

**APOYO A LA UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA UMATA EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA
ADECUADA DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA
RURAL DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

YULI GÓMEZ URBANO



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2012**

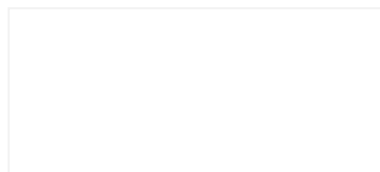
**APOYO A LA UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA UMATA EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA
ADECUADA DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA
RURAL DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

YULI GÓMEZ URBANO

**Informe final de trabajo de grado, modalidad de pasantía, presentado como
requisito parcial para optar el título de Ingeniera Ambiental**

**Director
Ingeniero Luis Jorge Gonzales**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2012**



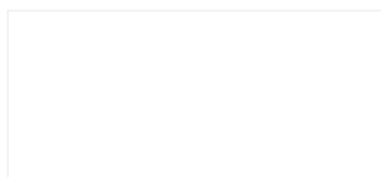
Notas de aceptación

Director de trabajo

Jurado

Jurado

Popayán, Diciembre de 2012

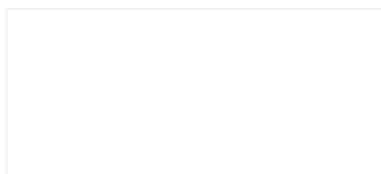


CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1 TRAMPA DE GRASA	11
3.2 TANQUES SÉPTICOS	11
3.3 SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO (SMTA)	14
3.3.1 Reactor Hidrolítico – Acidogénico (RHA)	14
3.3.2 Reactores Metanogénicos – (RM)	15
3.3.3 Acidificación de los Reactores Metanogénicos	15
4. METODOLOGÍA	17
4.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 35 TRAMPAS DE GRASA	17
4.2 DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS	17
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS REACTORES SMTA	18
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5.1 INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS TRAMPAS DE GRASA	19
5.2 IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS DE SECCIÓN RECTANGULAR	23
5.3 INSTALACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS REACTORES SMTA	26
6. CONCLUSIONES	35
7. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	39

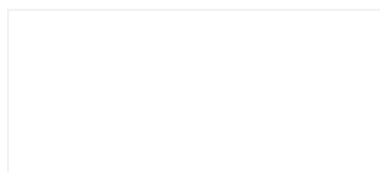
LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Dimensiones de las trampas de grasa	21
Cuadro 2. Chequeo de trampas de grasa	21
Cuadro 3. Dimensiones del tanque séptico rectangular	26
Cuadro 4. Tiempos de arranque para el SMTA.	31



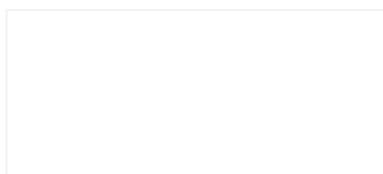
LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Instalación de trampa de grasa en la vereda la Meseta	20
Figura 2. Instalación de trampa de grasa en la vereda de la Rejoya	20
Figura 3. Implementación de trampa de en la vereda el Danubio	20
Figura 4. Esquema del sistema modular del tratamiento anaerobio (SMTA)	28
Figura 5. RHA antes de instalarlos	29
Figura 6. RHA instalados	30
Figura 7. Reactor Metanogénico- RM	30
Figura 8. Práctica en campo, SMTA, en la Vereda La Calera	31
Figura 9. Instalación de trampa de pulpas en la vereda Los Cerrillos.	32
Figura 10. Toma de niveles en la vereda de la Rejoya	32
Figura 11. Instalación del SMTA en la vereda de la Rejoya	33
Figura 12. Instalación del SMTA en la vereda La Calera	33
Figura 13. Material de soporte para los microorganismos en la vereda La Meseta	34
Figura 14. Adición de las bacterias al reactor Metanogénico en la vereda La Meseta	34



LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Implementación de los Reactores SMTA	39
Anexo B. Inoculación de los Sistemas de Tratamiento de aguas mieles	41
Anexo C. Transformación de café cereza a café pergamino seco (c.p.s)	43
Anexo D. Certificado culminación de pasantía	47



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años y particularmente en las veredas La Rejoya, Las Mercedes, La Calera, Los Cerrillos, La Meseta, Santa Rosa, Calibío, El Danubio, pertenecientes a la zona rural del municipio de Popayán Cauca, la calidad del ambiente se ha deteriorado a tasas que no tienen precedentes, lo que ha llevado a la crisis ambiental. Crisis que se caracteriza por alteraciones a las fuentes hídricas, debido a un inadecuado manejo de aguas residuales domésticas y las generadas en el beneficio húmedo del café.

Con las visitas realizadas a estas veredas se logró determinar que algunas viviendas cuentan con un tratamiento primario de aguas residuales (tanque séptico) mal diseñado ya que no tienen implementada su respectiva trampa de grasas, lo cual impide que el sistema alcance su máxima eficiencia. Respecto a las aguas mieles generadas en el lavado del café se observó que todas las viviendas vierten el agua directamente a las fuentes hídricas o la infiltran al suelo sin ningún control.

Es importante realizar un adecuado tratamiento de aguas residuales antes de su disposición final para evitar contaminación por escorrentías de aguas superficiales y subterráneas, además del suelo.

Surge así la necesidad de intervenir y empezar por detener el deterioro ambiental que se presenta por el cultivo y procesamiento del café, implementando técnicas y equipos ecológicos para el tratamiento de aguas mieles como el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA), ya que con la utilización de sistemas eficientes de descontaminación de aguas mieles los caficultores pagarán menores tasas retributivas, y sobre todo mejorarán y elevarán la calidad del producto final, el Café Pergamino Seco (CPS).

Con la implementación de 35 trampas de grasa se logra separar los residuos sólidos y las grasas, evitando su ingreso directamente al tanque séptico, mejorando su eficiencia. Además en las viviendas donde no se contaba con un sistema de tratamiento se efectuó su diseño y respectivo montaje.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la minimización de los impactos causados en los recursos hídricos por los vertimientos de aguas domésticas, en los últimos años se han implementado sistemas eficientes de disminución de carga orgánica tales como trampas de grasa y tanques sépticos los cuales presentan alternativas viables y económicas empleadas en pequeñas poblaciones de aéreas rurales (Garcés *et al.*, 2004).

La contaminación del agua es un hecho de gran importancia ya que los contaminantes se acumulan y se transportan tanto por las aguas superficiales como subterráneas para las cuales la fuente principal de daño son las aguas residuales domésticas (Garcés *et al.*, 2004).

Colombia no cuenta con un proceso adecuado para el planeamiento de la inversión en tratamiento de las aguas residuales municipales, especialmente en áreas rurales donde su actividad económica está basada principalmente en cultivos y ganadería. Las entidades de los órdenes Nacional, regional y municipal tienen no disponen de suficientes herramientas para soportar las decisiones en información ambiental, financiera, cultural y técnica (Barrera *et al.*, 2005).

El beneficio húmedo del café requiere agua para realizar las operaciones de transporte, clasificación del grano maduro, remoción del mucílago, despulpado y sobre todo en el lavado, lo que implica que esta agua no es limpia puesto que contiene pulpa, mucílago u otras sustancias que afectan la calidad del agua; dándole un color marrón, un mal sabor y olor además de provocar la muerte de peces por la falta de oxígeno (Comité Departamental de Cafeteros del Cauca, 2009).

