83	I	76.67	Excelente	93.7
5	100	70	Normal	3.36	E	80.00	Buena	95.57
6	84.00	70	Regular	6.01	III	79.76	Excelente	92.12
7	86.80	72	Normal	2.79	E	80.83	Excelente	91.02
8	92.60	79	Buena	2.77	E	80.99	Excelente	94.4
9	89.60	75	Superior	4.18	II	88.16	Excelente	93.9
10	75.80	73	Superior	2.44	E	88.39	Excelente	94.95
11	84.20	78	Superior	3.63	II	81.35	Excelente	96.05
12	86.00	70	Normal	2.35	E	79.06	Excelente	99.05
13	96.00	72	Normal	3.16	E	77.08	Buena	85.57
14	32.20	55	Inferior	1.13	IV	48.82	Mala	84.07
15	27.20	55	Inferior	1.05	IV	66.29	Mala	69.5

E.C.D. = Espesor de grasa dorsal
I, II, III, IV = Calidad de la carne

Con relación al espesor del lomo se observó que las mejores características de jamón las presentaron los tratamientos 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12 y 13. El peso de los tratamientos presentaron jamón ancho y carne grasa pero firme. En los tratamientos 14 y 15 se observó falta de conformación muscular.

Según las normas europeas, todas las canales de los cerdos de los tratamientos que consumieron muelilago a voluntad fueron clasificadas como carnes de tercera. A excepción del tratamiento 11 que presentó defectos en la conformación por su bajo peso final, todas las demás carnes fueron catalogadas como Extra, muy magras con buen desarrollo muscular y buena apariencia. (Tabla 13). El rendimiento de la canal de los animales de tratamientos 14 y 15 fue de 57%, mientras que los de concentrado fue del 83.3%, y los tratamientos muelilago seleccionados y muelilago sin selección en base seca rindieron en promedio.

Los carnes de los cerdos que consumieron solo muelilago de café durante el segundo ciclo (T14 y T15) fueron totalmente rechazadas por el 52% de los participantes debido al color oscuro, olor extraño, textura dura, no masificable y clásica y sabor desagradable. Las carnes del tratamiento testigo y de las mezclas fueron aceptadas por más del 90% de las personas (Tabla 14).

Las carnes del testigo y las mezclas presentaron características de textura de una carne normal, no detectándose ninguna diferencia ni por el tipo de café, la cantidad de alimento, el estado o forma entre períodos de suministro del muelilago de café en la mezcla con concentrado.

TABLA 13. Clasificación del ganado porcino vivo, alimentado con concentrado y muelilago de café.

Clase	Peso (kg)	Características generales	Tratamientos
Extra	80-90-100	Buen desarrollo muscular, uniforme y compacto, apariencia general hacia el tipo magro.	1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 12-13
Segundo	70	Buen desarrollo muscular, muestra algún defecto en su conformación	11
Tercera	<70	Carnes flacas, vari mínimo desarrollo muscular y grandes defectos de conformación.	14-15

Observaciones según Laval y Ruiz (1977), citados por García y Cano (23)

TABLA 14. Aceptación sensorial y química de la carne de cerdos alimentados con concentrado y muelilago de café, segundo ciclo.

Tratamiento	Aceptación carnes, %	Humedad, %	Proteínas, % d.h.	Grasa, % d.h.	Calcio, % d.h.
1	91.5	74.1	19.5	3.0	1.52
2	89.4	70.7	21.2	6.8	1.48
3	93.52	74.2	20.2	1.7	1.91
4	93.7	74.5	18.3	1.7	1.41
5	95.57	70.0	19.9	6.4	1.14
6	92.12	68.4	22.1	6.4	1.80
7	91.02	72.0	22.3	1.4	1.53
8	94.4	64.0	28.7	1.8	1.31
9	93.9	72.9	20.1	3.3	1.53
10	94.95	72.9	21.1	2.6	1.78
11	96.05	74.0	20.7	2.1	1.27
12	99.05	72.3	18.8	1.9	2.13
13	85.57	70.0	22.6	7.6	0.80
14	88	77.0	17.0	1.7	1.40
15	69	74.3	17.1	3.1	1.60

Tratamiento rechazado por todos los participantes por olor, elasticidad y no masificable

Sensorialmente la grasa del lomo fue la menos aceptada, la mejor la grasa del jamón, perfil segundo de la costilla (42).

Las carnes de los tratamientos de solo muelilago se desecaron por su alto contenido de humedad, superior al 77%, pero con contenidos de grasa de 1.7%, y presentaron un contenido proteínico ligeramente inferior al normal. Por su bajo contenido de grasa y proteína, estas carnes aportaron energéticamente solo el 66%, de las kilocalorías aportadas a la dieta humana por 100g de carne de cerdo.

Todas las carnes presentaron contenidos de calcio normales, a excepción de T9 y T13, para

los cuales se reportaron valores inferiores a los normales de 8 mg/100 de carne. Los contenidos de potasio y fósforo fueron 3.64 veces superiores a los registrados para carnes de cerdo (42, 44).

En las pruebas de aceptación de consumidor no se percibieron diferencias entre las características de color, olor y textura para cada corte de carne: lomo, pernil y tocino, aunque el sabor de la costilla de los tratamientos aceptados fue preferido por el 92.3% de las personas. El 91.9% de los participantes calificaron muy bien el sabor del pernil, en tanto que el tocino fue evaluado como excelente por el 87.6% de los juicios y el lomo o cordón de todos los tratamientos (T1 a T13) fue de muy buena aceptación en el 85.6% de los juicios. Los contenidos nutritivos del tocino estuvieron dentro de los valores normales a excepción del bajo contenido de grasa (35%) del tocino de los animales que consumieron solo mucilago en su dieta (42). Se concluye que las diferencias en contenido de grasa, proteína y humedad de las carnes dependen del contenido nutritivo y la cantidad de alimento de la dieta suministrada.

En cuanto al consumo diario de agua por los cerdos, para los animales del tratamiento 100% concentrado fue normal de 7.54 litros. El consumo promedio de agua entre todos los tratamientos fue de 7.9L. Los animales con suministro en su dieta de mucilago de café sin selección, consumieron altos contenidos de agua diariamente de hasta 18.8L, en tanto que los animales de los tratamientos al 20 y 30% en base húmeda, consumieron en promedio de 9.10 a 10.17L/animal. Estos consumos están relacionados con una mayor excreción renal en estos cerdos, lo cual fue favorecido por el efecto diurético que puede causar los componentes como la cafeína o el potasio presentes en el mucilago de café no seleccionado.

Los animales con suministro de mucilago a voluntad consumieron 6 a 8L de mucilago de

café e inferior cantidad de agua diariamente 3.96 L/animal/día, lo cual está relacionado con el contenido de agua del mucilago de café. Además, se observó que es mayor el consumo de agua por los animales cuando el material se suministra fermentado, en comparación con el mucilago fresco, debido probablemente al mayor estímulo ejercido por el olor y el sabor ácido del producto fermentado. En todas las especies se presenta una absorción íntima de agua en el ileon, y es uno, ciego e intestino grueso pero la cantidad que se absorbe varía en forma considerable de una especie a otra y de una dieta a otra dentro de las mismas especies (10, 15, 33, 39).

Para los tratamientos con mayor ingestión de concentrado se tiende a reducir la absorción de agua en cierta cantidad, siendo la absorción del material menos rápido, pero más eficiente correlación con la ingestión de los nutrientes requeridos por el animal. A diferencia, para los animales que ingieren líquidos sin alimentos (como en los tratamientos 100% mucilago) la absorción es más rápida pero menos efectiva. Otros factores que afectan la absorción son los polisacáridos, como las pectinas, que tienden a formar geles en el aparato digestivo. Dichos geles retienen agua y reducen la absorción en el intestino, teniendo un efecto laxante.

En exámenes clínicos, no se encontraron variaciones en los hemogramas, por lo que suministrados a los cerdos. Con relación a la química sanguínea, no se presentó ninguna afección hepática ni pancreática, presentándose si un descenso en la proteína total, dado por la ausencia de aminoácidos o por condiciones de estrés, en particular para las dietas en las cuales no se incluyó concentrado (33, 48).

Evaluación Económica: Al considerar los precios de los pesos finales alcanzados en cada tratamiento, la calidad nutritiva y organoléptica de la carne, así como la conversión alimenticia de los tratamientos y enfrentando cada familia

dos a los beneficios brutos y netos por unidad de animal se observó que el T1 (tesugo 100% concentrado) presentó los mayores beneficios netos de \$340.91/100 por animal, con los menores costos que varían, seguido del tratamiento 80-20% concentrado-mucilago fresco b.h. con \$11.726.84 de beneficio neto por animal y costos que varían de \$3780.00 por animal, representados en un 89% por la preezencia mineral (Tabla 15).

Según el bajo aporte calórico suministrado por el mucilago de café: 500 kcal/kg (40) y por el bajo contenido de proteínas 0.95%, grasas 0.03%, carbohidratos 9.40% b.h. (43), se observa claramente que el mucilago de café no cubre las necesidades del cerdo en la etapa de engorde, ya que en promedio según (15), el cerdo necesita una dieta diaria con 14% de proteína cruda y 3,300 kcal de energía digestible para su mantenimiento. Las diferencias nutritivas del mucilago de café, explican la pérdida

drástica de peso, la deficiencia en el crecimiento, el pelaje seco y sin brillo y la dermatitis escamosa observados en los cerdos que consumieron solo mucilago de café durante los ciclos de engorde.

Como se había mencionado anteriormente, al suprimir parte del concentrado de acuerdo a la composición del mucilago se suministran menos cantidad de nutrientes y energía al cerdo. No obstante esta diferencia en el aporte diario al animal, se encontraron ganancias en peso, conversión alimenticia y ganancia económica aceptables y comparables con los valores obtenidos para animales alimentados con solo concentrado, hasta cuando se suple por mucilago de café el 20% de concentrado manteniendo el 80% del peso de concentrado requerido por el animal según el peso y la edad. De esta forma la utilización del mucilago de café en alimentación porcina sería una alternativa para el uso de este subproducto del café.

Tabla 15. Determinación de beneficios netos por tratamientos de cerdos alimentados con concentrado y mucilago de café.

T. Tratamiento	Peso final promedio por tratamiento (kg)	Beneficio bruto \$/Animal	Costos variables \$/Animal	Beneficio neto \$/Animal
1	95.60	30,911.00	0.00	30,911.00
2	82.90	15,506.00	3,790.07	11,726.84
3	82.04	11,571.72	6,425.53	5,145.69
4	81.32	10,491.46	6,425.53	4,065.92
5	71.40	1,732.60	3147.16	1,408.68
6	79.80	10,860.92	3,765.85	7,145.28
7	74.56	4,130.66	3,113.85	267.81
8	78.93	7,143.42	7,964.65	(2,921.23)
9	77.52	5,043.42	4,73.38	10,607.44
10	76.56	11,094.79	356.17	10,738.64
11	76.00	10,638.99	9,958.40	9,609.32
12	76.60	7,680	347.18	14,657.74
13	80.30	15,017.66	1,229.70	11,721.60
14	77.00	12,501.31	33,189.10	(122,361.01)
15	78.56	(88,953.11)		
16	78.14	(89,372.51)		

T1: 40000% Mucilago y concentrado, primer ciclo.

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS
LIXIVIADOS DE PULPA Y MUCILAGO PRODUCIDOS EN LA TECNOLOGÍA
BECOLSUB, STL8

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS
LIXIVIADOS DE PULPA Y MUCILAGO PRODUCIDOS EN LA TECNOLOGÍA
BECOLSUB, STL8

JUANITA CARDENAS CARDENAS

Tesis para optar el título de
Ingeniera de Producción Agroindustrial

JUANITA CARDENAS CARDENAS

Director
DIEGO ANTONIO ZAMBRANO FRANCO
Ingeniero Químico

Asesores
ESTHER CECILIA MONTOYA R.
Estatístico M.Sc.

CARLOS JIMENEZ
Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE PRODUCCION AGROINDUSTRIAL
CHIA, CUNDINAMARCA

2000

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE PRODUCCION AGROINDUSTRIAL

CHIA, CUNDINAMARCA

2000

29

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

A mis papas
A mi hermano
A mis abuelitos



AGRADECIMIENTOS

A la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Al Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS - COLCIENCIAS.

Al Centro Nacional de Investigaciones de Café "CENICAFÉ".

Al Doctor Gabriel Cadena Gómez.

A la Disciplina de Química Industrial.

A todo el personal de la subestación experimental La Catalina, muy especialmente al ingeniero Javier García A. y al auxiliar de administración de investigación Josué Fernando Vargas V.

Al Ingeniero Diego A. Zambrano F.

A la Doctora Esther Cecilia Montoya R.

A los Ingenieros Químicos Carlos Jiménez y Nelson Rodríguez V.

A la Tecnología Química Sara Ríos A.

A los auxiliares de Biodigestión Luis Arias y Wilson Vargas.

A todas las personas que de alguna forma colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	18
1. OBJETIVOS	21
1.1 GENERAL DEL PROYECTO QIN 01	21
1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN QIN 0150	21
2. ANTECEDENTES	22
2.1 PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ	25
2.1.1 Beneficio húmedo convencional	25
2.1.2 Proceso de Beneficio Ecológico del café y manejo de Subproductos. BECOISUB	27
2.2 FOSAS PARA PULPA DE CAFÉ	28
2.3 SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROSIO-SMTA	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 MATERIALES	34
Acondicionador de pulpa.	35
Unidad de Control de Insolubles.	39
Lecho de Secado.	40
Filtro Preacidificador.	42
3.2 METODOLOGÍA	46
3.2.1 Procedimiento experimental	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
Costos	62

5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

pág.

66

67

68

71

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Areas requeridas para la construcción de un Acondicionador de Pulpa, evaluadas en condiciones simuladas (AS) y calculadas (AC). Producción anual estimada 8000 @ cps.

36

Tabla 2. Métodos de laboratorio utilizados en análisis fisicoquímicos.

48

Tabla 3. Máximos y mínimos observados, media y desviación estándar de las variables DOO, Acidez, pH, ST y SST. Filtro Preacidificador, STLB-Subestación La Catalina.

51

Tabla 4. Máximos y mínimos observados, media y desviación estándar de las variables DBO₅NT y NH₃. Filtro Preacidificador, STLB-Subestación La Catalina

51

Tabla 5. Kilogramos de café en Cereza beneficiado en un módulo Becalsub 3000. Subestación Experimental La catalina. 1999

56

32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procesamiento del café por vía húmeda.	pág.		
Figura 2. Fosas convencionales para descomposición de pulpa de café.	24		
Figura 3. Protocolo de STLB denominado inicialmente "osa ecológica" para pulpa. Subestación La Catalina. 1998	30		
Figura 4. Construcción de prototipo STLB. Subestación La Catalina. 1998	31		
Figura 5. Módulo Becosub 3000 operado con 1.2 L/Kg cps.	34		
Figura 6. STLB. Subestación experimental La Catalina. 1999	35		
Figura 7. Acondicionador de Pulpa de café. STLB-Subestación La Catalina.	37		
Figura 8. Preparación del terreno en Acondicionador de Pulpa. Impermeabilización del piso con plástico agrolene.	38		
Figura 9. Salida de lixiviados y entrada de aire fresco a través de tubería PVC 6".	38		
Figura 10. Hileras sueltas de ladrillos de arcilla para soporte de piso en esterilla	38		
Figura 11. Establecimiento del piso con doble tendido de esterillas cruzadas.			pág. 38
Figura 12. Interior de AP. Techo y paredes en plástico para producir efecto invernadero.			38
Figura 13. Guadua utilizada en la construcción del techo de AP.			39
Figura 14. Vuelo exterior de techo de 1.50 metros de ancho.			39
Figura 15. Unidad de Control de Insolubles. STLB-Subestación La Catalina. Desagües y válvulas para control de salida de fluidos			40
Figura 16. Unidad de Control de Insolubles. Filtro superior para retención de insolubles. Instalación de filtros de PVC y llenado con trozos de guadua.			41
Figura 17. Unidad de Control de Insolubles. Filtros de fondo para retención de insolubles fabricado en PVC y malla mosquitera			41
Figura 18. Lecho de Secado. STLB-Subestación La Catalina.			41
Figura 19. Construcción del Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.			43
Figura 20. Empacado del Filtro Preacidificador con "piedra de mano" y piedra caliza de 5 cm de diámetro.			43
Figura 21. Puntos de muestro instalados a lo largo de FP. Entrada de lixiviados sobre el punto 1.			43

33

pág.	pág.
Figura 22. Tuberías concéntricas que establecen la salida de lixiviados acidificados, sobre el punto 9 de FP.	44
Figura 23. Estructura del STLB.	45
Figura 24. Laboratorio improvisado en la Subestación La Catalina para determinación inmediata de pH y acidez.	47
Figura 25. Demanda Química de Oxígeno. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina. 1999	53
Figura 26. Acidez. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	53
Figura 27. pH. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	53
Figura 28. Sólidos Totales. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	54
Figura 29. Sólidos Suspendidos Totales. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	54
Figura 30. Influencia del café en cereza sobre la Demanda Química de Oxígeno a la salida del Filtro Preacidificador.	57
Figura 31. Acidez y pH a la salida Filtro Preacidificador.	59
Figura 32. Eficiencia de remoción de la DQO y DBO_5 . Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	59
Figura 33. Remociones alcanzadas en algunos parámetros fisicoquímicos. Filtro Preacidificador. STLB-Subestación La Catalina.	60
Figura 34. Remoción de la DQO obtenida en el STLB y sus principales componentes: UCI y FP. Subestación La Catalina. 1999.	60
Figura 35. Lecho de Secado. Descarga de lodos desde la Unidad de Control de Insolubles.	62
Figura 36. Retención de insolubles sobre malla mosquitera del Lecho de Secado.	62
Figura 37. Costos de mano de obra y materiales de construcción. STLB-Subestación La Catalina. 1999	65
Figura 38. Distribución de los costos de construcción de los componentes del STLB-Subestación La Catalina. 1999	65

LISTA DE ANEXOS

GLOSARIO

pág.

Anexo A. Materiales, equipos y reactivos para análisis fisicoquímicos

71

Anexo B. Reactivos para análisis. Fichas Técnicas. Disposición de residuos

74

@: unidad de peso equivalente de 12.5 Kg.

AP: acondicionador de Pulpa.

BECOLSUB: beneficio ecológico del café y manejo de subproductos.

CAL MASILLA: cal apagada, hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

CC: café cereza, fruto del café.

CPS: café pergamino seco.

DBO_5 : demanda bioquímica de oxígeno.

DQO : demanda química de oxígeno.

FOP: filtro opcional de postratamiento.

FP: filtro Preacidificador.

LIXIVIADO: líquido concentrado en solubles obtenido a partir de una extracción sólido-líquido.

LS: lecho de Secado.

MALLA MOSQUITERA: anjeo fabricado en polietileno o fibra de vidrio, con distancia de 1 mm entre hilos.

N₂: nitrógeno amoniacal.

NT: nitrógeno total.

PIEDRA DE MANO: piedra de río de diámetro nominal 5 cm.

PULPA: epicarpio del fruto del café.

SMTA: sistema modular de tratamiento anaeróbico.

SST: sólidos suspendidos totales.

ST: sólidos totales.

STLB: sistema para el tratamiento de lixiviados de pulpa y mucilago producidos en la tecnología Becosub.

UCI: unidad de Control de Insolubles.

xvi

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la subestación experimental La Cabaña de Cenicafé, localizada en el departamento de Risaralda, a una altitud de 1321 msnm, 4° 45' de latitud norte y 76° 14' de longitud oeste, con una temperatura media 21,6°C, humedad relativa 79% y precipitación pluvial anual de 2062 mm.

Se diseñó y evaluó un prototipo de sistema para el tratamiento primario de los lixiviados de pulpa y mucilago, producidos en la tecnología Becosub. STLB, utilizando los residuos producidos por un módulo Becosub-xx, que opera con un consumo de agua cercano a 1,2 litros/kg cps. La evaluación principal se realizó durante 78 días de la cosecha principal de café de 1999, beneficiando 78.833 Kg de café cereza, recolección normal especie *Coffea arabica* L., variedad Colombia.

El STLB estuvo conformado por los siguientes componentes: Accondicionador de Pulpa-AP, Unidad de Control de Insolubles-UCI, Lector de Secado-LS y Filtro Preacidificador-FP. La determinación de la Demanda Química de Oxígeno fue la medición esencial para evaluar la eficiencia del sistema. Partiendo de una DQO original para los lixiviados de 110.000 ppm, se pudo calcular para AP, UCI y FP una remoción neta de DQO de 0%, 36,4% y 48,16%, y una remoción acumulada de 0%, 36,4% y 87,04%, respectivamente. De la remoción total alcanzada por el STLB (87,04%) el 54,76% se efectúa en el UCI y el 45,25% restante en FP. Al reducir la DQO de los lixiviados hasta 36.252 ppm, se puede esperar su tratamiento secundario mediante la utilización de un SMTA desarrollado en Cenicafé para el tratamiento de las aguas residuales de lavado de café.

El STLB permite llevar a cabo las reacciones bioquímicas de hidrólisis y acidificación de los lixiviados producidos en la tecnología Becosub y se puede esperar que una operación correcta del sistema permite la obtención de un efluente que no contiene SST, lo que eximirá el pago de tasas retributivas consignado para este parámetro en el Decreto 90/97 del Ministerio del Medio Ambiente. Por otro lado, los lixiviados tratados con esta tecnología mostraron un pH superior a 5 unidades, acorde con lo exigido en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud.

Con la tecnología STLB remover 1 Kg de DQO tiene un costo de US \$ 6,3, estimando una vida útil de 5 años para este sistema. A julio de 1999, el costo total del STLB fue de \$ 2.685.500 equivalente a US \$ 1492, 42,4% M.C y 57,6% Materiales, donde AP representó la mayor proporción de los costos: 61,9%. Si tenemos en cuenta una producción anual de 8000 @ cps para la Subestación La Cabaña, podemos calcular un costo unitario de inversión de US \$ 0,19/@ cps.

xvii

36

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y con ella el desarrollo, genera problemas de contaminación por la descarga a las fuentes de agua de desechos agrícolas, industriales, domésticos, etc., y a la vez, a esto se suma la escasez de este recurso por la deforestación de los bosques que día a día se presentan a lo largo y ancho del planeta.

