

EL FILTRO ANAEROBICO CON GUADUA: UNA ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS MIELES

Por: **Patricia Osorio A.**
Ingeniera Sanitaria, M.A.I.
CVC, Cali - Colombia

INTRODUCCION

Colombia es el primer productor de café suave a nivel mundial. Para lograr esta alta calidad, el procesamiento del café se realiza en húmedo, requiriéndose grandes volúmenes de agua de buena calidad, generándose altas cargas contaminantes, que están afectando los usos de las corrientes receptoras, especialmente para abastecimiento de la población.

En el beneficio húmedo del café se producen dos clases de desechos: líquidos, provenientes del despulpado, transporte, fermentación y lavado; y sólidos, formados por la pulpa. El café crece en un clima con temperaturas entre 17.5 y 24°C, que corresponde a una altura entre los 1.200 y los 1.800 mts. sobre el nivel del mar y requiere un régimen de lluvias de 1.800 a 2.000 mm debidamente distribuidos durante el año. Se concentra principalmente el cultivo en las cordilleras Central y Occidental del país.

En el año se presentan dos cosechas, la principal y la otra denominada travesa o de mitaca, que varía según la zona, yendo de marzo a mayo y de octubre a diciembre.

Entre los principales departamentos productores de café está el Valle del Cauca, con aproximadamente un 10% de la producción nacional, siendo del orden de 1.400.000 sacos de 60 kilos de café pergamino seco.

CVC es el símbolo que identifica a la Corporación Autónoma Regional del Cauca, un establecimiento público de carácter nacional que tiene entre sus funciones lograr el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales renovables de su zona de jurisdicción que comprende la cuenca hidrográfica del Alto Río Cauca, en donde el control de la contaminación hídrica forma parte de los programas de ordenamiento de dicha cuenca.

Actualmente las aguas residuales producidas en los beneficiaderos de cafésituados en el área de influencia de la CVC, generan hasta 150 Ton DBO5/día en época de cosecha, llegando a ser la mayor carga contaminante si se compara con las demás actividades industriales, agropecuarias y las municipalidades de la zona.

Es por ello que existe una necesidad creciente por encontrar sistemas de tratamiento económicos, de fácil operación y eficientes. Además, si se tiene en cuenta que en el país, de las aproximadamente 350.000 fincas cafeteras, más del 70% tienen un área promedio de sólo 6.45 has., contando con escasos recursos económicos y carencia de personal técnico para adelantar la construcción y mantenimiento de sistemas costosos y sofisticados.

La CVC ha realizado esfuerzos para desarrollar sistemas que permitan tratar las aguas residuales del procesamiento del café de cereza a pergamino. Desde el año 1984 ha venido trabajando con sistemas anaeróbicos de alta tasa, inicialmente con el reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos, UASB, y posteriormente con el filtro anaeróbico de flujo ascendente usando como medio de soporte guadua, a partir del año 1990.

Durante casi un año, se realizó un estudio de tratabilidad en el Laboratorio de Aguas de la CVC, usando un filtro anaeróbico de flujo ascendente con medio de soporte guadua para el tratamiento de las aguas mieles que se producen en el beneficio del café. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos que permitían concluir la viabilidad de su utilización dadas las remociones obtenidas en términos de materia orgánica, su bajo costo y fácil operación, además de producir energía en forma de metano, se procedió a construir un sistema a nivel real en un beneficiadero manejado por personas sin educación avanzada, en una zona alejada, con recursos



Sistema de Tratamiento predio El Ciprés: Tanque de homogenización - cámara con piedra caliza - filtro anaeróbico con guadua.

económicos escasos, situación típica del pequeño productor de café.

Se escogió la finca El Ciprés, de propiedad del señor Tiberio Giraldo, situada en el municipio de El Dovio, departamento del Valle del Cauca, contándose con el apoyo del Fondo de Desarrollo Rural Integrado DRI - Valle del Cauca.

En este documento se pretende dar a conocer los resultados obtenidos en el seguimiento hecho, durante la puesta en marcha y operación del filtro anaeróbico con guadua, durante un período de 18 meses.

CARACTERISTICAS DEL DESECHO

La composición de las aguas residuales del beneficio del café depende considerablemente de la cantidad de café procesado, de la madurez del fruto, disponibilidad de agua y de quien realiza el beneficio.

Las características más importantes del desecho aparecen en la **Tabla No. 1**.

Tabla No. 1

DQO	2.164.7 - 28.178.2 mg/l
SST	219.0 - 1.010.0 mg/l
SSV	169.9 - 875.0 mg/l
NKJ	14.0 - 28.0 mg/l
P	0.77 - 15.0 mg/l
T	18 - 22°C
pH	4.0 - 4.5 unidades

PRINCIPIOS DE DISEÑO

De acuerdo con los resultados del estudio de tratabilidad se usaron los siguientes parámetros de diseño para el filtro anaeróbico con guadua como material de sostén (FAG) y el tanque de homogenización.

