

**EVALUACION PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ DE LA VEREDA VILLA
COLOMBIA. LA PLATA - HUILA**

**MARIA ALEJANDRA CORTES LASSO
ASTRID TATIANA RIOS OROZCO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2009**

**EVALUACION PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ DE LA VEREDA VILLA
COLOMBIA. LA PLATA - HUILA**

**MARIA ALEJANDRA CORTES LASSO
ASTRID TATIANA RIOS OROZCO**

Proyecto de Grado Presentado como requisito Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrícola

Director, **Ing. EDUARDO VALENCIA GRANADA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2009**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Neiva, Mayo 2009

DEDICATORIA

María Alejandra Cortés Lasso.

Dedico este trabajo de grado a mi padre y a mi madre que gracias a su gran esfuerzo, motivación y todo el amor que me brindaron permanentemente en la lucha, persistencia alcance mis metas y mis sueños. A mi hermano y mis amigos que con su ayuda y consejos, hoy soy una persona más segura de mis capacidades y habilidades.

Astrid Tatiana Ríos Orzoco.

Dedicado este trabajo especial de grado, ante todo a Dios y a las personas que ya no están a mi lado a mi hermana Any y mi Juanma (Q.E.P.D) que me acompañaron en el camino de la vida y quienes me ayudaron en mi formación profesional para llegar a ser la persona que soy hoy. A mis padres y hermanos por su amor, cariño y apoyo incondicional, por la ética que me infundieron en el transcurrir de mi vida. A mi tío Emilio quien creyó en mí y de quien aprendí a fructificar las oportunidades de la vida. Y a ti Edgar por tu paciencia y comprensión por que dejaste una huella en mí para ser la mujer que soy hoy.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A nuestro director de tesis Ing. Eduardo Valencia por su asesoría, entusiasmo y estímulo para seguir creciendo intelectualmente.

A la Universidad Surcolombiana a la facultad de Ingeniería por su fundamental aporte económico y quienes creyeron en nosotras para la realización de este proyecto,

A la Federación Nacional de Cafeteros, Comité de Cafeteros Seccional La Plata-Huila por la valiosa información suministrada y actividades de campo que se desarrollaron en la vereda Villa Colombia.

Y demás personas que de una u otra forma colaboraron en el proceso de formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	16
1. MARCO TEORICO	17
1.1 GENERALIDADES	17
1.2 BENEFICIO TRADICIONAL	18
1.3 BENEFICIO ECOLOGICO	18
1.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO MODULAR ANAEROBIO (STMA)	19
1.4.1 Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos RHA	19
1.4.2 Recamara de Dosificación RD	19
1.4.3 Reactores Metanogénicos RM	20
1.4.3.1 Inoculación	20
1.4.3.2 Aclimatación y Arranque del sistema	21
1.4.3.3 Resultados	21
1.5 SISTEMA TRAMIENTO POR DESNATADOR Y FILTRO	21
1.5.1 Descripción del sistema	21
1.5.2 Resultados	21
1.6 OTROS SISTEMAS	22
1.6.1 Sistemas Aerobios	22
1.6.2 Sistema por Digestión Anaerobia	22

2. METODOLOGIA	24
2.1 LOCALIZACION	24
2.2 METODOS	25
2.2.1 Recolección Información básica	25
2.2.2 Identificación de los sistemas	25
2.2.3 Muestra	25
2.2.4 Visitas a los sistemas seleccionados	26
2.2.5 Muestreo	26
2.2.6 Análisis de la Información	27
2.2.7 Ensayo de Sedimentación	28
3. RESULTADOS Y DISCUSION	30
3.1 INFORMACION BASICA	30
3.2 Muestra	31
3.3 Descripción de los sistemas	31
3.3.1 Esquemas generales	31
3.3.2 Diagramas de niveles de tratamiento de los sistemas	32
3.3.3 Diagramas de procesos	33
3.3.4 Diagramas de subproductos	34
3.3.5 Diagramas de Flujo de las Aguas en los sistemas	35
3.3.6 Caracterización de las Aguas Residuales	36
3.3.7 Cargas Contaminantes	37
3.3.8 Remociones teóricas de los sistemas	38

3.3.9 Eficiencia teóricas de los dos sistemas	38
3.3.10 Eficiencias reales de los dos sistemas	39
3.4 CONSTRUCCION, OPERCION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS	40
3.4.1 Construcción, Operación y Mantenimiento del STMA	40
3.4.2 Construcción, Operación y Mantenimiento del sistema Desnatador y Filtro	41
3.5 Ensayo de Sedimentación	42
3.6 DISCUSION	43
3.6.1 De los sistemas	43
3.6. Ensayo de Sedimentación	47
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	61

LISTA DE ABREVIATURAS

Af	= Afluente
Ef	= Efluente
P1	= Punto de muestreo del afluente
P2	= Punto de muestreo del efluente
Q	= Caudal
T	= Temperatura del Agua residual
V	= Volumen
Cc	= Carga contaminante
C	= Concentración de la sustancia contaminante
t	= Tiempo de vertimiento del usuario
h	= Columna de agua
L	= Litros
TRH	= Tiempo de Retención Hidráulica
STAR	= Sistema de tratamiento de aguas residuales
STMA	= Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio
RHA	= Reactor Hidrolítico – Acidogénico
RD	= Recamara de Dosificación
RM	= Reactor Metanogénico
DBO	= Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	= Demanda Química de Oxígeno

SS = Sólidos Suspendidos

G y A = Grasas y Aceites

mg = Miligramos

Kg = Kilogramos

ha = Hectáreas

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Caracterización de las Aguas Residuales del Café	17
Tabla 2. Métodos de Laboratorio para análisis de las muestras	27
Tabla 3. Información Básica de la vereda Villa Colombia	30
Tabla 4. Características de las fincas muestra	31
Tabla 5. Caracterización de las Aguas Residuales del sistema STMA	36
Tabla 6. Caracterización de las Aguas Residuales del sistema Desnatador y Filtro	37
Tabla 7. Cargas Contaminantes del sistema STMA	37
Tabla 8. Cargas Contaminantes del sistema Desnatador y Filtro	37
Tabla 9. Remociones teóricas del sistema STMA	38
Tabla 10. Remociones teóricas del sistema Desnatador y Filtro	38
Tabla 11. Eficiencias teóricas de remociones del sistema STMA	39
Tabla 12. Eficiencias teóricas de remociones del sistema Desnatador y Filtro	39
Tabla 13. Eficiencias reales del sistema STMA	39
Tabla 14. Eficiencias reales del sistema Denatador y Filtro	40
Tabla 15. Construcción, Operación y Mantenimiento del sistema STMA	40
Tabla 16. Construcción, Operación y Mantenimiento del sistema Desnatador y Filtro	41
Tabla 17. Ensayo de sedimentación Primera Prueba	42
Tabla 18. Ensayo de sedimentación Segunda Prueba	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del proyecto	24
Figura 2. Puntos de muestreo para el sistema STMA	26
Figura 3. Puntos de muestreo para el sistema Desnatador y Filtro	26
Figura 4. Muestras para ensayo de sedimentación	29
Figura 5. Medición de la columna de agua en el proceso de sedimentación	29
Figura 6. Esquema General del Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)	31
Figura 7. Esquema General del sistema Desnatador y Filtro	32
Figura 8. Niveles de tratamiento del Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)	32
Figura 9. Niveles de tratamiento del sistema Desnatador y Filtro	33
Figura 10. Procesos del Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)	33
Figura 11. Procesos del sistema Desnatador y Filtro	34
Figura 12. Disposición de subproductos del sistema STMA	34
Figura 13. Disposición de subproductos del sistema Desnatador y Filtro	35
Figura 14. Flujo de las Aguas residuales en el sistema STMA	35
Figura 15. Flujo de las Aguas residuales en el sistema Desnatador y Filtro	36
Figura 16. Fincas de Villa Colombia con y sin STAR para beneficio del café.	44
Figura 17. Fincas con sistema STMA y Desnatador y Filtro	44
Figura 18. Remociones Teóricas vs. Reales del sistema STMA	45
Figura 19. Remociones Teóricas vs. Reales del sistema Desnatador y Filtro	45

Figura 20. Remociones Teóricas de los sistemas STMA vs. Desnatador y Filtro	45
Figura 21. Remociones Reales de los sistemas STMA vs. Desnatador y Filtro	46
Figura 22. Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA 360) Finca: Bella vista	62
Figura 23. Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA 180) Finca: Villa Linda	62
Figura 24. Reactor Hidrolítico – Acidogénico RHA (STMA 180) Finca: Villa Linda	62
Figura 25. Recamara de Dosificación RD (STMA 180). Finca: Villa Linda	62
Figura 26. Reactor Metanogénico RM (STMA 180). Finca: Villa Linda	63
Figura 27. Desnatador y Filtro. Finca: La Fortuna	63
Figura 28. Desnatador. Finca: La Fortuna	63
Figura 29. Filtro. Finca: La Fortuna	63

LISTA DE PLANOS

SISTEMA ANAEROBICO (STMA)

1/ 4. PLANO GENERAL. PLANTA

2/ 4. PLANO GENERAL. CORTE

3/ 4. PLANO DETALLE. PLANTA

4/ 4. PLANO DETALLE. CORTE

SISTEMA DESNATADOR Y FILTRO

1/ 4. PLANO GENERAL. PLANTA

2/ 4. PLANO GENERAL. CORTE

3/ 4. PLANO DETALLE. PLANTA

4/ 4. PLANO DETALLE. CORTE

RESUMEN

Para una evaluación preliminar de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café en la vereda Villa Colombia municipio de la Plata, se seleccionaron dos sistemas: Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA) y Desnatador y Filtro. Se tomó una muestra al afluente y efluente de cada sistema, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana. Las eficiencias teóricas del STMA se consideran altas, 80% en DBO, DQO y S.S y 27% en G y A; y las del Desnatador y Filtro aceptables, DBO = 68%, DQO = 55%, S.S = 76% y G y A = 68%. Las eficiencias reales, superaron las teóricas en ambos sistemas, en el STMA se encontró DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% y G y A = 43%; y para el Desnatador y Filtro DBO = 90%, DQO = 95%, S.S = 97% y G y A = 84%. Ambos sistemas son buenos para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, son relativamente de bajo costo y de fácil operación y mantenimiento. Sin embargo, el sistema Desnatador y Filtro arrojó mayores eficiencias de remoción de contaminantes, es de menor costo y de más fácil operación y el STMA de más fácil mantenimiento.

Palabras claves. Beneficio del café, Aguas residuales, Tratamiento

ABSTRACT

For a preliminary evaluation of the systems of treatment of the residual waters for coffee's benefit in the village of Villa Colombia in the municipality of La Plata, Huila; two systems were selected: Anaerobe Modular Treatment System (STMA) and Sedimentation system and Filter. It was taken a sample from the flowing and effluent that was analyzed in the water laboratory of the Surcolombiana University. The theoretical efficiencies of the STMA were considered high: 80% of DBO, DQO and S.S; and a 27% of G y A; and the ones from the Sedimentation system and Filter were acceptable with a DBO= 68%, DQO= 55%, S.S= 76% and G y A= 68%. The real efficiencies, come over the theoretical ones in both systems: in the STMA it was found DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% and G y A = 43%; and for the Sedimentation system and Filter: DBO= 90%, DQO = 95%, S.S = 97% and G y A= 84%. Both systems showed good results in the treatment of the residual waters for coffee's benefit, they both have a relatively low cost and have an easy manipulation and maintenance. However, the Sedimentation system and Filter system threw better efficiencies in the removal of contaminants, has a lower cost and is easier to operate and is more easy maintenance the STMA.

Key Words. Coffee's benefit, Residual waters, Treatment

INTRODUCCION

En el mundo, ya es reconocido el deterioro de los recursos naturales. Debido a la contaminación, el recurso más afectado son las fuentes superficiales de agua. Colombia y el Departamento del Huila, no son ajenos a esta problemática, las fuentes de agua son sometidas a fuertes descargas de aguas residuales generalmente sin ningún tratamiento, generando problemas de salud pública y deterioro del recurso; lo cual se agrava aun más por el inadecuado manejo de las microcuencas, trayendo como consecuencia la disminución cualitativa del mismo.

En el Departamento del Huila, después de las aguas residuales domesticas, son las aguas residuales de la producción agropecuaria las que mayor impacto causan sobre el ambiente; y de estas las de mayor importancia son las aguas residuales del beneficio del café y de la producción porcícola.

De acuerdo al escalafón nacional, el Departamento del Huila es el cuarto productor de café en Colombia, después de los departamentos de Caldas y Tolima, en cuanto área de siembra se refiere; y el primero en cuanto a calidad, sus cafés especiales son reconocidos y de gran importancia en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores.

Ya sea por exigencia de los consumidores de cafés especiales, o por los de la Autoridad Ambiental la CAM, o por la conciencia de los mismos campesinos; los productores de café han iniciado la construcción de sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio, las cuales tradicionalmente han sido vertidas crudas a las fuentes.

Dos tipos de sistemas para tratar aguas residuales del beneficio del café, se encontraron en la vereda Villa Colombia, uno consistente en un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (STMA), diseñado en Cenicafé. Y el otro, esta conformado por un Desnatador y un Filtro, que el Comité de Cafeteros ha venido implementando desde algún tiempo.

Aunque ambos sistemas han causado un impacto muy positivo sobre las fuentes, no han sido objeto de evaluación. El presente proyecto, presenta los resultados de una evaluación preliminar de la eficiencia de remoción de algunos contaminantes de estos sistemas actualmente construidos y en operación en la vereda Villa Colombia del municipio de la Plata – Huila.

1. MARCO TEORICO

1.1 GENERALIDADES

La caficultura en el departamento del Huila en el año 2007, alcanzó una producción de un millón 985 mil sacos de café de 60 kg. ; 119.100.000 kilos de café pergamino seco, situándose de acuerdo al escalafón nacional, en el cuarto puesto, cerca a los departamentos de Caldas y Tolima, y más de 160 mil sacos de 60 kilos de café especial convirtiéndose en el primer productor nacional de este tipo de grano. De esta actividad viven 350 mil personas, 62 mil 458 cafeteros en 102.700 ha. de café. Los caficultores en su gran mayoría son minifundistas con menos de 1.5 hectáreas. Los ingresos generados por este reglón agropecuario superaron los 540 mil millones de pesos. (Federación Nacional De Cafeteros, 2008)

El café maduro presenta una composición en la cual el grano, que es la parte aprovechable para el proceso, representa el 20% del volumen total de la fruta, de manera tal que, el procesamiento de beneficiado genera un 80% del volumen procesado en desechos. El café es procesado de varias formas, en el tradicional no es usado ningún tipo de tratamientos de aguas o subproductos de cosecha (cáscara). El ecológico si usa un proceso de tratamientos de aguas y subproductos del café. El beneficio tradicional utiliza 10 L de agua por Kg de café pergamino y el beneficio ecológico utiliza 1 L/Kg de café pergamino. (Medina, 2008)

La tabla 1, presenta una caracterización de las aguas residuales del beneficio del café, realizada por el comité de cafeteros en el departamento del Huila.