El café es un producto que juega un papel importante en la actividad económica de nuestro país, y como tal debe cuidarse que siga siendo clasificado como uno de los suaves del mundo. La calidad que ofrecen los cafés suaves lavados como el arábica colombiano, hace que sea aceptado y reconocido en el exterior. Esta calidad es influenciada no solo por el cultivo, sino también por las actividades de postcosecha. Dentro de estas actividades se puede encontrar el beneficio por vía húmeda y vía seca. En Colombia se practica el beneficio por vía húmeda, y dentro de este se incluye el beneficio por vía convencional en el cual se tiene un uso indiscriminado de agua, entre 40-50 L/Kg cps, y también beneficio ecológico en el módulo BECOLSUB, tecnología desarrollada en Cenicafé, el cual reduce la cantidad de agua utilizada para el beneficio del café a menos de 1 L/Kg. cps. (7)

El beneficio por vía húmeda convencional produce dos clases de residuos que pueden contaminar las aguas naturales al entrar en contacto con ellas: la pulpa y las aguas residuales del beneficio. (3). Estos residuos del beneficio, debido a la materia orgánica que acarrean, ocasionan una serie de perjuicios graves a las aguas donde se vierten, según sea la cantidad arrojada en ellas. Dentro de los inconvenientes principales producidos al ensuciar las aguas con aguas residuales de beneficio, se tienen: (2,15)

- Cuando el pH de los residuos es muy bajo, es decir, cuando los desechos son muy ácidos, se puede ocasionar la muerte de animales acuáticos como renacuajos y peces.

- La materia orgánica presente en estos residuos ocasiona empobrecimiento del oxígeno disuelto, el cual es indispensable para la vida de la flora y de la fauna normales de las fuentes de agua. Ocurre, que la descomposición de los residuos obedece a la acción o trabajo de multitud de bacterias y otros microorganismos, que atacan a los desechos oxidándolos con el concurso del oxígeno disuelto, para transformarlos finalmente en gas carbónico, nitrógeno y agua. Como resultado de estos procesos las aguas se empobrecen de oxígeno. En casos extremos, el contenido de oxígeno en el agua es tan bajo que desaparecen la flora y la fauna naturales, quedando las llamadas aguas muertas, donde se instalan microorganismos que no necesitan el oxígeno del aire para su vida, cambiando completamente la ecología de las aguas. Las corrientes recuperan oxígeno al golpearse las aguas contra las piedras y demás obstáculos presentes en el lecho de la corriente. Sin embargo, si el nivel de desechos presentes en las aguas es demasiado elevado, el oxígeno absorbido se consume casi todo en la degradación de la materia orgánica, y el agua vuelve a quedar sin el oxígeno suficiente con las consecuencias para la vida acuáticas anteriormente.

- Los residuos producen malos olores, sabores y colores en las aguas.
- La turbiedad ocasionada por los contaminantes suspendidos en las aguas obstaculiza el paso de la luz, interfiriendo en la actividad fotosintética de las algas y otras plantas, afectando la vida acuática.

Por todo lo anterior, si se vierten las aguas residuales provenientes del beneficio del café a las fuentes de agua podemos terminar creando perjuicios al ecosistema y además acabando con el paisaje, por lo tanto, se debe buscar soluciones a los problemas de aguas residuales del beneficio del café en nuestro país, aportando así a la conservación del medio ambiente.

Consistente de esto, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, ha venido buscando soluciones para el problema de contaminación de las fuentes hídricas en nuestro país, causada por la descarga de residuos del beneficio, los cuales contaminan el medio ambiente.

Uno de los aportes al problema de contaminación, es el desarrollo de la tecnología BECOLSUB por parte de Cenicafé, la cual combina, en un mismo módulo, los procesos

37

de despulpado sin agua, desmucilaginado mecánico y lavado de café en contracorriente con una cantidad de agua de 0.5 a 1 l/ por Kg café pergamino seco (cps) logrando una reducción del consumo de agua en el proceso de beneficio del café (15) y contribuyendo así a la tarea de conservación del medio ambiente controlando en un 90% la contaminación generada. Los subproductos obtenidos, mezcla de pulpa y mucilago, son transportados mediante un tornillo sinfin hasta una fosa y es allí donde se generan los lixiviados, los cuales corresponden al 10% de la contaminación remanente.(5)

Para tratar la contaminación producida por los lixiviados, Zambrano (26) realizó observaciones preliminares en una "fosa ecológica", la cual fue una infraestructura que operó con los mismos principios del sistema diseñado y evaluado para el tratamiento de lixiviados producidos en la tecnología Becolsub y descrito en este trabajo como STLB. Esta investigación hace parte de un conjunto de experimentos encaminados a resolver la problemática de contaminación de agua que producen los residuos líquidos del proceso de beneficio húmedo del café, los cuales están consignados en "Cenicafé" desde 1984 dentro del proyecto QIN 0100, *Biodigestión anaeróbica de las aguas residuales del proceso del beneficio húmedo del café*.

La finalidad básica de este trabajo de tesis es plantear estrategias de manejo para reducir los lixiviados provenientes del módulo BECOLSUB, como tratamiento primario del proceso anaerobio, con el fin de reducir el pago de tasas retributivas exigidos por la legislación Colombiana por la contaminación que se arroja en los cuerpos de agua, expresada en función de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ y de los sólidos suspendidos totales SST, los cuales han sido los parámetros iniciales para el cobro de tasas según el Decreto 301 y la Resolución 0273 del Ministerio del Medio Ambiente, 1 de abril de 1987, (13,14).

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL DEL PROYECTO QIN 01.

Desarrollar y adaptar una tecnología para el tratamiento de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo de café ("ARPBHC"), en fincas cafeteras, que cumpla con la legislación colombiana vigente en el Decreto 1594 de 1984.

1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN QIN 01-50

Reducir la contaminación producida por la pulpa y el mucilago de café.

38

2. ANTECEDENTES

El café es el fruto de una planta (el cafeto) que pertenece a la familia Rubiaceae, y al género *Coffea*. La especie que se cultiva en Colombia es el *Coffea arabica* L., principalmente las variedades Caturra y Colombia. El fruto del café es una baya drupácea de color rojo o amarillo según la variedad (9).

Taxonomáticamente el cafeto pertenece a:

- Reino: Vegetal
- Subreino: Embryonta
- División: Fanerogamas
- Subdivisión: Angiospermas
- Clase: Dicotiledonita
- Orden: Rubiales
- Familia: Rubiaceae
- Género: *Coffea*
- Especies: *Coffea arabica* L., *C. canephora* Pierre ex Froehner, *C. liberica* Bull ex Hiem, etc.
- Variedades: Típica, Borbón, Caturra, Colombia, Robusta, Mundo novo, Blue mountain, Maragotipe y catuai

El café tiene la siguiente conformación estructural:

El epicarpio: Representa el 43,2% del peso del fruto en base húmeda. Es la parte externa del fruto del café que se caracteriza por tener color rojo o amarillo, dependiendo de la variedad y el estado de madurez. Se conoce como pulpa. (8)

El mesocarpio o mucilago: Es la parte del fruto del café que esta adherida al epicarpio. Es un tejido hialino que no tiene cafeína o taninos, pero que es rica en azúcares y pectinas, representa el 20% del peso del fruto en base húmeda. (8)

Endocarpio: Es la cáscara del grano del café, la cual comúnmente es llamado pergamino o disco. Su principal constituyente es la fibra. Constituye el 6,1% del peso del fruto en base húmeda. (19)

Testa o Endosperma: Representa el 0,2% del peso del fruto en base húmeda, consiste en una piel verrugosa que recubre el endospermo. (19)

Endospermo: Es la almendra y consiste en una cutícula que contiene gotas de aceite, células y un pequeño embrión. (19)

En Colombia y otros países productores de cafés suaves, las cerezas recolectadas se someten a un proceso de beneficio húmedo, con el cual se obtiene una calidad final de la bebida más suave cuando se realiza en óptimas condiciones.

Para efectuar el proceso de beneficio húmedo del café, existen en Colombia tecnologías que permiten reducir el nivel de contaminación, tanto en términos de la DBO_5 como en términos de los SST, parámetros establecidos inicialmente para efectuar el cobro de tasas retributivas, consignado en el Decreto 931 y la resolución 0273 del 1 de Abril de 1987 del Ministerio del Medio Ambiente. (13,14)

De acuerdo con la Figura 1, se puede observar que no hay diferencia entre el beneficio húmedo de café convencional y BECOLSUB, en relación con la recolección, el recibo y el secado; pero sí existe diferencia a nivel del despulpado, la remoción del mucilago y el lavado del café.

En Colombia la recolección de los frutos se realiza cosechando solo aquellos que han alcanzado la madurez, lo cual es base fundamental para obtener café de buena calidad.

El recibo del café en cereza puede hacerse en una tolva seca o húmeda. La tolva seca, como su nombre lo dice no utiliza agua para el transporte de las cerezas a su destino, sino la fuerza de la gravedad; en la tolva húmeda, las cerezas son transportadas hacia la despulpadora por medio de una corriente de agua. (7)

El café lavado posee un contenido de humedad aproximado del 50% en base húmeda. El contenido de humedad final del café es un atributo a la calidad física. En Colombia las normas vigentes para la comercialización del café en pergamino establecen que debe tener un contenido final de humedad en el rango de 10-12% (7)

2.1 PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ

2.1.1 Beneficio Húmedo Convencional.

El proceso de beneficio húmedo convencional se lleva a cabo utilizando un consumo de agua variable y que oscila entre 40 y 50 L/Kg cps, el cual es utilizado para el despulpado y transporte de pulpa con agua y el lavado realizado tradicionalmente en canales de concreto, con consumos de agua similares en ambas operaciones.

Con el proceso de beneficio húmedo convencional, se presenta una contaminación unitaria equivalente a 115 gramos de DQO por kilogramo de café en cereza, de los cuales 73.7% se originan durante las operaciones de despulpado y transporte de pulpa y 26.3% durante las operaciones de lavado y clasificación (30). Según Veenstra la contaminación unitaria producida diariamente por un habitante corresponde en promedio a 100 g de DQO (18), lo que significa que la pulpa y el mucilago del café procedentes del beneficio húmedo convencional de 1 kilogramo de café en cereza, produce una contaminación similar a la ocasionada por una persona durante el día. Teniendo en cuenta lo anterior una carga de café pergamino seco, obtenido con un beneficio convencional, produce una contaminación equivalente de 660 habitantes/día.

Despulpado

El despulpado permite realizar la primera transformación física del café en un proceso de conversión de cereza a pergamino, quitándole el epicarpio (pulpa) con el propósito de

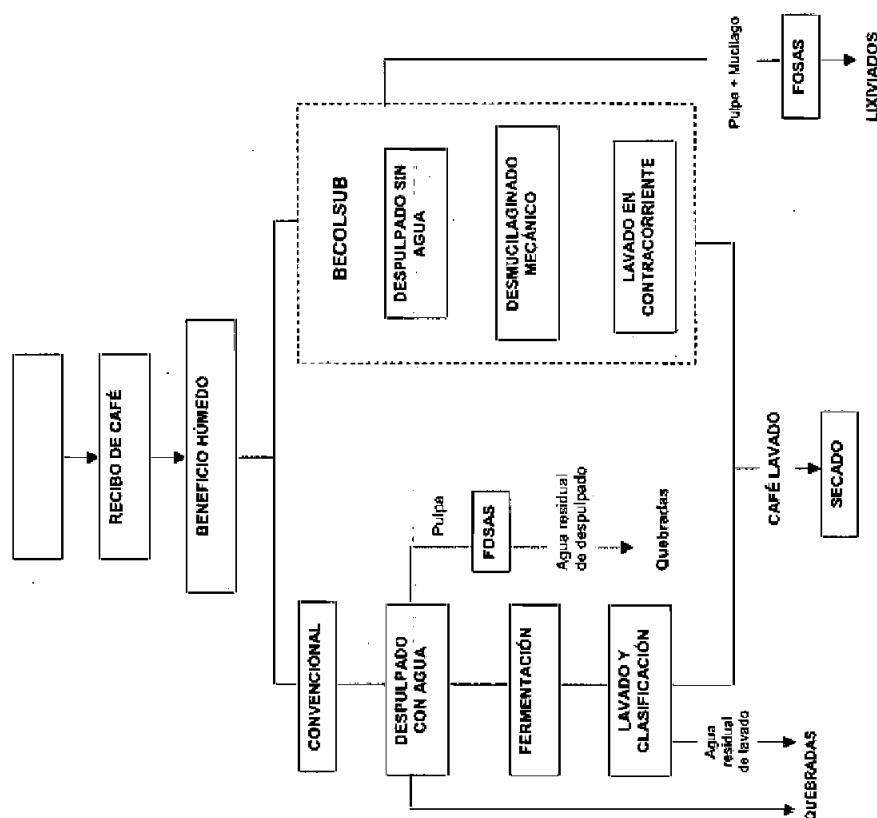


Figura 1. Procesamiento del café por vía húmeda

obtener granos cuyo endocarpio (pergamino) está rodeado por una serie de capas celulares llamadas mucilago. La pulpa descompuesta es utilizada como fuente de materia orgánica, abono para los cafetales establecidos y desarrollo de almácigos. (7)

Este despulpa puede realizarse con o sin agua. En ensayos realizados en Cenicafé, se comprobó la posibilidad de realizar el despulpa sin agua, al observar escasas diferencias en la capacidad de despulpa, la buena calidad del grano despulpa obtenido, permitiendo valorar la pulpa y evitando cerca de 3/4 partes de la contaminación generada en el proceso del beneficio convencional, reduciendo el consumo del agua entre 20 y 25 litros/kg. cps. Entre las ventajas que se presentan por la no utilización del agua en el despulpa se pueden enumerar: (1)

1. Disminución del tiempo de fermentación del café.
2. No contaminación del agua.
3. El beneficio del café no queda supeditado a la disponibilidad de grandes cantidades de agua.

La mayor contaminación que se presenta durante el proceso de beneficio húmedo del café, ocurre cuando la pulpa y el mucilago se descargan a los cuerpos de agua, como es el caso del proceso convencional, el cual ha sido utilizado durante muchos años en Colombia. En este tipo de proceso, la sola utilización de fosa para manejo de pulpa, permite controlar entre un 29% y 73.7% de la DBO₅ y entre un 64.8% y 94% de los SST, efectuando la operación de despulpa y transporte de pulpa con y sin agua, respectivamente. (27)

Remoción del mucilago

En el beneficio por vía convencional es utilizada la fermentación en tanques. Algunos autores sostienen que la fermentación natural es necesaria para obtener una calidad física al pergamino y una buena taza, aunque otros afirman que la finalidad de la fermentación es hacer soluble el mucilago para facilitar el lavado. No obstante el mucilago sobrefermentado, demerita las características organolépticas de la bebida de café. El café despulpa es llevado a los tanques en donde se da lugar una fermentación natural con el

fin de provocar por vía biológica la descomposición del mucilago adherido al pergamino. (7)

Lavado y Clasificado

Cuando el grano está en el "punto de lavado", o sea, cuando el mucilago sea "soluble en agua" por efecto de la fermentación, se inicia la etapa de lavado con un enjuague que se hace en los mismos tanques de fermentación, en el cual se logra retirar aproximadamente el 62-63% del mucilago fermentado (29). Se pueden realizar simultáneamente utilizando dispositivos, como es el caso del canal de correteo. (7)

La clasificación hidráulica del café es un proceso físico por medio del cual se retiran de la masa materiales de diferentes características físicas como son: pulpa, granos varos, etc. (7)

2.1.2 Proceso Beneficio Ecológico del Café y manejo de Subproductos. BECOLSUB

El beneficio ecológico del café por vía húmeda es un conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios, lográndose además, el aprovechamiento de los subproductos lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria para el beneficio (Beneficio ecológico del café). Un beneficiadero tipo BECOLSUB (Beneficio Ecológico del Café y manejo de Subproductos), contempla en un solo equipo el despulpa sin agua, el desmucilaginado mecánico y el lavado del café, logrando reducir el consumo hasta 0.5-1.0 litros/kg cps. (15), equivalente entre el 98% y 99% menos que el consumo de un beneficio húmedo convencional. Con el uso de los módulos Becolsub se puede evitar entre un 87.3% y 90.6% de la contaminación expresada en términos de DBO (4) (equivalente en términos de la DBO₅) y hasta un 98.9% en términos de SST. (27)

Durante el presente estudio se utilizó un módulo Becolsub 3000, que permite beneficiar en promedio 3000 kilogramos de café cereza por hora, utilizando un consumo de agua que oscila alrededor de 1.2 litros por kilogramo de café pergamino seco.

Los subproductos que se obtienen con esta tecnología, pulpa y mucilago, son transportados en un tornillo sinfín hasta las fosas. Por otro lado la remoción mecánica seguida de un secado inmediato, reduce significativamente las pérdidas de peso por respiración del grano. Adicionalmente, permite recuperar parte de los granos que no fueron despulpados, lo cual sumado a lo anterior contribuye a incrementar la conversión cereza/seco. (15)

De la mezcla de pulpa y mucilago transformados que salen de los módulos Becolsub se desprenden residuos líquidos cuya DQO oscila alrededor de 110.000 ppm (5), lo que corresponde a 220 veces mas poder contaminante que las aguas residuales domésticas (27), dando una magnitud de la problemática que pueden ocasionar estos residuos si se descargan a los cuerpos de agua sin un tratamiento previo.

Teniendo en cuenta lo anterior una carga de café pergamino seco, obtenida utilizando un módulo Becolsub, desprende lixiviados que producen una contaminación equivalente entre 57 y 88 habitantes/día.

2.2 FOSAS PARA PULPA DE CAFÉ

En Cenicafé se han desarrollado diferentes tecnologías que permitan atenuar el impacto ambiental que presentan los subproductos. Dentro de estos se han estudiado diferentes métodos para valorizar o tratar los subproductos como la pulpa. Uno de estos métodos para el manejo de la pulpa, son las fosas. En el proceso de beneficio de café, la pulpa representa alrededor del 40% en peso del café cereza y tres cuartas partes del problema de la contaminación de las corrientes de agua limpia causada por los desechos del beneficio. (10)

Las fosas son lugares o construcciones en los cuales ocurre la transformación de pulpa en humus, para lo cual se requiere de algunas operaciones de manejo que radican, fundamentalmente, en volteos periódicos de la masa, que se deben efectuar cada 15 días

para lograr su transformación en aproximadamente 4 meses. La Figura 2 muestra un aspecto de construcción de fosas convencionales.

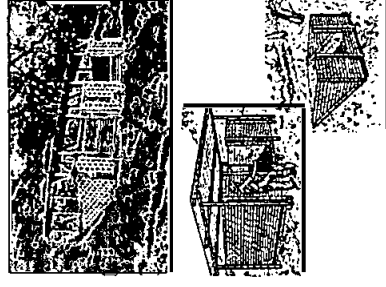


Figura 2. Fosas convencionales para descomposición de pulpa de café

Para producciones mayores se recomienda construir las fosas sólidas y duraderas con adobe y cemento. (7)

Convencionalmente, la fosa debe ser techada y contar con compartimentos que permitan facilitar el control sobre los volteos, recomendándose que en el primero se pueda depositar la pulpa de 15 días de la semana pico o del mes de dicha semana. El volumen requerido para los otros compartimentos se reduce en 1/4, por cada volteo, exceptuando el último que se emplea como depósito del material transformado. Así mismo, por lo menos los dos primeros compartimentos deben tener un sobrepiso que permita escurrir los líquidos resultantes de su transformación, a unos 0.15 metros del piso, con una pendiente del 2% para facilitar dicho escurrido. La altura de los muros no debe ser superior a 2 metros y el techo debe ser lo suficientemente alto para permitir la entrada libre de los vehículos en el caso necesario, para el descargue de la pulpa transformada. (7)

✓2

Desde 1998 Cenicafé investiga la optimización de estas infraestructuras con el fin de prevenir y reducir la contaminación que salen especialmente cuando a ellas llega la mezcla pulpa más mucilago, subproducto de la tecnología Becolsub, que fue denominada inicialmente "fosa ecológica" y cuyo nombre actual es Sistema para el tratamiento de lixiviados de pulpa y mucilago de la tecnología BECOLSUB, STLB.

El STLB es un sistema integrado para el tratamiento fisicoquímico del subproducto de la tecnología Becolsub, para el acondicionamiento de la pulpa y la reducción de la contaminación producida por lo lixiviados. El concepto del STLB está basado en principios tales como: lecho de secado, efecto invernadero, compostaje y reactor hidrolítico/acidogénico.

Este sistema fue propuesto en Cenicafé en 1998 por Zambrano (26) para el manejo y control de lixiviados, mostrando inicialmente reducciones de la DQO cercanas al 75% de la contaminación con respecto a la concentración inicial del mucilago concentrado. La Figura 3 muestra el aspecto exterior del STLB propuesta y construida inicialmente en 1998 en la subestación La Catalina,

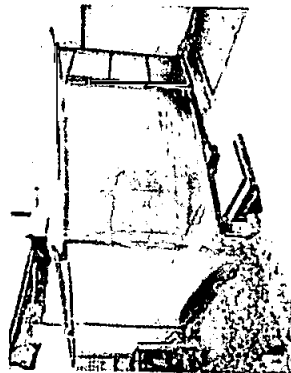


Figura 3. Prototipo de STLB denominado inicialmente "fosa ecológica" para pulpa. Subestación La Catalina. 1998

donde se puede observar que está cubierta con plástico transparente, tanto en el techo como en las paredes, buscando favorecer el incremento de la temperatura en su interior por efecto invernadero, que se produce bajo tales condiciones. En las paredes se deja en la parte superior un espacio libre de 50 cm, que permite el flujo libre de aire saturado de vapor de agua. (26)

La Figura 4 muestra el lecho de secado construido en ladrillos de arcilla con el propósito de aumentar el área de secado y reducir la humedad hasta un 55%, favoreciendo el compostaje y la evaporación de la fase líquida, buscando acelerar la aireación y disminuir el volumen final. Igualmente se observa el lecho que favorece reacciones de hidrólisis/acidogénesis, constituido por un lecho de gravilla y piedra caliza, cuya función

fue la de neutralizar y acelerar los procesos de acidificación de los lixiviados que drenan después de esparcir la mezcla pulpa más mucilago sobre el piso del STLB. (26)



Figura 4. Construcción de prototipo STLB. Subestación La Catalina, 1998

2.3 SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO - SMTA

Aunque durante las evaluaciones preliminares del STLB se observaron reducciones del 75% en términos de la DQO en los lixiviados, se considera necesario acoplar a esta infraestructura un SMTA para el tratamiento de los efluentes del STLB, esperando reducir su concentración contaminante de DQO hasta aproximadamente 100 ppm. Por cada 1000 @ de cps que se producen por proceso de beneficio húmedo de café convencional, Becolsub, Becolsub con el STLB y Becolsub con STLB y con SMTA, producen una contaminación equivalente a 69000, 7250, 1812 y 7 habitantes-día, respectivamente.