Filtro Anaeróbico (FAG):

Carga DQO	5 kg/m ³ -día
T.R.H.	1.4 días
Concentración DQO	10 g/m ³
Producción aguas residuales	25 l/kg cps

Tanque de Homogenización:

T.R.H.	1 día (Qmáx)
Producción máxima diaria	70 kg cps/día

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El sistema de tratamiento está conformado por un tanque de homogenización-sedimentación-acidificación, una cámara con piedra caliza y un filtro anaeróbico con guadua. Funciona totalmente por gravedad, no hay recirculación ni mezcla mecánica.

En el tanque de homogenización se lleva a cabo la neutralización del agua residual, pues su pH es ácido, para permitir la realización en el filtro de la digestión anaeróbica en forma completa, ya que las bacterias metanogénicas se inhiben a pH inferior a 6.5 unidades; se usa cal como alcalinizante. Además este tanque

permite la llegada al filtro de un residuo con características constantes de pH, caudal, concentraciones de DQO, DBO, SS durante todo el día. El caudal es controlado con un flotador de cabeza constante y una válvula.

La cámara con piedra caliza se introdujo para investigar su capacidad de neutralización y su vida útil tiene 0.075 m³ y el tiempo de contacto es de 54 minutos para el caudal máximo.

El filtro anaeróbico con guadua (FAG) tiene forma cilíndrica, se construyó con ladrillo a junta perdida, tiene un volumen de 4.58 m³, su profundidad útil es de 1.80 m y su diámetro 1.80 m. En la



Detalle filtro anaeróbico: Caja de distribución - paredes con ladrillo a junta perdida.

parte superior hay una cámara de distribución con 3 entradas en tubería PVC 2" que van hasta 0.15 m del fondo, con un ángulo de inclinación de 22 1/2°, ubicadas cada m² del fondo. El efluente es recogido en la parte superior a través de una tubería PVC 4" perforada; se colocaron baffles laterales. Para recoger el biogas, se instaló una cúpula en plastilona 500 de color negro embebida en un canal perimetral con un sello de agua. Se colocó una trampa de agua como válvula de seguridad, para controlar la presión del gas; éste escapa en forma de burbujas. El biogas es conducido a la cocina de la vivienda donde es usado para la cocción de alimentos.

Se emplearon 13 guaduas de 10 m. de longitud, divididas en trozos de 0.3 a 0.5 m., que ocupan un 30% del volumen total; están colocadas en forma desordenada en el fondo del filtro.

INOCULACION Y ARRANQUE

El proceso de tratamiento anaeróbico de aguas residuales requiere de un período de arranque antes de llegar a su capacidad de diseño. Se inicia éste al introducir el inóculo hasta lograr condiciones estables de degradación de la materia orgánica y de crecimiento bacteriano; se busca una biomasa activa adaptada al sustrato y que tenga buena sedimentabilidad.

El arranque del sistema se inició el mes de octubre de 1991,

usándose como inóculo estiércol vacuno digerido en un biodigestor tipo balón existente en el predio.

Se agregaron aproximadamente 900 l de dicho estiércol, con una actividad metanogénica de 0.02 kg DQO/kg SSV-día y un contenido de SSV de 10 kg/m³.

El arranque fue lento por la baja actividad inicial del inóculo y por el arrastre alto de material flotante, además de la baja concentración de las aguas residuales usadas inicialmente. Al principio solamente llegaron las aguas residuales de la cocina, previo paso por una trampa de grasas y del lavado de la porqueriza, con recolección en seco del estiércol, donde se tienen máximo 10 lechones, siendo el volumen de aguas residuales de 500 l; solamente en noviembre empezaron a entrar las aguas mieles hasta diciembre de 1991, volviendo a producirse en marzo de 1992.

Se inició el arranque con una carga de 0.087 kg DQO/m³-día y un tiempo de retención de 9.16 días. La carga se incrementó escalonadamente, usando el lavado de lodo y la producción de gas como guías, dada la dificultad en la toma de muestras por las distancias hasta el laboratorio de la CVC en Cali. El arranque duró aproximadamente 4 meses.

OPERACION DEL PROCESO

Los parámetros de control más importante usados en la fase de operación del proceso son el control del flujo y del pH, así como la medición del gas producido.

Control de flujo

Para lograr una distribución uniforme del agua residual, se colocó un dosificador flotante de cabeza constante que permite que la alimentación del filtro anaeróbico sea continua e igual durante todo el día. No se han presentado problemas de taponamiento pues existe una rejilla que evita que la pulpa llegue al sistema.

Control de pH

Su control es un aspecto muy importante, ya que la acidificación de las aguas residuales es rápida, pues ha sufrido durante la fermentación en el proceso productivo, su hidrólisis. Se ha usado como alcalinizante super cal, la misma que emplea el propietario en sus labores agrícolas, la cual permite subir el pH hasta 7.0 unidades. Se requieren de 8 a 10 g/kg cps.

El sedimento y material flotante que se producen en el tanque de homogenización son llevados con la pulpa y usados en lombricultura.

No se han presentado problemas de obstrucciones en las tuberías de alimentación del filtro anaeróbico.

Se utiliza un alcalinizante económico y de fácil adquisición en las zonas cafeteras como es la cal.