Es mucha la problemática ambiental que se ha generado y que se puede seguir incrementado por el desarrollo del cultivo de café en el departamento; el Comité de Cafeteros del Cauca con la ayuda de instituciones públicas como la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) han venido adelantando acciones para mitigar los efectos de tal manera que se pueda generar una producción sostenible y sustentable donde permita conservar y/o preservar los recursos naturales (Comité Departamental de Cafeteros del Cauca, 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Promover una adecuada disposición de las aguas residuales domésticas y las aguas residuales generadas a partir del desarrollo de las actividades agropecuarias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Participar en el diseño y en la implementación de 35 trampas de grasa e instruir a la comunidad en la operación y mantenimiento de las mismas.
- Diseñar y recomendar unidades de tratamiento primario (tanque séptico), para las viviendas.
- Implementar alternativas de manejo ambiental para una adecuada disposición de aguas mieles del lavado del café utilizando el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA), empleando tanques de polietileno.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 TRAMPA DE GRASA

El empleo de trampas de grasa es necesario para el acondicionamiento de las descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados, en donde exista el peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales.

La trampa de grasas es un dispositivo ubicado entre las líneas de desagüe de la casa y las alcantarillas, que permite la separación y recolección de grasas y aceites del agua usada y evita que estos materiales ingresen al sistema de tratamiento; puede colocarse dentro o fuera de la vivienda. Para su funcionamiento reducen el flujo del agua procedente de los desagües, con un tiempo de retención suficiente para que las grasas se enfríen. Este enfriamiento hace que las grasas se coagulen y floten en la superficie mientras que otros sólidos más pesados se depositan en el fondo de la trampa. El resto del agua pasa libremente hacia el tanque séptico.

➤ Requisitos previos

- Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.
- Las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
- Las trampas de grasas pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.
- Las trampas de grasas se ubicarán en sitios donde puedan ser inspeccionadas y con fácil acceso para limpiarlas (Sánchez, 2010).

3.2 TANQUES SÉPTICOS

Son tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas en zonas rurales, los cuales deben llevar un sistema de pretratamiento como la trampa de grasas, donde se recomienda solamente para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
 - Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
 - Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presenta diámetros reducidos.
 - No está permitido que les entre: aguas lluvias ni desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento.
 - Los efluentes a tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial. Deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad del vertimiento (Tratamiento de aguas residuales RAS, 2000).
- Para la operación y mantenimiento de un tanque séptico rectangular
- El mantenimiento debe realizarse de manera preventiva, por lo menos una vez al año.
 - Se deberá hacer una verificación de la cantidad de lodos acumulados, introduciendo una vara la cual registra la altura de los lodos, los cuales deben estar por lo menos a 5 cm sobre el nivel de la boca inferior del tanque.
 - Debe hacerse limpieza de los tanques al final del periodo de diseño.
 - La limpieza debe realizarse en periodo seco, con el fin de eliminar el agua de los lodos retirados de manera homogénea.
 - Para la extracción de lodos se debe mezclar el contenido del tanque, con el fin de retirar tanto el material “viejo” como el material “fresco” simultáneamente, permitiendo el buen funcionamiento del sistema. En el caso de no contar con un equipo de bombeo, se puede utilizar baldes.
 - Se debe extraer solamente el 80% de su contenido, dejando dentro de él un volumen equivalente al 20% del total, este material se deja como “semilla” de bacterias activas, para darle continuidad al funcionamiento del sistema (Rosales, 2003).

El tratamiento de las aguas residuales del procesamiento del café ha sido una consecuencia del desarrollo de la civilización y que se caracteriza por el aumento de la densidad demográfica y expansión industrial. Razones que perjudican el tratamiento de las aguas residuales, pueden ser higiénicas, económicas, legales. Además de generar una demanda del líquido, también produce un gran caudal de

aguas residuales, ya que estos sistemas acuáticos presentan niveles muy elevados de contaminación fecal (Castañeda, 2010).

El cultivo y procesado del café es una de las actividades agroindustriales más importantes; sin embargo, dicha actividad conlleva grandes impactos ambientales, ya que genera aguas residuales con alta carga contaminante. La peligrosidad ecológica de estos vertidos ha potenciado la búsqueda de alternativas para su tratamiento y disposición final tales como el empleo de una comunidad microbiana adecuada, proveniente de lodos residuales o excretas de animales (Islas, 2008).

Este último autor empleó una comunidad microbiana proveniente del fluido ruminal vacuno, para evaluar la factibilidad de su empleo en la depuración de aguas residuales provenientes del despulpado del café, mediante la disminución de la carga orgánica expresada como DQO, además del volumen de metano generado. Su consorcio es capaz de adaptarse al sustrato y degradar la mayor parte de su carga orgánica, lo cual lo convierte en una interesante opción biotecnológica para el tratamiento de vertidos del despulpado de café. Pero muchos de los compuestos presentes en estos vertidos son difíciles de degradar por los consorcios microbianos empleados en las plantas de tratamiento. Es por esto que, para obtener altas eficiencias en la remoción del material orgánico resulta imperativa la búsqueda de biomasa que sea capaz de degradar sus principales compuestos contaminantes. Un problema adicional en el tratamiento de estos vertidos se genera debido a que la cosecha del café es estacional, lo cual dificulta la opción de mantener activo un inóculo especializado en las plantas depuradoras durante la época en que no se procesa material (Islas, 2008).

Se sabe que el procesado del café puede realizarse a través de dos diferentes rutas, por un lado está el procesado húmedo y por el otro el procesado en seco el cual se consume aproximadamente 1 L de agua por kilogramo de café. Las etapas involucradas en el proceso húmedo son: recolección, lavado, selección, despulpado y secado del café. Aquí, el lavado y despulpado son las operaciones unitarias que mayor cantidad de agua emplean, siendo el despulpado la fase que introduce una considerable cantidad de compuestos orgánicos al vertido (Islas, 2008).

El centro Nacional de Investigaciones de café ha generado metodologías apropiadas para el cultivo y beneficio del fruto, una de ellas es por vía húmeda, con el fin de controlar la contaminación potencial de las fuentes de agua ocasionada por la inadecuada disposición de los subproductos del proceso de beneficio (pulpa y mucilago principalmente), manteniendo o aumentando los ingresos del caficultor además de obtener cafés de alta calidad, tanto física como en taza (Rodríguez, 1998).

Esta tecnología involucra el despulpado del café sin agua, la remoción mecánica del mucilago y el tratamiento biológico de los residuos líquidos generados,

utilizando reactores anaerobios. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados durante el proceso del cultivo y beneficio del fruto, se está utilizando por medio de la lombricultura procesos de ensilaje, los cuales permiten obtener productos de un alto valor agregado, valorizando los subproductos del proceso e impidiendo que se conviertan en fuentes de contaminación de nuestros recursos naturales (Rodríguez, 1998).

Si no se manejan adecuadamente los subproductos generados en el proceso de cultivo del café, se generan impactos negativos muy elevados en el ecosistema cafetero, afectando tanto el aire, como el suelo y el agua. La pulpa y el mucílago son los principales subproductos del café que se generan durante el proceso de beneficio.

Con la depuración de las aguas residuales a valores que generen el menor impacto negativo en los ecosistemas, esto ayuda a mantener la oferta hídrica, protegiendo el ciclo hidrológico y generando beneficios a personas de la zona cafetera (Castañeda, 2010).

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio fueron diseñados para descontaminar las aguas residuales generadas en el lavado del café y originados en beneficios húmedos donde se retira el mucílago, donde se opera mediante la recirculación de agua (o la resultante del lavado en los tanques de fermentación como el tanque tina en los cuales consumen entre 4 y 5 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco (cps)) (Castañeda, 2010).

3.3 SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO (SMTA)

El SMTA es el prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales propuesto por Cenicafé. Un módulo SMTA consta de un reactor Hidrolítico-Acidogénico y un reactor metanogénico el cual se utiliza para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del lavado del café en los tanques de fermentación (Orozco, 2003).

Los componentes esenciales de un SMTA son:

3.3.1 Reactor Hidrolítico – Acidogénico (RHA). Recipiente donde ocurre la solubilización del material orgánico suspendido y la formación de ácidos. Dentro del concepto de biodegradabilidad anaerobia de residuos, los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio contemplan la separación de las fases Hidrolítica-Acidogénica y Metanogénica. Por tal razón en los tanques que conforman los reactores para dichas fases, se experimentan reacciones bioquímicas diferentes. Las aguas residuales procedentes del lavado del mucílago fermentado del café entran al RHA, por el fondo y salen a través de un dispositivo el cual es ensamblado sin utilizar pegante de PVC en las uniones entre los tramos de

tubería, se le hace una perforación en la parte superior para evitar la suspensión eventual del flujo por la acumulación de gas (Zambrano, 2006).