Los Sistemas Modulares de Tratamiento anaerobio SMTA son las plantas de tratamiento de aguas residuales de lavado de café desarrolladas por Cenicafé. Estos sistemas operan con separación de fases hidrolítica/acidogénica de la metanogénica. Desde 1994 los SMTA han sido probados con éxito en beneficiaderos de pequeñas fincas, que contemplan el despulpado y transporte de pulpa sin agua y que han adoptado la tecnología de lavado de café en tanques de fermentación, cuyo consumo de agua para lavar es máximo 5L/Kg cps (22, 25, 29, 32) mostrando remociones de contaminación superiores al 80% exigido por la Legislación Colombiana en el Decreto 1594 de 1984. (12)

Handwritten signature or initials.

La contaminación producida por los lixiviados efuentes de la utilización de la tecnología Becolsub, serán tratados biológicamente utilizando sistemas anaerobios con separación de fases, los cuales trabajan independientemente la fase hidrolítica de la fase metanogénica.

En la primera fase de la biodigestión anaerobia se presenta la hidrólisis de polímeros, por acción de exoenzimas transformados a moléculas más pequeñas, como por ejemplo:

Lipasa	:	grasas, lípidos	→	glicerol + ácidos grasos
Amilasa	:	almidón, glucógeno	→	azúcares
Proteasa, peptidasa:		proteínas	→	aminoácidos
Pectinasa	:	pectina	→	azúcares
Celulosa	:	celulosa	→	celobiosa → glucosa

En la fase acidogénica, los aminoácidos, azúcares y ácidos grasos se metabolizan a varios productos, los principales son: acetato, propanato, butirato, dióxido de carbono e hidrógeno. El formiato, lactato, valerato e isovalerato, metanol, etanol, acetona, butanodiol se forman en menor extensión. (16)

La producción de hidrógeno es de gran importancia y tiene una alta influencia sobre el desempeño de la fase metanogénica, lo que ha llevado a que las investigaciones en Cenicafé se orienten con separación de fases. Por otro lado la presión parcial de hidrógeno (pH_2) es un factor clave para la formación de varios productos, que alteran el equilibrio de las reacciones que se presentan. (16)

En la fase acetogénica ocurre la oxidación de los productos formados en la fase acidogénica a acetato y H_2/CO_2 , por bacterias acetogénicas productoras de H_2 . Debido a restricciones termodinámicas las bacterias que realizan la oxidación de propanato, butirato y ácidos grasos de cadena larga necesitan simultáneamente la presencia de bacterias consumidoras de H_2 son de menor importancia, puesto que la presión del H_2 generalmente es muy baja durante la digestión anaeróbica. (16)

En la metanogénesis ocurre la conversión de acetato y H_2/CO_2 a CH_4 por bacterias metanogénicas. Aproximadamente el 70% del CH_4 formado proviene del acetato. Tanto

las bacterias hidrogenotróficas como las metanogénicas acetotolásticas están presentes. (16)

Con el presente trabajo se espera de manera integrada, obtener parámetros de diseño, plantear estrategias de construcción y operación de un sistema de manejo de púpa y de un sistema de tratamiento anaerobio de residuos líquidos, teniendo en cuenta que el costo de la inversión y los costos de operación son los principales criterios para la toma de decisiones. Por otro lado hay que tener en cuenta que a pesar de que la tecnología Becolsub permite controlar alrededor del 90% de la contaminación ocasionada por los subproductos del proceso de beneficio húmedo del café, no hay que olvidar que el 10% restante tiene una magnitud contaminante 220 veces superior a las aguas negras que circulan por los alcantarillados.

3. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó durante 1999, en la subestación experimental La Catalina de Cenicafé, localizada en el departamento de Risaralda, a una altitud de 1321 msnm, 4°45' de latitud norte y 75°44' de longitud oeste, con un a temperatura media 21.6°C, humedad relativa 79% y precipitación pluvial anual de 2062 mm. (6). Durante este año se realizaron las siguientes actividades: Revisión de literatura y elaboración del plan de trabajo (18 Ene. a 15 Feb.), diseño del STLB y ensayos preliminares de laboratorio (16 Feb. a 24 May.), construcción del STLB (24 May. a 30 Jun.), preparación y revisión del documento (1 Jul. a 19 Ago.), ajustes del STLB y evaluaciones preliminares (20 Ago. a 27 Sep.), evaluación en plena cosecha del STLB (28 Sep. a 14 Dic.)

3.1 MATERIALES

Durante esta investigación se benefició café en cereza de recolección normal, especie *Coffea arabica* L., variedad Colombia, el cual fue cosechado entre los días lunes y viernes de cada semana. El beneficio húmedo del café se efectuó en el beneficiadero de la subestación experimental La Catalina, utilizando la tecnología Becolsub a través de un módulo 3000 (Figura 5).



Figura 5. Módulo Becolsub 3000 operado con 1.2 UKg cps

34

la tecnología Becolsub. Dicho prototipo fue construido con los siguientes componentes fundamentales:

- > Acondicionador de Pulpa, AP.
- > Unidad de Control de Insolubles, UCI.
- > Lecho de Secado, LS.
- > Filtro Precipitador, FP.

A continuación se hace una descripción de cada uno de los componentes y como opera el prototipo de STLB.

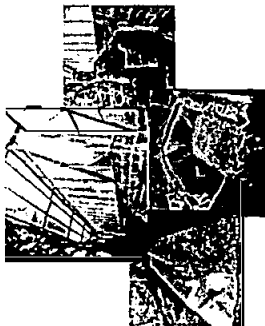


Figura 6. STLB. Subestación experimental La Catalina. 1999

Acondicionador de pulpa-AP.

Consiste en un recinto cerrado que se fabricó en guadua, esterilla, ladrillo y plástico, en el cual se depositó la mezcla de pulpa más mucilago subproducto del módulo Becolsub, utilizando para ello un tomillo sinfín de 6 metros de longitud fabricado en lámina galvanizada que permitió el transporte de la mezcla desde el beneficiadero hasta este sitio.

Para su diseño se tuvieron en cuenta los trabajos realizados por Cárdenas en 1998, referentes a evaluaciones cualitativas y cuantitativas de los lixiviados (5), la distribución de la cosecha de café en la subestación La Catalina para el año de 1998 y las observaciones preliminares en STLB realizadas por Zambrano durante el mismo año, que contemplan principios tales como: Efecto invernadero, Lecho de Secado, reacciones de hidrólisis y compostaje (26). Estimando una producción anual de 8000 @ de cps, con semana pico y día pico de cosecha de 14.47% y 3.54%, respectivamente, se calculó en 106 m² el área requerida para retener mínimo durante 2 días el subproducto pulpa más mucilago, utilizando capas de 20 cm de espesor para facilitar la deshidratación y la descomposición de la mezcla, efectuando semanalmente retiros del material semidescompuesto durante los días lunes, miércoles y viernes, destinado para la alimentación de la lombriz roja en

35

Handwritten signature or mark.

los lombricultivos de la subestación. Con estos resultados se propuso una expresión que permita calcular el área necesaria para construir AP en condiciones de finca:

$$AREA_{AP} : 1.724 \cdot E \cdot 2 \cdot (P \cdot \% SP) / E$$

Donde:

P: Producción anual de café, @ cps.

% SP: Producción de café en la semana pico, %.

E: Espesor de capa de mezcla pulpa más mucilago, cm.

Los resultados obtenidos con esta fórmula se confrontaron para tres fincas con producciones ajustadas a 8000@cps/año: Concentración Escolar Heradio Uribe (C.E.H.U), finca La Estrella y finca Piamonte, las cuales mostraron distribuciones de cosecha diferentes. Se compararon los valores obtenidos utilizando la expresión anterior (AC), con los encontrados bajo condiciones reales de operación (AS) simulando día a día el flujo de mezcla pulpa mucilago subproducto de los módulos BECOLSUB, tabla 1.

Tabla 1. Areas requeridas para la construcción de un Acondicionador de Pulpa, evaluadas en condiciones simuladas (AS) y calculadas (AC). Producción anual estimada 8000@cps.

Beneficiadero	Area Simulada		Area Calculada		(1- AC/AS)*100 (%)
	AS (m²)		AC (m²)		
C.E.H.U	51.28		51.03		0.5
Finca La Estrella	56.98		55.84		2.0
Finca Piamonte	69.00		60.90		14.8

La relación entre el área calculada por la fórmula (AC) y el área encontrada simulando la operación del STLb, día a día, durante la semana pico (AS), se reporta en la columna 3. De estos valores se puede calcular un promedio de 5.8% de área menor obtenida por la fórmula, frente al área obtenida por simulación.

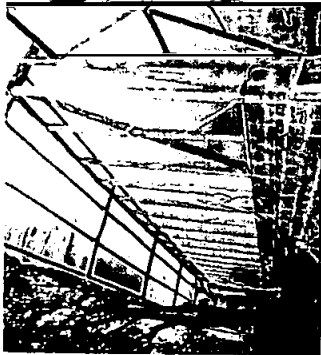


Figura 7. Acondicionador de pulpa de café. STLb- Subestación La Catalina.

La Figura 7 muestra el Acondicionador de Pulpa construido en la subestación La Catalina, el cual tuvo como criterio principal de diseño el costo de los materiales de construcción.

El piso se estableció sobre tierra nivelándose con una pendiente del 1% hacia el centro y el frente del acondicionador, y se forró con plástico negro Agrolene calibre 6 para evitar infiltraciones (Figura 8). El desnivel establecido permitió canalizar los líquidos

lixiviados hacia una tubería de 6" de PVC sanitaria que los condujo hacia la parte externa y que permitió además el acceso de aire frío y seco del ambiente exterior (Figura 9). Sobre el plástico se colocaron ladrillos sueltos fabricados en arcilla (7x14x28 cm), ubicados a una distancia de 25 cm entre hileras y 10 cm entre ladrillos intercalados, tal como muestra la Figura 10. Finalmente sobre los ladrillos se colocan dos tendidos de esterilla superpuestos y dispuestos perpendicularmente (Figura 11).

El sitio destinado para la construcción del Acondicionador de Pulpa, está delimitado lateral y posteriormente por paredes correspondientes a construcciones en mampostería ya establecidas, que comprenden un área cuadrada de 10 metros de lado. Lo anterior hizo necesaria la construcción de solo la parte frontal de este componente en ladrillo y cemento de 62 cm de altura, cubierto con plástico agrolene transparente calibre 6 y sostenido por columnas de guadua dispuestas a una distancia de 62 cm. En la pared frontal y hacia la parte superior del techo se dejó un espacio de 30 cm, que permitió la salida por convección natural de aire caliente y saturado de vapores de agua y de ácidos grasos volátiles producidos durante la descomposición de la materia orgánica. Lateralmente se construyó con los mismos materiales una puerta que permitió la comunicación con el exterior (Figura 12).



Figura 8. Preparación del terreno en acondicionador de pulpa. Impermeabilización del piso con plástico agrolene

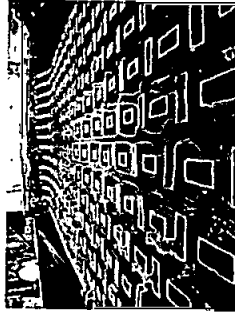


Figura 10. Hileras sueltas de ladrillos de arcilla para soporte de piso en esterilla.



Figura 9. Salida de lixiviados y entrada de aire seco a través de tubería PVC 6"

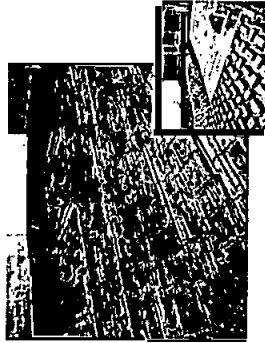


Figura 11. Establecimiento del piso con doble tendido de esterillas cruzadas.

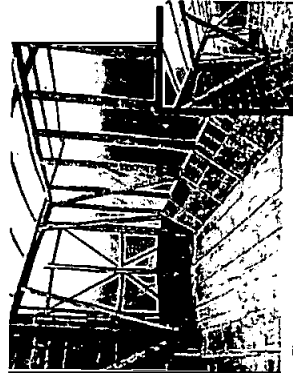


Figura 12. Interior de AP. Techo y paredes en plástico para producir efecto invernadero.

El techo se construyó en guaduas, latas de guadua y plástico transparente agrolene calibre 6. Para soportar el techo se utilizaron 5 guaduas de 12 metros de longitud, espaciadas a 2.5 metros, ubicadas en dirección posteroanterior (Figura 13), permitiendo un vuelo exterior de 1.5 metros (Figura 14), y 16 guaduas de 10 metros de longitud, espaciadas a 0.65 metros y ubicadas paralelamente a la pared frontal del procesador.



Figura 13. Guadua utilizada en la construcción del techo de AP.

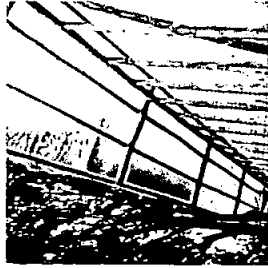


Figura 14. Vuelo exterior del techo de 1.50 metros de ancho

Unidad de Control de Insolubles-UCI.

La constituye un tanque que se construyó en mampostería de 2 metros de longitud, 1 metro de ancho y 1 metro de profundidad, recubierto en su interior por una mezcla arenacemento que permitió el almacenamiento y la hidrólisis/acidificación de los líquidos lixiviados del Acondicionador de Pulpa, con el fin de aumentar el nivel de ácidos originados en los procesos fermentativos naturales del mucilago y retener el material insoluble proveniente de la mezcla pulpa más mucilago.

Esta unidad se diseñó y construyó con dos salidas en tubería de PVC de 1 1/2", ubicadas hacia el fondo a una distancia entre salidas de 1 m. y de 50 cm de las paredes. Sobre estas salidas inicialmente se acoplaron 2 filtros sueltos para la retención de insolubles, F₁ y F₂. Esta unidad cuenta además en la parte superior con una tapa construida en esterilla y plástico, que impide la entrada de aguas lluvias y material extraño al interior.

Handwritten signature or mark.

Para controlar a voluntad la salida del líquido a través de la tubería que conecta a F_1 y F_2 , la UCI cuenta en su parte externa con 3 válvulas de paso ubicadas dentro de una recámara (Figura 15).



Figura 15. Unidad de Control de Insolubles. STL.B-Subestación La Catalina. Desagües y válvulas para control de salida de fluidos.

Para efectos de acelerar los procesos metabólicos de hidrólisis y acidificación se recurre a la introducción de trozos de guadua de 15 cm de longitud, los cuales ofrecen una área de transferencia de $48 \text{ m}^2/\text{m}^3$

de UCI. Lo anterior tuvo por objeto introducir un área de transferencia entre los microorganismos y los lixiviados, buscando incrementar las velocidades de reacción durante estas etapas de descomposición anaerobia. Por otro lado el funcionamiento de la UCI se estableció operando el sistema completamente inundado, tal como ocurre en reactores anaerobios convencionales, ubicándose además la salida del lixiviado acidificado por debajo del nivel del líquido mediante el diseño de F_1 (Figura 16), lo mismo que instalándose hacia el fondo F_2 para que permitiera la retención y descarga de insolubles del tanque (Figura 17), estos filtros fueron contruidos en tubería de PVC perforada y recubiertos con 3 capas de malla mosquitera (anjeo en fibra de vidrio con 1 mm de distancia entre fibras).

Lecho de Secado-L.S.

Este componente permitió deshidratar el lodo conformado por el material insoluble que se retuvo en UCI, el cual se condujo a través de una tubería de $1\frac{1}{2}$ " provista de una válvula de paso fabricada en acero inoxidable. El material insoluble deshidratado se retiró para utilizarlo en la alimentación de lombriz roja, de los lombricultivos de la subestación La Catalina.

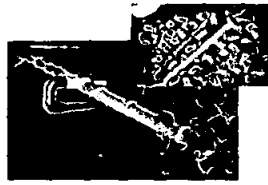


Figura 16. Unidad de control de insolubles. Filtro superior para retención de insolubles. Instalación de filtros de PVC y llenado con trozos de guadua

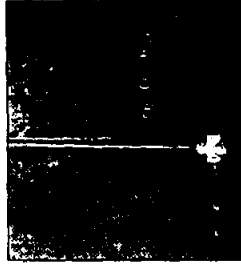


Figura 17. Unidad de Control de Insolubles. Filtros de fondo para retención de insolubles fabricado en PVC y malla mosquitera



Figura 18. Lecho de secado. STL.B-Subestación La Catalina

48

El Lecho de Secado se construyó practicando una excavación de 2 metros de largo, 1 metro de ancho y 50 cm de profundidad. Para evitar la infiltración de líquido, el fondo se recubrió con plástico transparente agrolene calibre 6. El lecho se acondicionó con gravilla de 2 cm de diámetro nominal y sobre la parte superior se cubrió con malla mosquitera, igual a la utilizada en los filtros del componente UCI. Hacia el fondo el lecho quedó provisto de una tubería de PVC de 1 1/2" que permitió la descarga del filtrado, a través de una conexión establecida hacia el Filtro Precadificador, buscando que el residuo remanente se deshidratara al exponerlo a la radiación solar y las corrientes de aire. Para demarcar el perímetro del lecho y fijar el plástico al suelo, se utilizaron ladrillos de arcilla (7x14x28 cm) tal como lo muestra la Figura 18.

Filtro Precadificador-FP

El filtro de preacidificación se construyó practicando una excavación de 5.5 metros de largo, por 1 metro de ancho y por 1 metro de profundidad. Para evitar la infiltración del líquido a través del suelo, el fondo se recubrió con plástico negro agrolene calibre 6, similar al utilizado en el resto de los componentes del STLB. El FP se provió de 9 puntos de muestreo ubicados a una distancia de 64 cm, en el centro y a lo largo del filtro. Los puntos 1 y 9 se construyeron en tubería de 6" y corresponden a la entrada y la salida. Los puntos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, se establecieron en tubería de 1 1/2" perforada a todos los niveles con orificios de 3/8", que permitiera la entrada de líquido hacia el interior de los mismos (Figura 19). El medio filtrante de este componente se conformó utilizando una proporción volumétrica 4:1, de "piedra de mano" y piedra caliza de 5 cm de diámetro nominal (Figura 20).

Al punto 1 se le practicaron dos perforaciones laterales de 2" ubicadas en la parte inferior, hacia el nivel del piso, que permitieran la conducción del líquido hacia el fondo. Este punto de muestreo se llenó hasta la mitad de su altura, con el mismo material utilizado para empacar el filtro, y hacia la entrada se le acondicionó una tapa en malla mosquitera que previniera la entrada de material extraño al interior del filtro (Figura 21).

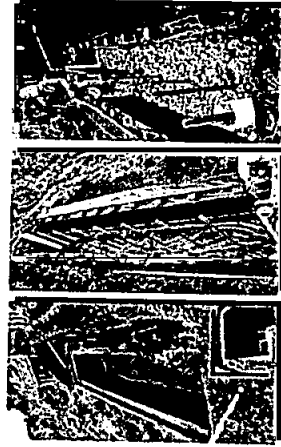


Figura 19. Construcción del Filtro Precadificador. STLB-Subestación La Catalina

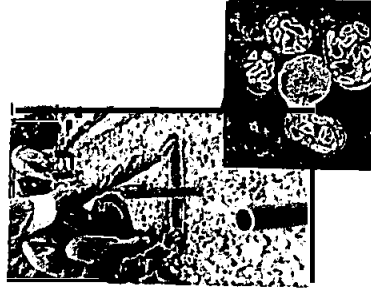


Figura 20. Empacado del filtro precadificador con "piedra de mano" y piedra caliza de 5 cm de diámetro



Figura 21. Puntos de muestreo instalados a lo largo de FP. Entrada de efluentes sobre el punto 1.

El punto 9 se construyó utilizando 2 tuberías concéntricas de 6" y 1 1/2". A la tubería externa se le acondicionaron 2 agujeros de 2" ubicados a nivel del piso, y 2 agujeros de 2" ubicados a 75 cm medidos desde el fondo; estos agujeros permitieron la entrada del líquido al interior del punto de muestreo. La función de la tubería interna es evacuar el líquido preacidificado, por una agujero de 2" practicado a 85 cm sobre el nivel del piso, estableciéndose de esta manera el nivel de operación; este accesorio no se fija con soldadura de PVC para permitir la evacuación del filtro a voluntad (Figura 22).

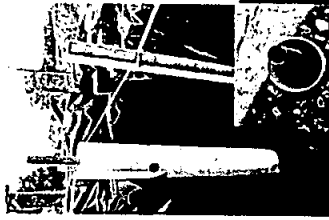


Figura 22. Tuberías concéntricas que establecen la salida de lixiviados acidificados, sobre el punto 9 de FP.

Una vez construido el FP de la subestación La Catalina, este componente queda establecido con los siguientes parámetros de operación:

Carga orgánica máxima: 48.8 Kg DQO/m³. día
Carga hidráulica máxima: 93.3 L/h.m²
Tiempo mínimo de retención hidráulico: 2.5 días
Carga hidráulica volumétrica máxima: 0.41 m³/m³ FP. Día
Caudal máximo de operación: 1600 ml/min.

Operación del prototipo STLb.

La Figura 23 muestra un esquema de instalación del STLb, el cual está provisto de 3 válvulas de acero inoxidable de 1 1/2" (V₁, V₂, V₃), que permiten el control por gravedad de los lixiviados solubles y del material insoluble que se separa en la UCI.