Tabla 1. Caracterización de las Aguas Residuales del Café

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
pH	Unidades	4.06
DBO ₅	mg/l	9700
DQO	mg/l	19800
S.S	mg/	7000

Fuente: Laboratorio Agualimsu. 2004

1.2 BENEFICIO TRADICIONAL

En el beneficio tradicional, el primer paso es el despulpado, que se realiza con maquinas despulpadoras, (ocasionando defectos en sus partes y picando el café), y comúnmente usando un flujo constante de agua en la tolva, desperdiciándose buena parte de ella. Luego la remoción del mucílago se puede realizar por fermentación natural del mismo, o mecánicamente, por medio de desmucilaginosos mecánicos. Este mucílago una vez descompuesto, se disuelve en agua y se elimina por medio del lavado. En el sistema tradicional los caficultores lo hacen de muchas formas, lavan en costales, en tanques en mal estado, tinas, etc. Usando cantidades de agua muchas veces inapropiadas, por exceso o falta de estas, no tienen tratamiento y fluyen libremente hacia las cuencas cercanas. <http://www.cafedecolombia.com/caficultura/beneficio.html>

La concentración en materia orgánica de las aguas mieles vertidas procedentes del fermento del café depende del volumen de agua utilizado por el beneficio, y en particular si hay recirculación de agua o no. Para el beneficio tradicional estudios realizados muestran que la concentración se ubica entre 7000 y 12000 mg/L de DQO y con un pH de 3.8. (Medina, 2008)

1.3 BENEFICIO ECOLOGICO

El beneficio ecológico esta conformado por una caseta de beneficio, de dos niveles, en donde en el segundo se establece la tolva, el café cae de la tolva hacia la maquina de despulpado en seco BECOLSUB; es un proceso que integra tres máquinas que juntas permiten controlar más del 90% de la contaminación producida. Las tres máquinas que conforman el proceso BECOLSUB son una despulpadora que funciona sin agua, un desmucilaginoso mecánico DESLIM y un tornillo sinfín. Debido a que la pulpa contiene el 72% de la contaminación en el proceso de beneficio se puede manejar como subproductos en fosas de lombricultivo, y después de su fermentación es utilizado como humus. El proceso también comprende el manejo de aguas residuales, el mucílago del café representa el 28% de la contaminación en el proceso de beneficio, y generalmente no recibe ningún tratamiento. Por lo anterior se hace necesaria la implementación de un sistema de tratamiento para remover la contaminación presente en las aguas residuales generadas en el lavado del café y originadas en beneficiaderos húmedos donde se retira el mucílago o baba del café por el método de fermentación natural, la tecnología STMA (Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio) es uno de los sistemas recomendados por Cenicafé como alternativa económicamente viable para reducir la contaminación. Otro sistema de tratamiento

más sencillo que es implementado por el Comité de Cafeteros para el beneficio ecológico esta conformado por un desnatador y un filtro. (Medina, 2008)

1.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO MODULAR ANAEROBIO (STMA)

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (STMA), es un prototipo ecológico propuesto por Cenicafé para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café; sus componentes esenciales son: los Reactores Hidrolíticos-Acidogénicos RHA, la recámara de dosificación RD y el Reactor Metanogénico RM. Dentro del concepto de biodegradabilidad anaerobia de residuos, Los STMA contemplan la separación de las fases Hidrolíticos-Acidogénicos y Metanogénica, por tal razón, en los tanques que conforman los reactores para dichas fases, se experimentan reacciones bioquímicas diferentes. (Zambrano y otros, 2007)

1.4.1 Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos RHA

Para la fase Hidrolítica-Acidogénica de las aguas mieles, se construye una batería de RHA, utilizando un tanque de polietileno negro en tronco de cono, Multiusos Acuaviva Colombit u otro con características similares, de 2 m³ de capacidad con una altura de 156 cm (sin tapa), un diámetro superior de 146 cm y un diámetro inferior de 115 cm. Las aguas residuales procedentes del lavado del mucílago fermentado del café entran al RHA por el fondo y salen a través de un dispositivo ubicado en la parte superior del tanque (flujo ascendente), pasando posteriormente a los otros tanques de la batería. Durante la mayor parte del año queda establecido como mínimo un tiempo de retención 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. (Zambrano y otros, 2007)

1.4.2 Recamara de Dosificación RD

Los efluentes de los RHA llegan a la Recamara de Dosificación – RD, sistema de dosificación de las aguas residuales por la parte superior (flujo descendente), formado por un tanque de polietileno Multiusos, Acuaviva Junior x 250 litros con tapa, altura de 65 cm, que dispone de una válvula de flotador, que permite garantizar un caudal uniforme mediante una cabeza hidrostática constante. En el fondo se instala un marco recolector que luego reparte el flujo a los reactores metanogénicos. Para proteger el marco recolector se instala un lecho filtrante de

unos 20 cm de altura compuestos de una capa de piedras de unos 10 cm de diámetro cerca de los orificios de salida y se completa con gravilla. (Zambrano y otros, 2007)

1.4.3 Reactores Metanogénicos RM

Los efluentes de la Recámara de Dosificación se reparten uniformemente a los dos Reactores Metanogénicos (RM), constituidos por filtros anaeróbicos de flujo ascendente. El lecho filtrante lo compone material inerte reciclado y en trozos (botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros) empacados al azar; que sirve de soporte a los microorganismos. Por tratarse de un sistema anaerobio, se requiere el arranque del sistema.

1.4.3.1 Inoculación

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 reactor de 2 m³ de capacidad durante las primeras tres semanas se realizan los siguientes pasos:

- Preparar 700 litros de inóculo metanogénico por cada reactor de 2 m³ mezclando estiércol de ganado vacuno y agua en proporciones 3:1. Almacenar la mezcla en canecas plásticas durante una semana. Filtrar luego, con el fin de retirar la mayor cantidad de material grueso e insoluble. La fase líquida 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.
- Adicione a cada reactor 15 litros de orina de animal o humana o 250 g de urea previamente disuelta en 1 litro de agua corriente, y 300 litros de inóculo.
- Establezca el medio de soporte para las bacterias metanogénicas, llenando el reactor metanogénico con los pedazos de botellas.
- Adicione agua corriente hasta cubrir totalmente los trozos. El reactor ha quedado inoculado y dos semanas después se procede a la aclimatación, arranque y operación del STMA.

1.4.3.2 Aclimatación y Arranque del sistema

La aclimatación del sistema dura aproximadamente 60 días, iniciándose después la fase de estabilización, caracterizada por alcanzar eficiencias de remoción de DBO superiores al 80%. (Zambrano y otros, 2007)

1.4.4 Resultados

En los años 2003 y 2004 se trataron las aguas residuales del lavado del café utilizando esta nueva propuesta de STMA, en la sede principal del Centro Nacional de Investigación de Café Cenicafé. La aclimatación y el arranque se llevaron a cabo durante 256 días, 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, se encontró que las botellas plásticas no retornables presentaban una porosidad de 98,7%. Las eficiencias de remoción promedio para el estado estable del reactor metanogénico fueron 80, 83.4, 45.99 y 74.3% para DQO, DBO₅, sólidos totales y sólidos suspendidos totales respectivamente. (Zambrano y otros, 2007)

1.5 SISTEMA TRAMIENTO POR DESNATADOR Y FILTRO

1.5.1 Descripción del sistema

Para el manejo de las aguas residuales procedentes del beneficio del café el Comité de Cafeteros recomienda la implementación del tanque desnatador y el filtro. Al desnatador le llega el agua de lavado, que contiene la mayor carga de mucílago removido durante el enjuague, se deja 24 horas, se extrae la nata y se deposita en la fosa. Luego esta agua se pasa por una malla de anejo fino, que servirá de colador ubicado sobre el filtro. El agua sin el mucílago entrará en el filtro. El lodo que queda precipitado en el fondo del desnatador se extrae y se envía a la fosa. El filtro debe tener una profundidad de 2 metros y un ancho de 1.5 metros. Debe llevar tres capas cada una de 50 centímetros. La primera capa de piedra en el fondo; la segunda gravilla, y la tercera de arena lavada de río. El fondo del filtro debe tener una salida de desagüe. (Medina, 2008)

1.5.2 Resultados

En análisis realizados por la Federación Nacional de Cafeteros a este tipo de sistema, presentan resultados de eficiencia de remoción del 46% de DQO y 44% de DBO, con datos de entrada al sistema DBO₅ = 17200 mg/L, DQO = 36600

mg/L, pH = 4.6 y a la salida DBO₅ = 9702 mg/L, DQO = 19800 mg/L, pH = 4.98 (Medina, 2008)

En sistemas de este tipo ubicado en el municipio de La Plata, se encontraron resultados a la entrada de: pH = 3.3, DBO₅ = 111780 mg/L, DQO = 192000 mg/L y SST = 22000 mg/L y a la salida del sistema: pH = 5.5, DQO₅ = 10602 mg/L, DQO = 22000 mg/L y SST = 84.4 mg/L; con remociones de DBO₅ = 68% y en SST = 92%. (Leiva y Marín, 2006)

1.6 OTROS SISTEMAS

1.6.1 Sistemas Aerobios

En la actualidad se están implementando sistemas de tratamiento aerobio mediante lagunas, para las aguas del beneficio del café. En el caso de Costa Rica, mediante aireadores turbo y de hélices superficiales que además le dan rotación a las aguas, de manera que inyecta aire y se mantiene a las bacterias en suspensión. También se adicionan bacterias para favorecer la remoción de contaminantes. Es un sistema aireado y no aerobio por el bajo nivel de oxígeno disuelto encontrado. En realidad podría denominarse como proceso de lodos activados con aireación prolongada. No hay problema de malos olores mientras los aireadores estén en operación. El sistema requiere una clarificación de lodos antes de verter al río (sedimentador secundario). Debe airearse al menos un mes más después de finalizada la cosecha, para estabilizar las aguas. Aunque el sistema es seguro en cuanto a resultados, tiene un alto costo de energía eléctrica. Los sistemas de aireación por difusión, o por microburbujas, son más eficientes en proveer oxígeno disuelto a las aguas.

En evaluaciones realizadas se encontraron eficiencias de remoción del sistema son del 80% en términos DQO, DBO₅ y sólidos totales, para una capacidad del beneficiado de 400 fan/día. DQO promedio de entrada de 14525 mg/l y a la salida DQO = 1542 mg/l, pH a la entrada del sistema 6.1, salida 6.7. Se logró cumplir la meta de reducir en 50% los sólidos sedimentables.
<http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/cafe97/cafe17.htm>

1.6.2 Sistema por Digestión Anaerobia

El sistema de tratamiento de aguas residuales por digestión anaerobia, en el país de Cuba, la propuesta tecnológica tiene las siguientes etapas:

Neutralización: Se lleva a cabo en un tanque neutralizador con agitación y se utiliza el CaCO_3 como agente neutralizante por su bajo costo y gran disponibilidad en los centros de beneficio de la provincia. (Llevarlo a PH= 6.7- 7.3)

Digestión: Se realiza en digestores de flujo ascendente. Son tanques de hormigón armado, rectangulares, con altura efectiva de 4,5m y 3 compartimentos para tiempos de retención hidráulica de 2 días. A este tipo de digestores se le diseñó una campana metálica que sirve de separador gas - líquido - sólido y es donde se encuentran insertadas las tomas para las salidas del gas y el residual tratado. Como inóculo para este residual se utiliza excreta vacuna fresca.

Secado de lodos: En lechos de secado de lodos, que es una plazoleta para el secado del lodo húmedo, el cual será utilizado posteriormente como biofertilizante.

Filtración Lenta en Arena: El filtro tiene como ventaja la remoción completa de sustancias orgánicas y virus, así como la remoción parcial de color y turbiedad. Como medio filtrante se está utilizando arena y grava. El efluente del filtro puede ser recirculado al centro de beneficio húmedo o en su defecto incorporarlo a la corriente de agua superficial.

Laguna Aerobia: Técnicamente será un reservorio donde se pueda almacenar entre el 80 y 100% del volumen de residual emitido por la despulpadora. Luego de este órgano de tratamiento residual tratado será dosificado a la corriente de agua superficial aledaña.

Esta tecnología propuesta permitirá remover hasta el 91% de la carga orgánica total del afluente, el agua tratada puede ser rehusada en el beneficio o inyectada a los cuerpos receptores de agua. El biogás obtenido en el orden de 0,3- 0,36 m³ / Kg. DQO removido permite la reducción del consumo de portadores energéticos convencionales en todas las despulpadoras.