3.3.2 Reactores Metanogénicos – (RM). Recipiente donde ocurre la etapa final de la digestión anaerobia, en donde la contaminación soluble en forma de ácidos es transformada a biogás por la acción de microorganismos metanogénicos. Están constituidos por filtros anaeróbicos de flujo ascendente empacados al azar con el relleno inerte reciclado de botellas plásticas. Como soporte para los microorganismos se llena al azar su interior con trozos de botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros de capacidad, obtenidos mediante el corte transversal de la botella en tres partes. Cada tanque viene provisto de una tapa con sistema de cerrado que involucra guías y topes que permiten mantenerlo cubierto. La tubería de entrada del agua residual al reactor está provista de una “T” con tramo de tubería y tapón roscado de PVC, la cual permite que se retire para limpiar internamente la tubería en caso de obstrucción. Internamente la entrada del agua residual se realiza en el fondo por medio de un dispositivo cuadrado, construido en tubería de PVC y perforada lateralmente con 4 orificios de 7/32”, uno en el centro de cada lado. La salida del efluente se realiza en forma axial, utilizando una tubería de PVC con un corte transversal de 45°, conectadas por medio de un semicodo a una tubería de PVC que comunica con el exterior (Zambrano, 2006).

3.3.3 Acidificación de los Reactores Metanogénicos. La correcta inoculación, aclimatación y arranque del SMTA permite mantener un buen funcionamiento del sistema. No obstante en su operación pueden ocurrir periodos de funcionamiento deficiente o acidificación en la fase Metanogénica, caracterizados porque el líquido de salida alcanza un valor de pH menor que 5, y desprende un olor a cebolla picante.

Entre las causas conocidas más comunes que lo pueden acidificar están:

- Que al Reactor Acidogénico y Metanogénico esté llegando otro tipo de residuos, tales como detergentes, jabones o insecticidas provenientes de las máquinas fumigadoras dentro del tanque de fermentación del café.
- Que se estén adicionando solo los 2 o 3 primeros enjuagues del lavado del café y esto ocasiona una reducción en el volumen pero un incremento en la concentración de agua residual, lo que se traduce en una sobrecarga orgánica en la fase Metanogénica. Hay que tener en cuenta que la tecnología del lavado de los tanques de fermentación se efectúa utilizando 4 enjuagues.
- Que se esté beneficiando diariamente una cantidad superior a la calculada para la capacidad del SMTA. Para efectos de cálculo antes de determinar las

características de la construcción de un SMTA es necesario tener en cuenta si se beneficiará café de fincas vecinas con el fin de dimensionar adecuadamente las unidades del sistema (Zambrano, 1999).

4. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se desarrollo la siguiente metodología:

4.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 35 TRAMPAS DE GRASA

La implementación de las 35 trampas de grasa se llevó a cabo en las veredas de La Rejoja, Las Mercedes, La Calera, Los Cerrillos, La Meseta, Santa Rosa, Calibío, El Danubio, pertenecientes a la zona rural del municipio de Popayán Cauca, lo cual se logró por medio de recorridos y visitas técnicas a cada una de las viviendas asignadas por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), en donde se realizó un estudio con el fin de ubicar el sitio apropiado para la instalación de la trampa de grasas; además, dependiendo del número de habitantes en cada vivienda se estableció el caudal pico y su posterior diseño.

De las 35 trampas de grasa 12 se implementaron de forma artesanal, con la colaboración de la comunidad y las otras utilizando tarros plásticos. En algunas viviendas las aguas residuales provenientes de cocinas, duchas, y lavaderos no tenían un mismo sitio de disposición, por lo cual fue necesario instalar de dos o tres trampas de grasa en una vivienda y canalizar hacia el tanque séptico.

Durante la instalación se instruyó a la comunidad acerca del adecuado mantenimiento de las trampas de grasa, además de la importancia que tienen para la conservación de las fuentes hídricas y el manejo que se le da a las aguas residuales.

4.2 DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS

Los tanques sépticos rectangulares se implementaron en la misma zona donde se instalaron las trampas de grasas, ya que cada vivienda debe tener un tanque séptico y su respectiva trampa de grasa.

Durante las visitas a las diferentes viviendas se observó que en la mayoría tenían tanque séptico pero mal implementado, y otras viviendas no tenían, de esta manera dio lugar a que se diseñaran nuevos tanques sépticos en estas viviendas.

Los tanques sépticos que se diseñaron, se construyeron con el apoyo de la comunidad, quienes se encargaron de hacer las diferentes excavaciones para su respectivo tanque séptico y otros se implementaron en tarros de polietileno. Mientras se estaban instalando estos sistemas se le dio capacitación a la

comunidad acerca de cómo sería el mantenimiento que debían darle a estas unidades, y también se habló sobre las ventajas que tienen para la comunidad y que de esta manera ayudan a que se contaminen menos las fuentes hídricas y el ambiente.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS REACTORES SMTA

El Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA), que se implementó en las veredas de la Calera, los Cerrillos, La Rejoya, la Meseta del municipio de Popayán (Anexo A). Esto se llevó a cabo por medio de visitas a las diferentes veredas, donde se orientó a la comunidad acerca del SMTA, y las razones por lo cual ellos deberían instalar este sistema.

Luego se habló con los agricultores dueños de cada una de las fincas, para saber sobre la ubicación del sitio donde se instalaría el SMTA para lo cual se escogió un lugar del terreno que fuera inclinado.

Con ayuda de la comunidad se niveló el terreno, y se instaló cada uno de los sistemas iniciando con la trampa de pulpas, en donde se evitará acumulación de pulpa y granos dentro de esta, lo cual podrá ocasionar obstrucciones, derrames y olores muy desagradables en los alrededores.

En segundo lugar se instaló el reactor Hidrolítico-Acidogénico, en donde entran por el fondo las aguas residuales procedentes del lavado del mucílago fermentado del café, y salen a través de un dispositivo 52 cm de altura total.

A continuación se instaló el reactor Metanogénico, recipiente en el que ocurre la etapa final de la digestión anaerobia, en donde la contaminación soluble en forma de ácidos es transformada a biogás por la acción de microorganismos Metanogénicos. Finalmente se instruyó al respectivo dueño de cada una de las fincas en donde se instaló el SMTA, acerca del mantenimiento el cual ellos deberían seguir.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En desarrollo de la pasantía se obtuvieron los siguientes resultados

5.1 INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS TRAMPAS DE GRASA

La instalación de las trampas de grasa en las diferentes veredas se hizo con el fin de que las comunidades traten de no contaminar las fuentes hídricas y de esta manera cuidar el ambiente, aunque habían personas que no querían que les instalaran las trampas porque no las conocían, y no sabían cuál era el beneficio para ellos y para la comunidad, después de esto se dio una información necesaria, señalando que representan un tratamiento adecuado para la retención de grasas, jabones, aceites, espumas y flotantes, lo cual impide que parte de estas sustancias, muchas de ellas poco biodegradables sean vertidas en ríos y quebradas, algunas de las cuales son utilizadas como fuentes de abastecimiento para sistemas de acueducto.

Después la comunidad estaba muy interesada a que se las instalaran; incluso en viviendas, de modo que por el gran número de personas que las habitan se implementaron dos trampas, algunas de las cuales eran elaboradas con tarros de polietileno y lo que se hizo fue instalarlas en un sitio adecuado, que quedara retirado de la vivienda.