Al iniciar el beneficio húmedo del café en cereza en el módulo Becolsub la mezcla pulpa más mucilago llega al Acondicionador de Pulpa presentándose un desprendimiento de los lixiviados que se reciben en la UCI. Durante la temporada de beneficio del café en cereza,

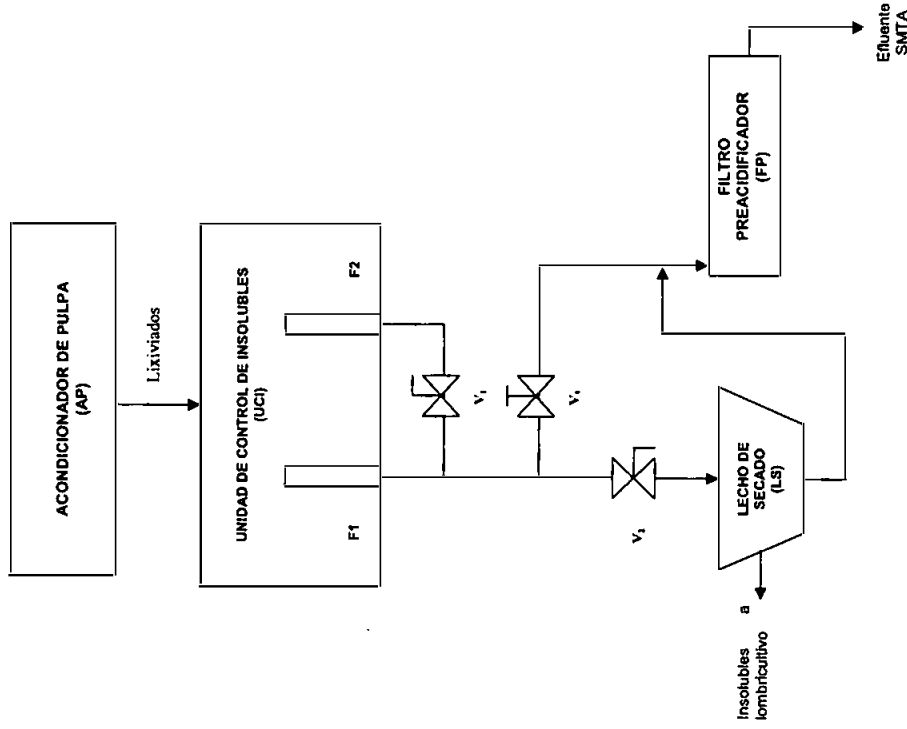


Figura 23. Estructura del STLb

SD

la válvula V₃ permaneció abierta, las válvulas V₁ y V₂ permanecen cerradas.

- > El líquido que ingresó a FP a través del punto 1 tiene acceso por el fondo, lo cual permite incrementar el nivel de líquido hasta 85 cm, donde se estableció su salida en el punto 9 después de haber hecho su recorrido por FP.
- > Al terminar el período de cosecha se abrió la válvula V₁ para permitir el paso del filtrado hacia FP. La válvula V₂ continuó cerrada.
- > Terminada la operación de evacuación de líquido hacia FP, la UCI quedó con un volumen reducido de lixiviado enriquecido en material insoluble, procedente de la mezcla pulpa-mucilago y de los fenómenos de precipitación ocasionados por el descenso del pH. Para evacuar el material insoluble se cerró V₃ y se abrió V₂. F₁ y F₂ se retiraron desde la base para permitir la salida del insoluble concentrado hacia LS.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Procedimiento experimental:

Para alcanzar los objetivos propuestos y evaluar la hipótesis de trabajo, el procedimiento experimental fue el siguiente:

Se benefició café en cereza de recolección normal, de la cosecha principal de 1999, especie *Coffea arabica* L., variedad Colombia, determinando el grado de madurez a partir de 3 muestras, cada una de 1 kilogramo del café recolectado durante el día. El beneficio húmedo del café se efectuó utilizando un módulo BECOLSUB^{xxx}, el cual permite beneficiar 3000 kilogramos de café cereza por hora.

El proceso de beneficio fue realizado en 78 días seguidos y durante éste período, una vez beneficiado el café, la mezcla pulpa-mucilago, fue colocada en el AP. Una vez que esta mezcla estaba en el AP, ocurría el proceso de drenado de los lixiviados, en el fondo del AP, y a su vez ellos eran canalizados hacia el UCI, donde ocurrió el proceso de filtración. Una vez fueron filtrados los lixiviados, ellos fueron transportados hacia el FP, donde se hizo la siguiente toma de información, para evaluar las reacciones de hidrólisis/acidogénesis, que se presentan en los lixiviados a lo largo del filtro preacidificador.

Los días martes y jueves, se tomaron muestras de 200 ml, a las 10 a.m., 12 m y 2 p.m., en cada uno de los 9 puntos muestrales del FP, siendo el punto muestral lo que corresponde a una longitud de 62cm de la longitud del filtro. Para cada punto, las muestras tomadas en las tres horas enunciadas, se mezclaron (volumen total 600 ml), con el propósito de tener la evaluación de las características fisicoquímicas por día. Dichas muestras se almacenaron en frascos plásticos, se llevaron a refrigeración en nevera de icopor con hielo y se transportaron al laboratorio para efectuar los análisis respectivos, antes de las 24 horas siguientes.

En todas las muestra tomadas se evaluó DQO, pH y Acidez. A los 29 días de iniciada esta investigación se evaluó en todas las muestras ST y SST y en sólo 7 días, de los 78 que duró el proceso, se evaluó DBO₅, NT y NH₃.

Los análisis fisicoquímicos de las muestras tomadas, en cuanto a DQO, ST, SST, DBO₅, NT y NH₃, se realizaron en el laboratorio de Biodigestión ubicado en la sede principal de Cenicafe en Chinchiná. Los materiales, reactivos y equipos de laboratorio que se utilizaron durante la realización del presente experimento, se describen en el Anexo A. El pH y la acidez se determinaron inmediatamente se tomaron las muestras, en un laboratorio que se improvisó en el beneficiadero de la subestación la Catalina (Figura 24).

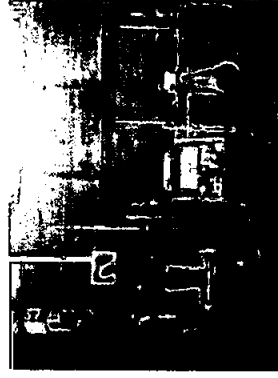


Figura 24. Laboratorio improvisado en la Subestación La Catalina para determinación inmediata de pH y acidez.

Con los valores de Demanda Química de Oxígeno DQO, se obtuvo la variable porcentaje de remoción de contaminación, para medir la eficiencia del STL_B, según la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia STL}_B = 100 \cdot (110000 - DQO_{\text{punto}}) / 110000$$

S/

Donde,

110000: Valor constante correspondiente a DQO original de lo lixivados.
DQO _{permiso}: Demanda de oxígeno a la salida del filtro.

Los métodos de análisis de laboratorio, utilizadas para caracterizar los lixivados, corresponden a las establecidas por la APHA (tabla 2), reportados por Isaza en el Manual de Biodegradación anaerobia de Centicafé. (11),p

Tabla 2. Métodos de laboratorio utilizados en los análisis fisicoquímicos

ANÁLISIS *	METODO
Demanda Química de Oxígeno	Digestión-semimicro-espectrofotométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Método WINKLER
Sólidos Totales	Método gravimétrico
Sólidos Suspendedos Totales	Método gravimétrico, filtración con papel de filtro GF/C, 1.2 µm.
Nitrógeno Total y Amóniacal	Método KJELDAHL
pH	Potenciometro Metrohm 704
Acidez	Potenciométrico-Titrimétrico

* Ver Anexo B donde se describen los reactivos para análisis, fichas técnicas y disposición de residuos .

Con la información obtenida de DQO, pH, Acidez, ST, SST, DBO₅, NT y NH₃, se hizo el siguiente análisis estadístico:

1. Análisis descriptivo.
2. Análisis de varianza de una vía, para caracterizar los puntos muestrales, con la información obtenida, al nivel del 5%. Para este análisis, las variables SST y NT, fueron transformadas a $(x+100)^{1/5}$, y a $x^{1/5}$, respectivamente.
3. Prueba de comparación múltiple de Duncan, al nivel del 5%, para la comparación de los promedios de los puntos muestrales.

4. Prueba t, al nivel del 5%, para verificar si el promedio de DQO, a la salida del STLB (punto muestral 9), es menor de 30000 ppm, de tal manera que la hipótesis de trabajo sería corroborada siempre y cuando se rechace a hipótesis nula, de éste estadístico de prueba, donde:

$$H_0: \bar{X} = 30.000 \text{ vs. } H_a: \bar{X} < 30.000$$

Siendo $\bar{X}$ el valor promedio de la DQO en el punto muestral 9 del lecho.

25

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En la subestación La Catalina, durante el año de 1999 se beneficiaron 128195 Kg café en cereza, de los cuales el 61.5% se procesó entre el 28 de septiembre y 14 de diciembre, período en el cual se desarrolló esta investigación. La distribución porcentual del estado de madurez de la materia prima, fue: 97.7% de granos sanos, de los cuales el 81.1% eran maduros, 3.5% sobremaduros, 9.7% pintones, 1.6% negros y 1.8% verdes. Los granos afectados por broca de la materia prima, sólo fueron el 2.3%, de los cuales 1.6% eran maduros, el 0.5% pintones y el 0.2% negros.

En la tabla 3, se muestra el análisis descriptivo de las variables DQO, Acidez, pH, ST, SST y en la tabla 4 para las variables DBO₅, NT y NH₃.

El análisis de varianza, mostró efecto de los puntos de muestreo para las variables DQO, Acidez, pH, ST, DBO₅, NT y NH₃. La prueba de comparación de Duncan, mostró que el primer punto muestral es diferente estadísticamente a los demás en estas variables (tablas 3 y 4) y a su vez, los demás puntos muestrales son iguales estadísticamente.

Con estos resultados y como se observa en la tabla 3, la DQO presenta su mayor descenso entre los puntos 1 y 2, desde 69941 hasta 36610 ppm, continuando con una tendencia estable en todos los puntos muestrales restantes y hacia la salida de FP (según la prueba de comparación de promedios), entre 35179 y 36610 ppm (Figura 25). Es decir, que para el punto muestral 2, ocurre una remoción promedio del 47.7% y en el punto muestral 3 del 49.1%, con respecto al punto muestral 1. Como los demás puntos muestrales son iguales estadísticamente, ello implica, que para efectos de reducir la contaminación en términos de DQO, sólo se hace necesario la construcción del FP con una longitud equivalente a la del punto 3.

Tabla 3. Máximos y mínimos observados, media y desviación estándar de las variables DQO, Acidez, pH, ST y SST. Filtro Precipitador: STLB-Subestación La Catalina.

Punto	DQO					Acidez					pH					ST					SST				
	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE
1	16	41066	79766	69941	17050	16	64	184	100.6	35	16	2.98	4.3	3.744	0.20	15	28211	57705	41790	17265	16	0	2200	7600	725
2	15	13133	58150	36610	15949	15	47	99	68.0	16	15	4.81	5.8	5.218	0.25	8	8155	35325	21104	9990	8	0	1600	8000	814
3	15	11800	67500	35811	14756	15	41	80	64.8	13	15	4.81	5.8	5.238	0.26	8	7920	29680	18728	8033	8	0	4800	13750	1549
4	15	14766	57433	36428	15568	15	40	87	67.8	15	15	4.85	5.8	5.268	0.25	8	7535	29015	18448	7444	8	0	3200	11750	871
5	15	10166	58666	35481	16889	15	36	04	67.8	18	15	4.86	5.8	5.308	0.23	8	8100	28830	18356	7813	8	0	2800	9750	868
6	15	17500	61133	36408	17188	15	34	82	58.6	15	15	4.90	5.8	5.328	0.23	8	7165	30110	18748	8310	8	0	3000	10250	965
7	15	14586	65400	35358	17257	15	32	91	57.8	16	15	4.92	5.8	5.358	0.24	8	6885	29295	17753	7328	8	0	3800	9000	1287
8	15	12350	58650	35179	16177	15	30	78	55.8	16	15	4.97	5.8	5.388	0.23	8	5895	28455	17849	7487	8	0	2600	9750	845
9	16	10233	63600	36258	18315	16	25	95	56.8	21	18	5.01	5.9	5.408	0.28	15	4795	30240	19708	7435	18	0	1600	4200	506

Tabla 4. Máximos y mínimos observados, media y desviación estándar de las variables DBO₅, NT y NH₃. Filtro Precipitador: STLB-Subestación La Catalina.

Punto	DBO ₅					NT					NH ₃				
	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE	N	Min.	Max.	$\bar{X}$	DE
1	5	39000	54400	45800	7459	6	243	784	482	220	7	67	157	125	31
9	5	6800	23020	14718	6846	6	90	547	167	167	7	14	116	468	38

53

La acidez promedio del punto muestral 1, estimada en 108 mg NaOH/g DQO, es similar a la reportada para aguas residuales de lavado (21), mezcla de aguas residuales de lavado y desguapeado y aguas residuales de industrias colombianas productoras de café soluble, como la Fábrica de Café Liofilizado en Chinchiná-Caldas e Industrias Aliadas en Ibagué-Tolima (24).

Entre los puntos 1 y 2, se presentó un descenso de la acidez, desde 108 hasta 66 y con respecto al de salida (punto muestral 9), hasta 56 mg NaOH/g DQO (Figura 26), lo cual implica una reducción en la acidez, en estos puntos, entre el 38.8% del 48.1%.

A la entrada del filtro se dió un promedio de pH de 3.74, menor estadísticamente al de los demás puntos, con un promedio de 5.31, para un máximo observado de 5.40, promedio del punto de salida (Figura 27). El pasar de un pH de 3.74 a 5.40, quiere decir que el FP neutraliza los ácidos presentes en los lixiviados, y a su vez, un pH superior a 5 unidades permite estar acorde con lo exigido para este parámetro, en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud. (12)

Los ST, igual que en la evaluación de la DQO y la acidez, presentaron un descenso desde 41296 hasta 19700 ppm, entre los puntos de muestreo que indican la entrada y la salida FP (Figura 28), implicando una remoción promedio de ST de 52.3%.

Los cambios de DQO, Acidez, pH y ST, del punto de entrada a los otros puntos muestrales de FP, se dan por las reacciones bioquímicas producidas durante la etapa de acidificación, que se favorecen por el incremento en el pH y el descenso en la acidez, originado por la piedra caliza (carbonato de calcio), la cual favorece la neutralización, lo que se traduce en una aceleración de las reacciones que acompañan esta etapa.

El promedio del contenido de SST, tiene una desviación estándar en unos puntos muestrales superior al promedio (tabla 3), lo cual implica un comportamiento variable, lo puede ser explicado dado que las sustancias pépticas en solución, tienen precipitación a diferentes rangos de pH, lo cual hace que se presente variación en la concentración de los SST (Figura 29).

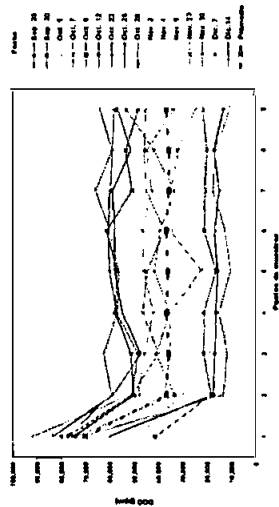


Figura 25. Demanda Química de Oxígeno. Filtro Presacidificador. STLB - Subestación La Catalina. 1999

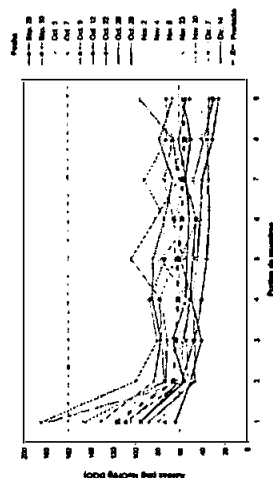


Figura 26. Acidez. Filtro Presacidificador. STLB - Subestación La Catalina. 1999

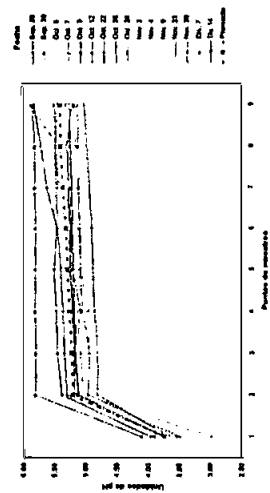


Figura 27. pH. Filtro Presacidificador. STLB - Subestación La Catalina. 1999

54

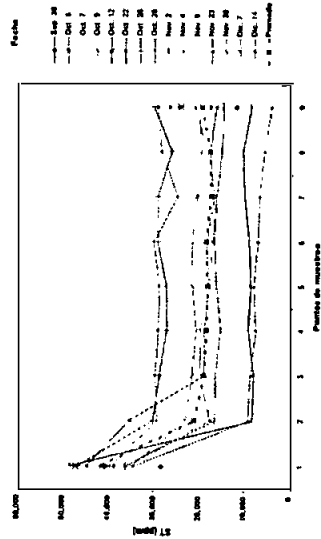


Figura 28. Sólidos Totales, Filtro Prescindidor, STLB - Subestación La Calabaza, 1999

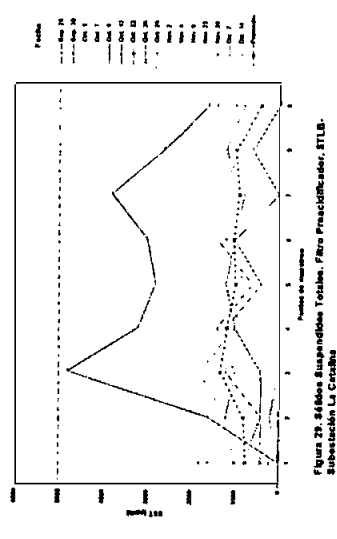


Figura 29. Sólidos Suspensiónes Totales, Filtro Prescindidor, STLB - Subestación La Calabaza

Mas sin embargo, en el 50% de los datos registrados, a la salida de FP (punto muestral 9), no hubo presencia de SST, dado que no se perturbó su interior (correcto manejo del proceso).

La ausencia de SST, eximiría el pago de tasas retributivas por concepto de este parámetro (Decreto 901/97 Minambiente), a los usuarios de esta tecnología, lo cual se puede lograr con el uso correcto de FP.

Al estimar la relación DQO/DBO₅, con los promedios obtenidos de cada una de ellas, para los puntos de entrada y salida de FP, fueron de 1.55 y 1.58 respectivamente, lo que significa un buen proceso de biodegradabilidad de los lixiviados producidos por la tecnología Becolsub. Para aguas residuales de lavado del café y aguas residuales de transporte de pulpa con agua se ha encontrado que esta relación alcanza valores próximos a 2 (21).

La Figura 30 se construyó a partir de las tablas 3 y 5. En ella se muestra la DQO del liquido efluente del componente FP, observándose una relación directa entre esta y el peso de café en cereza beneficiado; los muestreos correspondientes al 7 y 14 de diciembre permiten observar un incremento de la DQO calculada entre 45.6% y 75.4% mas alta con respecto al promedio. Dichos incrementos de la DQO fueron inducidos en cada uno de los puntos de muestreo, por perturbaciones ocasionadas durante la toma de las alicuotas, lo cual originó gradientes de alto contenido de SST en el liquido ubicado al fondo de FP, y esto se tradujo en un incremento de la concentración de la DQO. Para complementar lo anterior, es bueno observar que durante el periodo comprendido entre el 6 y 14 de diciembre, se beneficiaron regularmente entre 1000 y 1200 Kg de café en cereza, cantidad que no afectó el normal desempeño de FP. Otra variable que presentó cambios con las perturbaciones, fue el contenido de ST, tal como se observa para el punto de muestreo número 9 correspondiente a la salida de FP, Figura 28.

55

Tabla 5. Kilogramos de café en cereza beneficiado en un Módulo Becolsub 3000. Subestación Experimental La Catalina, 1999

Fecha	Kg c.c.	Fecha	Kg c.c.	Fecha	Kg c.c.
28-Sep-99	1825	24-Oct-99	0	19-Nov-99	714
29-Sep-99	849	25-Oct-99	2037	20-Nov-99	0
30-Sep-99	1176	26-Oct-99	2929	21-Nov-99	0
01-Oct-99	1387	27-Oct-99	2477	22-Nov-99	1967
02-Oct-99	0	28-Oct-99	1100	23-Nov-99	1081
03-Oct-99	0	29-Oct-99	2279	24-Nov-99	1228
04-Oct-99	1374	30-Oct-99	342	25-Nov-99	968
05-Oct-99	834	31-Oct-99	0	26-Nov-99	899
08-Oct-99	2025	01-Nov-99	824	27-Nov-99	0
07-Oct-99	1525	02-Nov-99	829	28-Nov-99	0
08-Oct-99	1534	03-Nov-99	750	29-Nov-99	1229
09-Oct-99	527	04-Nov-99	329	30-Nov-99	684
10-Oct-99	386	05-Nov-99	260	01-Dic-99	863
11-Oct-99	2362	06-Nov-99	0	02-Dic-99	838
12-Oct-99	2475	07-Nov-99	0	03-Dic-99	972
13-Oct-99	2807	08-Nov-99	1691	04-Dic-99	0
14-Oct-99	2755	09-Nov-99	1508	05-Dic-99	0
15-Oct-99	1159	10-Nov-99	2008	06-Dic-99	1165
16-Oct-99	0	11-Nov-99	1569	07-Dic-99	1120
17-Oct-99	0	12-Nov-99	1262	08-Dic-99	1243
18-Oct-99	736	13-Nov-99	0	09-Dic-99	1134
19-Oct-99	2319	14-Nov-99	0	10-Dic-99	1083
20-Oct-99	2337	15-Nov-99	958	11-Dic-99	0
21-Oct-99	1552	16-Nov-99	1014	12-Dic-99	0
22-Oct-99	1890	17-Nov-99	705	13-Dic-99	1260
23-Oct-99	0	18-Nov-99	637	14-Dic-99	1020

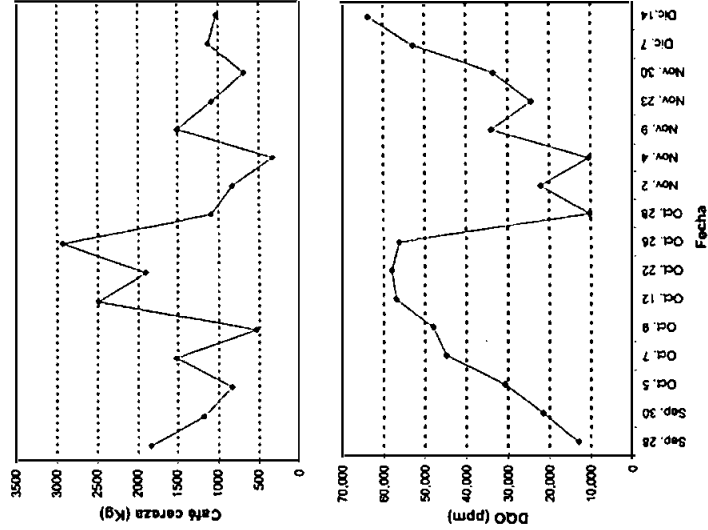


Figura 30. Influencia del café en cereza sobre la Demanda Química de Oxígeno a la salida del Filtro Precidificador.