<http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/peru/cubtar016.pdf>

2. METODOLOGIA

2.1 LOCALIZACION

El estudio se realizó en La vereda Villa Colombia ubicada en el municipio de La Plata, localizado a 122 km de la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila, por la vía sur-occidente que conduce a Popayán. La Vereda Villa Colombia esta localizada a 20 km desde la cabecera municipal por la vía que conduce al corregimiento de San Vicente. (Ver figura1)

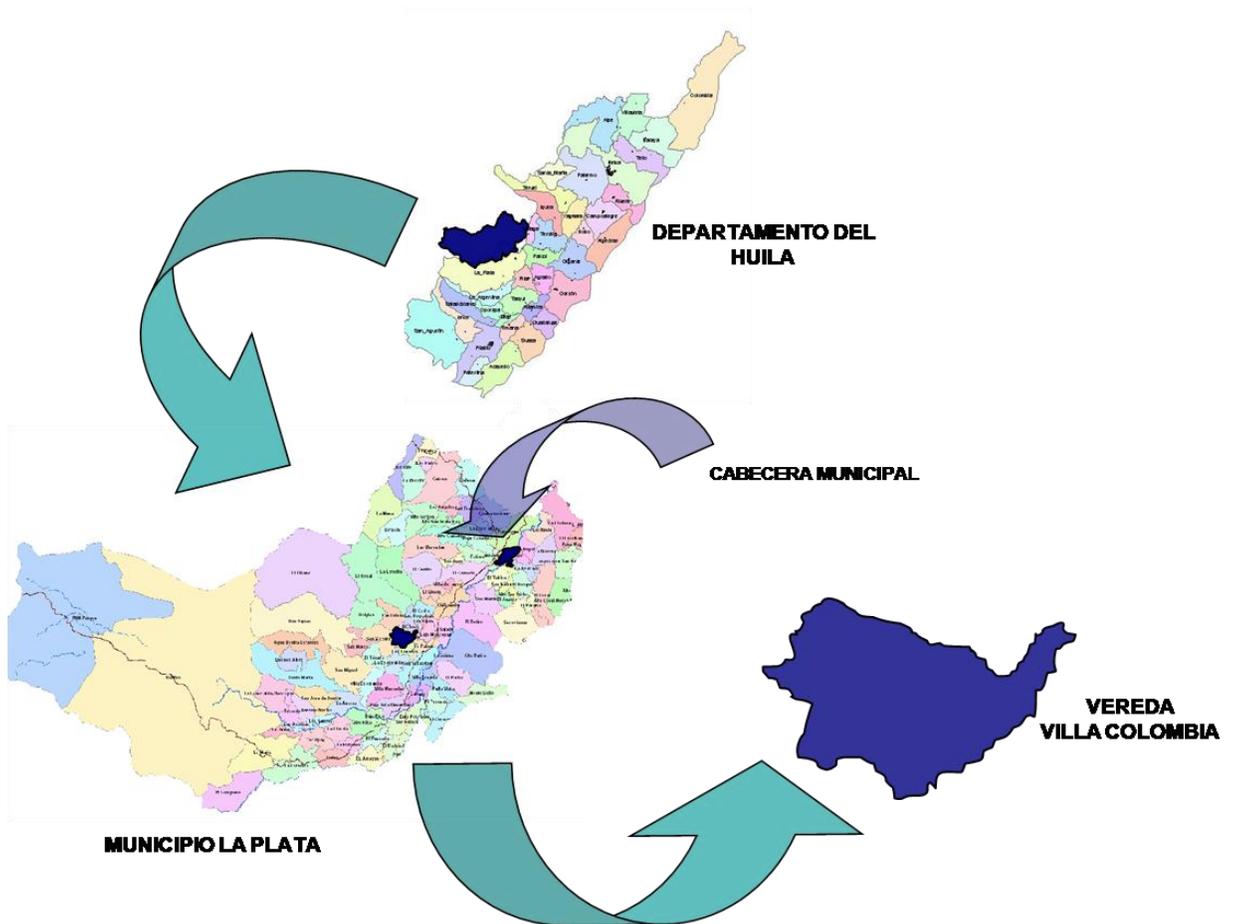


Figura 1. Localización del Proyecto

El municipio de La Plata, se halla a una altura de 1050 msnm, con temperatura promedio de 23°C, y precipitación promedio anual de 1520 mm. La cuenca principal es el río La Plata y las subcuencas de los ríos Páez y Aguacatal, junto con una red de quebradas de menor incidencia.

El sector agropecuario es uno de los renglones más importantes en la economía del municipio, representada principalmente por: café y plátano, banano, cacao y plátano, maíz, caña, frijol; y algunos frutales como lulo, tomate de árbol, maracuyá y mora. Otros sistemas productivos son la ganadería bovina de doble propósito, la piscicultura y la porcicultura.

La vereda Villa Colombia basa su economía en la actividad agrícola, principalmente de la producción de café, maíz, plátano, cacao, frijol y frutales como el lulo y mora; además de producciones piscícolas y porcícolas. La vereda cuentan con servicios de energía eléctrica, escuela primaria y tanques sépticos para el tratamiento de las aguas residuales domesticas.

2.2 METODOS

2.2.1 Recolección Información básica

Mediante visitas al Comité de Cafeteros de la Plata para recolectar información de la vereda Villa Colombia, sobre: números de fincas cafeteras, tamaño de las fincas, tipos de beneficiaderos y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

2.2.2 Identificación de los sistemas

Se visitaron 10 fincas productoras de café con beneficio ecológico con el objetivo de conocer los sistemas, sus unidades y su estado de operación.

2.2.3 Muestra

De las fincas visitadas se seleccionaron dos fincas para el estudio; con las siguientes características: beneficio ecológico del café y diferente sistema de tratamiento. El método de selección fue aleatorio.

2.2.4 Visitas a los sistemas seleccionados

Para recolectar información sobre: producción, beneficio y tratamiento de las aguas residuales; priorizando las unidades de los sistemas, su funcionamiento y operación. Se tomaron datos, medidas y fotografías.

2.2.5 Muestreo

Para cada uno de los sistemas, se determinaron los puntos de muestreo (P1: Afluente del Sistema, P2: Efluente del Sistema), (ver figuras 2 y 3). Se tomaron muestras el día 26 de febrero del 2009, para determinación de los siguientes parámetros in-situ: Temperatura (T), pH y caudal (Q). Para los parámetros que requieren análisis de laboratorio, se tomó una muestra simple a la entrada y salida de cada Sistema, en recipientes plásticos de 1 litro, se rotularon, se refrigeraron y se entregaron al Laboratorio de Aguas de la Universidad Surcolombiana para el análisis de los siguientes parámetros: DQO, DBO₅, S.S, y G y A.

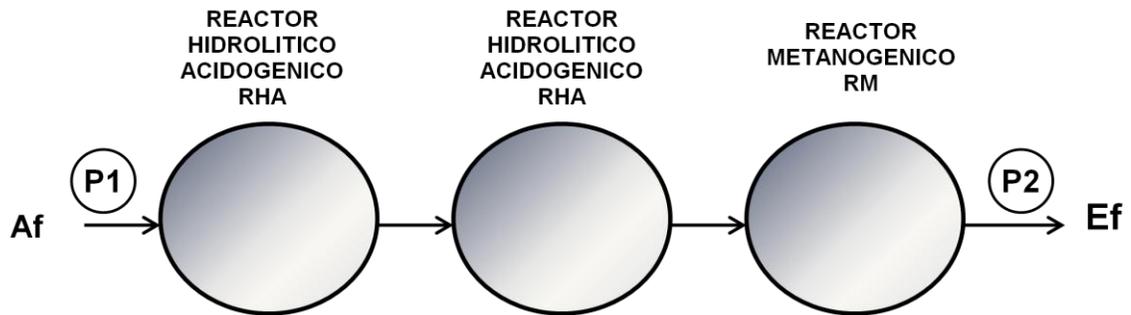


Figura 2. Puntos de muestreo para el sistema STMA

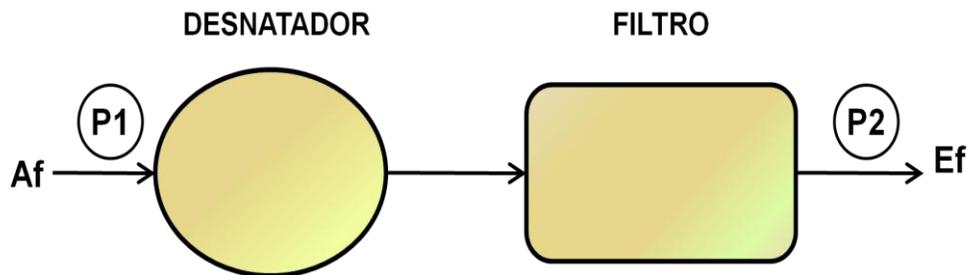


Figura 3. Puntos de muestreo para el sistema Desnatador y Filtro

- **Métodos para parámetros de campo:**

pH: Mediante el método del papel indicador universal.

Temperatura (T): Utilizando un termómetro Celsius de mercurio. (Temperatura del agua)

Caudal (Q): Método de Aforo Volumétrico. Se utilizo un balde de 6 litros y mediante un cronometro se calculo el tiempo de llenado. Se tomaron 3 datos y se calculó el promedio. El caudal se estimo mediante la siguiente formula

$$Q = V / t$$

Donde V = Volumen llenado (L), t = Tiempo de llenado (s).

- **Métodos para parámetros de laboratorio:**

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Calidad de aguas de la Universidad Surcolombiana, que utiliza métodos estandarizados.

Tabla 2. Métodos de Laboratorio para análisis de las muestras

PARAMETRO	METODO
DQO	Reflujo Cerrado
DBO ₅	Incubación 5 días
S.S	Gravimétrico
Grasas y Aceites	Extracción con solvente y Gravimetría

Fuente: Laboratorio de Calidad de Aguas. 2009

2.2.6 Análisis de la información

Con los resultados de laboratorio se determinaron mediante los cálculos correspondientes las eficiencias reales de remoción de DBO, DQO, S.S y Grasas y Aceites, de los dos sistemas; y por comparación de las eficiencias de remoción de contaminantes, se establece cual de los dos sistemas es más eficiente.

Las eficiencias de remociones de contaminantes, se determinaron mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Rem} = \frac{(\text{Concentración entrada} - \text{Concentración salida})}{\text{Concentración entrada}} * 100$$

Para el cálculo de las Cargas Contaminantes se utilizo la siguiente expresión:

$$C_c = Q * C * 0.0864 * (t/24)$$

Donde:

C_c = Carga contaminante en kilogramo por día (kg/día)

Q = Caudal promedio, en litros por segundo, (l/sg)

C = concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0864 = Factor de conversión de unidades

t = tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día, (h/día)

2.2.7 Ensayo de sedimentación

Adicionalmente a la evaluación preliminar de los sistemas y para conocer el proceso y determinar preliminarmente el tiempo de sedimentación de los sólidos suspendidos de las aguas residuales del beneficio del café, se realizo el siguiente ensayo:

Para una primera prueba, se tomaron muestras del primer lavado el día 26 de febrero en la finca La Fortuna con sistema Desnatador y Filtro, en 3 Becker de 500 ml (muestra = 500 ml). A las muestras se les observó su proceso de sedimentación y se tomaron datos cada 15 minutos hasta completar una hora. (Ver figura 4)

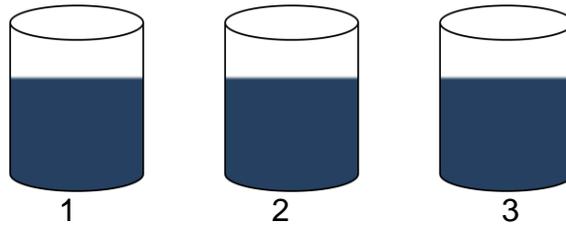


Figura 4. Muestras para ensayo de sedimentación

Al observarse que el proceso de sedimentación era muy imperceptible, se trasladó el ensayo a la ciudad de Neiva. Colocándose nuevamente en los 3 Becker (muestra = 400 ml) y se realizó una segunda prueba, tomándose un dato a las 12 horas de iniciado el ensayo.

La toma de datos se realizó con la medición de la columna de agua (h), medida desde la superficie hasta donde el agua quedaba clara. (Ver figura 5)

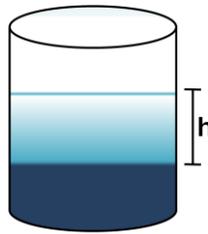


Figura 5. Medición de la columna de agua en el proceso de sedimentación

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 INFORMACION BASICA

La tabla 3, resume la información recolectada sobre la vereda en lo referente al beneficio del café y tratamiento de las aguas residuales

Tabla 3. Información Básica de la Vereda Villa Colombia

DATO	RESULTADOS
Numero de fincas cafeteras	27
Tamaño de las fincas	1.2 ha (promedio)
Tipo de beneficiadero	Tradicionales = 9 Ecológicos = 18
Sistemas de Tratamiento de aguas residuales de beneficiadero	<ul style="list-style-type: none"> • STMA (Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio), construido en 5 fincas. • Desnatador y Filtro construido en 13 fincas.
CAUDALES: Sistema STMA Sistema Desnatador y Filtro	<p>Af = 1,47 L/s Ef = 0,12 L/s</p> <p>Af = 1,63 L/s Ef = 0,15 L/s</p>
Operación STAR	El 80% de los sistemas de tratamientos de aguas residuales se encuentran en buen estado de construcción y operación.
COSTOS: Sistema STMA Sistema Desnatador y Filtro	<p>\$ 2.100.000.00</p> <p>\$ 800.000.00</p>

Fuente: Comité de Cafeteros. 2009

3.2 Muestra

De las 27 fincas de la vereda, se visitaron 10 y de estas al azar se tomaron como muestra las dos fincas que se relacionan en la tabla 4:

Tabla 4. Características de las fincas muestra

DATOS	FINCA 1	FINCA 2
Nombre	Villa Linda	La Fortuna
Propietario	Juan Carlos Campo	Vaudelio Mogoyon
Área Total de la finca	7 ha	6 ha
Área en café	3 ha	2 ha
Altura	1810 msnm	1645 msnm
Temperatura	18°C	21°C
Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (SMTA 180) (ver planos SISTEMA ANAEROBICO (STMA) 1/4, 2/4, 3/4, 4/4)	Desnatador y Filtro (ver planos SISTEMA DESNATADOR Y FILTRO 1/4, 2/4, 3/4, 4/4)

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.3 Descripción de los sistemas

3.3.1 Esquemas generales

La figura 6, muestra el esquema general del sistema ecológico STMA para el manejo de las aguas residuales provenientes del beneficiadero de café que comprende dos Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos RHA, una Recamara de Dosificación RD y un Reactor Metanogénico.

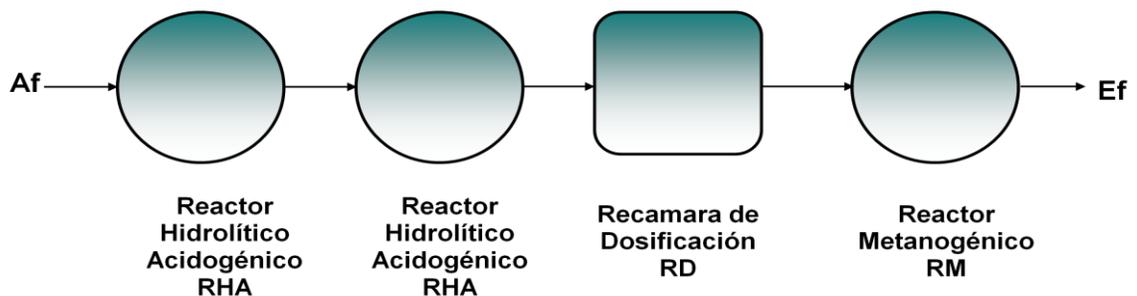


Figura 6. Esquema General del Sistema Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)

La figura 7, muestra el esquema general del sistema Desnatador y Filtro.