En el momento que se estaba instalando se habló sobre el mantenimiento a seguir, impartiendo entre otras, las siguientes instrucciones: limpiarlas regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa, evitando a su vez la generación de malos olores; igualmente, se les indicó que tal operación se debería hacer cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo, manualmente utilizando baldes, coladores, palas o herramientas que permitan remover la grasa, aceite y sólidos del fondo de la trampa; así mismo se les informó que los contaminantes removidos no deben desecharse al drenaje sanitario ni pluvial ni la vía pública conforme con los señalamientos del RAS (2000).

Para la comunidad la ejecución de las trampas de grasa fue muy importante porque es un manejo adecuado para las aguas residuales domésticas, impidiendo que estas vayan a parar directamente a las diferentes fuentes hídricas sin ningún tratamiento, y de esta manera no genere contaminación para el ambiente.

En la figura 1 y 2 muestra la instalación de trampas de grasa en recipientes plásticos, cerca de la cocina, con el fin de extraer las grasas que flotan libremente en las corrientes residuales.

Figura 1. Instalación de trampa de grasa en la vereda la Meseta



Fuente: Elaboración de trabajo

Figura 2. Instalación de trampa de grasa en la vereda de la Rejola



Fuente: Elaboración de trabajo

Figura 3. Implementación de trampa de en la vereda el Danubio



Fuente: Elaboración de trabajo

Cuadro 1. Dimensiones de las trampas de grasa

Q pico (m ³ /seg)	Tiempo detención (seg)	Vol.TG (m ³)	Área T.G (m ²)	Prof. T.G (H)(m)	B.L (m)	H total T.G (m)	Relación (L/B) (2/1)	Ancho (B) (m)	Largo (L) (m)
0.0025	180	0.4500	0.62	0.72	0.4	1.12	2	0.52	1.04

Fuente. Elaboración de trabajo

En el cuadro 1 se muestra un resumen de las dimensiones promedio de las trampas de grasas diseñadas en las veredas de La Mota, La Meseta, Santa Rosa, Los Cerrillos, El Danubio, Gualimbio, La Rejoja, Las Mercedes del Municipio de Popayán, realizadas durante los meses de septiembre y octubre del 2011.

Cuadro 2. Chequeo de trampas de grasa

Valor medido		Valor según la RAS 2000	
Caudal (L/min)	Volumen (Litros)	Caudal (L/min)	Volumen (Litros)
123.82	382.61	144	378

Fuente. Elaboración de trabajo

En el cuadro 2 indica el promedio del caudal y volumen total de las trampas de grasa instaladas en la zona rural del Municipio de Popayán y al comparar estos valores con los de la norma Tratamiento de Aguas Residuales Municipales RAS 2000, se observó que los valores encontrados se asemejan a los valores de la norma RAS 2000, con lo cual se deduce que los diseños realizados cumplieron con las dimensiones establecidas.

En el momento de las visitas a las fincas se realizaron algunos diseños de trampas de grasas para encontrar las sus respectivas dimensiones, en los siguientes ejemplos se muestran los cálculos realizados para el diseño de trampas de grasas

Diseño de las Trampas de Grasa.

Para el diseño de las trampas de grasa primero que todo se tuvo en cuenta el número de personas de cada vivienda, y con esto se encontró el caudal pico.

$$Q_{\text{pico}}=0.00216 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El tiempo de sedimentación se dio en segundos.

$$TD= 180 \text{ seg}$$

Para encontrar el volumen de cada trampa de grasa, se tuvo en cuenta el caudal pico de cada vivienda y el tiempo de sedimentación que en este caso fue 180 segundos.

$$V_{TG} = 0.00216 \text{ m}^3/\text{seg} * 180 \text{ seg}$$
$$V_{TG} = 0.38 \text{ m}^3$$

Para el área de las trampas de grasa, se tomó la relación entre 0.25 m^2 y 1 litro por segundo, y también el respectivo caudal pico de esa vivienda.

Área de la trampa de grasa (m^2)

$$A = \frac{0.25 \text{ m}^2}{1 \text{ L/seg}} * Q_{\text{pico}}$$

$$A = \frac{0.25 \text{ m}^2}{1 \text{ L/seg}} * 2.16 \text{ L/seg}$$

$$A = 0.54 \text{ m}^2$$

Para hallar la profundidad, se tomó el valor del volumen de cada trampa sobre el área que se encontró anteriormente.

$$H = \frac{V_{TG}}{A}$$
$$H = \frac{0.38 \text{ m}^3}{0.54 \text{ m}^2} = 0.71 \text{ m}$$

La altura total se sumaron la profundidad y el borde libre el cual fue un valor asumido de 0.4 metros.

Altura total de la trampa de grasa

$$H_t = H + BL$$

Asumiendo

$$BL = 0.4 \text{ m}$$

$$H_t = 0.71 \text{ m} + 0.4 \text{ m}$$

$$H_t = 1.11 \text{ m}$$

De esta manera se encontró la respectiva relación del largo y el ancho, tomándola de 2 / 1. Despejando se encontró cada valor.

Relación L/B

$$\frac{L}{B} = \frac{2}{1}$$

$$L \cdot B = A, B = \sqrt{\frac{A}{2}}, B = \sqrt{\frac{0.54}{2}} = 0.52\text{m}, L = 2 \cdot 0.52\text{m} = 1.05\text{m}$$

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS DE SECCIÓN RECTANGULAR

En algunas viviendas de las veredas en donde se implementaron los tanques sépticos rectangulares, ya se tenían construidas estas unidades, pero evidenciaban problemas de diseño y construcción, y se encontraban funcionando mal; por tal razón se les recomendó la implementación de tanques sépticos nuevos. Se constató que tales tanques estaban generando malos olores, lo cual estaba afectando a las personas porque estaban ubicados muy cerca de las viviendas, y también porque las aguas residuales efluentes se vierten a las fuentes hídricas, deteriorando el ambiente.

Después la misma comunidad, solicitó la instalación de tanques sépticos en las viviendas, porque, gracias a las charlas ofrecidas e instrucción al respecto se comprendió la importancia de tratar las aguas residuales antes de descargarlas en sus fuentes receptoras. Con participación directa de miembros de la comunidad se implementaron los tanques sépticos de sección rectangular, pero retirados de las viviendas.

Mientras se construían se les informó que este es un tratamiento que contribuye a la reducción de parásitos (huevos de helmintos) nocivos para la salud, sólidos y algo de materia orgánica (Mara, 2004). En algunos sitios se evidenció la presencia de pozos de absorción y campos de infiltración, al respecto, se les informó que aunque estos sistemas también contribuyen al tratamiento de las aguas residuales, pueden llegar a contaminar las aguas subterráneas, por lo cual es importante no construir aljibes a menos de quince metros de tales sistemas (Zambrano *et al.*, 1992).

También se indicó a la comunidad acerca la limpieza que se debe seguir para un adecuado manejo de las aguas residuales; al respecto, se les suministró la siguiente información: se debe abrir el registro del tanque séptico teniendo cuidado de dejar transcurrir un tiempo hasta tener seguridad que el tanque se haya ventilado lo suficiente porque los gases que en ella se acumulan pueden causar asfixia o ser explosivos al mezclarse con el aire, hasta que el tanque no se haya ventilado adecuadamente y eliminado todos los gases no deben permitir el ingreso de personas.

La limpieza debe realizarse cada año debido a que se acumulen demasiada cantidad de lodos y natas, ya que su presencia por encima de determinados niveles conduce a que puedan ser arrastrados a través del dispositivo de salida obturando el campo de infiltración y esto puede ocasionar a que el líquido salga a la superficie del terreno y las aguas residuales se represan y casos extremos puede inundar la vivienda, igualmente se les informó sobre el modo de sacar y disponer lodos primarios, siguiendo las recomendaciones de Mara *et al.*(1992).