56

La Figura 31, reúne la acidez y el pH registrado para el punto de muestreo número 9, correspondiente a la salida de FP. Tal como se observa en la tabla 3, al aumentar la Acidez disminuye el pH y viceversa, durante todos los 78 días en que se realizaron los muestreos.

La Figura 32 muestra descriptivamente las eficiencias de remoción alcanzadas en el Filtro Precipitador, evaluadas en términos de DQO y DBO₅. Se observa una disminución de las eficiencias durante el período de cosecha (mes de octubre), atribuidas a un incremento de la cantidad de café en cereza beneficiado por vía húmeda.

La Figura 33 muestra para FP las remociones alcanzadas de parámetros tales como DQO, ST, SST, DBO₅, NT y NH₃. La mayor remoción se obtuvo a nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno, 68.2%, lo cual tiene su explicación en la producción de CO₂ principalmente durante la etapa de acidificación de compuestos hidroizosados tales como alcoholes, ésteres, aldehídos, etc., lo que se manifiesta en una reducción del 52.29% en el contenido de Sólidos Totales. Por otro lado es importante observar que la reducción en el contenido de SST hasta 43.33%, obedece más a una retención física que a un proceso químico, donde el pH juega un papel importante en la precipitación de sustancias pépticas que se encuentran solubilizadas lo cual hace que se presente variación en la concentración de los SST. La UCI es responsable de acelerar procesos de hidrólisis y acidificación, tal como se observa en la Figura 30 para la entrada de FP, lo que facilita la desorción de nitrógeno en forma amoniacal que se traduce en una remoción del 63.2% para este parámetro y una remoción del 45.49% de Nitrógeno Total.

La Figura 34 reúne las eficiencias de remoción de la DQO, obtenidas en el STLB y sus principales componentes: Unidad de Control de Insolubles, UCI y Filtro Precipitador, FP. Los lixiviados efluentes de la mezcla pulpa-mucilago en AP tienen una concentración original de DQO de 110.000 ppm (5), la cual desciende hasta 69.940 ppm durante el

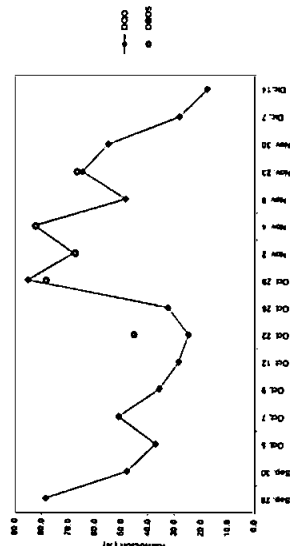
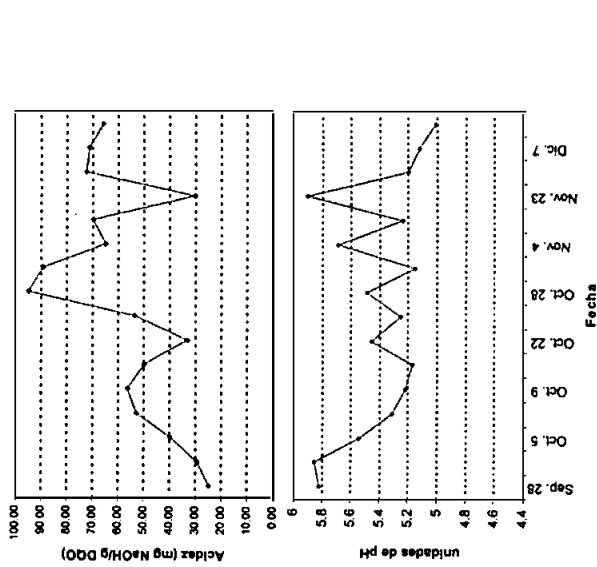


Figura 32. Eficiencia de remoción de la DQO y DBO₅, Filtro Precipitador, STLB - Subestación La Catalina, 1999

57

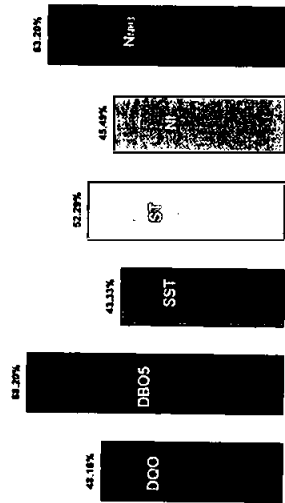


Figura 33. Remociones alcanzadas en algunos parámetros físicoquímicos. Filtro Praacidificador. STLB - Subestación La Catalina. 1999

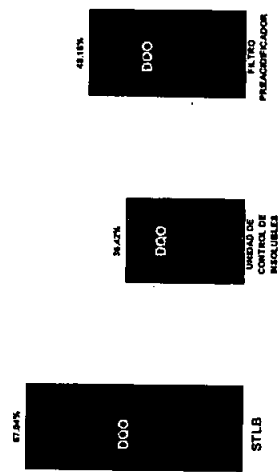


Figura 34. Remoción de la DCO obtenida en el STLB y sus principales componentes: UCI y FP. Subestación La Catalina. 1999

recorrido a través de UCI y hasta 36.250 ppm una vez el líquido sale de FP. De lo anterior se obtiene para AP, UCI y FP una remoción neta de DCO de 0%, 36.4% y 48.16%, y una remoción acumulada de 0%, 36.4% y 67.04%, respectivamente. De la remoción total alcanzada por el STLB, que corresponde al 67.04%, el 54.75% se efectúa en el UCI y el 45.25% restante en FP.

Además, durante la operación del STLB se observó que:

- > La mezcla pulpa muclago que llega a AP se deshidrata rápidamente, lo cual llevó en ocasiones a resacar el subproducto, cuando se trabajó con capas inferiores a 20 cm de espesor.
- > Los lixiviados que se desprenden y pasan por el fondo del AP, no cambian su composición de DCO, la cual se mantiene cercana a su valor original: 110.000 ppm (5); se encontraron valores de DCO promedio de 101.200 ppm (4) originado en las altas concentraciones de materia orgánica que poseen los lixiviados y por los bajos coeficientes de transferencia de masa del oxígeno en tales condiciones. Algo similar se encontró durante observaciones realizadas por los Técnicos Británicos de la Universidad de Portsmouth, cuando inyectando aire sobre muestras de aguas residuales del lavado del café con DCO 27.400 ppm, estas no presentaron ninguna variación después de 48 horas de aireación continua. (20)
- > La lluvia jugó un papel importante en la dilución de los lixiviados, cuando el techo de AP presentó perforaciones que permitieron el acceso de la misma al interior. Evaluación realizada sobre el lixiviado recolectado y contenido en la UCI, mostró una DCO de 33.000 ppm. Igualmente para ese mismo día el líquido efluente de AP presentó una DCO de 89.800 ppm, lo cual explica una reducción en la concentración ocasionada por el ingreso de aguas lluvias al interior de AP (4).
- > En el interior de la UCI y sobre la superficie, se observó una alta proliferación de larvas de una mosca de coloración verde, las cuales fueron consumidas continuamente por roedores y pájaros, quedando la inquietud sobre su identificación y sobre la contribución que pueda tener en la degradación de los lixiviados.

58

> Entre agosto 2 y septiembre 27 de 1999 se beneficiaron en el módulo Becolsub 33.484 Kg de café en cereza, cuyos lixiviados fueron filtrados en UCI, reteniendo 74 litros de lodo rico en material insoluble, con una concentración de 50.04 gr SST/L, calculados a partir de una producción de 100.4 L/Ton. cc y una concentración inicial de 1.100 ppm de SST (4). En la Figura 35 se observa la descarga de lodo que contiene el material insoluble retenido en la UCI. La Figura 36 muestra un aspecto del lodo después haber sido deshidratado parcialmente a campo abierto, utilizando la energía solar.



Figura 36. Retención de insolubles sobre malta mosquitera del lecho de secado

Costos

En 1984 cuando se iniciaron en Cenicafé las investigaciones relacionadas con el tratamiento anaerobio de las aguas residuales de beneficio húmedo de café, se calculaba un costo de la inversión cercano a los US\$ 13,70/@ de cps, para tratar la contaminación generada por las aguas residuales producidas en el beneficio húmedo convencional, 65 g DQO/Kg. c.c. (28). A febrero de 1999, para tratar las aguas residuales de lavado del café, cuya contaminación unitaria esta entre 24 y 30 g DQO/Kg c.c., se calculó para el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio, SMTA, un costo de la inversión de US\$ 0,73/@ cps, en un beneficiadero donde además se haya adoptado el despulpado y el transporte de pulpa sin agua. (32)

Uno de los inconvenientes que han presentado los residuos líquidos producidos durante el beneficio húmedo del café, es la amplia variabilidad que se presenta en el contenido de los sólidos suspendidos totales (28,31). En investigaciones de laboratorio realizadas en Cenicafé, se estimó el costo de separar los insolubles de los lixiviados que drenan por el fondo del Acondicionador de Pulpa, mediante la adición de cal masilla, lo cual permitió determinar una relación mínima para separación de insolubles de 0.61gr masilla/gDOO y calcular un costo de masilla de US\$ 0,10/@ cps. (4)

Se han registrado sistemas de tratamiento de aguas residuales en centrales de beneficio en Centroamérica que procesan 150000 @ cps/año, donde se puede calcular costos operativos (energía eléctrica, soda para neutralizar los residuos) de US\$ 0,16/@ cps (17,23) donde el 80% corresponde a la soda para neutralizar y costos de inversión de US\$ 0,71/@ cps, similares a los estimados para un SMTA durante 1999 (32). Si tenemos en cuenta lo anterior, se deduce que no se puede pensar en separar insolubles mediante la utilización de la vía química con cal masilla, puesto que los costos son similares a los reportados anteriormente para neutralizar aguas residuales del beneficio del café, los cuales representan el 65,6% del costo estimado para el tratamiento de estos residuos durante un periodo de 20 años.

Para la construcción del STLB se tuvo en cuenta la inclusión de un componente, que permitiese cumplir las funciones de lo que se ha conocido tradicionalmente como "fosa para pulpa"; este componente recibió el nombre de Acondicionador de Pulpa AP. Como criterio principal de diseño se tuvo en cuenta los costos de los materiales de construcción. Para la construcción del piso se calculó materiales tales como ladrillo (US \$ 2.8 /m²), fondo de ladrillos espaciados a 50 cm y doble tendido de esterilla (US \$ 1.6 /m²) y fondo de guaduas espaciadas a 50 cm recubierta con doble tendido de esterilla (US \$ 1.64 /m²).

El piso de AP fue construido con fondo de ladrillos espaciados a 50 cm y doble tendido de esterilla. El costo de los materiales para la construcción de AP fue de US \$ 924 (40.6% mano de obra y 59.4% materiales de construcción) equivalentes al 61.9% del costo total del STLB.

A julio de 1999 el costo total del STLB fue de \$ 2,685,600 equivalente a US \$ 1492, 42.4% M.O y 57.6% Materiales (Figura 37), donde AP representó la mayor proporción de los

58

mismos: 61.9% (Figura 38). Durante la construcción de AP la esterilla, el plástico, el ladrillo y el cemento, fueron los materiales más costosos, 11.8%, 11.7%, 11.6%, 7.6%, respectivamente. Si tenemos en cuenta una producción anual de 8000 @ cps para la Subestación La Catalina, podemos calcular un costo unitario de inversión de US \$ 0.19/@ cps. Por otro lado se pueden calcular costos unitarios de construcción de US \$ 9.3/m² para AP, US \$ 66.4/m³ para UCI, US \$ 80/m³ para LS, US \$ 63/m³ para FP.

Con la evaluación realizada a julio de 1999, se estima que para tratar los lixiviados de pulpa mucllago producidos en la tecnología BECOLSUB, en una finca que produce anualmente 8000@ de cps, se requiere una inversión total de US\$ 0.33/@ cps, distribuidos así: STLB US\$ 0.19/@ cps y SMTA más Filtro Opcional de Postratamiento, FOP: US\$ 0.14/@ cps.

Como se mencionó anteriormente, para la construcción del STLB se tuvo en cuenta la inclusión de AP, que permitiese cumplir las funciones de lo que se ha conocido tradicionalmente como "fosa para pulpa" el cual en estos momentos goza de un subsidio para su construcción por parte de la Federación Nacional de Cafeteros, canalizado a través de los comités Departamentales y Municipales de cafeteros.

Si se asume el costo total de cada uno de los componentes del STLB para una finca con una producción anual de 8000 @ cps, se puede calcular un costo de inversión de U.S. \$ 19/@ cps. Si no se tiene en cuenta el Acondicionador de Pulpa el costo del STLB se reduce de U.S. \$ 1492 a U.S. \$ 588, equivalente a U.S. \$ 7.1/@ cps, lo que corresponde al 38.1% del valor inicial. Por otro lado si además, el Filtro Preacidificador se diseña teniendo en cuenta tan solo 1 m³, se economizan U.S. \$ 292, lo que se traduce en una inversión de U.S. \$ 276 correspondientes a U.S. \$ 3.5/@ cps, 81.5% menos que el valor estimado inicialmente para el STLB.

Con la tecnología STLB remover 1 Kg de DQO tiene un costo de U.S. \$ 6.3, estimando una vida útil de 5 años para este sistema.

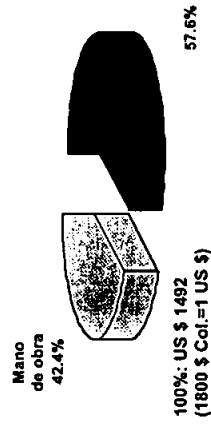


Figura 37. Costos de mano de obra y materiales de construcción. STLB-Subestación La Catalina 1999

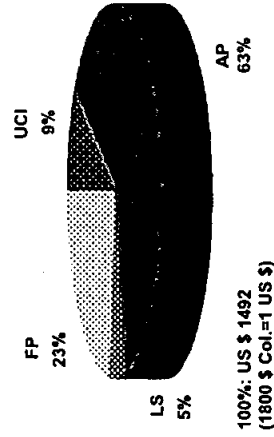


Figura 38. Distribución de los costos de construcción de los componentes del STLB-Subestación La Catalina 1999

5. CONCLUSIONES

- > El STLB permite reducir la DQO de los lixiviados desde 110.000 ppm hasta 36.252 ppm, concentración apta para el tratamiento de las aguas residuales de lavado del café, utilizando un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio SMTA desarrollado en Cenicafé.
- > El STLB permite llevar a cabo las reacciones bioquímicas de hidrólisis y acidificación de los lixiviados producidos en la tecnología Becolsub.
- > La operación correcta del STLB permite esperar la obtención de un efluente que no contiene Sólidos Suspendedos Totales, lo que exime el pago de tasas retributivas consignado para este parámetro, en el Decreto 901/97 del Ministerio del Medio Ambiente.
- > Los lixiviados tratados con un STLB poseen un pH superior a 5 unidades, acorde con lo exigido en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud.
- > En términos de contaminación, el STLB permite reducir el 67,04% de la DQO (73,24% para DBO_5) de los cuales el 54,8% corresponde a la Unidad de Control de Insolubles y el 45,2 % al Filtro Preacidificador.
- > Remover 1 Kg de DQO en el STLB tiene un costo de U.S \$ 6,3, estimando una vida útil de 5 años para este sistema.

6. RECOMENDACIONES

- > Seleccionar materiales de construcción económicos y resistentes al ataque de ácidos débiles, con el fin de aumentar la vida útil y reducir los costos asociados a la construcción del STLB.
- > Ajustar el diseño propuesto del prototipo del STLB buscando aumentar su eficiencia y la resistencia de los materiales de construcción, especialmente lo concerniente al Filtro Preacidificador.
- > A nivel de Comités de Cafeteros, capacitar maestros de obra en la construcción de modelos simplificados del STLB, buscando reducir los costos asociados a su construcción.
- > Estudiar el desempeño de un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio acoplado en serie con un STLB, buscando integrar con estos dos sistemas las fases más importantes de la biodegradación anaerobia: hidrólisis/acidogénesis y metanogénesis
- > Estudiar la microbiología y la biología asociada a las larvas encontradas dentro del componente UCI, con el fin de establecer una posible contribución en la degradación de los lixiviados.

61

BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ G., J. Despulpado del café sin agua. Avances Técnicos Cenicafe N° 164: 1-6. 1991.
2. ARCILA O., F. Perjuicios causados por los residuos del beneficio del café. Avances Técnicos Cenicafe N° 96: 1-2. 1979.
3. ARCILA O., F. Recomendaciones para la pulpa de café. Avances Técnicos Cenicafe N° 97: 1-2. 1980.
4. CARDENAS C., J. Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucilago, producidos en la tecnología Becolsub. STL B. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINA, COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Disciplina de Química Industrial. Octubre 1988 - Septiembre 1989. Chinchiná, CENICAFE, 1989. 18 p. (Proyecto QIN 0150).
5. CARDENAS C., J. Evaluación preliminar de una estrategia para la reducción de los lixiviados del BECOLSUB. Santafé de Bogotá. Universidad de La Sabana. Facultad de Ingeniería, 1988. 76p. (Práctica: Ingeniería de Producción Agroindustrial).
6. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. CENICAFE. Anuarios meteorológicos cafeteros. Chinchiná, CENICAFE, 1987-1997.
7. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. CENICAFE. Fundamentos del beneficio del café. Chinchiná, CENICAFE, 1991. p. 1-116.
8. ELÍAS, L. G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: BRAHAM, J. E.; BRESSANI, R. Pulpa de café. Composición, tecnología y utilización. Bogotá, CIRD, 1978. p. 19-29.
9. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del cafetero colombiano. Bogotá, Editorial Agraria, 1958. 556 p.
10. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Tecnología del cultivo del café. Bogotá, FEDERACAFE, 1987. p. 363-364.
11. ISAZA, J.D. Manual de laboratorio de biodigestión anaeróbica y caracterización de aguas residuales. Chinchiná, CENICAFE, 1996. 240 p.
12. MINISTERIO DE SALUD. SANTAFE DE BOGOTA. Decreto número 1594 de 1984. Santafé de Bogotá, 1984. 48p.

13. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. SANTAFE DE BOGOTA. Decreto número 901 de 1997. Santafé de Bogotá, 1997. 9p.
14. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE SANTAFE DE BOGOTA. Resolución 0273 de 1997. Santafé de Bogotá, 1997. 2p.
15. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ALVAREZ G., J.; RAMIREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ALVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G. I.; RODRIGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná, CENICAFE, 1999. 300p.
16. UNIVERSIDAD DEL VALLE. Generación de energía. In: CURSO sobre tratamiento anaerobico de aguas residuales con énfasis en el sistema de flujo ascendente con manto de lodos (UASB). Santiago de Cali, 1987. 90 p.
17. VAZQUEZ M., R. El beneficiado ecológico del café. In: SIMPOSIO Latinoamericano de Caficultura, 18. San José, Septiembre 16 - 18, 1997. Memorias. San José, CICAFAE-ICAFE, 1997. p. 51-64.
18. VEENSTRA, I.R.S. Recovery of biogas from landfill sites. IHE Delft (Netherlands). In: CURSO Taller Internacional sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales. Santiago de Cali, Febrero 13- Marzo 17, 1995. Memorias. Santiago de Cali, 1995. (comunicación personal)
19. WILBAUX., R. Beneficio del café. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1972. 231 p.
20. ZAMBRANO F., D. A. Contrato 082 de cooperación institucional Consejo Británico-FEDERACAFE. Chinchiná, CENICAFE, 1999. (Comunicación personal).
21. ZAMBRANO F., D. A. Estudios de laboratorio: caracterización de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINA, COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Disciplina de Química Industrial, Octubre 1988 - Septiembre 1989, Chinchiná, CENICAFE, 1989. 22 p. (Proyecto QIN 0100).
22. ZAMBRANO F., D. A. Fermente y lave su café en tanque tina. Avances Técnicos Cenicafe N° 197: 1-8. 1993.
23. ZAMBRANO F., D. A. Manejo de subproductos en centrales de beneficio de café en Costa Rica: impresiones de una visita técnica. Chinchiná, CENICAFE, 1996. (Seminario 23 de febrero de 1996).
24. ZAMBRANO F., D. A. Manual planta de tratamiento de aguas residuales industriales, Industrias Aliadas. Itagué, Chinchiná, CENICAFE, 1996. 53p.

62

25. ZAMBRANO F., D. A. Prototipos de plantas de tratamiento de aguas residuales del lavado del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ CHINCHINA, COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Disciplina de Química Industrial, Octubre 1993 - Septiembre 1994. Chinchiná, CENICAFÉ, 1994. 71 p. (Proyecto QIN 0103).
26. ZAMBRANO F., D. A. Propuesta de una STLB para manejo de lixiviados tipo Becolsub. Subestación La Catalina. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ CHINCHINA, COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Disciplina de Química Industrial, Octubre 1997 - Septiembre 1998. Chinchiná, CENICAFÉ, 1998. 41 p. (Proyecto QIN 0103).
27. ZAMBRANO F., D. A. SMTA. In: CURSO Taller sobre el Pago de Tasas Retributivas por Contaminación Producida en los Beneficiaderos de Café. Chinchiná, CENICAFÉ, 1997. p. 1-13.
28. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J.D. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total de los subproductos de un proceso tradicional de beneficio húmedo de Café. Cenicafé 49(4): 279-289. 1998.
29. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J.D. Lavado de café en los tanques de fermentación. Cenicafé 45(3): 106-118. 1994.
30. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V., J. Contribución al estudio de los residuos del proceso de beneficio húmedo de café. In: REUNIÓN del Grupo de Proceso y Control de Calidad de Café, 6. Bucaramanga, Noviembre 1989. Bogotá, FEDERACAFE, 1989.
31. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V., J. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo de café. Cenicafé 44 (2): 45-55. 1993.
32. ZAMBRANO F., D. A., ISAZA H., J. D., RODRIGUEZ V. N., LÓPEZ P. J. U. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Chinchiná, CENICAFÉ, 1999. 26 p. (Boletín Técnico N° 20).