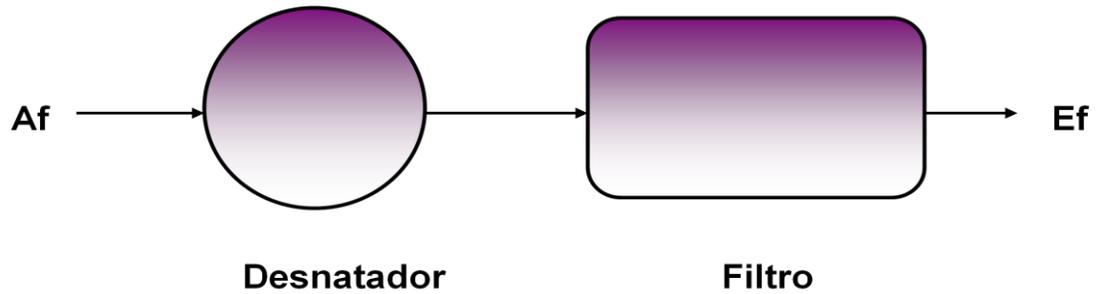


Figura 7. Esquema General del Sistema Desnatador y Filtro

3.3.2 Diagramas de niveles de tratamiento de los sistemas

La figura 8, presenta el esquema de los tratamientos que se llevan a cabo en el STMA, el cual consta de un tratamiento secundario (dos Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos) complementado con otro tratamiento secundario (un Reactor Metanogénico).

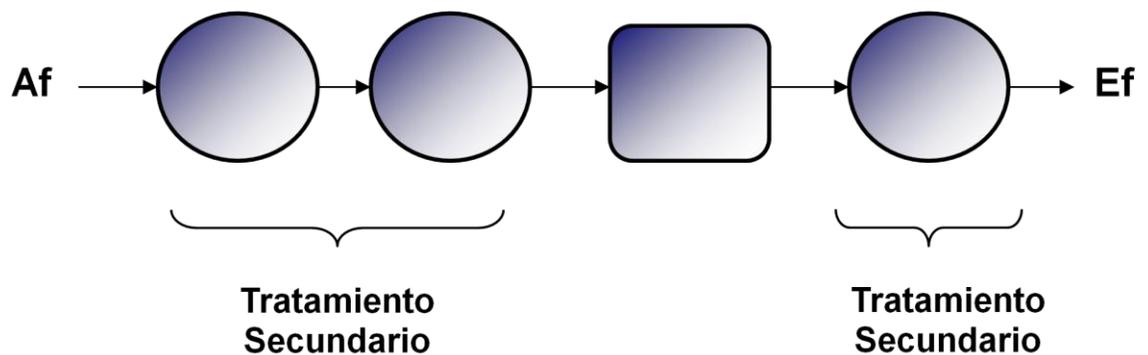


Figura 8. Niveles de Tratamiento del Sistema Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)

La figura 9, muestra el esquema de los tratamientos que se llevan a cabo en el Sistema Desnatador y Filtro, el cual consta de un tratamiento primario (desnatador) y un tratamiento secundario (filtro).

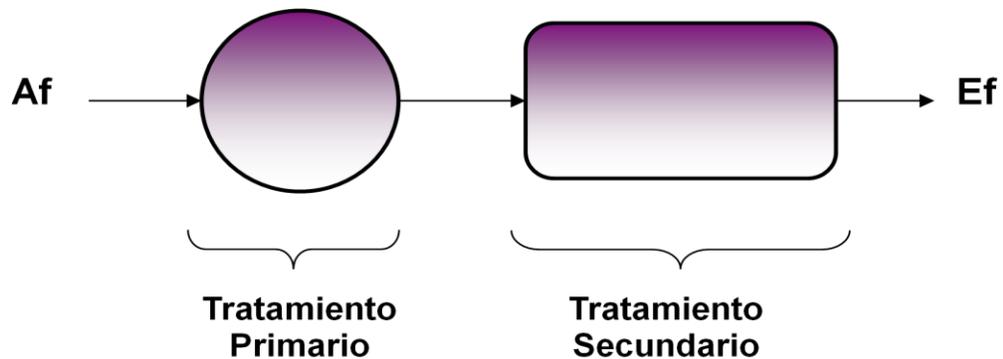
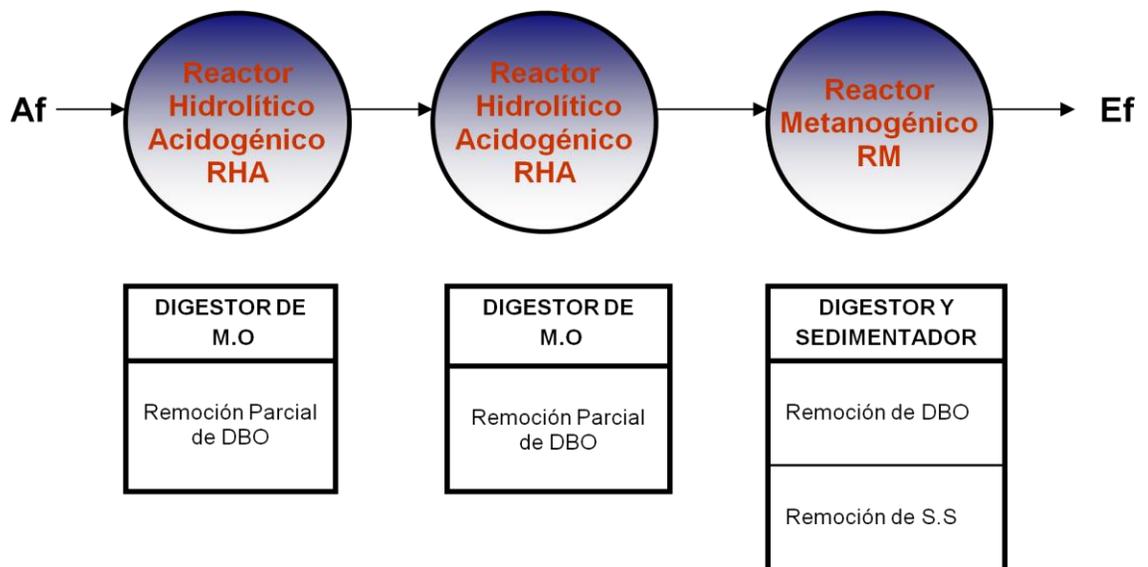


Figura 9. Niveles de tratamiento del sistema Desnatador y Filtro

3.3.3 Diagramas de procesos

En la figura 10, se visualiza el esquema de procesos que se realizan en el STMA, los procesos principales y los contaminantes que se remueven.



La Figura 10. Procesos del Sistema Tratamiento Modular Anaerobio (STMA)

La figura 11, muestra el esquema de procesos del Sistema Desnatador y Filtro, el proceso que se da en cada fase y los contaminantes que se remueven.

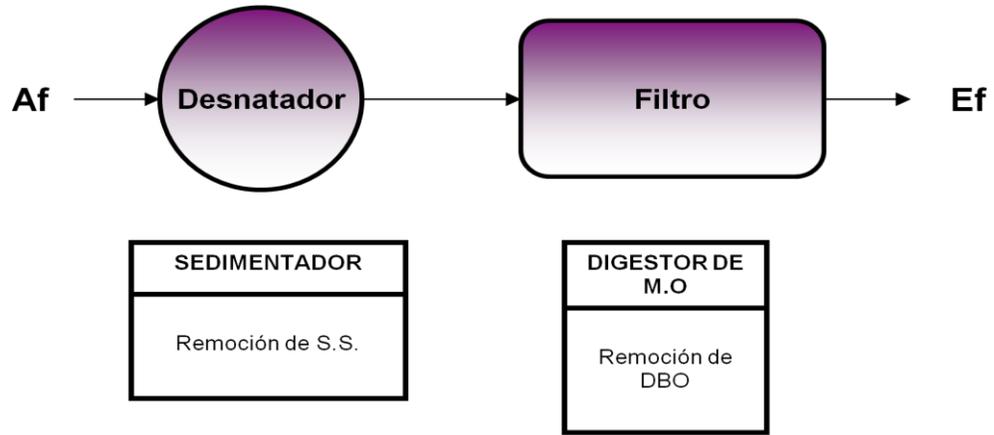


Figura 11. Procesos del Sistema Desnatador y Filtro

3.3.4 Diagramas de subproductos

Las figuras 12 y 13, presentan los esquemas de la disposición de los subproductos de los sistemas STMA y Desnatador y Filtro.

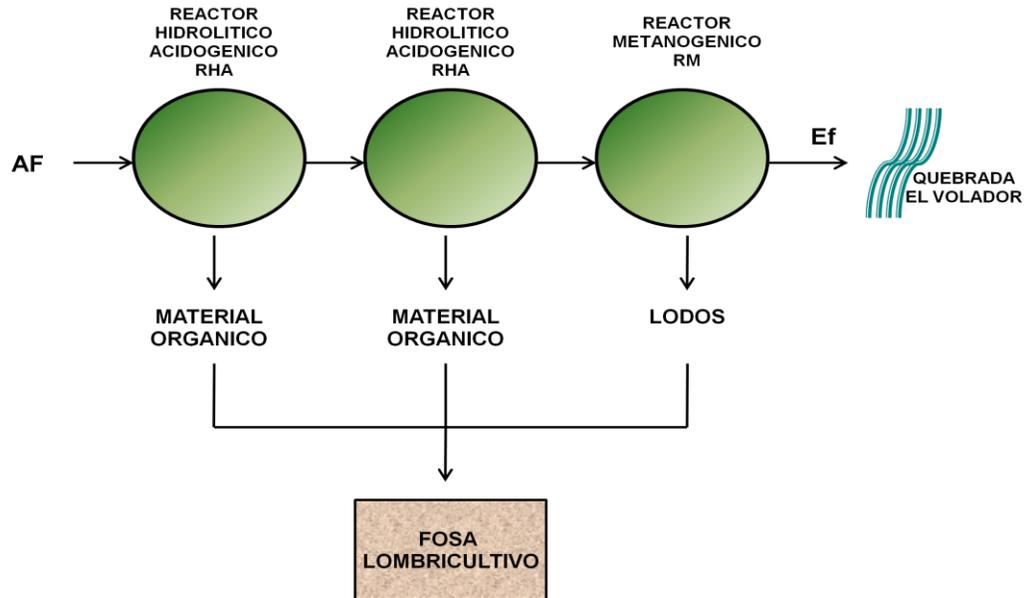


Figura 12. Disposición de Subproductos del sistema STMA

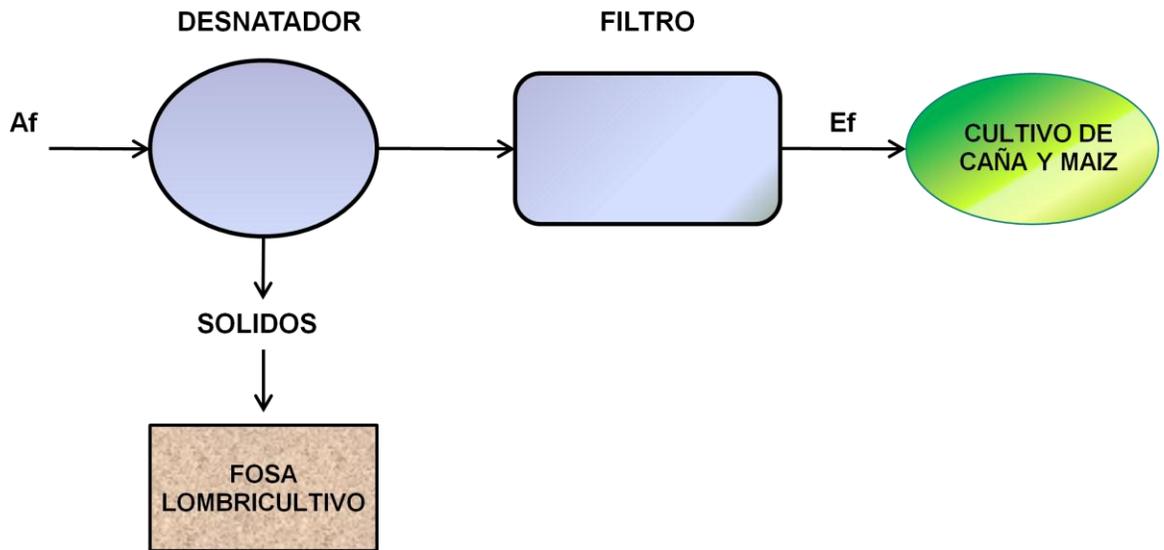


Figura 13. Disposición de Subproductos del sistema Denatador y Filtro

3.3.5 Diagramas de Flujo de las Aguas en los sistemas

En las figuras 14 y 15, aparecen los esquemas de flujo de las aguas residuales en los sistemas STMA y Denatador y Filtro.

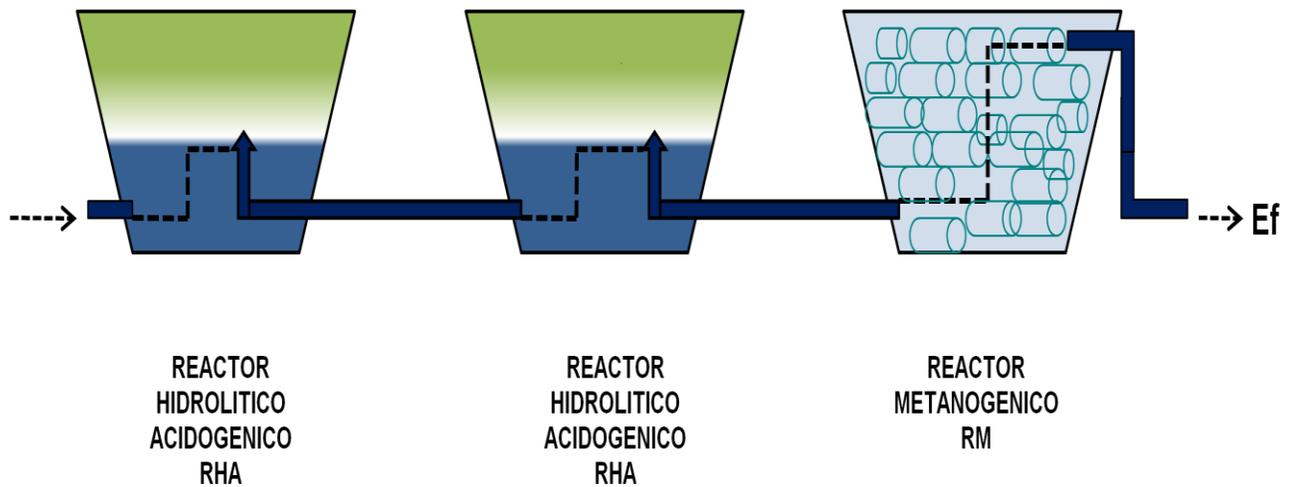


Figura 14. Flujo de las Aguas residuales en el sistema STMA

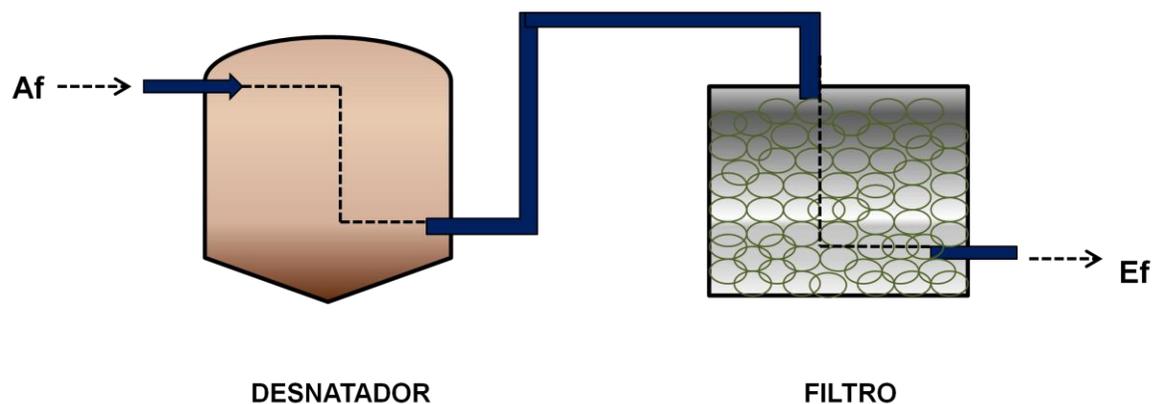


Figura 15. Flujo de las Aguas residuales en el sistema Desnatador y Filtro

3.3.6 Caracterización de las Aguas Residuales

En la tabla 5, aparece la información de la caracterización de las aguas residuales del sistema STMA

Tabla 5. Caracterización de las Aguas Residuales del sistema STMA

PARAMETRO	UNIDADES	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)
Temperatura del Agua	°C	25	30
pH	Unidades	4.0	6.0
DBO5	mg/l O ₂	2175	292
DQO	mg/l O ₂	7100	1067
Sólidos Suspendidos	mg/l	4703	200
Grasas y Aceites	mg/l	7.8	4.4

Fuente: Laboratorio de Aguas. 2009

En la tabla 6, se presentan los datos obtenidos de la caracterización de las aguas residuales del sistema Desnatador y Filtro.