Diseño del Tanque Séptico de sección rectangular. Para realizar el diseño de cada tanque séptico, se partió del número de habitantes en cada vivienda, la temperatura del lugar, el coeficiente de retorno que se tomó de 0.7, siguiendo los lineamientos del Título E del RAS 2000

C.R= 0.7, T= 18 °C,P= 8 Habitantes

Luego se encontró el caudal, teniendo en cuenta el número de habitantes.

$$p*q= 8 \text{ Hab} * 100(\text{L/hab/día}) * 0.7 = 560 \text{ L/día}$$

Se encontró el tiempo de sedimentación, con el valor del caudal:

$$t_{\text{sed}} = 1.5 - 0.3 \log(560) = 0,67 \text{ días}, = 16 \text{ horas}$$

Se encontró un volumen de sedimentación, teniendo en cuenta el caudal de la vivienda y el tiempo de sedimentación, y este valor se lo dio en m^3 .

$$V_{\text{sed}} = 560 \text{ L/día} * 16 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * 10^{-3}$$

$$V_{\text{sed}} = 0.37 \text{ m}^3$$

Para hallar el tiempo de digestión, se tuvo en cuenta la temperatura en esos días en esa vereda, y partiendo de una fórmula.

$$t_{\text{dig}} = 30 * (1.035)^{35-18}$$

$$t_{\text{dig}} = 54 \text{ días}$$

Para su volumen de digestión, también se tuvo en cuenta el tiempo de digestión, el número de habitantes.

$$V_{\text{dig}} = 0.5 \text{ L} / (\text{hab} * \text{día}) * 54 \text{ días} * 8 \text{ hab}$$

$$V_{\text{dig}} = 0.216 \text{ m}^3$$

Se encontró un volumen de los lodos, el cual se halló con el número de habitantes, con una tasa de $0.06 \text{ (m}^3\text{/(persona * año))}$, y un periodo de limpieza de 2 años.

$$V_{\text{lodos}} = 0.06 \text{ (m}^3\text{/(persona * año))} * 8 \text{ hab} * 2 \text{ años}$$

$$V_{\text{lodos}} = 0.96 \text{ m}^3$$

El volumen de las grasas, a partir del volumen de lodos.

$$V_{\text{grasas}} = 0.4 * 0.96 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{grasas}} = 0.384 \text{ m}^3$$

Luego se encontró un volumen total que fue la suma del volumen de sedimentación, volumen de lodos, volumen de digestión, volumen de grasas.

$$V_{\text{total}} = 0.37 \text{ m}^3 + 0.216 \text{ m}^3 + 0.96 \text{ m}^3 + 0.384 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 1.93 \text{ m}^3$$

También se encontró el área superficial de cada tanque séptico, con el volumen total y la profundidad que fue asumiendo un valor de 1.8 metros

$$A_{\text{sup}} = \frac{1.93 \text{ m}^3}{1.8 \text{ m}}$$

$$A_{\text{sup}} = 1.07 \text{ m}^2$$

H=Profundidad útil, asumiendo 1.8 m

Para la relación largo y ancho de un tanque séptico es preferible que sea más largo que ancho, se tomó un valor típico de $3/2$, se partió con el área superficial.

$$\frac{L}{B} = \frac{3}{2}$$

$$A_{\text{sup}} = L * B$$

$$B = \sqrt{\frac{A_{\text{sup}} * 2}{3}} = \sqrt{\frac{1.07 * 2}{3}} = 0.84 \text{ m}$$

$$L = (3/2) * B = (3/2) * 0.84 \text{ m} = 1.26 \text{ m}$$

Cuadro 3. Dimensiones del tanque séptico rectangular

Hab	D.N $\left(\frac{L}{hab/día}\right)$	C.R	Q (L/día)	T.Sed (días)	T (°C)	Vol.Sed (m ³)	T.Dig (días)	Vol.Dig (m ³)	Tasa Prod. lodo (r) $\left(\frac{m^3}{hab*año}\right)$	P.L (n) (años)
7	100	0.8	560	16.21	18	0.38	54	0.18	0.06	2

Continuación (Cuadro 3)

Vol.Lodos (m ³)	Vol. grasa (m ³)	Vol.total (m ³)	Prof (H)(m)	Área.sup (m ²)	Relación (L/B)(m)	Ancho (m)	Largo (m)
0.84	0.336	1.74	1.8	0.96	3/2	0.80	1.205

Fuente. Elaboración de trabajo

En el Cuadro 3 se indican las dimensiones de los tanques sépticos de sección rectangular que se diseñaron e implementaron en las veredas: La Meseta, Santa Rosa, Calibío, el Danubio, La Rejoja, Los Cerrillos, Las Mercedes del Municipio de Popayán.

A las personas que se les instalo los Tanques Sépticos dijeron que es una manera apropiada de tratar las aguas residuales, entre ellos detergentes que diariamente se generan en una vivienda, y así no continúan contaminado lo que les rodea y las personas que tenían tanque séptico en su casa pero mal implementado, y que se les elaboro uno que funcionara adecuadamente estas personas decían que el agua se derramaba y generaba malos olores, y presencia de animales a su alrededor, pero después de la instalación de este ya no se mira lo mismo y se dieron cuenta de la importancia que tiene este tratamiento.

5.3 INSTALACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS REACTORES SMTA

Cuando se realizaron las visitas a las diferentes veredas en donde se instalaron los SMTA, se observó que las personas de las veredas no les dan ningún tratamiento adecuado, a la pulpa y al mucílago del café causando presencia de animales y generación de malos olores lo cual afecta las fuentes hídricas y por ende a la comunidad

Sin embargo, habían personas que no les interesaba que les instalaran este sistema, primero decían que las hectáreas de café que tenían no eran muy grandes, y que no estaban afectando las fuentes hídricas, según esto se les informó que así tuvieran pocas hectáreas, estaban generando contaminación, lo

cual tenían que tratar, porque de lo contrario no le estaban ayudando mucho a las personas que instalaron el sistema.

Luego se les dijo que instalaran un sistema de tratamiento entre dos fincas de diferentes dueños, y algunos estaban de acuerdo, pero otros no porque se podrían generar problemas entre ellos en el momento de la cosecha ya que era la misma fecha en la cual ellos cosechaban. Por esto no les interesó que se instalara un SMTA compartido.

Después de instalar los reactores SMTA en las diferentes veredas, se explicó la inoculación y el arranque que es su procedimiento y también su correcto mantenimiento siguiendo las instrucciones de CENICAFÉ (Anexo B).

De esta manera permitirá llevar soluciones a la comunidad, como una producción en armonía con el ambiente y de paso brindarles competitividad para participar en los mercados internacionales.

En la figura 4 se muestra un esquema de un SMTA para las aguas residuales del lavado o mieles del café generadas en el proceso de fermentación y lavado en el tanque tina, de una finca con producción diaria máxima de 650 kilogramos de café en cereza (Anexo C).

Figura 4. Esquema del sistema modular del tratamiento anaerobio (SMTA)



Fuente: Tratamiento de aguas residuales. Republica de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico. Noviembre, 2009.

Reglamento Técnico del sector de agua potable y Saneamiento Básico RAS-2000. (Noviembre, 2000). *Tratamiento de aguas residuales, República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.*

Durante las visitas a las fincas se logró realizar algunos diseños e implementación, inoculación y arranque del SMTA, en los siguientes ejemplos se muestran los cálculos realizados para el diseño del SMTA.

Diseño del Reactor SMTA

En este ejemplo se indica el diseño que se realizó en cada una de las fincas, en donde explica el funcionamiento

Datos:

Finca: La Esperanza

Vereda: La Mota

- Kilos de café rojo en la semana de mayor producción: 4.000
- Día pico: 5%= 0,05

Kilos de café rojo por día:
 4.000 Kilos/5 = 800 kilos por día
 Cosecha total:
 800 kilos es el 5% entonces el 100% de la cosecha es:
 800 kilos café rojo / 0,05
 Cosecha total = 16.000 kilos de café rojo
 Kilos de Café Pergamino Seco (C.P.S):
 16.000 Kilos de café rojo / 5
 Kilos de C.P.S= 3.200
 @ de C.P.S:
 1 @ equivale a 12,5 kilos
 3.200 kilos C.P.S /12,5
 @ C.P.S = 256
 % De la semana pico
 5% Día pico * 5 días de la semana
 % Semana pico =25

Volumen del Reactor HidrolíticoAcidogénico (VRHA) m³

$$VRHA = (0,000405 * Sp * Pa)$$

$$VRHA = (0,000405 * 25 * 256)$$

$$VRHA = 2,592 m^3$$

Se encuentra que el volumen del Reactor Hidrolítico–Acidogénico (RHA) para el caso del ejemplo es de 2.592 m³; por razones de seguridad se trabaja con un volumen de 3.0 m³ los cuales se distribuyen en tres tanques de 1.0 m³ cada uno. Figuras 5 y 6.