ANEXO A

Materiales, equipos y reactivos para análisis
fisicoquímicos

- **Material de laboratorio:**
 - Cápsulas de porcelana.
 - Desecador con agente desecante.
 - Probelas graduadas.
 - Papel de filtro WHATMAN 6F/C.
 - Embudo bucher.
 - Matraz para filtración al vacío.
 - Pipetas volumétricas.
 - Pipetas graduadas.
 - Barra de agitación.
 - Perlas de ebullición.
 - Erlenmeyer.
 - Botellas Winkler..
 - Canastillas para botellas.
- **Equipos de laboratorio:**
 - Espectrofotómetro HACH DR200
 - Estufa.
 - Bomba de vacío
 - pHmetro
 - Balanza analítica.
 - Incubadora para DBO₅.
 - Medidor de oxígeno disuelto.
- **Reactivos para análisis fisicoquímicos:**
 - Ácido Glutámico.
 - Glucosa.
 - Ácido Bórico.
 - Ácido Clorhídrico, 37%.
 - Ácido Sulfúrico, 96%.
 - Hidróxido de Sodio en lentejas.

72

- Óxido de Magnesio.
- Hidróxido de Sodio, 32%.
- Viales para DQO, alto rango.
- Nutrientes Buffer para DBO.
- Pastillas catalizadoras.
- Indicador Tashirol.
- Indicador mixto.

73

69

ANEXO B

REACTIVOS PARA ANÁLISIS
FICHAS TÉCNICAS
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

DICROMATO DE POTASIO CAS - N°: 07778-50-9 PESO MOLECULAR: 294.19 FORMULA MOLECULAR: $K_2Cr_2O_7$ PUNTO DE FUSION: 398 °C (748°F) CODIGO: AMARILLO (REACTIVO)
IDENTIFICACION DE PELIGROS ➤ Oxidante fuerte. ➤ En contacto con otro material puede causar fuego. ➤ Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel ➤ Su contacto puede causar quemaduras.
PRECAUCIONES ➤ Guardar lejos de materiales combustibles. ➤ Evitar el contacto con los ojos, piel y ropa. ➤ Evitar inhalar el polvo. ➤ Guardar lejos de material combustible, en un lugar bien cerrado y con adecuada ventilación. ➤ En caso de incendio usar agua en spray, alcohol en espuma, químicos secos, dióxido de carbono. ➤ En caso de derrame barrer y lavar el área con agua.
ELEMENTOS DE PROTECCION ➤ Gafas. ➤ Bata de laboratorio. ➤ Extractor. ➤ Guantes.

HIDROXIDO DE SODIO CAS - N°: 1310-73-2 PESO MOLECULAR: 40.00 FORMULA MOLECULAR: NaOH PUNTO DE EBULLICIÓN: 1390 °C (2534°F) PUNTO DE FUSION: 319 °C (604°F) CODIGO: RAYAS BLANCAS (ALMACENAR POR SEPARADO)
IDENTIFICACION DE PELIGROS > Provoca quemaduras graves. > Puede causar la muerte por ingestión. > Tóxico por inhalación y en contacto con la piel y ojos.
PRECAUCIONES > Almacenar en un lugar bien cerrado y con adecuada ventilación. > Evitar inhalar el polvo. > Evitar contacto con los ojos, piel y ropa. > Evitar cualquier salpicadura con soluciones preparadas con NaOH. > Lavar bien después de su manipulación.
ELEMENTOS DE PROTECCION > Gafas. > Bata de laboratorio. > Careta con cartucho de alta eficiencia. > Guantes.

ACIDO SULFÚRICO CAS - N°: 7664-93-9 PESO MOLECULAR: 98.08 FORMULA MOLECULAR: H ₂ SO ₄ PUNTO DE EBULLICIÓN: 327 °C (621°F) PUNTO DE FUSION: -2 °C (28°F) CODIGO: BLANCO (CORROSIVO)
IDENTIFICACION DE PELIGROS > Veneno peligroso. > Dañino por inhalación. > Causa quemaduras graves. > Tóxico por inhalación y en contacto con la piel y ojos. > Reacciona violentamente con agua. > Puede causar la muerte por ingestión.
PRECAUCIONES > Almacenar en un lugar bien cerrado y con adecuada ventilación. > Evitar contacto con los ojos, piel y ropa. > Lavar bien después de su manipulación. > Conservar herméticamente cerrado los contenedores del ácido. > En caso de derrame neutralizar con soda y colocar en un lugar seco.
ELEMENTOS DE PROTECCION > Gafas y careta para ácidos. > Bata de laboratorio > Extractor. > Guantes.

66

ACIDO CLORHÍDRICO CAS - N°: 7447-01-0 PESO MOLECULAR: 36.46 FORMULA MOLECULAR: HCl PUNTO DE EBULLICIÓN: 85°C (185°F) PUNTO DE FUSIÓN: -25°C (-77°F) CODIGO: BLANCO	
IDENTIFICACION DE PELIGROS > Veneno peligroso. > Dañino por inhalación. > Causa quemaduras graves. > Tóxico por inhalación y en contacto con la piel y ojos. > Reacciona violentamente con agua. > Puede causar la muerte por ingestión.	
PRECAUCIONES > Almacenar en un lugar bien cerrado y con adecuada ventilación. > Evitar contacto con los ojos, piel y ropa. > Lavar bien después de su manipulación. > En caso de derrame neutralizar con soda y colocar en un lugar seco.	
ELEMENTOS DE PROTECCION > Gafas y careta para ácidos. > Bata de laboratorio. > Extractor. > Guantes.	

Disposición de residuos de análisis químico:

En el laboratorio de Biodigestión, sitio donde se analizaron las muestras, se tuvieron en cuenta las recomendaciones concernientes de seguridad industrial y disposición de residuos de análisis químico, consignadas en el *abc de la seguridad en el laboratorio*, manual elaborado a partir de las recomendaciones dadas por MERCK Colombia S.A y a la Cámara de la Industria Farmacéutica de la ANDI, el cual reúne conceptos básicos de peligrosidad, almacenamiento adecuado de reactivos químicos, atención de emergencias, eliminación de pequeñas cantidades de residuos y la ley sobre manejo de sustancias peligrosas que rigen el país desde 1993.

A partir de lo anterior y dentro de los análisis que se realizaron, los residuos de la DQO fueron almacenados para su disposición, en un recipiente dispuesto en el laboratorio para este fin, donde fueron desactivados con 30 gramos de tiosulfato de sodio y 300 ml de NaOH por cada 500 ml de residuo recolectado. Para el caso de los residuos de las determinaciones de nitrógeno, como provienen de una neutralización ácido-base no necesitan ser neutralizados y se disponen directamente en el subsuelo mediante infiltración. Los residuos que se presentan en la preparación de reactivos de ácidos fuertes y bases fuertes se desactivaron con su contrario.



Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café

Diego A. Zambrano-Franco
Nelson Rodríguez-Valencia
Uriel López-Posada
Paula Andrea Orozco R.
Andrés J. Zambrano-Giraldo.

GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"

cenicafé
Chinchiná - Caldas - Colombia



Boletín Técnico
N° 29
2006



FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

COMITÉ NACIONAL

Periodo: 1 de enero de 2003 a 31 de diciembre de 2006

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Director del Departamento Nacional de Planeación

Juan Camilo Restrepo Salazar
Mario Gómez Estrada
Carlos Roberto Gómez Buendía
Carlos Roberto Ramírez Montoya
César Eladio Campos Arana
César Augusto Echeverry Castaño
Jaime García Parra
Floresmiro Azuero Ramírez
Fernando Casarillón Muñoz
Javier Bohórquez Bohórquez

Gerente General
GABRIEL SILVA LUJÁN

Gerente Administrativo
LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

Gerente Financiero
CATALINA CRANE ARANGO

Gerente Comercial
ROBERTO VÉLEZ VALLEJO

Gerente Técnico
ÉDGAR ECHEVERRÍ GÓMEZ

Director Programa de Investigación Científica
Director Centro Nacional de Investigaciones de Café
GABRIEL CADENA GÓMEZ

68



FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"

Cenicafé

TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LAS AGUAS MIELES DEL CAFÉ

Diego A. Zambrano-Franco*,
Nelson Rodríguez-Valencia*,
Uriel López-Posada*,
Paula Andrea Orozco R**,
Andrés J. Zambrano-Giraldo***.

UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editores: Héctor Fabio Ospina Ospina, I.A., MSc.

Diseño y Diagramación: María del Rosario Rodríguez Lara.
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar.
María del Rosario Rodríguez Lara.
Diego A. Zambrano Franco.
Manuel Matta Vargas.

Editado en julio de 2006
3.500 ejemplares
© FNC - Cenicafé 2006

* Investigador Científico II, Investigador Científico I, Auxiliar I de Investigación, respectivamente.
Química Industrial - Cenicafé.
** Ing. Química Universidad Nacional.
*** Ing. de Saneamiento y Desarrollo Ambiental Universidad Católica.

Chinchiná - Caldas - Colombia

79

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.....	6
EL NUEVO SMTA.....	7
COMPONENTES DEL SMTA.....	8
Reactores hidrolíticos/acidogénicos - RHA	10
Recámara de dosificación - RD.....	12
Reactores metanogénicos - RM	13
PUESTA EN MARCHA DE UN SMTA	15
Inoculación de los reactores metanogénicos	15
Acimatación y arranque de los reactores metanogénicos	16
Operación de un SMTA	18
Acidificación de los reactores metanogénicos	19
ESCALAMIENTO DE UN SMTA	20
COSTOS	26
AGRADECIMIENTOS	28
LITERATURA CITADA	29

Los Sistemas Modulares toda la base científica de tanque tina (14), en los cuales de Tratamiento Anaerobio la publicación inicial, y se se consumen entre 4,0 y 5,0 (SMTA), fueron diseñados en recomendando el cambio a litros de agua por kilogramo materiales de construcción de café pergamino seco. Cenicafé para descontaminar

El pH de estos residuos oscila entre 4,0 y 4,5 unidades y la demanda química de oxígeno, DQO, la cual expresa el déficit de oxígeno ocasionado por la contaminación presente en el lavado del café y originados en beneficiadores húmedos donde se retira el muclago o baba del café por el método de fermentación natural.

Adicionalmente el despulpado y transporte de café en baba y pulpa debe realizarse por gravedad o mecánicamente a las fosas o al tanque de fermentación, respectivamente.

Presentamos una manera fácil y más económica de construir un SMTA con el fin de obtener eficiencias acordes con lo exigido por la legislación colombiana en el Decreto 1594 de 1984 (6).

Este documento reúne en esencia el Boletín Técnico N°. 20, titulado "Tratamiento de aguas residuales del lavado del café", publicado por CENICAFÉ en 1999, referido a los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio **SMITA**. Para esta nueva publicación, se tuvo en cuenta y se mantuvo

tanque tina (14), en los cuales se consumen entre 4,0 y 5,0 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco.

Para optimizar los costos del SMTA se evaluaron tanques de polietileno que sirvieran de reactores metanogénicos, y se les realizó monitoreo de temperatura, por medio de una termocupla que permitió lecturas a lo largo y ancho del reactor.

La temperatura promedio en este tipo de reactor durante el día fue de 26°C y en horas de la tarde alcanzó 31°C. Lo anterior permitió hacer más funcional la operación y el mantenimiento de esta nueva propuesta de construcción del SMTA, contemplada para una finca con una producción anual de 1.500@cps, y reducir el 54,2% de los costos unitarios de inversión, desde \$ 3.004/@cps hasta \$1.376/@cps (3).

EL NUEVO SMTA

El Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio fue desarrollado inicialmente en Cenicafé en la década de los 90s (10).

Esta nueva versión del SMTA es más económica, y siguiendo la línea de la distribución anual de Cenicafé para el tratamiento anaerobio de las aguas mieles o aguas residuales del lavado del café, en la zona rural de Chinchiná, muclago fermentado del café, en la semana de máxima ARL, que se generan en una finca cuya producción anual es de 1.500 arrobas de café

pergamino seco (@ de cps), y posibilita el escalamiento de cada una de las unidades que lo componen, para fincas con producciones mayores o menores de café. Además de la

adopción del despulpado y el transporte de la pulpa sin agua (1), que evita el 73,7% de la contaminación que producen los subproductos del proceso convencional (13), para su diseño se continúa teniendo en cuenta la distribución anual de la cosecha de café registrada por Uribe y Laverde (8), para la zona rural de Chinchiná, en la semana de máxima producción, equivalente al 8,3% de la cosecha anual.

Igualmente, esta versión de SMTA está compuesta por unidades que permiten la separación de las fases de la separación de las fases de producción de la Metanogénica (RHA) de la Metanogénica

LOGROS

Entre los años 2003 y el 2004, se trataron las aguas residuales generadas durante el lavado del café, utilizando esta nueva propuesta de SMTA ubicada en la sede principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café Cenicafé. La aclimatación y el arranque del reactor se llevaron a cabo durante 256 días y se aplicaron cargas entre 0,3 y 8,75 kg DQO/m³d. Como inóculo se utilizó estiércol de ganado vacuno, siguiendo las metodologías desarrolladas y propuestas por Cenicafé en sus estudios sobre el SMTA. Se encontró que las botellas plásticas no retornables BPNR presentan una porosidad de 98,7% y un área específica de contacto de 51,7 m²/m³ reactor. Las eficiencias de remoción promedio para el estado estable del reactor metanogénico fueron 80, 83,4, 45,99 y 74,3% para la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), los Sólidos Totales (ST) y los Sólidos Suspendedos Totales (SST), respectivamente.

(RM), lo que ha permitido el incremento de carga orgánica por día desde 1,5 hasta 10 kg de DQO por metro cúbico de reactor metanogénico, manteniendo una remoción de contaminación superior al 80%, expresada como DQO (3).

En esta propuesta actualizada de SMTA, se contempla el uso de cal y orina humana

o animal, para neutralizar el pH y ajustar el nitrógeno y Metanogénicos, en el lavado respectivamente, a falta de desarrollo de la investigación, cuyo material negro permitió aumentar la temperatura interna de los reactores a un valor cercano a los 30°C (3) como ocurre con los tanques

fabricados en fibra de vidrio de los reactores metanogénicos propuestos inicialmente (10).

COMPONENTES DEL SMTA

(Zambrano et al., (10)).

Son componentes esenciales de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio SMTA: Los Reactores Hidrolíticos-Acidogénicos RHA, la recámara de dosificación RD y el Reactor Metanogénico RM.

Consecución en el mercado. A la salida del tanque de lavado en el beneficiadero se debe instalar un tanque cilíndrico de 105 litros de polietileno, o construir una recámara de mampostería de 40 cm de altura y lados de 50x50 cm, que permita recibir las aguas

La Figura 1 muestra un esquema del nuevo SMTA, drenados de la fosa de pulpas (Figura 2). Esta recámara diseñada para una finca con una producción de 1.500 @ de café pergamino seco y una semana pico de 8,3%, donde pueden observarse las diferencias o cotas de nivel que deben tenerse en cuenta al seleccionar el terreno para su instalación y garantizar el flujo libre del líquido por gravedad. Al final se detalla la lista de los materiales para su construcción. Todos los componentes están conectados, con mangueras que se acumula en el interior de polietileno reciclado de 1 1/2", de baja densidad (0,925 g/cm³), de bajo costo y de fácil

beneficiadero (Figura 3).

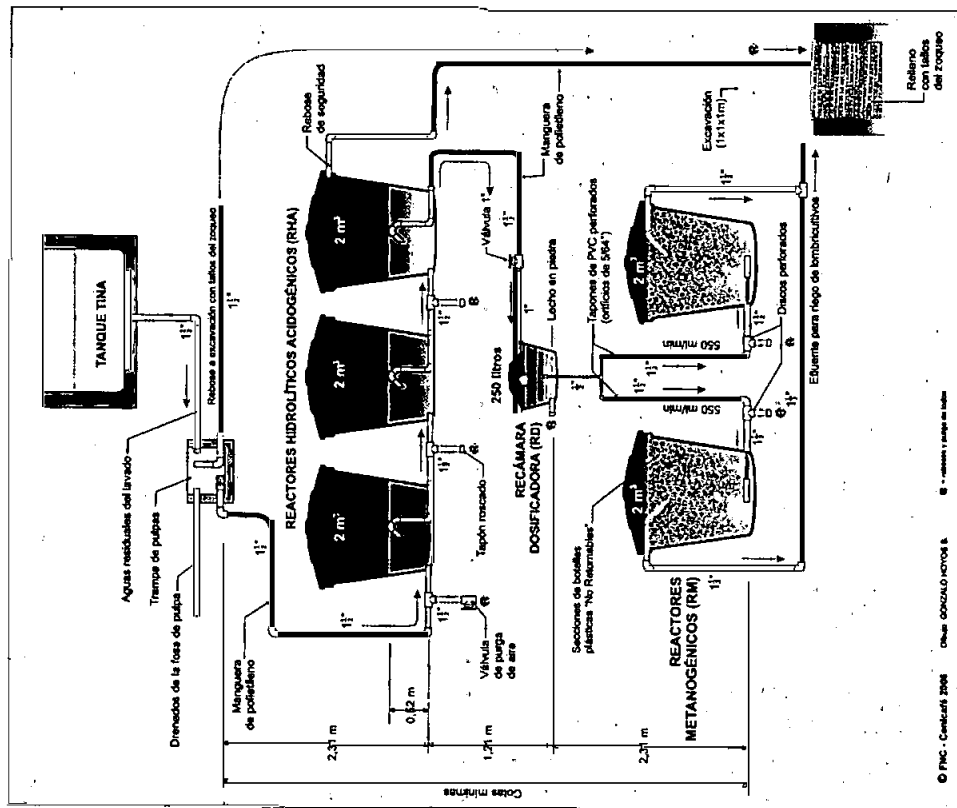


Figura 1. Esquema del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) para las aguas residuales de lavado o mieles del café generadas en el proceso de fermentación y lavado en tanque tina, de una finca con producción diaria máxima de 1.700 kilogramos de café en cereza.

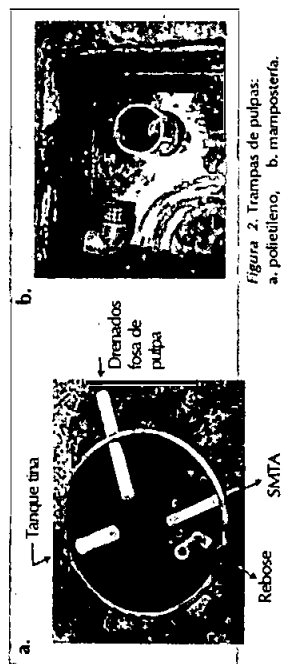


Figura 2. Trampas de pulpa: a. polietileno, b. mampostería.

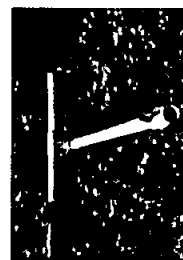


Figura 3. Válvula para purga de aire o gas.

REACTORES HIDROLÍTICOS-ACIDOGÉNICOS - RHA

Dentro del concepto de biodegradabilidad anaerobia de residuos, los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio contemplan la separación de las fases Hidrolítica-Acido génica y Metanogénica. Por tal razón, los reactores que conforman se experimentan reacciones bioquímicas diferentes.

Para llevar a cabo la fase Hidrolítica-Acido génica de

las aguas mieles para la finca del caso de estudio, se estableció en serie una batería de reactores RHA, RHA, RHA, utilizando tres tanques de polietileno negro en tronco de cono. Multibús 1 1/2", con una perforación en la parte superior de 3/8", con características iguales, que evita que se suspenda de 2 m³ de capacidad cada uno, con una altura de 156 cm (sin tapa), un diámetro superior de 146 cm y un diámetro inferior de 115 cm (Figura 4). Las aguas formadas por los dos reactores restantes, en igual cm (Figura 4). Las aguas residuales procedentes del lavado del mucílago fermentado del café entran



Figura 4. Reactores Hidrolíticos-Acido génicos en tanques de polietileno.

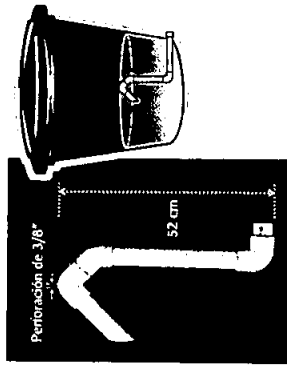


Figura 5. Accesorio de fondo para fijar nivel a 52 cm.

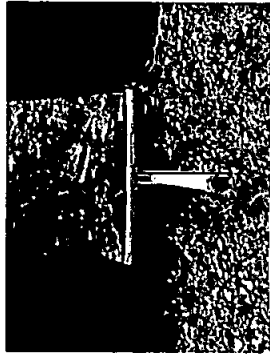


Figura 6. Conector de fondos y descarga de lodos de RHA.

Además de la posibilidad de almacenar agua residual de lavado que se puedan presentar, a través de un codo interno en PVC de salida (> 52 cm), durante la mayor parte del año queda establecido como mínimo un tiempo de retención de estiercol (vacuno, hidráulico de dos días, por debajo del nivel de operación del líquido, buscando la máxima formación de ácidos posibles en esta etapa, para favorecer posteriormente las reacciones que hacen parte de la metanogénesis.

Para intercomunicar los tanques RHA se perfora y se instala tubería de diámetro de $1\frac{1}{2}$ " a 7 cm del fondo (Figura 6).