Tabla 6. Caracterización de las Aguas Residuales del Sistema Desnatador y Filtro

PARAMETRO	UNIDADES	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)
Temperatura del Agua	°C	23	30
pH	Unidades	4.0	6.0
DBO5	mg/l O ₂	2950	292
DQO	mg/l O ₂	24270	1067
Sólidos Suspendidos	mg/l	9115	280
Grasas y Aceites	mg/l	29.2	4.6

Fuente: Laboratorio de Aguas. 2009

3.3.7 Cargas Contaminantes

Las tablas 7 y 8, presentan los cálculos resumidos de las Cargas Contaminantes de cada parámetro de los sistemas STMA Y Desnatador y Filtro.

Tabla 7. Cargas Contaminantes del sistema STMA

PARAMETRO	CARGA CONTAMINANTE (kg/día)		
	AF	EF	REMOCIONES
DBO	276,24	3,03	273,21
DQO	901,76	11,06	890,70
S.S	597,32	2,07	595,25
G y A	0,99	0,05	0,94

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

Tabla 8. Cargas Contaminantes del sistema Desnatador y Filtro

PARAMETRO	CARGA CONTAMINANTE (kg/día)		
	AF	EF	REMOCIONES
DBO	415,45	3,60	411,85
DQO	3417,99	16,17	3401,82
S.S	1283,68	3,63	1280,05
G y A	4,11	0,06	4,05

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.3.8 Remociones teóricas del sistema

Las tablas 9 y 10, muestran los cálculos de las remociones teóricas en cada una de las fases del sistema STMA y Desnatador y Filtro.

Tabla 9. Remociones teóricas del STMA

PARAMETRO FASE	DBO (mg/L)			DQO (mg/L)			SS (mg/L)			G y A (mg/L)			
	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef	
Reactor Hidrolítico Acidogenico RHA	2175	80		7100	80		4703	0	4703	7.8	10	7	
Reactor Hidrolítico Acidogenico RHA								4703	0	4703	7	10	6.3
Reactor Metanogènico			435				1420	4703	80	941	6.3	10	5.7

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

Tabla 10. Remociones teóricas del Sistema Desnatador y Filtro

PARAMETRO FASE	DBO (mg/L)			DQO (mg/L)			SS (mg/L)			G y A (mg/L)		
	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef	Af	%	Ef
Desnatador	2950	20	2360	24270	10	21843	9115	60	3646	29.2	60	11.7
Filtro	2360	60	944	21843	50	10922	3646	40	2188	11.7	20	9.3

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.3.9 Eficiencias teóricas de los dos sistemas

Las tablas 11 y 12, resume las eficiencias teóricas de los sistemas SMTA y Desnatador y Filtro

Tabla 11. Eficiencias teóricas de remociones del STMA

PARAMETRO	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)	% REMOCIÓN
DBO	2175	435	80
DQO	7100	1420	80
SS	4703	941	80
G y A	7.8	5.7	27

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

Tabla 12. Eficiencias teóricas de remociones del sistema Desnatador y Filtro

PARAMETRO	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)	% REMOCIÓN
DBO	2950	944	68
DQO	24270	10922	55
SS	9115	2188	76
G y A	29.2	9.3	68

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.3.10 Eficiencias reales de los dos sistemas

Las tablas 13 y 14, muestra las eficiencias reales de los sistemas STMA y Desnatador y Filtro.

Tabla 13. Eficiencias reales del sistema STMA

PARAMETRO	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)	% REMOCIÓN
DBO	2175	292	86
DQO	7100	1067	85
SS	4703	200	96
G y A	7.8	4.4	43

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

Tabla 14. Eficiencias reales del sistema Desnatador y Filtro

PARAMETRO	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)	% REMOCIÓN
DBO	2950	278	90
DQO	24270	1248	95
SS	9115	280	97
G y A	29.2	4.6	84

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.4 CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

3.4.1 Construcción, Operación y Mantenimiento del STMA

La tabla 15, presenta los resultados obtenidos en cuanto al estado de construcción, operación y mantenimiento del sistema STMA.

Tabla 15. Construcción, Operación y Mantenimiento de un STMA

CONSTRUCCION	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
El sistema se encuentra construido en su totalidad. Sus unidades están bien construidas y los acoples en buen estado.	El sistema opera normalmente. El flujo de las aguas residuales es continuo y estable, no presenta acumulaciones de pulpa y grano, ni derramos u olores desagradables.	Se realizan las siguientes actividades: 1. Revisan diariamente el interior y el tapón de salida de la recamara de dosificación durante la cosecha de café, garantizando su flujo normal. 2. Retiran los tapones de los RHA, para descargar los lodos acumulados en su interior. 3. Adicionan agua corriente a los RHA para

		<p>la salida de sólidos y el enjuague interno de las unidades.</p> <p>4. Inspeccionan y retiran los sólidos que quedan retenidos en la malla mosquitera.</p> <p>5. Los sólidos retenidos en la malla se llevan a la fosa de lombricultivos.</p>
--	--	---

Fuente: Comité de Cafeteros. 2009

3.4.2 Construcción, Operación y Mantenimiento del sistema Desnatador y Filtro

La tabla 16, presenta los resultados obtenidos en cuanto al estado de construcción, operación y mantenimiento del sistema Desnatador y Filtro.

Tabla 16. Construcción, Operación y Mantenimiento sistema Desnatador y Filtro

CONSTRUCCION	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
El sistema se encuentra, en buen estado de construcción.	<p>El sistema opera en buen estado. El flujo de agua es estable y no presenta derrames ni olores desagradables. Algunas actividades de operación del sistema son:</p> <p>1. Realizado el lavado, en un lapso de 24 horas se retira la nata y los lodos que se forma en la superficie y fondo del desnatador y son llevados a la fosa de lombricultivo.</p>	<p>Para el mantenimiento del sistema se realizan las siguientes actividades:</p> <p>1. Se Lavan las unidades del sistema cada 2 a 3 años.</p>

	<p>2. Se retira la capa de residuos que se forma en la arena de manera que la filtración del agua sea mejor y no altere la circulación, en el filtro.</p> <p>3. Se retira de la malla mosquitera del filtro residuos de mucilago y llevados a la fosa para su mezcla en el lombricultivo.</p>	
--	---	--

Fuente: Comité de Cafeteros. 2009

3.5 Ensayo de Sedimentación

Los datos tomados durante el Ensayo de Sedimentación se recopilaron en las Tablas 17 y 18.

Tabla 17. Ensayo de sedimentación Primera Prueba (Finca La Fortuna)

PERIODO TIEMPO (minutos)	COLUMNA h (cm)		
	Becker 1	Becker 2	Becker 3
0	0	0	0
15	1.2	0.5	0.7
30	1.2	0.6	0.7
45	1.3	0.7	1.0
60	1.4	1.0	1.0

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

Tabla 18. Ensayo de sedimentación Segunda Prueba (Neiva)

PERIODO TIEMPO (horas)	COLUMNMA h (cm)		
	Becker 1	Becker 2	Becker 3
0	0	0	0
12	3.2	2.6	3.0

Fuente: Cortés y Ríos. 2009

3.6 DISCUSIÓN

3.6.1 De los Sistemas de Tratamiento

En la vereda Villa Colombia del municipio de La Plata, los caficultores tienen como meta participar de los programas de café especiales para lo cual es una exigencia la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales. De las 27 fincas que conforman la vereda, 18 cuentan actualmente con sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio del café lo que representa el 67% de las fincas (ver figura 16). Los beneficios ambientales y especialmente para las fuentes de agua son altos, por cuanto las aguas residuales del beneficio del café son altamente contaminantes (ver Tablas 1, 5 y 6), anteriormente eran vertidas directamente a las fuentes.

En la vereda Villa Colombia, se encontraron dos tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales para el beneficio del café: un sistema conformado por Desnatador y Filtro y el otro denominado Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio STMA. En 13 fincas se encontró el sistema Desnatador y Filtro, construido en cemento y ladrillo y en 5 fincas el sistema STMA, con tanques prefabricados Rotoplast (ver figura 17). Lo que significa que el 72% de las fincas cuentan con sistemas Desnatador y Filtro y el 28% con STMA.

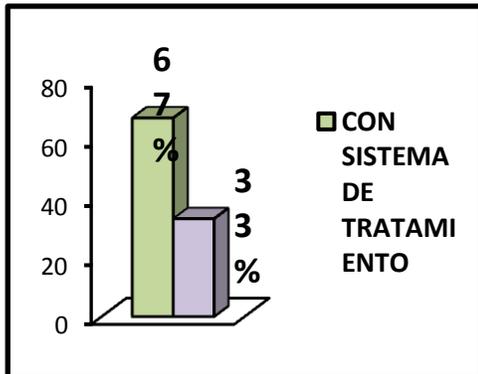


Figura 16. Fincas de Villa Colombia Con y Sin STAR para beneficio del café

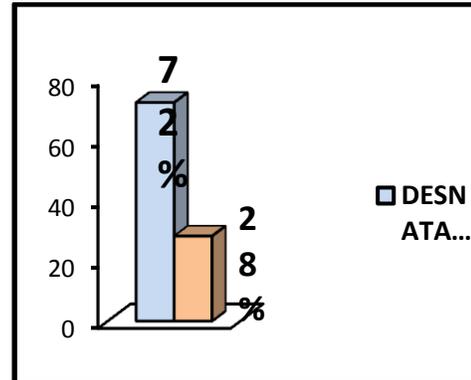


Figura 17. Fincas con sistema STMA y Desnatador y Filtro

El estado actual de construcción de los sistemas puede considerarse como bueno, están totalmente construidos, con sus unidades y acoples en buen estado. Operan normalmente, el flujo de las aguas es continuo y estable, no hay presencia de derrames, acumulación de pulpa y grano, ni olores desagradables que afecten el entorno del lugar. Ambos sistemas son relativamente nuevos en cuanto a su construcción (un año), observándose mejor mantenimiento a los sistemas Rotoplast que a los sistemas Desnatador y Filtro, lo cual puede explicarse por cuanto los sistemas Rotoplast son prefabricados, mientras los sistemas Desnatador y Filtro son construidos.

En la evaluación preliminar de las eficiencias teóricas de remoción de contaminantes, las del sistema STMA se consideran altas, 80% en DBO, DQO y S.S y 27% en G y A. Las del sistema Denatador y Filtro se consideran aceptables, DBO = 68%, DQO = 55%, S.S = 76% y G y A = 68%.

Las remociones reales producto de los resultados del laboratorio, superan los porcentajes de remociones teóricas calculadas, en ambos sistemas (ver figura 18 y 19). En el sistema STMA las remociones reales de DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% y G y A = 43%, se consideran altas. Para el sistema Denatador y Filtro las remociones reales, DBO = 90%, DQO = 95%, S.S = 97% y G y A = 84%, se consideran igualmente altas.

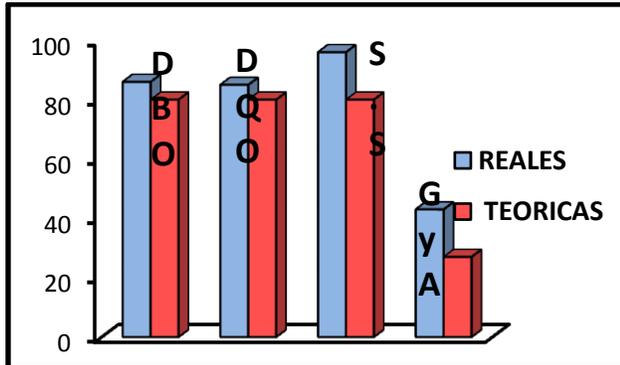


Figura 18. Remociones Teóricas vs. Reales del sistema SMTA

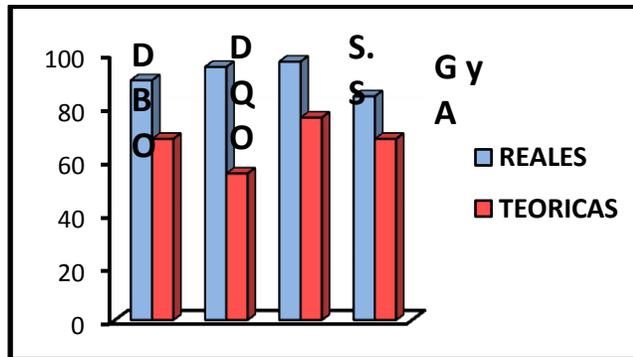


Figura 19. Remociones Teóricas vs. Reales del sistema Desnatador y Filtro

De los resultados de las eficiencias teóricas las eficiencias de remoción de contaminantes son mayores en el sistema SMTA que en el sistema Desnatador y Filtro (ver figura 20). Al contrario, las eficiencias reales son mayores en el sistema Denatador y Filtro que en el sistema STMA (ver figura 21).