Figura 5. RHA antes de instalarlos



Fuente: Elaboración de trabajo

Estos tanques tienen una capacidad de 1000 litros, los cuales fueron los que se utilizaron para la instalación de los reactores SMTA.

Figura 6. RHA instalados



Fuente: Elaboración de trabajo

En la vereda La Mota del Municipio de Popayán Cauca, este recipiente se utilizó para el reactor Hidrolítico-Acidogénico, donde se solubiliza el material orgánico suspendido y la formación de ácidos.

Aquí se terminó de instalar este reactor, todavía no estaba funcionando.

El volumen de la fase Metanogénica VRM (m^3) se calculó mediante la siguiente expresión:

$$VRM = 0,000296 * Sp * Pa$$

$$VRM = (0,000296 * 25 * 256)$$

$$VRM = 1,8944 m^3$$

El volumen requerido del Reactor Metanogénico para el caso del ejemplo es de $1,8944 m^3$, el cual por seguridad se monta una batería de 2 reactores de $1,0 m^3$ cada uno. Figura 7.

Figura 7. Reactor Metanogénico- RM



Fuente: Elaboración de trabajo

Este reactor con la ayuda de las personas de la comunidad se instaló en la vereda La Rejoja, el dueño del Reactor, tenía 350 botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros de capacidad, obtenidos en trozos mediante un corte transversal de la botella en tres partes, se utilizaron como soporte para los microorganismos, luego se le adicionó urea disuelta en 1 litro de agua limpia, sin agitar, se adicionó 500 gramos de cal masilla blanca en el interior del Reactor, la cual se depositó en el fondo del tanque.

El cuadro 4 indica los tiempos de arranque que se utilizaron para el Reactor SMATA y para que funcionara adecuadamente.

Cuadro 4. Tiempos de arranque para el SMTA.

Periodo de días	Reactor Metanogénico de 1000 litros. Abrir la llave durante
Día 1 al 14	26 minutos día
Día 15 al 22	1 hora día
Día 23 al 30	2 horas, 20 minutos día
Día 31 al 44	4 horas día
Día 45 al 59	6 horas día
Día 60 en adelante	12 horas día

Fuente. Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Boletín técnico N° 29. CENICAFÉ, 2009

Figura 8. Práctica en campo, SMTA, en la Vereda La Calera



Fuente. Elaboración de trabajo

La figura 8 muestra dos tanques en los cuales ya se les había adicionado los trozos de botellas, cada uno de ellos con una capacidad de 1000 litros, y en uno de ellos también se le había adicionado la urea disuelta en 1 litro de agua, y la cal.

Tanto la instalación como la inoculación, arranque de los reactores se realizó con la ayuda de los agricultores, a la comunidad le interesó bastante porque es un sistema muy adecuado para el tratamiento de las aguas mieles del café, impidiendo que vayan directamente a las fuentes hídricas y las contaminen.

La figura 9 muestra la instalación de los accesorios al interior de los reactores

Figura 9. Instalación de trampa de pulpas en la vereda Los Cerrillos.



Fuente. Elaboración de trabajo

La figura 10 muestra el levantamiento realizado y la toma de niveles

Figura 10. Toma de niveles en la vereda de la Rejoya



Fuente. Elaboración de trabajo

Para instalar los Reactores SMTA, se niveló con ayuda de algunos agricultores, porque el terreno debe poseer desniveles que garanticen el flujo libre de líquido por gravedad.

Figura 11. Instalación del SMTA en la vereda de la Rejoja



Fuente. Elaboración de trabajo

Figura 12. Instalación del SMTA en la vereda La Calera



Fuente. Elaboración de trabajo

En la figura 11 y 12 se muestra algunos materiales que se utilizaron para la implementación de los reactores, también indica algunos reactores ya instalados

Aquí estaban instalados los Reactores Hidrolítico-Acidogénico y el Metanogénico, en una finca de la vereda la Calera.

Figura 13. Material de soporte para los microorganismos en la vereda La Meseta



Fuente. Elaboración de trabajo

En la figura 13 indica el Reactor Metanogénico con los trozos de botellas plásticas, sin adicionar los microorganismos.

Figura 14. Adición de las bacterias al reactor Metanogénico en la vereda La Meseta



Fuente. Elaboración de trabajo

En la figura 14 se muestra cuando dos agricultores están adicionando el inóculo al Reactor Metanogénico, aquí el tanque ya contenía los trozos de botellas plásticas.

La implementación de estos reactores fue muy importante para la comunidad de las diferentes veredas, ya que es un tratamiento adecuado para las aguas mieles del café, y los agricultores a los que se les instaló los reactores decían que de esta manera se concientizaba mucho a la comunidad y hacía de que las demás personas se decidieran a la ejecución de estos reactores y así ayudaban a cuidar el medio ambiente.

6. CONCLUSIONES

- Se instalaron 35 trampas de grasa en diferentes veredas de la zona rural del municipio de Popayán, contribuyendo con esto a la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales domésticas.
- Los diseños de las trampas de grasa cumplen con los lineamientos establecidos en la norma de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, RAS 2000, ya que los valores medidos son similares a los especificados por la norma.
- La inversión para la implementación de las trampas de grasa fue de bajo costo por su diseño artesanal y reutilización de algunos de los materiales utilizados en la instalación.
- Se implementaron tanques sépticos en cada una de las diferentes veredas, junto con las trampas de grasas, con base en la contribución de aguas residuales generadas en cada una de las viviendas.
- Se logró la instalación y adecuación de 14 SMTA en algunas veredas del municipio de Popayán, donde el agua residual producto del beneficio del café se vertía directamente a fuentes hídricas o se infiltraba al suelo sin ningún tipo de tratamiento previo.
- Durante las visitas a las veredas se logró establecer que gran parte de la comunidad presentan alta conciencia ambiental, respecto a la conservación de ecosistemas.
- Se realizó la inoculación del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) en las veredas del municipio de Popayán, garantizando con esto un adecuado arranque y funcionamiento del SMTA.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con la implementación de las trampas de grasa en otras veredas para contribuir al adecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales.
- Concientizar a la comunidad de la importancia de realizar un tratamiento previo a las aguas producidas en el beneficio del café.
- Lograr una cultura de compromiso por parte de la comunidad con el desempeño correspondiente a la mejora continua de los procesos ambientales.
- Motivar a comunidades de otras veredas a implementar el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) para disminuir la carga contaminante y disponer de estas adecuadamente de tal manera que produzca el mínimo efecto ambiental.
- Dar a conocer a la comunidad el Sistema Artesanal de Tratamiento Anaerobio de aguas mieles, ya que este es un sistema muy eficiente y de bajo costo.
- Realizar un control y seguimiento a los productores de café que garantice el cumplimiento de la normatividad vigente para contribuir con un adecuado manejo de las aguas residuales.
- Realizar capacitaciones en las diferentes veredas sobre el adecuado manejo y mantenimiento de las trampas de grasa, tanques sépticos y sistemas de tratamiento de aguas producidas en el beneficio del café.
- Educar a la comunidad sobre las alternativas de manejo y disposición adecuada de los lodos generados en los tanques sépticos con el fin de controlar olores y evitar otro tipo de vectores.
- Para alcanzar una máxima eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas mieles se debe capacitar a la comunidad sobre la utilización del volumen adecuado empleando cuatro enjuagues, en donde no sobrepase un litro por cada kilogramo de café cereza, ya que este es el volumen de diseño de estos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Barrera, S.; Díaz Granados, M.; Ramos Bonilla, J. P.; Camacho, L. A. (2005). Aplicación de un modelo numérico para la priorización de la inversión en tratamiento de aguas residuales en Colombia. *Revista de Ingeniería*. (22). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Comité Departamental de Cafeteros del Cauca. (2009) *Concejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible*.