El tanque RHA₁ se perfora a 7 cm del borde superior, (Figura 7), para efectos de canalizar los posibles excedentes de

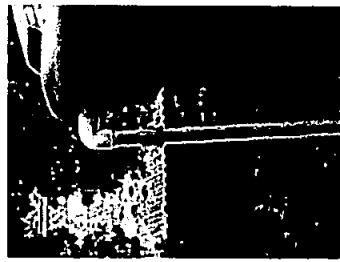


Figura 7. Tubería de seguridad para rebose de ARL.



Figura 8. Excavación para rebose de ARL.

RECÁMARA DE DOSIFICACIÓN - RD

El sistema de dosificación de las aguas residuales del lavado de café por gravedad, se estudió mediante el acondicionamiento de un tanque de polietileno Multitubs, Acuaviva Junior x 250 litros con tapa, altura de 65 cm; fabricado por la empresa Colombit de Manizales (Figura 9). Dentro del mismo se estableció un flujo constante mediante el uso de una

válvula de flotador, y orificios de diámetro predeterminado practicado en las tuberías de salida, que permiten garantizar un caudal uniforme a través de una cabeza hidrostática permanente (Figura 10).

En el fondo se instaló un marco colector de $50,5 \times 35,5$ cm, fabricado en tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ ", el cual va acoplado al tubo de salida del tanque. Este tubo de salida está provisto con dos tapones de PVC con un orificio de $5/64$ ", mediante el uso de una



Figura 9. Recámara de dosificación en polietileno y 250 litros de capacidad.

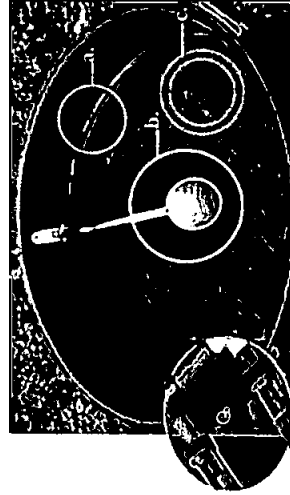


Figura 10. Componentes de la recámara de dosificación: a. aro en manguera de polietileno de $\frac{1}{2}$ ", b. válvula flotador en PVC, c. malla mosquitera, d. marco colector de líquido hacia RMA, e. tapones reguladores de caudal.

líquido por gravedad con un caudal previamente ajustado a 550 ml/min por tapón correspondiente a cada RM (Figura 10e). En todos los lados del marco colector se hacen orificios inferiores de $5/32$ ", espaciados a una distancia de 1 cm, lo que equivale a realizar alrededor de 124 agujeros que permiten la salida del líquido por el fondo del tanque. Para facilitar una eventual limpieza del marco colector, se deben ensambalar sus componentes sin utilizar pegante de PVC en las uniones; sólo se fija el tubo que comunica con el exterior, utilizando un adaptador macho, un adaptador hembra dos arandelas de PVC y dos arandelas de neumático.

Después de instalar el tanque de dosificación se debe establecer el lecho filtrante, ubicando piedras de unos 10 cm de diámetro cerca a los orificios de salida, para impedir el contacto entre el material del lecho y los orificios del marco.

Luego se termina de llenar el interior con gravilla de río o piedra caliza (diámetro 2,5 cm) hasta una altura de 20 cm del fondo. Sobre la parte superior del lecho se ubica una malla plástica mosquitera de 1 mm de distancia entre fibras, cuyos extremos se pisan con un aro de manguera de polietileno de 1/2".

Para instalar la válvula de flotador se perfora el borde superior del tanque y se coloca un adaptador macho PVC presión con diámetro de 1", a 6 cm. Para el drenaje del tanque de dosificación se instala una tubería de 1 1/2" a 7 cm del fondo, a la cual se le acondiciona un tapón roscado para evitar la salida del líquido (Figuras 11 y 12).

Antes de la recámara de dosificación se conecta una válvula de 1" en PVC, que permite suspender el flujo de agua residual, en caso que se necesite atender cualquier eventualidad durante la operación del SMTA, tal como puede ser la obstrucción de la tubería por lodo y otros elementos extraños o para su respectivo mantenimiento.

Se recomienda instalar una recámara dosificadora de 250 litros por cada 5 reactores metanogénicos de 2 m³.

NOTA: la capacidad de cada recámara dosificadora debe ser siempre de 250 litros.

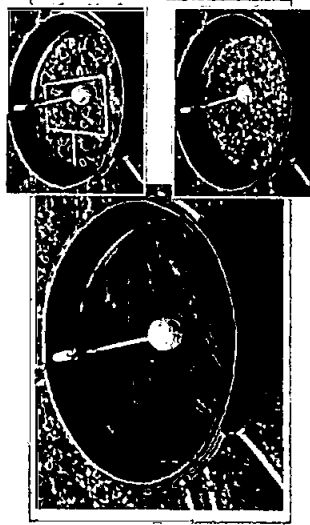


Figura 11. Acondicionamiento interior de la recámara de dosificación.



Figura 12. Llenado de la recámara de dosificación.

REACTORES METANOGENICOS-RM (Orazco (3)).

Durante las evaluaciones para la nueva propuesta de SMTA, los reactores metanogénicos se acondicionaron utilizando dos tanques Multisus Acuaviva Colombit de polietileno negro, en tronco de cono de 2 m³ de capacidad, con una altura neta de 156 cm, un diámetro superior de 146 cm y un diámetro inferior de 115 cm (Figura 13). El polietileno negro

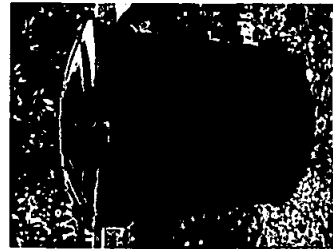


Figura 13. Tanque de polietileno utilizado como reactor metanogénico.



Figura 14. Botellas plásticas no retornables (BPNR) para soporte de microorganismos anaerobios.

permite que se alcancen temperaturas promedio en el día entre 24 y 26°C a lo largo y ancho del reactor.

Los RM de la tecnología SMTA propuesta, están constituidos por filtros anaeróbicos de flujo ascendente empacados al azar con relleno inerte reciclado de botellas plásticas.

Como soporte para los microorganismos se llena al azar su interior con trozos de botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros de capacidad, obtenidos mediante el corte transversal de la botella en tres partes: a) base de la botella equivalente a un cilindro con tapa al que se le hace un agujero en el centro o se le quita la base, b) parte central equivalente a un cilindro sin tapas, y c) parte superior o cono de botella. Se requieren trozos provenientes de 980 botellas para llenar los 2 RM (4 metros cúbicos) (Figura 14). No obstante la guadaña puede continuar utilizándose en este tipo de componentes. El costo del material de empaque en los 4 m³ de reactor con botellas,

asciende a \$ 114.000, de los cuales el 84% corresponden al valor de las botellas y el 16% a la mano de obra para cortar el material.

Cada tanque viene provisto de una tapa con sistema de cerrado que involucra guías y topes que permiten mantenerlo cubierto. La tubería de entrada del agua residual al reactor está provista de una "T" con tramo de tubería y tapón roscado de 1 1/2", la cual permite que se retire para limpiar internamente la tubería en caso de obstrucción.

Inmediatamente antes de la entrada a los reactores y de un semiciclo a una tubería PVC de 50 cm que comunica con el exterior (Figura 16b).

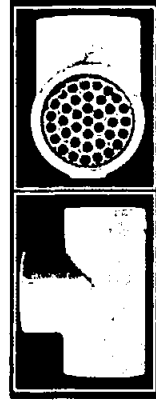


Figura 15. Disco perforado para prevenir el paso de insolubles a RM.

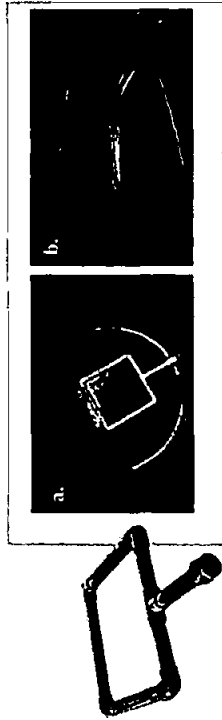


Figura 16. a. Dispositivo distribuidor de entrada de aguas residuales al reactor metanogénico, b. tubería de salida del efluente.

PUESTA EN MARCHA DE UN SMTA

Para iniciar el sistema de tratamiento de las aguas residuales del lavado del café, una vez construido el SMTA, se realizan los siguientes pasos:

INOCULACIÓN DE LOS REACTORES METANOGENICOS

A diferencia de los Reactores Hidrolíticos/Acidogénicos, es necesario inocular los reactores metanogénicos con bacterias anaeróbicas que se obtienen del estiércol de ganado vacuno. Para llevar a cabo la inoculación de cada uno de los reactores de 2 m³ de capacidad durante las primeras tres semanas se realizan los siguientes pasos:

- Prepare 700 litros de inóculo metanogénico por cada reactor de 2 m³ así: Mezcle estiércol de ganado

vacuno y agua corriente en proporción 3:1 (tres baldes de agua por un balde de estiércol). La mezcla se almacena en canecas plásticas y se deja reposar durante una semana. Filtre luego, utilizando un costal de fibra plástica (o de fertilizante) o un cedazo de malla mosquitera, similar al utilizado en la recámara de dosificación, con el fin de retirar la mayor cantidad de material grueso e insoluble. Así, se deja pasar sólo la fase líquida que se desprende del estiércol y que constituye el inóculo metanogénico.

- Simultáneamente con lo anterior, adicione a cada reactor metanogénico, 1.100 litros de aguas residuales procedentes del tercero y cuarto enjuague del lavado del café en el tanque de fermentación y 1,5 kg de cal masilla blanca. Mezcle bien.

- Adicione a cada reactor 15 litros de orina animal o humana ó 250 g de urea previamente disuelta en 1 litro de agua corriente, y 300 litros del inóculo. De esta forma los reactores quedan inoculados con una proporción aproximada de 2 kg de sólidos suspendidos volátiles por m³ de reactor, y una relación cercana a 1,33 g DQO/g de sólidos suspendidos volátiles. (Figuras 17a y 17b).

NOTA: debe tenerse en cuenta guardar las proporciones de ARL, orina, urea y cal, para reactores de capacidad inferior a 2.000 litros. Por ninguna razón los tanques que constituyen los RM deben sobrepasar los 2.000 litros de capacidad.

- Establezca el medio de soporte para las bacterias metanogénicas, llenando cada reactor metanogénico con los pedazos de botellas.



- Adicione agua corriente hasta cubrir totalmente los trozos de BPNR. Los reactores han quedado inoculados, y dos semanas después se procede a la acimatación, arranque y operación del SMTA (Figura 17c).

- Durante el período de inoculación, en cada RHA deben adicionarse 500 litros de agua corriente, mezclados con 4 litros de orina animal o humana, ó 60 g de urea. Después

ACIMATACIÓN Y ARRANQUE DE LOS REACTORES METANOGENICOS

Para iniciar con la acimatación de los microorganismos, el día 1 se debe abrir la llave de paso instalada a la entrada de la recámara de dosificación, e inundarla con la "solución de acimatación" que sale a través de la válvula de flotador, hasta que alcances su nivel máximo (Figura 12).



Figura 17: inoculación
a. preparación del inóculo,
b. adición del inóculo,
c. reactor inoculado.

- Verifique el asentamiento de la malla mosquitera mediante el desalojo del aire que queda atrapado sobre el lecho de la recámara.
- Verifique que el caudal en cada uno de los tapones sea de 550 ml/min.

- Se debe conservar un caudal de alimentación entre 500 y 600 ml/min para cualquier RM, ya que por debajo de este valor fácilmente ocurre obstrucción del orificio en el tapón. En el estado estable del sistema se deben tener en cuenta las proporciones cuando los RM tienen dimensiones diferentes a 2.000 litros. Abrir la válvula de paso de agua residual hacia la recámara de distribución, así: 24 horas para tanques de 2.000 litros, 12 horas para tanques de 1.000 litros y 6 horas para tanques de 500 litros; de esta manera se obtiene una alimentación de

0,4 m³ARL/m³ RM. Existen en el mercado tanques de polietileno negro de 5.000 litros, que pueden ser utilizados como RHA, pero de los cuales no se conoce su respuesta como RM.

- Comuníquese la recámara de dosificación con los reactores metanogénicos, introduciendo libremente una manguera de polietileno en el tubo de PVC (minilla) que sale del tanque. En este punto la presión es igual a la presión atmosférica. No olvide que los tapones perforados no deben soldarse con pegante de PVC, para que se facilite su limpieza enjuagándolos con el mismo líquido que fluye del tanque (Figura 18).

Hay que tener en cuenta que al lavar el café en el tanque tina, los cuatro enjuagues producen cerca de 0,9 litros de aguas residuales por cada kilogramo de café en cereza (Figura 19).

- Después de realizar los pasos anteriores de arranque, el sistema inicia una fase de estabilización que se caracteriza por alcanzar eficiencias de remoción de DBO₅ superiores al 80% y no requiere productos químicos para balancear o neutralizar las ARL.

El buen desempeño del sistema se manifiesta, de manera práctica, por un olor característico a estiércol vacuno en el líquido tratado en esta unidad.

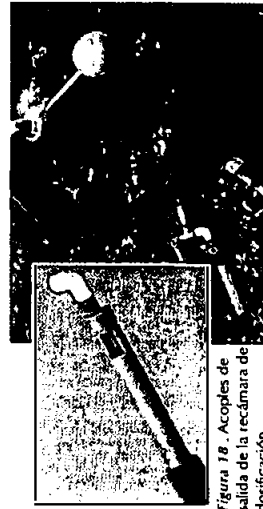


Figura 18. Acoples de salida de la recámara de dosificación.

Recomendación de operación del SMTA ubicado en Cenicafé - La granja en funcionamiento durante los años 1999 al 2005



Figura 19. Aguas residuales del lavado o mieles de café producidas en el tanque tina mediante cuatro enjuagues y consumos entre 4 y 5 litros de agua/kg cps.

OPERACIÓN DE UN SMTA

(Zambrano et al., (10)).

Para efectos de operar a bajo costo y correctamente un SMTA tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Instale su SMTA lo más lejano de fuentes de agua limpia. En términos generales, el efluente de un sistema de tratamiento de aguas residuales cualquiera, no es apto para consumo humano y requiere para ello posttratamiento.

- Evite acumulación de pulpa y granos dentro de la trampa de pulpa, lo cual podría ocasionar obstrucciones, derrames y olores muy desagradables en los alrededores.

- Revise diariamente el interior y el tapón de salida de la recámara de dosificación durante la cosecha de café, con el

fin de garantizar un flujo estable y continuo.

- Retire, después de terminada la cosecha de café, los tapones laterales de los RHA₁ y RHA₂, y abra la válvula de purga de aire del RHA₁, para descargar los lodos acumulados en el interior de cada uno de ellos y conducirlos a través de una manguera de polietileno de 2" hasta la excavación que recibe el exceso de líquidos de los RHA. Adicione finalmente agua corriente para favorecer la salida de insolubles y el enjuague interno de esta unidad.

- En caso de obstrucción en las tuberías de los RHA, retire del fondo los tapones acoplados a las "T" que comunican entre sí los RHA, con el fin de permitir la descarga y limpieza interior y realice la conducción de esta descarga de la misma forma que se explicó en el párrafo anterior.

- Retire la malla mosquitera para que se sequen y colóque otra malla. La malla seca facilita el desprendimiento por sí mismo del material insoluble adherido (Figuras 20a y 20b).

- Mezcle la torta o material insoluble retenido en la malla con la pulpa que se encuentra en las fosas de manejo, y utilice esta

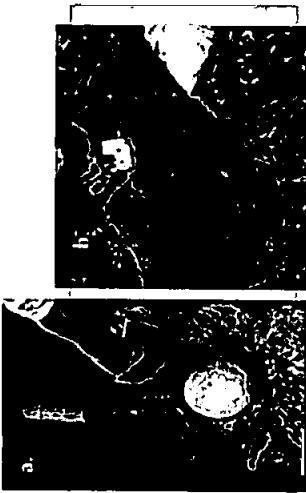


Figura 20. a. Material insoluble retenido en la recámara dosificadora.
b. Disposición.

mezcla como sustrato en los lombricultivos (2).

- Cuando el tapón de salida de la recámara dosificadora, que conduce el agua residual hacia el reactor metanogénico se obstruya con frecuencia, se debe lavar el lecho filtrante y conducir el agua proveniente de este lavado hacia la excavación que contiene los tallos de zoca.

ACIDIFICACIÓN DE LOS REACTORES METANOGÉNICOS

La correcta inoculación, aclimatación y arranque de un SMTA permiten mantener un buen funcionamiento del sistema. No obstante durante su operación pueden ocurrir períodos de funcionamiento deficiente o "acidificación" en la fase metanogénica, caracterizados porque el líquido de salida alcanza un valor de pH menor que 5, y desprende un olor a "cebolla picante" o a "queso rancio". Entre las causas conocidas más comunes que lo pueden acidificar están:

- Que al RHA esté llegando otro tipo de residuos, tales como detergentes, jabones o insecticidas procedentes del lavado de las máquinas fumigadoras dentro del tanque de fermentación del café. No hay que olvidar que en los tanques de fermentación o en el canal de concreto sólo se debe lavar café.

- Que el flujo del agua residual de la recámara de dosificación hacia uno de los RM esté por encima del valor establecido, lo que hace necesario cambiar el tapón por otro con un orificio de diámetro menor que permita ajustar el flujo al caudal de operación de 500 a 600 ml/min.

- Que se estén adicionando sólo los dos o tres primeros enjuagues del lavado del café y esto ocasiona una reducción en volumen pero un incremento en la concentración de las aguas residuales, lo que se traduce en una sobrecarga orgánica en la fase metanogénica. Hay que tener en cuenta que la tecnología de lavado en los tanques de fermentación se efectúa utilizando cuatro enjuagues que permiten tener una concentración global de 27.400 ppm de DQO (concentración de diseño).

- Que se esté beneficiando diariamente una cantidad superior a 1.700 kg de café en cereza, que corresponden a un día pico del 1,9% de la cosecha anual. Para efectos de cálculo, antes de determinar las características de la construcción de un SMTA, es necesario tener en cuenta si se beneficia café de fincas vecinas con el fin de dimensionar adecuadamente las unidades del sistema.

Después de esta operación se debe interrumpir el paso de aguas hasta el día siguiente, cuando se verifique que el pH del líquido presenta valores por encima de 6 unidades, momento en el cual debe restablecerse el flujo. Si esto no ocurre, es necesario esperar más tiempo para su recuperación.

La tecnología SMTA ha permitido reducir 34 veces, la capacidad requerida para el tratamiento con respecto a un beneficiadero tradicional, donde se consumen entre 40 y 50 litros de agua/kg cps

SMTA Y LEGISLACIÓN

Durante el período enero y marzo de 2003, el líquido efluente del reactor metanogénico del SMTA, objeto de estudio, presentó una DQO promedio de 3.662 ppm (DBO₅ de 1.933 ppm). Con este valor puede calcularse para el SMTA una eficiencia de remoción del 86,6% en términos de la DQO (87,8% para DBO₅), teniendo en cuenta que las aguas residuales del lavado del café presentan en promedio una concentración inicial de 27.400 ppm. Estas remociones y sus pH de salida superiores a 5 unidades, están acordes con lo exigido en el decreto 1594 de 1984, del Ministerio de Salud (6). De la remoción total, el 61,11% se efectuó en el reactor metanogénico y el 38,89% restante en el reactor hidrolítico acidogénico y el tanque de dosificación. Tales remociones reducen en igual proporción el pago de tasas retributivas contemplado en el decreto 3440/2004 del Ministerio del Medio Ambiente (4).

DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍA

Desde el mes de Septiembre del año 2004 CENICAFÉ participa en el programa SEMBRADORES DE PAZ, el cual es patrocinado y organizado por la AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL, la Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales, la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Comité Departamental de Cafeteros del Magdalena. Este programa es ejemplo de la adopción masiva de las tecnologías Tanque Tina y SMTA, durante el cual se dio capacitación en diseño y operación de los SMTA, tanto para maestros de obra como para Extensionistas del Comité, con el fin de atender las necesidades tecnológicas de 574 productores de café orgánico de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 21).

IMPACTO

Un análisis realizado sobre el impacto de esta adopción tecnológica en la Sierra Nevada de Santa Marta, permite concluir que los SMTA a instalar en las 574 fincas de esta zona, economizarán alrededor de \$ 21.300 millones de pesos a este parte del sector cafetero, frente al uso de las tecnologías convencionales de tratamiento de estos residuos, utilizadas en otros países que producen cafés suaves lavados. Igualmente, con una producción cafetera anual estimada para esta zona en 2'821.641 kg cps (0,38% de la cosecha nacional), la economía anual de agua por la tecnología de lavado de café en los Tanques Tina, será del orden de 56,4 millones de litros de agua limpia, que permiten suplir las necesidades diarias de agua en una ciudad de 378 mil habitantes.

para despulpar, transportar la pulpa, lavar y clasificar el café. En un beneficiadero con despulpado y transporte de pulpa sin agua y con un consumo de agua de lavado entre 20 y 25 litros de agua/kg cps, se necesitaría aumentar 13 veces más la capacidad de tratamiento concebida para los SMTA.

Se calculó que el efecto erosivo de las aguas efluentes del SMTA, a causa de la descarga por aspersión sobre un área específica, equivaldría a la aplicación de una precipitación de lluvia diaria de 0,015 mm sobre 5 ha de cafetal. Para el cálculo se tomaron para



Figura 21. Cursos de capacitación en SMTA. Programa SEMBRADORES DE PAZ Sierra Nevada de Santa Marta. Abril de 2005.

efluente tratado por día en el SMTA. Dicha "precipitación" resultaría equivalente entre 130 y 325 veces menor que la tasa de evapotranspiración dentro del cafetal, que para las condiciones de Chinchiná, se estima entre 2 y 5 mm en días sombreados y soleados, respectivamente (10).

VERSATILIDAD DE LOS MONTAJES

Con la tecnología SMTA planteada aquí y la planteada en el Boletín Técnico N° 20, para el Tratamiento de las aguas residuales del lavado del café, se obtienen eficiencias de remoción de contaminación acordes con lo exigido en la Legislación Colombiana, independientemente si se emplean todos los reactores construidos en polietileno (RHA/RM: 6 m³/4 m³), o construidos en plastilona y fibra de vidrio (RHA/RM: 8 m³/2 m³), o construidos en plastilona y polietileno (RHA/RM: 8 m³/2 m³).