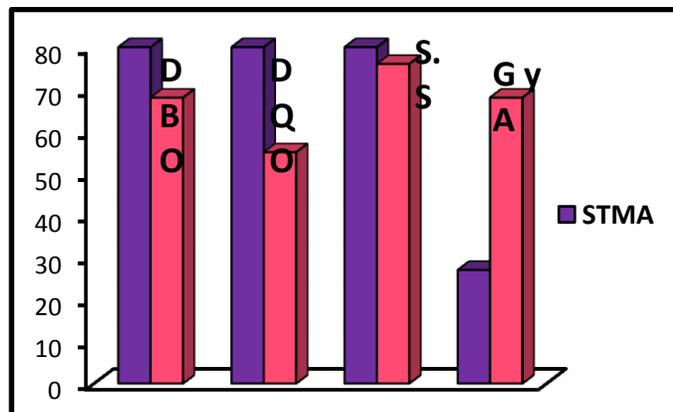


Figura 20. Remociones Teóricas de los sistemas SMTA vs. Desnatador y Filtro

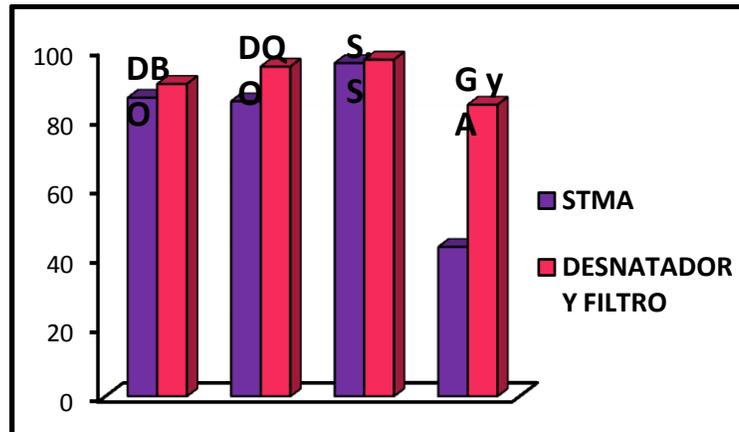


Figura 21. Remociones Reales de los sistemas SMTA vs. Desnatador y Filtro

A pesar de que las eficiencias reales del sistema Desnatador y Filtro dieron mayores que las del sistema STMA, este resultado debe ser tomado con sumo cuidado, por cuanto las aguas residuales que trataban ambos sistemas eran de diferentes beneficiaderos (diferentes aguas residuales), el sistema Rotoplast es mas sensible en cuanto operación y además por limitaciones de recursos no se analizó un numero suficiente de muestras, de tal manera que los resultados tuvieran mayor confiabilidad estadística.

Los resultados obtenidos pueden estar afectados por los mayores contenidos de contaminantes: DBO, DQO y S.S del sistema Desnatador y Filtro (ver tabla 5 y 6), lo cual puede ser causado por un deficiente beneficio del café, posiblemente por mayor tiempo de lavado.

Las remociones de contaminantes medidos en carga en ambos sistemas son altas (ver tablas 7 y 8). Sin embargo las cargas contaminantes en los efluentes siguen siendo considerables, lo que hace prever posibles efectos sobre las fuentes y la necesidad de construir postratamientos.

Ambos sistemas son recomendables para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, son de relativamente bajo costo y de fácil operación y mantenimiento. Sin embargo, el sistema Desnatador y Filtro arrojo mayores eficiencias de remoción de contaminantes, es de menor costo que el STMA y de más fácil operación por ser un sistema más flexible que el STMA; pero el sistema STMA es de mas fácil mantenimiento (la acidez de las aguas residuales del beneficio del café corroen el concreto de los desnatadores).

3.6.2 Ensayo de Sedimentación

Por los altos contenidos de S.S del sistema Desnatador y Filtro, se esperaban altas remociones en un periodo corto de tiempo, lo que implicaría tiempos de retención hidráulica (TRH) bajos (1 a 6 horas) y por lo tanto desnatadores de menor volumen a los actualmente construidos. Si embargo de las pruebas se encontraron remociones muy bajas medidas en columna ($h = 1.1$ cm en una hora y $h = 2.9$ cm a las 12 horas, de los 10 cm de la altura de las muestras en los Becker) (ver tablas 17 y 18). Las bajas remociones de S.S en las pruebas, pueden tener como causa la calidad de las aguas residuales utilizadas en el ensayo; se observó que estas aguas no tenían características similares a las aguas normales del beneficio del café (eran espesas, parecían mieles), lo cual podría explicarse por un deficiente procedimiento en el beneficio del café (extremado tiempo de lavado del café). Por lo que se puede demostrar que las fincas no siempre realizan un correcto manejo del beneficio, perjudicando la participación en los programas de cafés especiales.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De las fincas de la vereda Villa Colombia en el municipio de La Plata el 67% cuentan con sistema de tratamiento de aguas residuales para el beneficio del café. Se encontraron dos tipos de sistema, el sistema STMA y Desnatador y Filtro. el 72% de las fincas tienen el sistema Desnatador y Filtro y el 28% STMA.
2. El estado de construcción, operación y mantenimiento de los dos sistemas es bueno, la operación es normal con flujo de agua estable y continuo, permitiendo el buen funcionamiento en ambos sistemas.
3. Las eficiencias de remoción de contaminantes en ambos sistemas en DBO, DQO y S.S superan el 80%, demostrando que ambos sistemas son buenos para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café.
4. El sistema Desnatador y Filtro resultó ser mas eficiente en remoción de contaminantes, de menor costo y mas fácil operación que el sistema STMA; pero el sistema STMA es de mas fácil mantenimiento.
5. Se recomienda realizar más estudios sobre este tema, con mayor número de muestras de sistemas, mayor numero de muestras en el afluente y efluente, para mayor confiabilidad estadística en los resultados. Y evaluar la eficiencia de las unidades de cada sistema, mediante la toma de muestras a la entrada y salida de cada uno.
6. Se recomienda construir unidades de postratamientos, de tal manera que se reduzcan las cargas contaminantes en los efluentes de los sistemas, evitando posibles efectos sobre las fuentes y su entorno. O reutilizar los efluentes en actividades agrícolas de tal manera que no lleguen a los cuerpos de agua.
7. Se recomienda repetir el ensayo de sedimentación con un mayor número de muestras, tomando datos en intervalos mayores de tiempo y teniendo en cuenta que las aguas residuales provengan de un buen proceso del beneficio.

BIBLIOGRAFIA

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Huila Cafetero, Edición Especial, PAG. 3, Febrero de 2008.

LEIVA BENAVIDES, Dory del pilar., MARIN PULIDO, María del Carmen. Beneficiadero tipo bajo el enfoque de producción mas limpia en el proyecto San Rafael en los municipios de Gigante y La Plata. Trabajo de grado Modalidad Pasantía Supervisada, 2006

LEIVA BENAVIDES, Dory del pilar y otros. Infraestructura bajo el enfoque de una producción más limpia en el subsector cafetero, Cofee Company Huila - Coproagro, 2008

MEDINA, Néstor. Consulta personal, 2008

MEIERE, E. Tratamiento de las aguas residuales de loa beneficios de café en Costa Rica. 1998. <http://www.infoagro.com>

Young, M.A. Tratamiento anaerobio de aguas residuales de beneficio de café en México. 1990 <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidual>

ZAMBRANO, Diego y otros. Tratamiento Anaerobio de las aguas mieles del café. Cenicafe, Chinchina, 2007

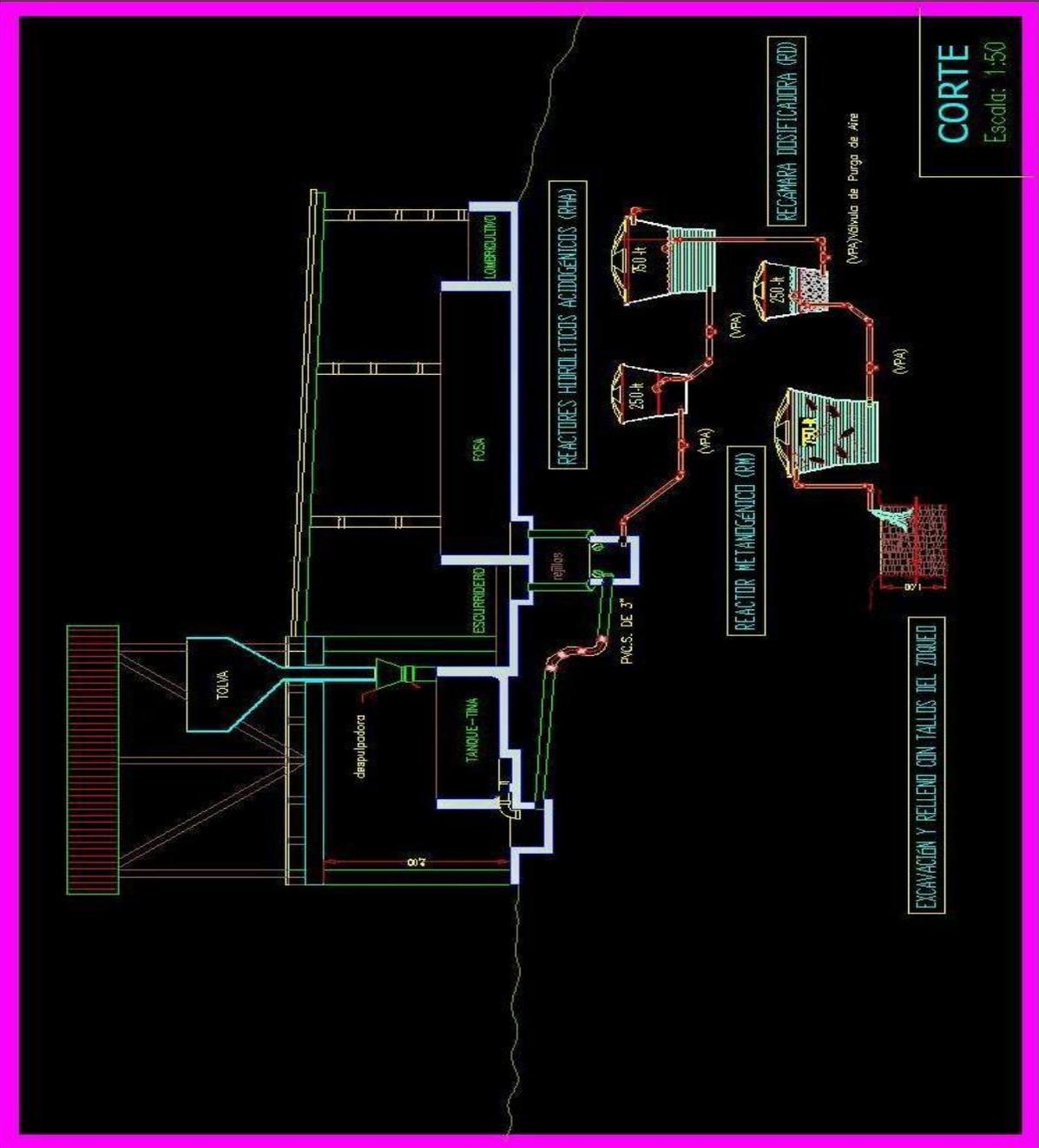
ZAMBRANO, Diego y otros. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Boletín Técnico Cenicafé No. 20:1-26, 1999

<http://www.cafedecolombia.com/caficultura/beneficio.html>

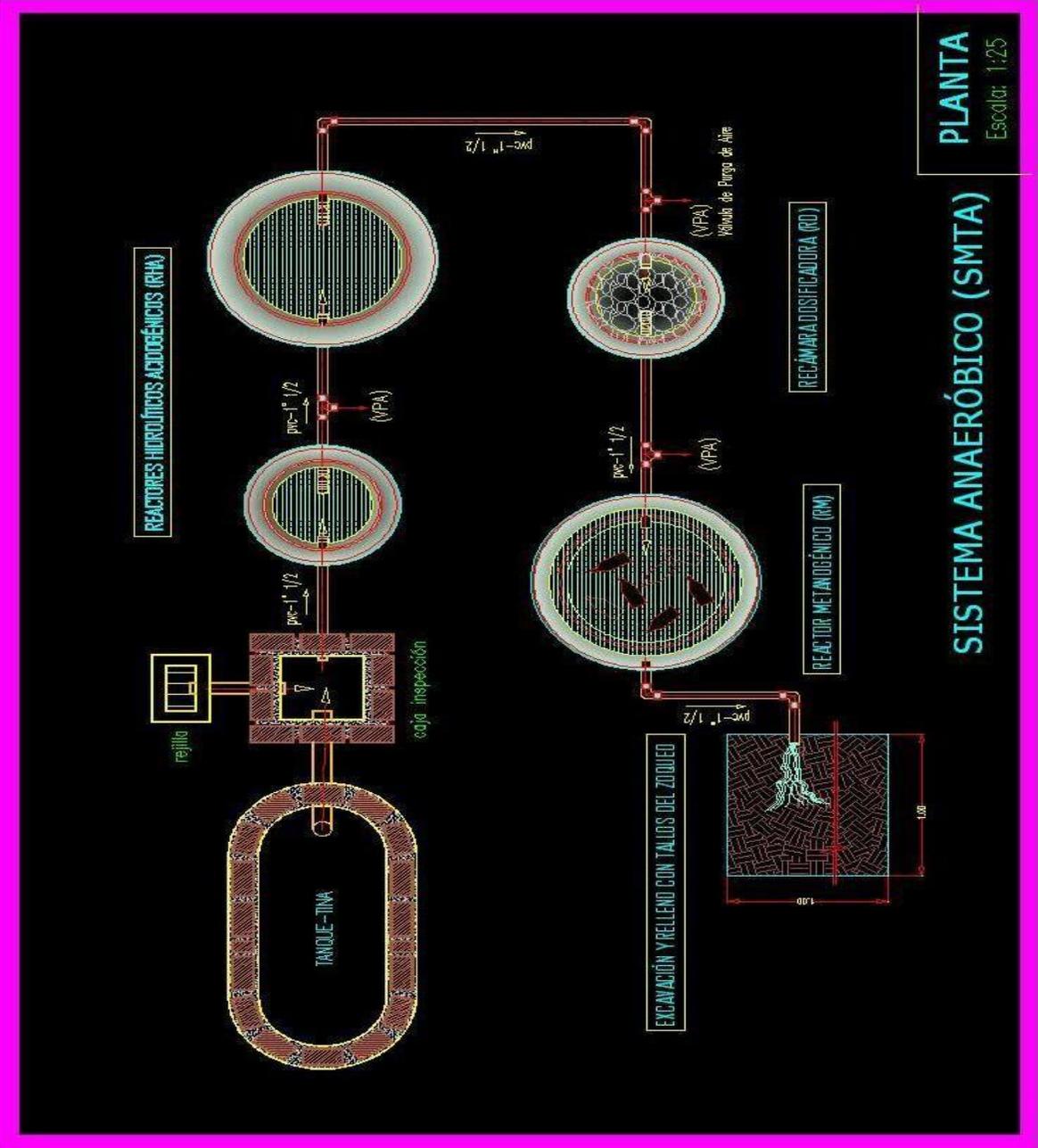
<http://www.cafedecolombia.com/servcaficultor/procesoproductivo/beneficioecolo.html>