Biogas

Se instaló un medidor de gas húmedo, pero el propietario no tenía la disciplina de anotar diariamente la lectura correspondiente. Se ha calculado su producción por el número de horas que funcionó el quemador de la cocina, variando de 6 a 12 horas, en época de cosecha. Cuando no se realiza el beneficio del café se produce durante 2 a 3 horas en el día. La producción de biogas promedio es de 220 a 260 l/kg DQO removida.

CONDICIONES DURANTE LA OPERACION

Después del período de arranque se obtuvieron las siguientes condiciones:

Carga DQO (kg/m ³ -día)	3.50 a 12.30
T.R.H. (días)	2.89 a 2.0
Temperatura (°C)	18 a 23
Producción de agua residual	20 l/kg cps

TUBERIAS Eternit® CONDUCEN AL PROGRESO

La calidad Eternit presente en tuberías para acueducto, alcantarillado y ductos para canalizaciones eléctricas y telefónicas.

Porque son importantes el desarrollo y progreso de Colombia, porque es vital la solución de las necesidades en los municipios, Eternit está presente en el sector de la construcción con productos de reconocida calidad: Tuberías Eternit. Esta calidad que es tradicional en todos sus productos y que se basa en más de 40 años de experiencia ha sido implementada en tuberías para acueducto, alcantarillado y ductos para canalizaciones eléctricas y telefónicas que han contribuido al progreso, por su economía, facilidad de instalación y durabilidad. Con tuberías Eternit se han realizado grandes obras en el país. Más de 30 millones de metros instalados comprueban su alta eficiencia y funcionalidad.

Importante

Eternit ofrece asesoría técnica a sus proyectos, sin ningún costo y en forma permanente, durante la planeación, el desarrollo y la instalación de la obra. Esta asesoría continúa durante todo su futuro funcionamiento.



TUBERIAS
Eternit®
CONDUCEN AL PROGRESO

RES

Al m.
fue c
aplic
días.

Al ic
3.50
rem
Desj
el filt
carg
2 di

Tab

No.

0-1
1-1
4-1

La
tier
mer

Tal

No.
me

0-
1-
4-

RESULTADOS

Al mes de iniciado el arranque del sistema, la remoción alcanzada fue del 37.91% en DQO y del 76.6% en SST, siendo la carga aplicada de 0.75 kg DQO/m³-día y el tiempo de retención de 2.89 días.

Al lograrse la estabilización del sistema, se logró una carga de 3.50 kg DQO/m³-día y un tiempo de retención de 2.89 días; las remociones logradas son del 86.9% en DQO y del 75.5% en SST. Después de 18 meses de estar funcionando en forma continua el filtro anaeróbico, se logró una remoción del 98.84% con una carga DQO de 12.3 kg DQO/m³-día y un tiempo de retención de 2 días.

Tabla No. 2

No. meses	Caudal m ³ /día	pH		Concentración (mg/l)					
		af.	ef.	SST af.	SST ef.	SSV af.	SSV ef.	DOQ af.	DOQ ef.
0-1	1.58	6.5	6.7	219	51.3	169.9	34.5	216.7	1.344
1-4	1.58	5.2	7.1	1.010	247.5	875	170	10.185	1.332
4-18	2.20	4.6	6.8	-	-	-	-	28.173	326

La Tabla No. 3 resume las cargas orgánicas aplicadas, los tiempos de retención y la temperatura durante el período experimental, así como las remociones logradas.

Tabla No. 3

No. meses	Carga orgánica kg DQO/m ³ -día	T.R.H. días	T 7C	% Remoción	
				SST	DOQ
0-1	0.087 - 0.75	9.1 - 2.89	18 - 20	76.6	37.91
1-4	0.75 - 3.50	2.89	22	75.7	86.90
4-18	3.50 - 12.30	2.89 - 2.00	22	-	98.84

COSTOS

Los costos de los materiales del sistema de tratamiento fueron financiados por el DRI y de la mano de obra fueron aportados por el propietario del predio, Sr. Tiberio Giraldo.

El costo del sistema por kg DQO aplicada es de US\$6.88.

En cuanto al costo de operación del sistema es de US\$0.12/kg cal; se consumen máximo 3 kg/día, requiriéndose de máximo media hora para realizar la neutralización del agua residual e iniciar la alimentación del filtro (FAG).

Al producirse en promedio 4 m³ de biogas/día, que equivalen a 24 kw/día, siendo su valor de US\$0.045/kw, hay una recuperación de los costos de operación del sistema.

En la Tabla No. 4 se resumen los principales costos de inversión y operación del sistema.

Tabla No. 4

ITEM VALOR

Materiales	US\$357
Mano de obra	70
Operación	0.36
Recuperación (biogas)	1.05

CONCLUSION

Los resultados de la investigación demuestran a escala real que el filtro anaeróbico de flujo ascendente con medio de soporte guadua, FAG, es una solución sencilla, eficiente y económica para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, ratificando lo obtenido en el estudio de tratabilidad realizado.

También ha permitido este estudio comprobar su utilidad para el

LOCALIZACION GENERAL

TANQUE DE HOMOGENIZACION
ESC. 1:20

FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO
ASCENDENTE
ESC. 1:20