ESCALAMIENTO DE UN SMTA

Donde:

Esta publicación corresponde a un diseño modular escalable de SMTA, para una finca con producción anual de 1.500 arrobas (18.750 kg) de café

pergamino seco y semana pico del 8,3% de la cosecha anual. Para otras producciones anuales y períodos de cosecha, es necesario ajustar correctamente en cada una de las fases los volúmenes del RHA y el RM. Como guía se puede tener en cuenta lo siguiente:

a. Para fincas con producciones mayores a 1.500 @cps/año. El volumen total de la fase Hidrolítica/acidogénica VRHA (m³) se puede calcular mediante la expresión:

$$VRHA = 0,000405 \cdot Sp \cdot Pa$$

Se debe tener en cuenta que aproximadamente las dos terceras partes de esta capacidad se destinan a la bioquímica de la Hidrólisis/acidogénesis de las aguas mieles, y la tercera parte restante al almacenamiento del agua residual producida en el día pico, obtenida con un consumo entre 4 y 5 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco. Para el caso de estudio, el tubo del interior de los RHA, cuya altura es de 52 cm, es el que permite tener esas proporciones de capacidades bioquímicas y

de almacenamiento en todos los RHA (Figuras 1 y 5). A su vez la fase metanogénica requerirá como mínimo un volumen de reactores VRM (m³) calculado de acuerdo con la expresión:

$$VRM (m^3) = 0,000296 \cdot Sp \cdot Pa$$

En la Tabla 1 se muestran los volúmenes de los tanques que se deben usar para el montaje de un SMTA en fincas con producciones menores a 1.500 @cps/año. Está referida a un intervalo máximo de café cereza beneficiado por día.

MINERALIZACIÓN DE LAS MIELES DEL CAFÉ

Durante la biodigestión anaerobia se presenta una mineralización del nitrógeno y fósforo orgánico, elementos que en esta forma son asimilados directamente por las plantas, y que hacen posible la utilización de los lodos anaerobios como fertilizantes. En investigaciones realizadas en Cenicafé se ha encontrado en los efluentes del SMTA, una relación N/DQO y PO₄/DQO de 0,18 y 0,013, respectivamente, y se observó un excelente desarrollo en plantas cuando el efluente de los SMTA fue utilizado como única fuente de nutrición vegetal, en especies tales como el jacinto acuático o buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), el repollito de agua (*Pistia stratiotes*), la enea (*Typha angustifolia*), la salvinia (*Salvinia auriculata*) y la azolla (*Azolla filiculoides*) (7).

Tabla 1. Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio para productores de menos de 1.500 @cps/año

Café beneficiado Día pico (kg cc/día)	Producción equivalente Anual @cps ***	RHA N° de tanques	RM** N° de tanques
* 1.710 - 1.251	1.500 - 1.101*	3 de 2.000 L	2 de 2.000 L
1.250 - 834	1.100 - 751	3 de 2.000 L	3 de 1.000 L
833 - 626	750 - 551	3 de 1.000 L	1 de 2.000 L
625 - 418	550 - 401	3 de 750 L	2 de 750 L
417 - 314	400 - 301	3 de 500 L	1 de 1.000 L
313 - 209	300 - 201	2 de 750 L	1 de 750 L
208 - 105	200 - 101	1 de 1.000 L	1 de 500 L
104 o menos	<100	1 de 500 L	1 de 250 L

* SMTA objeto de estudio (1.500 @cps/año)

** En el mercado se encuentran disponibles tanques negros de polietileno para fabricar los RM de un SMTA, con capacidades de 2.000, 1.000, 750, 500 y 250 litros.

*** Producción calculada a partir de un día pico del 1,9%

INFLUENCIA DE LA DISTRIBUCIÓN DE COSECHA

Para el caso de estudio realizado en Cenicafé, con semana pico de 8,3% de la cosecha anual y producción de 1.500 @cps/año, los volúmenes de RHA y RM se incrementan o disminuyen proporcionalmente al cambio porcentual de la semana pico. Por ejemplo, para una semana pico del 10% los volúmenes de los reactores se incrementan en un 20% y para una semana pico del 6% se disminuye en un 27,7%.

MÍNIMA EMISIÓN DE GASES

Durante el tratamiento de las aguas mieles del café con los SMTA se genera biogás combustible compuesto principalmente por metano (65 -75%). Para el módulo de tratamiento SMTA objeto de estudio, en una finca con una producción anual de 1.500 @ de café pergamino seco, se estima que la cantidad de metano que se genera a partir de las aguas mieles en este módulo, es casi la cantidad (0,9 veces) de metano que se produce anualmente a partir de las excretas de una sola cabeza de ganado vacuno.

EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO

¿Qué capacidades deben tener los componentes de un SMTA, y cuántos tanques de polietileno se necesitan para construirlo, en fincas con producciones anual de 4.800 @ cps (60.000 kg cps) y semana pico o de máxima producción de 9,9% sobre la cosecha total?

$$VRHA (m^3) = 0,000405 \cdot Sp (\%) \cdot Pa (@cps)$$

$$0,000405 \cdot 9,9 \cdot 4.800$$

$$19,2 m^3$$

$$VRM (m^3) = 0,000296 \cdot Sp (\%) \cdot Pa (@cps)$$

$$0,000296 \cdot 9,9 \cdot 4.800$$

$$14,1 m^3$$

R : Se necesitarán 4 tanques de 5.000 litros para el RHA y 7 tanques de 2.000 litros para el RM.

RECUERDE

- Antes de instalar un sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) debe revisar el recorrido del agua, paso a paso, dentro del beneficiadero para evitar un uso irracional o innecesario dentro de las etapas del proceso:
 - Verifique que el despulpado y transporte de la pulpa y del café en baba se realice sin agua.
 - Verifique y ajuste, si es necesario, que el consumo de agua para lavar el café esté en el rango de 4 a 5 litros de agua/kg cps.
- La trampa de pulpas juega un papel muy importante en el buen desempeño hidráulico del SMTA. Verifique permanentemente su perfecto funcionamiento.
- Al construir el SMTA inicie con los reactores metanogénicos, a fin de aprovechar los tanques de los reactores Hidrolíticos-Acidogénicos para preparar los inóculos correspondientes.
- La vida útil de la excavación rellena con tallos de zoca, a donde se conducen los reboses y las purgas de lodos, depende de las propiedades físicas del suelo. Una vez se presente obstrucción total de la misma, cláusele cubiéndola con tierra y reemplacela por otra.
- Los SMTA han sido diseñados para el tratamiento exclusivo de las aguas residuales del lavado o mieles del café. Por ningún motivo permita que ingresen a él aguas provenientes del lavado de máquinas, lavado de tanques, lavado del beneficiadero, entre otras. Canalice estos lavados hacia la excavación construida para la disposición de los reboses y purgas de lodos.
- La economía de tratar aguas residuales del lavado o mieles del café radica, en gran parte, en la operación correcta de estos sistemas.
- Los tanques de polietileno que constituyen los componentes del SMTA deben permanecer tapados correctamente. Taparlos inadecuadamente reduce drásticamente la vida útil de las tapas, creando problemas de deformación de las mismas y de la parte superior de los tanques.
- Para prevenir la proliferación de insectos en el interior de los tanques, se recomienda pegar una banda de espuma de 2 cm de ancho y 1 cm de espesor a lo largo del borde superior del tanque que entra en contacto con la tapa, bloqueando el intercambio gaseoso y la entrada y salida de insectos.
- Para calibrar el caudal en los SMTA puede utilizarse un envase plástico de gaseosa de 600 ml, hasta que en 1 minuto se recolecte un volumen que esté 5 cm por debajo del cuello de la botella.

COSTOS

En la Tabla 2 se presentan los costos a enero de 2006, de cada uno de los componentes del SMTA, operando con reactores Hidrolíticos/acidogénicos y Metanogénicos, permite detalladamente la lista de materiales necesarios para la fibra de vidrio y reactores Hidrolíticos/acidogénicos en costos de inversión de un SMTA, plastilona (10), y con reactores SMTA. Si para el SMTA se para el caso de estudio, una hidrolíticos/acidogénicos y asume una vida útil de 10 años, podemos calcular la anual de 1.500 @cps y semana polietileno. remoción de un kilogramo pico del 8,3%.

Tabla 2. Costos de un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) para aguas residuales del lavado o mieles de café*

	SMTA Convencional Fibra de vidrio - Plastilona IKL (\$ colombianos)	SMTA Polietileno (\$ colombianos)
Reactor Hidrolítico Acidogénico		
Plastilona IKL-500	260.000	
Tubería y accesorios	75.300	321.650
Mano de obra (2 jornales)	40.000	40.000
3 Tanques de polietileno x 2m ³		673.008
Recámara dosificadora		
Materiales de construcción	283.930	140.210
Mano de obra	60.000	60.000
Tanque de polietileno x 250 L		58.113
Reactor Metanogénico		
Tubería y accesorios	102.594	212.450
Botellas plásticas		49.000
Mano de obra	60.000	40.000
Tanque fibra vidrio 2 m ³ +IVA	3039.000	
2 Tanques de polietileno x 2m ³		448.672
Manguera polietileno rectada 1 1/2" X 50 m	70.000	70.000
TOTAL	\$ 4'604.480	\$ 2'113.103

*Costos estimados a enero del 2006

Tabla 3. Materiales de construcción necesarios para el montaje de un SMTA para una finca cafetera con producción anual de 1.500 @cps en la zona de Chinchiná, Caldas.

6	Abrazaderas de correa de 1 1/2"
5	Acoples machos de polietileno de 1 1/2" a 1 1/2"
1	Adaptador hembra PVC presión de 1/2"
1	Adaptador macho PVC presión de 1/2"
17	Adaptadores hembra de PVC presión de 1 1/2"
18	Adaptadores machos de PVC presión de 1 1/2"
1	Adaptadores machos PVC presión de 1"
2	Arandelas de 1/2" en neumático
2	Arandelas de 1/2" en PVC
26	Arandelas de 1 1/2" en neumático
26	Arandelas de 1 1/2" en PVC
2	Arandelas de 1" en neumático
2	Arandelas de 1" en PVC
980	Borellas plásticas no retornables X 2,5 litros
6	Codos PVC presión de 1/2"
21	Codos PVC presión de 1 1/2"
9	Codos PVC presión de 1"
1/8	De limpiador PVC
1/8	De pegante PVC
2	Discos en PVC de 1 1/2" con 38 perforaciones de 7/32"
2	Kilos de cal masilla
800	Litros de estiércol del ganado vacuno
0,2	m ³ de piedra caliza o gravilla de río
2	Metros de malla mosquitera
XXX	Metros de manguera de polietileno de 1 1/2" según el terreno
3	Reducciones PVC presión de 1 1/2" a 1"
3	Rollos de cinta teflón
7	Semicodo PVC presión de 1 1/2"
1	Tanque multiusos Acuaviva Colombit X 250 litros con tapa (H 65cm)

1	Tanque polietileno x 105 litros (opcional a mampostera)
5	Tanques multiusos Acuaviva Colombit de 2.000 litros
2	Tapones copa PVC presión de 1/2"
5	Tapones roscados PVC presión de 1 1/2"
1	Tee PVC presión de 1/2"
5	Tee PVC presión de 1 1/2"
2	Tee PVC presión de 1"
1	Tubo PVC presión de 1/2" de 2 metros de largo
1	Tubo PVC presión de 1" de 2 metros de largo
3	Tubos PVC presión de 1 1/2" de 6 metros de largo
1	Válvula de bola de 1" PVC
1	Válvula flotador de 1" construido en PVC
1	Válvula de bola de 1 1/2" PVC
3	metros de manguera de polietileno de 1/2"

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Colombit A los auxiliares Gloria Piedad S.A. de Manizales por la Alzate Palacio y Nelson Cardona Patiño de la cooperativa Cootraserva de polietileno, que se adaptaron como reactores anaeróbicos Chinchiná, por su colaboración para llevar a cabo este estudio.

LITERATURA CITADA

1. ÁLVAREZ G., J. Desulpado de café sin agua. Avances Técnicos Cenicalfé N° 164: 1-6. 1991.
2. DÁVILA A., M. T.; RAMÍREZ G., C. A. Lombricultura en pulpa de café. Avances Técnicos Cenicalfé N° 225: 1-11. 1996.
3. OROZCO R., P. A. Araque y puesta en marcha de un reactor metanogénico tipo UAF para el tratamiento de las aguas residuales del lavado de café. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. (Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Química). Cenicalfé. Disciplina de Química Industrial. 2003. 93 p.
4. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto Número 3440. Bogotá (Colombia). 2004. 4 p.
5. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto Número 901. Santafé de Bogotá (Colombia). 1997. 14 p.
6. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Salud. Decreto Número 1594. Santafé de Bogotá (Colombia). 1984. 48 p.
7. RODRÍGUEZ V., N. Tratamiento de residuos líquidos y sólidos de los procesos del café. Diseño y evaluación de un sistema de depuración de las aguas residuales del beneficio del café, con base en post-tratamientos con plantas acrílicas de aguas tratadas anaerobianamente. In: Resumen del Informe anual de Actividades. Cenicalfé 2004-2005, p. 157-158. Chinchiná (Colombia). 2005. 183 p.
8. URIBE, A.; LAVERDE, B. Distribución anual de la cosecha de café. Avances Técnicos Cenicalfé N° 16: 1-4. 1972.
9. ZAMBRANO F., D. A. Tratamiento de aguas residuales. Utilización de botellas no retornables en los reactores metanogénicos de los sistemas modulares de tratamiento anaerobio. SMTA. In: Resumen del Informe anual de Actividades. Cenicalfé 2002-2003, p. 118-119. Chinchiná (Colombia). 2003. 173 p.
10. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J. D.; RODRÍGUEZ V., N.; LÓPEZ P., U. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Boletín Técnico Cenicalfé No. 20: 1-26. 1999.
11. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J. D. Demanda química de Oxígeno y Nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicalfé 49(4): 279-289. 1998.
12. ZAMBRANO F., D. A.; ISAZA H., J. D. Lavado del café en los tanques de fermentación. Revista Cenicalfé (Colombia) 45(3): 106-118. 1994.
13. ZAMBRANO F., D. A.; ZULUAGA V., J. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo del café. Cenicalfé 44(2): 45-55. 1993.
14. ZAMBRANO F., D. A. Fermente y lave su café en el tanque tina. Avances Técnicos Cenicalfé No 197: 1-8. 1993.



AVISO DE NOTIFICACION
CORREO CERTIFICADO**Industria y Comercio**
SUPERINTENDENCIA

83

Radicación :	8-29088- -5-0 Fecha: 2009-04-28 09:44:41
Trámite :	2 PATENTES
Evento :	1 REGDEPOSITO
Actuación :	432 COMUNICACTOADM
Destinatario :	CARLOS REINALDO OLARTE GARCIA Folios 1

Señor (a) (es)
CARLOS REINALDO OLARTE GARCIA
CALLE 100 NO. 8A-37 TORRE A P.10, WORLD TRADE CENTER
BOGOTA D.C.

Referencia RESOLUCION : 19246
Fecha : 27/04/2009
Expediente : 8-29088
Trámite : 2 PATENTES DE INVENCION
Evento : 1 REGISTRO/DEPOSITO/CONCESION/DEPOSITO
Actuación : 432 COMUNICACION ACTO ADMINISTRATIVO

Comendidamente le solicito presentarse a este Despacho ubicado en la Carrera 13 No. 27 - 00 Piso Quinto (5), de la ciudad de Bogotá D.C., dentro del término de cinco (5) días hábiles contados a partir del envío de la presente citación, en horario de 8:00 a.m. a 4:30 p.m. jornada continua, con el fin de notificarle personalmente el contenido de la resolución de la referencia proferida dentro del expediente tramitado con el número de radicación citado en el asunto.

De no hacerse presente en el término indicado anteriormente, la providencia en mención se notificará por edicto, el cual se fijará por el término de diez (10) días en el Centro de Documentación e Información.

Para su comodidad el texto completo de la resolución se encontrará disponible en la página web de la Entidad desde el día hábil siguiente al de su notificación, la cual podrá ser consultada desde un computador con acceso a Internet, en la página www.sic.gov.co, con el número de resolución a través de la opción servicios en línea bases de datos - otros servicios - consulta actos administrativos.

En caso de que se haya notificado, haga caso omiso de este aviso.

Secretaría General
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Al contestar favor indique el número de radicación consignado en el sticker

Sede Centro: Carrera 13 No. 27-00 pisos 2, 5, 7 y 10 PBX: 5870000
Sede CAN: Av. Carrera 50 No. 26- 55 int. 2 Tel 5880070
Call Center 5232695. Línea 01800-910165
Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co
Bogotá D.C. Colombia



AVISO DE NOTIFICACION
CORREO CERTIFICADO

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Radicación : 8-29088- -6-0 Fecha: 2009-04-28 09:44:41
Trámite : 2 PATENTES
Evento : 1 REGDEPOSITO
Actuación : 432 COMUNICACTOADM
Destinatario : LUISA CAROLINA SABAS E. Folios 1

Señor (a) (es)
LUISA CAROLINA SABAS E.
CALLE 55 No 46-14 OF 1108
MEDELLIN ANTIOQUIA

Referencia RESOLUCION : 19246
Fecha : 27/04/2009
Expediente : 8-29088
Trámite : 2 PATENTES DE INVENCION
Evento : 1 REGISTRO/DEPOSITO/CONCESION/DEPOSITO
Actuación : 432 COMUNICACION ACTO ADMINISTRATIVO

Comendidamente le solicito presentarse a este Despacho ubicado en la Carrera 13 No. 27 - 00 Piso Quinto (5), de la ciudad de Bogotá D.C., dentro del término de cinco (5) días hábiles contados a partir del envío de la presente citación, en horario de 8:00 a.m. a 4:30 p.m. jornada continua, con el fin de notificarle personalmente el contenido de la resolución de la referencia proferida dentro del expediente tramitado con el número de radicación citado en el asunto.

De no hacerse presente en el término indicado anteriormente, la providencia en mención se notificará por edicto, el cual se fijará por el término de diez (10) días en el Centro de Documentación e Información.

Para su comodidad el texto completo de la resolución se encontrará disponible en la página web de la Entidad desde el día hábil siguiente al de su notificación, la cual podrá ser consultada desde un computador con acceso a Internet, en la página www.sic.gov.co, con el número de resolución a través de la opción servicios en línea bases de datos - otros servicios - consulta actos administrativos.

En caso de que se haya notificado, haga caso omiso de este aviso.

Secretaría General

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Al contestar favor indique el número de radicación consignado en el sticker

Sede Centro: Carrera 13 No. 27-00 pisos 2, 5, 7 y 10 PBX: 5870000
Sede CAN: Av. Carrera 50 No. 26- 55 int. 2 Tel 5880070
Call Center 5232695. Línea 01800-910165
Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

REPUBLICA DE COLOMBIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION Nº 1 9 2 4 6

Por la cual se declara abandonada una solicitud

Rad. Nº 08-29088

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las que se confirieron en el artículo 4, numeral 5 del decreto 2153 de 1992, y

CONSIDERANDO:

PRIMERO: Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia con el número 08-029088-00000-0000 del día 25 de marzo del 2008, se presentó la solicitud de patente para la invención denominada "CONCENTRADO DE MUCILAGO DE CAFÉ Y SU METODO DE OBTENCION", contenida en el expediente de la referencia.

SEGUNDO: Que efectuado el examen de forma en cuanto a los requisitos que debe llenar la solicitud y cumplidas las exigencias legales, se publicó el extracto de la solicitud en la Gaceta de la Propiedad Industrial Nº 596 del 30 de septiembre del 2008, habiéndose presentado oposición por parte de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia., representada legalmente por su apoderado, doctor Carlos Reinaldo Olarte García.

TERCERO: Que el artículo 44.de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, establece que: *"Dentro del plazo de seis meses contados desde la publicación de la solicitud, independientemente que se hubieren presentado oposiciones, el solicitante deberá pedir que se examine si la invención es patentable. Los Países Miembros podrán cobrar una tasa para la realización de este examen. Si transcurriera dicho plazo sin que el solicitante hubiera pedido que se realice el examen, la solicitud caerá en abandono".*

CUARTO: Que contados seis meses desde la publicación en la Gaceta de la Propiedad Industrial, no se presentó petición de parte del interesado para efectuar el examen de fondo, razón por la cual se considera abandonada la solicitud en los términos del mencionado artículo 44.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO: Declarar abandonada la solicitud de privilegio de patente de invención contenida en el expediente de la referencia.

REPUBLICA DE COLOMBIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RESOLUCION Nº 1 9 2 4 6

Por la cual se declara abandonada una solicitud

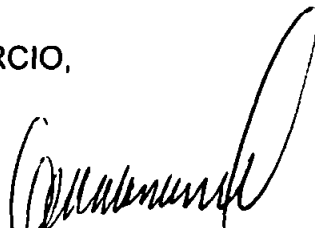
Rad. N° 08-29088

ARTICULO SEGUNDO: Notificar personalmente el contenido de la presente resolución a la doctora Luisa Carolina Sabas Echavarría, en su calidad de apoderada de los señores Juan Carlos Jaramillo Gómez y Andrés Ramírez Vélez, y al doctor Carlos Reinaldo Olarte García, apoderado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia., sociedad opositora, o a quienes hagan sus veces, entregándoles copia de la misma, advirtiéndoles que contra ella procede el recurso de reposición interpuesto ante el Superintendente de Industria y Comercio, al momento de la notificación o dentro de los 5 días hábiles siguientes a ella.

NOTIFÍQUESE Y CUMPLASE
Dada en Bogotá, D.C., a los

27 ABR. 2009

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO,


GUSTAVO VALBUENA QUIÑONES

Doctora
LUISA CAROLINA SABAS ECHAVARRIA
Calle 55 N° 56 – 14, Of. 1108.
Medellín, Antioquia.

Doctor
CARLOS REINALDO OLARTE GARCIA
Calle 100 N° 8 A – 37, Piso 10.
World Trade Center – Torre A.
Bogotá D.C.


202021

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
EL SECRETARIO GENERAL

Certifica que la Resolución 19248 de fecha 27/04/2009
fue notificado mediante listado número 78
fijado el 07/05/2009 y desfilado el 20/05/2009