PLANOS

SISTEMA DE TRATAMIENTO MODULAR ANAEROBIO (STMA)



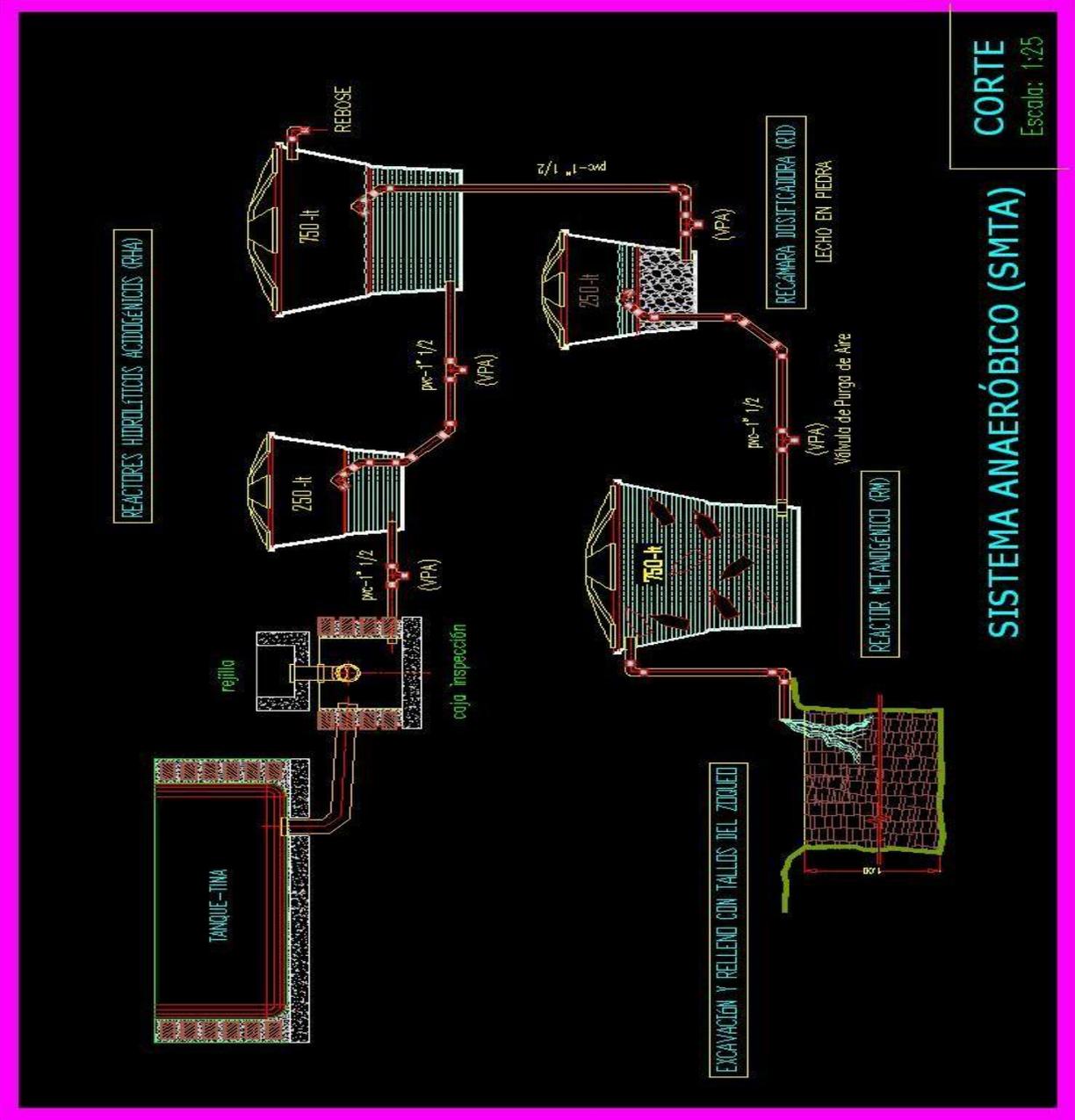
CORTE
Escala: 1:50



PLANTA

Escala: 1:25

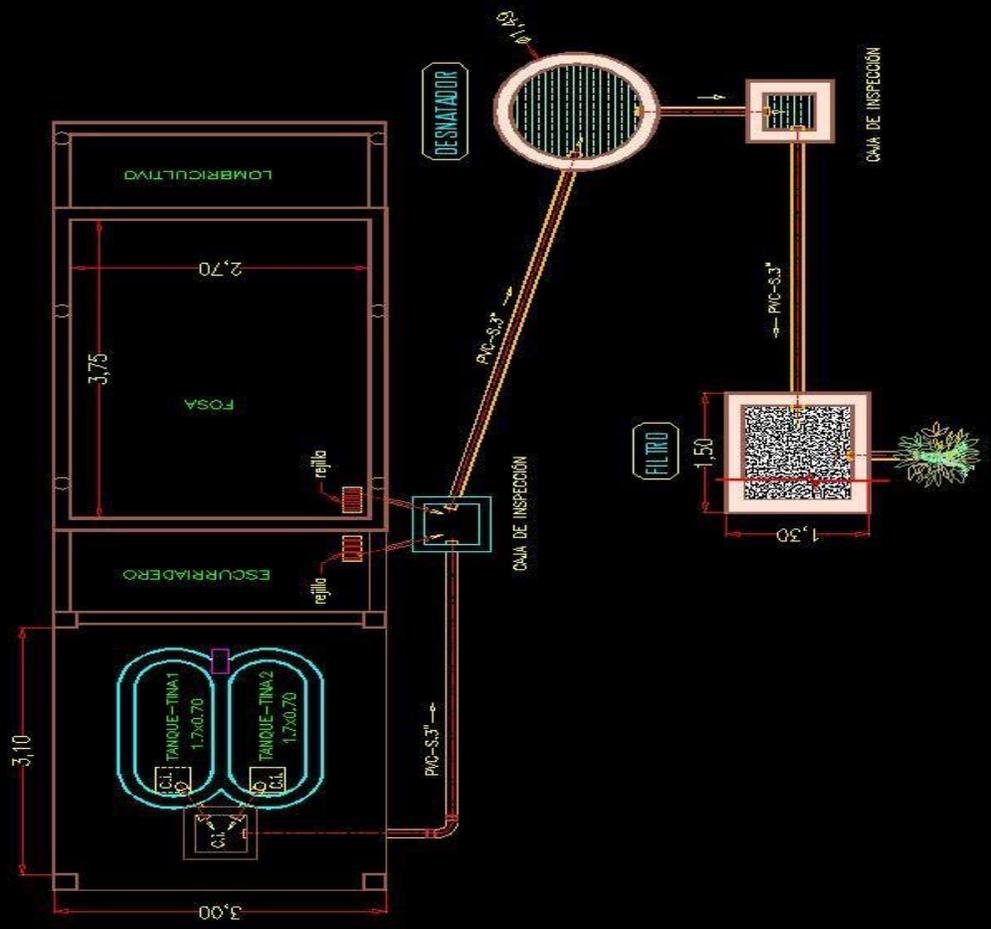
SISTEMA ANAERÓBICO (SMTA)



CORTE
Escala: 1:25

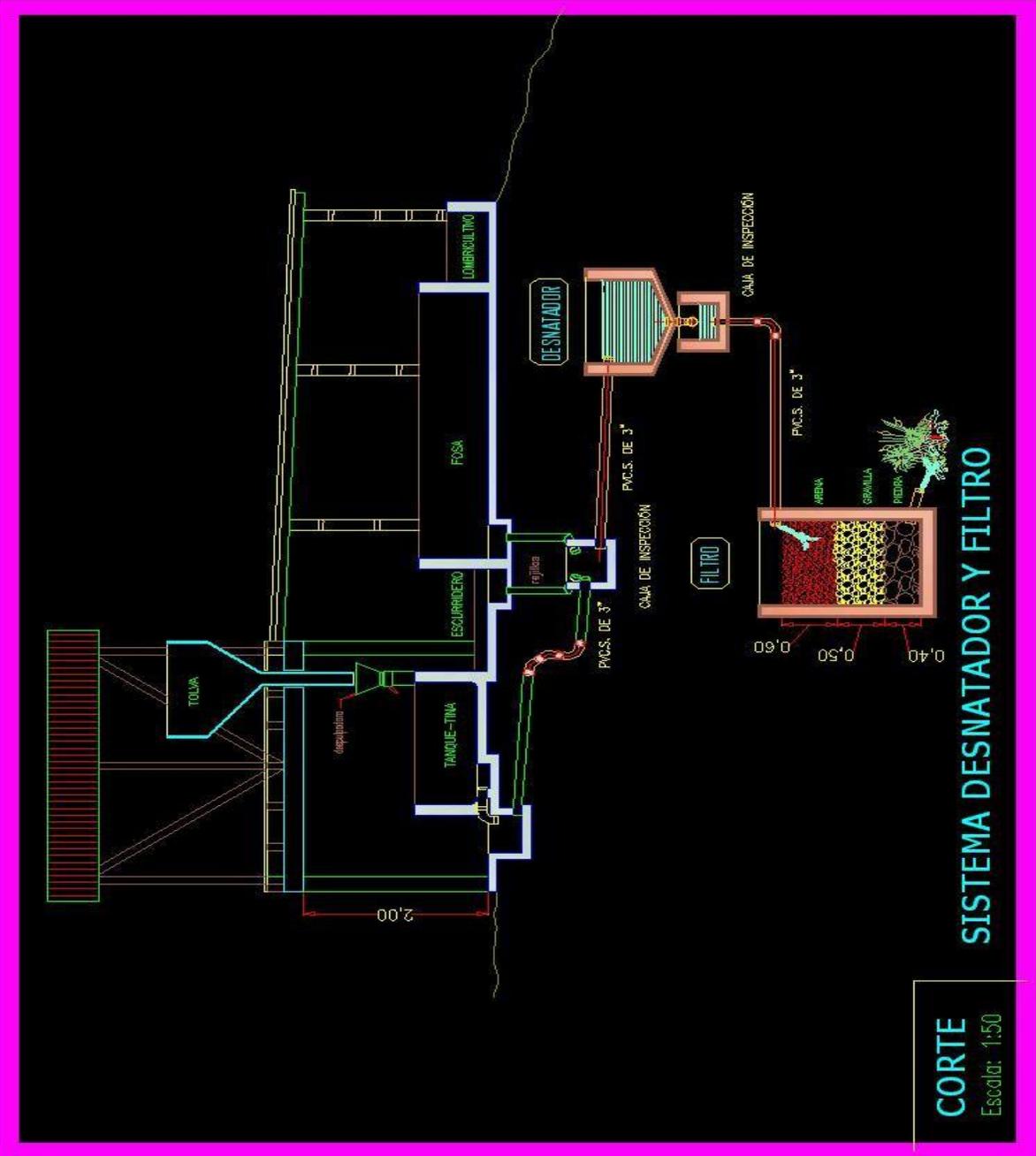
SISTEMA ANAERÓBICO (SMTA)

SISTEMA DESNATADOR Y FILTRO



PLANTA
Escala: 1:50

SISTEMA DESNATADOR Y FILTRO





CORTE
Escala: 1:25

SISTEMA DESNATADOR Y FILTRO

ANEXOS

ANEXO A

REGISTRO FOTOGRAFICO

Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA) Vereda Villa Colombia. Municipio La Plata



Figura 22. Sistema de tratamiento Modular Anaerobio (STMA 360) Finca: Bella vista



Figura 23. Sistema de tratamiento Modular Anaerobio (SMTA 180) Finca: Villa Linda



Figura 24. Reactor Hidrolítico – Acidogénico RHA (SMTA 180) Finca: Villa Linda



Figura 25. Recamara de Dosificación RD (STMA 180) Finca: Villa Linda



Figura 25. Reactor Metanogénico RM (STMA 180) Finca: Villa Linda



Figura 26. Reactor Metanogénico RM (STMA 180) Finca: Villa Linda

Sistema de Tratamiento por Desnatador y Filtro Vereda Villa Colombia. Municipio La Plata



Figura 27. Desnatador y Filtro
Finca: La Fortuna



Figura 28. Desnatador Finca: La Fortuna



Figura 29. Filtro Finca: La Fortuna

ANEXO B

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE AGUAS

Solicitante: **Proyecto Evaluación Preliminar de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales del Beneficio del Café de la Vereda Villa Colombia. La Plata-Huila.**

Municipio: **La Plata – Huila**

Fuente: **Agua residual beneficio de café**

Fecha de recibo: **Marzo 2 de 2009**

Fecha de entrega: **Marzo 18 de 2009**

ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	UNIDADES	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
Temperatura del Agua	°C	25	30	23	25
pH	Unidades	4.0	6.0	4.0	6.0
DBO5	mg/l O ₂	2175	292	2950	278
DQO	mg/l O ₂	7100	1067	24270	1248
Sólidos suspendidos	mg/l	4703	200	9115	280
Grasas y Aceites	mg/l	7.8	4.4	29.2	4.6

ND: No detectado

OBSERVACIONES:

- **Ubicación**

M1: Finca uno entrada

M2: Finca uno salida

M3: Finca dos entrada

M4: Finca dos salida

- Los resultados corresponden estrictamente a una muestra de agua puesta en el laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana.

ARTICULO

EVALUACION PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ DE LA VEREDA VILLA COLOMBIA. LA PLATA – HUILA

*EDUARDO VALENCIA GRANADA
**MARIA ALEJANDRA CORTES LASSO
**ASTRID TATIANA RIOS OROZCO

RESUMEN

Para una evaluación preliminar de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café en la vereda Villa Colombia municipio de la Plata, se seleccionaron dos sistemas: Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio (STMA) y Desnatador y Filtro. Se tomó una muestra al afluente y efluente de cada sistema, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana. Las eficiencias teóricas del STMA se consideran altas, 80% en DBO, DQO y S.S y 27% en G y A; y las del Desnatador y Filtro aceptables, DBO = 68%, DQO = 55%, S.S = 76% y G y A = 68%. Las eficiencias reales, superaron las teóricas en ambos sistemas, en el STMA se encontró DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% y G y A = 43%; y para el Desnatador y Filtro DBO = 90%, DQO = 95%, S.S = 97% y G y A = 84%. Ambos sistemas son buenos para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, son relativamente de bajo costo y de fácil operación y mantenimiento. Sin embargo, el sistema Desnatador y Filtro arrojó mayores eficiencias de remoción de contaminantes, es de menor costo y de más fácil operación y el STMA de más fácil mantenimiento.