Castañeda P., K. M. y Vega Serrano, H. A. Tratamiento de mucílago producto del beneficio ecológico del café. *Revista el Centauro: Expresión Libre Comunera* ISSN: 2010. 2027-1212. 3 ed.

Garcés Giraldo, L. F.; Mejía Franco, E. A. y Santamaría Arango, J. J. (2004). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales. *Revista lasallista de investigación*. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquia

Islas, J. (2008). Tratamiento de aguas residuales provenientes del despulpado del café mediante fluido ruminal. Tesis profesional. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. México

Mara, D.; Alabaster G.; Pearson H. y Mills S. (1992). *Waste stabilization ponds. A design manual for Eastern Africa*. Lagoon Technology International Ledds, England

Mara, D. (2004). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. USA

Orozco Restrepo, P. A. (2003). *Arranque y puesta en marcha de un reactor metanogénico tipo UAF para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café*. Pregrado tesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Recuperado de www.bdigital.unal.edu.co

Reglamento Técnico del sector de agua potable y Saneamiento Básico RAS-2000. (Noviembre, 2000). *Tratamiento de aguas residuales, República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico*. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C.

Rosales Escalante, E. (Febrero, 2003). *Tanques sépticos, conceptos teóricos base y aplicaciones*. *Tecnología en marcha*. 18 (2) Especial

Rodríguez, N. (1998). *Composición Química de algunos residuos generados en la zona cafetera. Informe anual de actividades*. Disciplina Química Industria. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná, Colombia

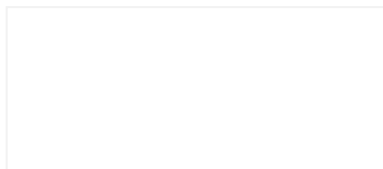
Sánchez, L. (Agosto, 2010). *Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa*. Empresas Garzón C.A

Zambrano, D.; Rodríguez, N.; López, U.; Orozco, A. y Zambrano, A. (2006). *Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café*. Gerencia Técnica, programa de investigación científica, centro nacional de investigaciones del café (CENICAFÉ). Chinchiná, Caldas. Boletín técnico N° 29

Zambrano, D.; Rodríguez, N.; López, U. y Zambrano, A. (1999). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Gerencia Técnica, programa de investigación científica, Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFÉ), *Tratamiento de aguas residuales del lavado del café*. Chinchiná, Caldas. Boletín técnico N° 20

Zambrano, N.; Lara, B. y Calderón, J. (1992). *Saneamiento ambiental*. Popayán: Universidad del Cauca

ANEXOS



Anexo A. Implementación de los Reactores SMTA

Reactor Hidrolítico – Acidogénico-RHA. Recipiente donde ocurre la solubilización del material orgánico suspendido y la formación de ácidos. Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio contemplan la separación de las fases Hidrolítica-Acidogénica y Metanogénicas. Por tal razón en los tanques que conforman los reactores para dichas fases, se experimentan reacciones bioquímicas diferentes. Las aguas residuales procedentes del lavado del mucilago fermentado del café entran al RHA, por el fondo y salen a través de un dispositivo de 52 cm de altura total, ensamblado sin utilizar pegante de PVC en las uniones entre los tramos de tubería, se le hace una perforación en la parte superior para evitar la suspensión eventual del flujo por la acumulación de gas.

Reactores Metanogénicos – RM. Recipiente donde ocurre la etapa final de la digestión anaerobia, en donde la contaminación soluble en forma de ácidos es transformada a biogás por la acción de microorganismos Metanogénicos. Como soporte para los microorganismos se llena al azar su interior con trozos de botellas plásticas no retornables de 2 y 3 litros de capacidad, obtenidos mediante el corte transversal de la botella en tres partes. Internamente la entrada del agua residual se realiza en el fondo por medio de un dispositivo cuadrado de 45 cm de lado, construido en tubería de PVC de 1". La salida se utilizara una tubería de PVC de 1 ½" y 20 cm con un corte transversal de 45°, conectadas por medio de un semicodo a una tubería de PVC de 50 cm que comunica con el exterior.

Anexo B. Inoculación de los Sistemas de Tratamiento de aguas mieles

Material de soporte para los microorganismos en la vereda la Meseta



Adición de las bacterias al reactor Metanogénico en la vereda la Meseta



Adición de la melaza al reactor Metanogénico en la vereda la Meseta



SMTA inoculado e instalado en la vereda la Meseta



Anexo C. Transformación de café cereza a café pergamino seco (c.p.s)

Despulpado

Entre la pulpa y el pergamino de los granos de café maduros, se encuentra el mucílago, un líquido gelatinoso con viscosidad y humedad apropiada para que mediante la acción de fuerzas que presionan el grano en las despulpadoras, ocurra el despulpado que separa el grano de café de la pulpa, aun sin adición de agua.

El uso de agua en el proceso de despulpado se consideraba necesario en los sistemas de beneficio convencionales, para obtener café de buena calidad. El despulpado sin agua era practicado por algunos pequeños caficultores en Colombia, pero esta técnica era considerada propia del atraso y carencia de los mínimos requerimientos técnicos necesarios para el adecuado beneficio del café.

Remoción del mucílago

Fermentación natural del mucílago y lavado del café.

El mucílago del café contiene 15% de sólidos en la forma de hidrogel coloidal insoluble en agua, sin estructura celular; los sólidos presentes en éste tienen un 80% de ácidos pépticos y 20% de azúcares.

Durante la fermentación ocurren múltiples reacciones bioquímicas que permiten después de 10 a 18 horas que el mucílago se disuelva en agua. La fermentación natural del mucílago (y no del grano) sólo es necesaria para permitir el buen lavado del café.

Es práctica común la utilización de los tanques tina de fermentación para simultáneamente lavar y clasificar el café. Recientemente se ha demostrado que es posible utilizar los mismos dispositivos para minimizar el consumo de agua mediante el procedimiento de cuatro enjuagues.

La técnica consiste en aplicar al café con el mucílago fermentado el agua necesaria para cubrir completamente los granos y remover vigorosamente la masa. El agua del primer enjuague se vacía y se reemplaza con agua limpia, repitiéndose el proceso dos veces más. En el primer enjuague se concentra el 66% de la materia orgánica del mucílago y en los dos primeros enjuagues se encuentra el 90%. De esta forma se logran consumos de agua globales de 4,13 L/Kg de café pergamino seco.

Clasificación del café

La clasificación del café es un proceso físico mediante el cual se retiran de la masa material de diferentes características físicas como pulpa, granos vanos.

Secado

Los granos son esparcidos en secadores parabólicos, donde son dados vuelta una y otra vez hasta que los granos alcancen una humedad aproximada del 12%.
Figura 0

Los residuos del beneficio del café

La pulpa y el mucílago del café no son elementos tóxicos o venenosos; por el contrario, son productos orgánicos que debidamente manejados pueden representar un alto valor agregado para el caficultor.

La contaminación que la pulpa y el mucílago producen se debe a que gran parte de su materia orgánica se disuelve o queda en suspensión en las aguas, en las diferentes etapas del transporte y beneficio. El material orgánico disuelto puede retirar o consumir muy rápidamente el oxígeno del agua que lo contiene, en un proceso natural de oxidación. La pulpa y el mucílago contenidos en un Kg de café cereza pueden retirarle todo el oxígeno a 7400 litros de agua pura con el proceso de beneficio húmedo convencional, se presenta una contaminación unitaria equivalente a 115 gramos de DQO por kilogramo de café en cereza, de los cuales el 73.7% se origina durante las operaciones de despulpado y transporte de pulpa y 26.3% durante las operaciones de lavado y clasificación.

Las aguas de lavado del café provenientes de los tanques tina de fermentación (consumo promedio 4,13 l/kg cps), poseen un PH que oscila entre 4 y 5 unidades y la demanda química de oxígeno tiene un valor cercano a 27,400 ppm, el despulpado sin agua y el desmucilaginado utilizando el beneficio ecológico de subproductos (BECOLSUB), controlan el 92% de la contaminación. De la mezcla pulpa mucílago se desprenden lixiviados cuya DQO oscila alrededor de 110,000 ppm.

Las aguas residuales del lavado del café y la digestión anaerobia.

La concentración de la materia orgánica en las aguas residuales del lavado del café, cuando se utiliza menos de un litro de agua para lavar el café fermentado proveniente de un kilogramo de café cereza; su composición química y su alto porcentaje de sólidos solubles, las hacen muy apropiadas para ser utilizadas como sustrato en la producción de biogás por digestión anaerobia.

Prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales del lavado del café a nivel de finca.

El sistema modular de tratamiento anaerobio fue desarrollado en Cenicafé para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del lavado de café, para beneficiaderos que despulpen sin agua y utilicen en el lavado en los tanques tina de fermentación un consumo específico de agua entre 4,1 y 5 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco, está compuesto por dos unidades que permiten la separación de fases de la digestión anaerobia : El reactor hidrolítico/acidogénico (RHA) y el reactor Metanogénico (RM).

El terreno seleccionado para la instalación del SMTA debe poseer desniveles que garanticen el flujo libre de líquido por gravedad. Las unidades están conectadas con mangueras de polietileno reciclado de 1 1/2 pulgada.

Beneficiadero en la vereda la Calera

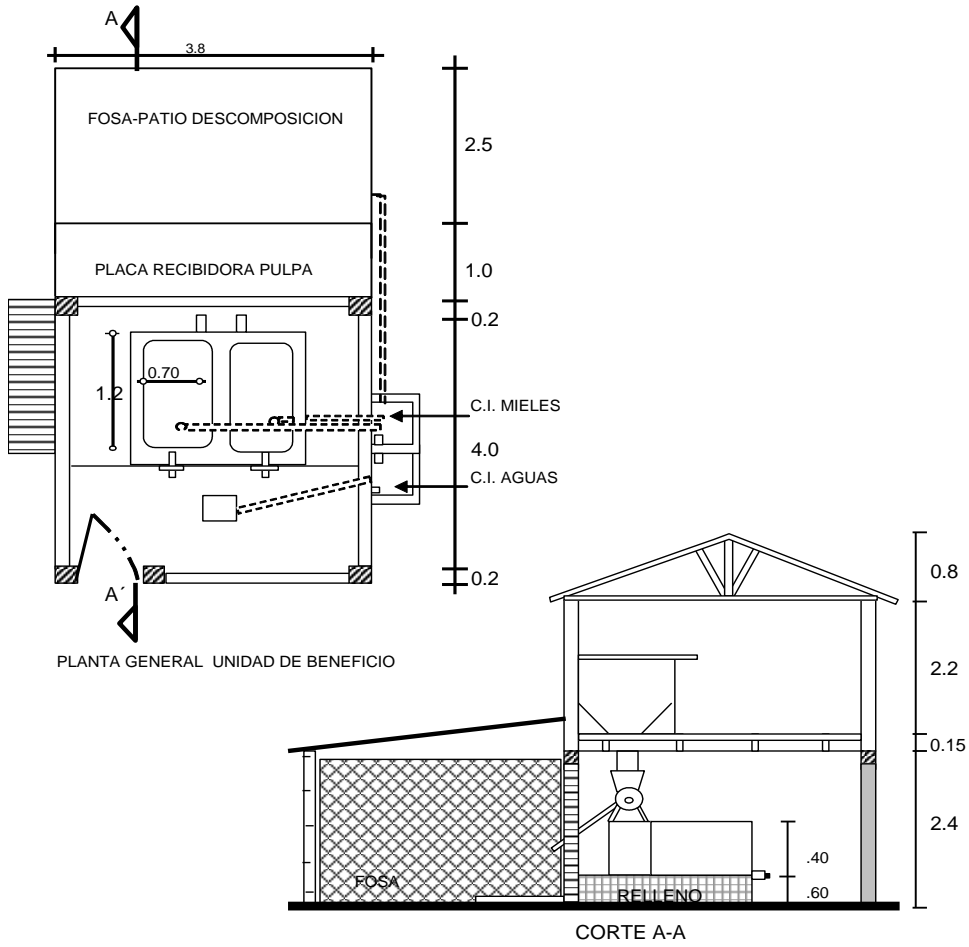


Despulpadora



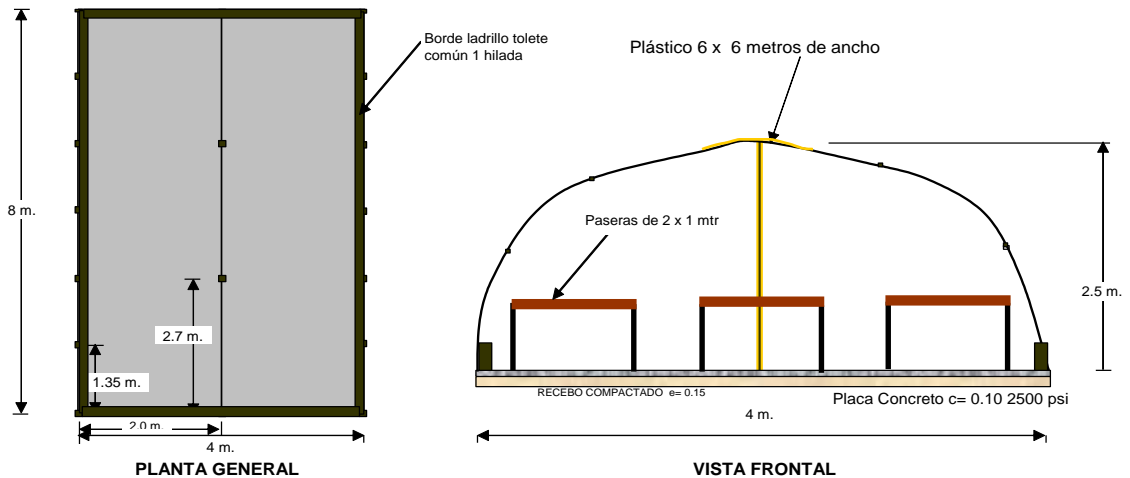
Fuente: Elaboración de trabajo

Esquema general de un beneficiadero ecológico



Esquema sistema parabólico de secado

SECADERO PARA CAFÉ CON CUBIERTA DE POLIETILENO



Anexo D. Certificado culminación de pasantía

**LA UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA AGROPECUARIA
UMATA**

A PETICIÓN DEL INTERESADO

HACE CONSTAR

Que la señorita **YULI GÓMEZ URBANO** identificada con cédula de ciudadanía número 1080.900.176 de Colón - Génova (Nariño), llevo a cabo su pasantía del pregrado denominado Ingeniería Ambiental ofrecido por la Universidad del Cauca, en el proyecto "Protección y uso eficiente de los recursos naturales en el municipio de Popayán", apoyando a la unidad municipal de asistencia técnica UMATA en la implementación de medidas de manejo ambiental para la adecuada disposición de las aguas residuales en la zona rural del municipio, durante los meses de octubre a marzo de 2012.

Dado en Popayán a los treinta (30) días del mes de septiembre de dos mil once (2011).


YUDDY MARCELA LÓPEZ
PROFESIONAL AMBIENTAL UMATA