Palabras claves. Beneficio del café, Aguas residuales, Tratamiento

ABSTRACT

For a preliminary evaluation of the systems of treatment of the residual waters for coffee's benefit in the village of Villa Colombia in the municipality of La Plata, Huila; two systems were selected: Anaerobe Modular Treatment System (STMA) and Sedimentation system and Filter. It was taken a sample from the flowing and effluent that was analyzed in the water laboratory of the Surcolombiana University. The theoretical efficiencies of the STMA were considered high: 80% of DBO, DQO and S.S; and a 27% of G y A; and the ones from the Sedimentation system and Filter were acceptable with a DBO= 68%, DQO= 55%, S.S= 76% and G y A= 68%. The real efficiencies, come over the theoretical ones in both systems: in the STMA it was found DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% and G y A = 43%; and for the Sedimentation system and Filter: DBO= 90%, DQO = 95%, S.S = 97% and G y A= 84%. Both systems showed good results in the treatment of the residual waters for coffee's benefit, they both have a relatively low cost and have an easy manipulation and maintenance. However, the Sedimentation system and Filter system threw better efficiencies in the removal of contaminants, has a lower cost and is easier to operate and is more easy maintenance the STMA.

Key Words. Coffee's benefit, Residual waters, Treatment

*Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental – Profesor Facultad Ingeniería. Un. Surcolombiana

**Estudiante Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana

INTRODUCCION

En el mundo, ya es reconocido el deterioro de los recursos naturales. Debido a la contaminación, el recurso más afectado son las fuentes superficiales de agua. Colombia y el Departamento del Huila, no son ajenos a esta problemática, las fuentes de agua son sometidas a fuertes descargas de aguas residuales generalmente sin ningún tratamiento, generando problemas de salud pública y deterioro del recurso.

En el Departamento del Huila, después de las aguas residuales domesticas, son las aguas residuales de la producción agropecuaria las que mayor impacto causan sobre el ambiente; y de estas las de mayor importancia son las aguas residuales del beneficio del café.

Ya sea por exigencia de los consumidores de cafés especiales, o por los de la Autoridad Ambiental la CAM, o por la conciencia de los mismos campesinos; los productores de café han iniciado la construcción de sistemas de tratamiento de las aguas residuales del beneficio.

Dos tipos de sistemas para tratar aguas residuales del beneficio del café, se encontraron en la vereda Villa Colombia, uno consistente en un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (STMA), diseñado en Cenicafé. Y el otro, esta conformado por un Desnatador y un Filtro, que el Comité de Cafeteros ha venido implementando desde algún tiempo.

Se presentan los resultados de una evaluación preliminar de estos dos sistemas, para lo cual se tomo una muestra de un sistema de cada uno de ellos.

MARCO CONCEPTUAL

SISTEMA DE TRATAMIENTO MODULAR ANAEROBIO (STMA)

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (STMA), es un prototipo ecológico propuesto por Cenicafé para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café; sus componentes esenciales son: los Reactores Hidrolíticos-Acidogénicos RHA, la recámara de dosificación RD y el Reactor Metanogénico RM. Dentro del concepto de biodegradabilidad anaerobia de residuos, Los STMA contemplan la separación de las fases Hidrolíticos-Acidogénicos y Metanogénica, por tal razón, en los tanques que conforman los reactores para dichas fases, se experimentan reacciones bioquímicas diferentes. (Zambrano y otros, 2007)

Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos RHA

Para la fase Hidrolítica-Acidogénica de las aguas mieles, se construye una batería de RHA, utilizando un tanque de polietileno negro en tronco de cono, Multiusos Acuaviva Colombit u otro con características similares, de 2 m³ de capacidad con una altura de 156 cm (sin tapa), un diámetro superior de 146 cm y un diámetro inferior de 115 cm. Las aguas residuales procedentes del lavado del mucílago fermentado del café entran al RHA por el fondo y salen a través de un dispositivo ubicado en la parte superior del tanque (flujo ascendente), pasando posteriormente a los otros tanques de la batería. Durante la mayor parte del año queda establecido como mínimo un tiempo de retención 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. (Zambrano y otros, 2007)

Recamara de Dosificación RD

Los efluentes de los RHA llegan a la Recamara de Dosificación – RD, sistema de dosificación de las aguas residuales por la parte superior (flujo descendente), formado por un tanque de polietileno Multiusos, Acuaviva Junior x 250 litros con tapa, altura de 65 cm, que dispone de una válvula de flotador, que permite garantizar un caudal uniforme mediante una cabeza hidrostática constante. En el fondo se instala un marco recolector que luego reparte el flujo a los reactores metanogénicos. Para proteger el marco recolector se instala un lecho filtrante de unos 20 cm de altura compuesto de una capa de piedras de unos 10 cm de diámetro cerca de los orificios de salida y se completa con gravilla. (Zambrano y otros, 2007)

Reactores Metanogénicos RM

Los efluentes de la Recamara de Dosificación se reparten uniformemente a los dos Reactores Metanogénicos (RM), constituidos por filtros anaeróbicos de flujo ascendente. El lecho filtrante lo compone material inerte reciclado y en trozos (botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros) empacados al azar; que sirve de soporte a los microorganismos. Por tratarse de un sistema anaerobio, se requiere el arranque del sistema.

Aclimatación y Arranque del sistema

La aclimatación del sistema dura aproximadamente 60 días, iniciándose después la fase de estabilización, caracterizada por alcanzar eficiencias de remoción de DBO superiores al 80%. (Zambrano y otros, 2007)

Resultados

En los años 2003 y 2004 se trataron las aguas residuales del lavado del café utilizando esta nueva propuesta de STMA, en la sede principal del Centro Nacional de Investigación de Café Cenicafé. La aclimatación y el arranque se llevaron a cabo durante 256 días, 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, se encontró que las botellas plásticas no retornables presentaban una porosidad de 98,7%. Las eficiencias de remoción promedio para el estado estable del reactor metanogénico fueron 80, 83.4, 45.99 y 74.3% para DQO, DBO₅, sólidos totales y sólidos suspendidos totales respectivamente. (Zambrano y otros, 2007)

SISTEMA TRAMIENTO POR DESNATADOR Y FILTRO

Para el manejo de las aguas residuales procedentes del beneficio del café el Comité de Cafeteros recomienda la implementación del tanque Desnatador y el Filtro. Al Desnatador le llega el agua de lavado, que contiene la mayor carga de mucílago removido durante el enjuague, se deja 24 horas, se extrae la nata y se deposita en la fosa. Luego esta agua se pasa por una malla de anejo fino, que servirá de colador ubicado sobre el Filtro. El agua sin el mucílago entrará en el filtro. El lodo que queda precipitado en el fondo del Desnatador se extrae y se envía a la fosa. El Filtro debe tener una profundidad de 2 metros y un ancho de 1.5 metros. Debe llevar tres capas cada una de 50 centímetros. La primera capa de piedra en el fondo; la segunda gravilla, y la tercera de arena lavada de río. El fondo del filtro debe tener una salida de desagüe. Esta agua es enviada a una fuente de agua. (Medina, 2008)

Resultados

En análisis realizados por la Federación Nacional de Cafeteros a este tipo de sistema, presentan resultados de eficiencia de remoción del 46% de DQO y 44% de DBO, con datos de entrada al sistema DBO₅ = 17200 mg/L, DQO = 36600 mg/L, pH = 4.6 y a la salida DBO₅ = 9702 mg/L, DQO = 19800 mg/L, pH = 4.98 (Medina, 2008)

En sistemas de este tipo ubicado en el municipio de La Plata, se encontraron resultados a la entrada de: pH = 3.3, DBO₅ = 111780 mg/L, DQO = 192000 mg/L y SST = 22000 mg/L y a la salida del sistema: pH = 5.5, DBO₅ = 10602 mg/L, DQO = 22000 mg/L y SST = 84.4 mg/L; con remociones de DBO₅ = 68% y en SST = 92%. (Leiva y Marín, 2006)

METODOLOGIA

La vereda Villa Colombia esta ubicada en el municipio de La Plata, localizado a 122 km de la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila, por la vía sur-occidente

que conduce a Popayán. La Vereda Villa Colombia esta localizada a 20 km desde la cabecera municipal.

La metodología para la evaluación de los sistemas, contempló los siguientes métodos.

Recolección Información básica. Mediante visitas al Comité de Cafeteros de la Plata se recolectó información de la vereda Villa Colombia, sobre: números de fincas cafeteras, tamaño de las fincas, tipos de beneficiaderos y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Identificación de los sistemas. Se visitaron 10 fincas productoras de café con beneficio ecológico con el objetivo de conocer los sistemas, sus unidades y su estado de operación.

Muestra. De las fincas visitadas se seleccionaron dos fincas para el estudio; con las siguientes características: beneficio ecológico del café y diferente sistema de tratamiento. El método de selección fue aleatorio.

Visitas a los sistemas seleccionados. Para recolectar información sobre producción, beneficio y tratamiento de las aguas residuales; priorizando las unidades de los sistemas, su funcionamiento y operación. Se tomaron datos, medida y fotografías.

Muestreo. Para cada uno de los sistemas, se determinaron los puntos de muestreo (P1: Afluente del Sistema, P2: Efluente del Sistema). Se tomaron muestras para determinación de los siguientes parámetros in-situ: Temperatura (T), pH y caudal (Q). Para los parámetros que requiere análisis de laboratorio, se tomó una muestra simple a la entrada y salida de cada Sistema, en recipientes plásticos de 1 litro, se rotularon y refrigeraron y se entregaron al Laboratorio de Aguas de la Universidad Surcolombiana para el análisis de los siguientes parámetros: DQO, DBO₅, S.S, y Grasas y Aceites.

Análisis de la información. Con los resultados de laboratorio se determinaron mediante los cálculos correspondientes las eficiencias reales de remoción de DBO, DQO, S.S y Grasas y Aceites, de los dos sistemas. Mediante comparación de las eficiencias de remoción de contaminantes, se establece cual de los dos sistemas es más eficiente.

RESULTADOS

De las 27 fincas que conforman la vereda Villa Colombia del municipio de La Plata, 18 cuentan actualmente con sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio del café lo que representa el 67% de las fincas. Se encontraron dos tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales para el beneficio del café: un sistema conformado por

Desnatador y Filtro y el otro denominado Sistema de Tratamiento Modular Anaerobio STMA. En 13 fincas se encontró el sistema Desnatador y Filtro, construido en cemento y ladrillo y en 5 fincas el sistema STMA, con tanques prefabricados Rotoplast. Lo que significa que el 72% de las fincas cuentan con sistemas Desnatador y Filtro y el 28% con STMA.

El estado actual de construcción, operación y mantenimiento de los sistemas puede considerarse como bueno, están totalmente construidos, con sus unidades y acoples en buen estado.

En la evaluación preliminar de las eficiencias teóricas de remoción de contaminantes, las del sistema STMA se consideran altas, 80% en DBO, DQO y S.S y 27% en G y A. Las del sistema Desnatador y Filtro se consideran aceptables, DBO = 68%, DQO = 55%, S.S = 76% y G y A = 68%.

Las remociones reales producto de los resultados del laboratorio, superan los porcentajes de remociones teóricas calculadas, en ambos sistemas. En el sistema STMA las remociones reales de DBO = 86%, DQO = 85%, S.S = 96% y G y A = 43%, se consideran altas. Para el sistema Desnatador y Filtro las remociones reales, DBO = 90%, DQO = 95%, S.S = 97% y G y A = 84%, se consideran igualmente altas.

De los resultados de las eficiencias teóricas las eficiencias de remoción de contaminantes son mayores en el sistema SMTA que en el sistema Desnatador y Filtro. Al contrario, las eficiencias reales son mayores en el sistema Desnatador y Filtro que en el sistema STMA.

A pesar de que las eficiencias reales del sistema Desnatador y Filtro dieron mayores que las del sistema STMA, este resultado debe ser tomado con sumo cuidado, por cuanto las aguas residuales que trataban ambos sistemas eran de diferentes beneficiaderos (diferentes aguas residuales) y además por limitaciones de recursos no se analizó un número suficiente de muestras, de tal manera que los resultados tuvieran mayor confiabilidad estadística.

Los resultados obtenidos pueden estar afectados por los mayores contenidos de contaminantes: DBO, DQO y S.S del sistema Desnatador y Filtro, lo cual puede ser causado por un deficiente beneficio del café, posiblemente por mayor tiempo de lavado.

Ambos sistemas son recomendables para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, son de relativamente bajo costo y de fácil operación y mantenimiento. Sin embargo, el sistema Desnatador y Filtro arroja mayores eficiencias de remoción de contaminantes, es de menor costo que el STMA y de más fácil operación por ser un sistema más flexible que el STMA; pero el sistema STMA es de más fácil mantenimiento (la acidez de las aguas residuales del beneficio del café

corroen el concreto de los desnatadores).

CONCLUSIONES

De las fincas de la vereda Villa Colombia en el municipio de La Plata el 67% cuentan con sistema de tratamiento de aguas residuales para el beneficio del café. Se encontraron dos tipos de sistema, el sistema STMA y Desnatador y Filtro. el 72% de las fincas tienen el sistema Desnatador y Filtro y el 28% STMA.

El estado de construcción, operación y mantenimiento de los dos sistemas es bueno, la operación es normal con flujo de agua estable y continuo, permitiendo el buen funcionamiento en ambos sistemas.

Las eficiencias de remoción de contaminantes en ambos sistemas en DBO, DQO y S.S superan el 80%, demostrando que ambos sistemas son buenos para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café.

El sistema Desnatador y Filtro resultó ser más eficiente en remoción de contaminantes, de menor costo y más fácil operación que el sistema STMA; pero el sistema STMA es de más fácil mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

LEIVA BENAVIDES, Dory del pilar., MARIN PULIDO, María del Carmen. Beneficiadero tipo bajo el enfoque de producción mas limpia en el proyecto San Rafael en los municipios de Gigante y La Plata. Trabajo de grado Modalidad Pasantía Supervisada, 2006

LEIVA BENAVIDES, Dory del pilar y otros. Infraestructura bajo el enfoque de una producción más limpia en el subsector cafetero, Cofee Company Huila - Coproagro, 2008

MEDINA, Néstor. Consulta personal, 2008

ZAMBRANO, Diego y otros. Tratamiento Anaerobio de las aguas mieles del café. Cenicafe, Chinchina, 2007

ZAMBRANO, Diego y otros. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Boletín Técnico Cenicafé No. 20:1-26, 1999

