



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 30 de noviembre del 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Antonio Váquiro Collazos, con C.C. No. 1077863813,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o Pasantía supervisada

titulado, Implementación de sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) en 32 fincas en la zona centro del municipio de Garzón de mujeres asociadas y vinculadas al programa "Mujeres Cafeteras" de la cooperativa Coocentral.

presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Antonio Váquiro Collazos

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Firma: _____



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Implementación de sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) en 32 fincas en la zona centro del municipio de Garzón de mujeres asociadas y vinculadas al programa “Mujeres Cafeteras” de la cooperativa Coocentral.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Váquiro Collazos	Antonio

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Peña Quimbaya	Martha Lucia

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva Huila

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 55

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada mieducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas ___ Fotografías X Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___
Tablas o Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Carga Orgánica</u>	<u>Polluting organic</u>	6. _____	_____
<u>contaminante</u>	<u>load</u>	7. _____	_____
2. <u>Reactor hidrolítico</u>	<u>Acidogenic hydrolytic</u>	8. _____	_____
<u>acidogénico</u>	<u>reactor</u>	9. _____	_____
3. <u>Reactor</u>	<u>Methanogenic</u>	10. _____	_____
<u>metanogénico</u>	<u>reactor</u>		
4. _____	_____		
5. _____	_____		

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Se implementaron 32 sistemas modulares de tratamiento anaerobio SMTA en el municipio de Garzón Huila, en fincas de mujeres cafeteras asociadas a la Cooperativa Central Caficultores del Huila. Con lo cual, según el Centro Nacional de Investigaciones del Café se reduce en al menos un 80% la carga contaminante de los vertimientos provenientes del beneficio húmedo del café, se capacitó y se dio asistencia técnica a las beneficiarias en temas relacionados con conceptos y funcionamiento de los SMTA, manejo de caficultura sostenible, teniendo como enfoque la producción de café de calidad y amigable con el medio ambiente. El proyecto tuvo seis etapas, dentro de las que se destacan la socialización del proyecto, la capacitación en campo, talleres, proceso de instalación e inoculación de los SMTA. Por último, se logró concientizar a las beneficiarias para el manejo de la caficultura sostenible, utilizando el sistema modular y su impacto positivo.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

32 modular systems of anaerobic treatment SMTA were implemented in the municipality of Garzón Huila, in coffee plantation associated women farms with the central cooperative of coffee growers of Huila. Thus, as the “Centro Nacional de Investigaciones del Café” states the pollutant load of the discharges from the humid benefit of the coffee was reduced by at least 80%. The process of continuous improvement in each of the productive units were strengthened and, in turn, it was trained and given technical assistance to the beneficiaries on issues related to concepts and operation of the SMTA, to the management of sustainable coffee, with the focus on the production of quality coffee and being friendly with the environment. The project had six stages; some of the most outstanding is the socialization of the project, the training in the field and workshops and finally the installation and inoculation of the SMTA. Finally, the beneficiaries got aware of the management of sustainable coffee, using the modular system and its positive impact.



APROBACIÓN DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Martha Lucia Peña Quimbaya

Firma:

Nombre Jurado: Nadia Brigitte Sanabria Méndez

Firma:

Nombre Jurado: Jennifer Katiusca Castro Camacho

Firma:

Implementación de sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) en 32 fincas en la zona centro del municipio de Garzón de mujeres asociadas y vinculadas al programa “mujeres cafeteras” de la cooperativa Coocentral.

Antonio Váquiro Collazos

**Proyecto de pasantía como modalidad de grado para optar por el título de
Ingeniero agrícola**

Director:

M. Sc. Martha Lucia Peña Quimbaya

Ingeniero agrícola

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería

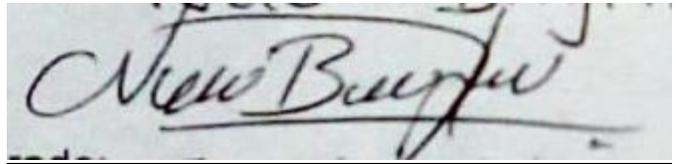
Ingeniería agrícola

Garzón Huila

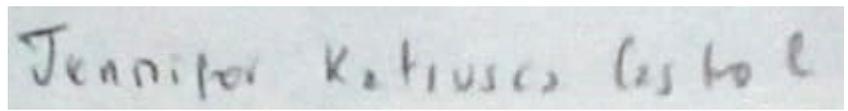
2018

Página de aceptación

Nota de aceptación



Jurado 1: Nadia Brigitte Sanabria Méndez



Jurado 2: Jennifer Katusca Castro Camacho

Neiva, 30 de noviembre de 2018

Dedicatoria

Este logro quiero dedicarlo a mis padres Rosalba Collazos C. y Antonio Váquiro H. por su apoyo, igualmente a mis hermanos y hermanas, Aldahyr, Anival, Diana C y Lorena. Del mismo modo a mis compañeros de carrera en especial a mi gran amigo Carlos A. Lozano y su familia, por su valiosa ayuda, de la misma manera, a Delcy Y. Manrique, Luciano Méndez y Juan C. Lugo. Además, reconocer a todos los profesores que impartieron sus conocimientos y experiencias. Agradecer a mis compañeros y jefes de la unidad técnica de la Cooperativa por su compañerismo y amistad en especial a Jhon, Camilo, Yeimi y Julieth. Por último, a mi novia Luz Elena Pérez C. por su compañía y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Quiero agradecer primero que todo a Dios por bendecir mi camino cada día, a la Universidad Surcolombiana por los conocimientos y experiencias brindadas. También, a la

Cooperativa Central de Caficultores del Huila-COOCENTRAL en cabeza del Ingeniero Luis Mauricio Rivera Vargas, por permitirme ser parte de la gran familia y formarme profesionalmente, en especial a la Unidad Técnica por el apoyo brindado conjuntamente en la pasantía.

Igualmente, a mi directora de grado, Martha L. Peña Q. por sus conocimientos y apoyo en la práctica profesional.

Por ultimo al grupo de Mujeres Cafeteras de COOCENTRAL, y a cada familia de caficultores por el carisma brindado y su acobijo.

Resumen

Se implementaron 32 sistemas modulares de tratamiento anaerobio SMTA en el municipio de Garzón Huila, en fincas de mujeres cafeteras asociadas a la Cooperativa Central Caficultores del Huila. Con lo cual, según el Centro Nacional de Investigaciones del Café se reduce en al menos un 80% la carga contaminante de los vertimientos provenientes del beneficio húmedo del café, adicionalmente, se capacitó y se dio asistencia técnica a las beneficiarias en temas relacionados con conceptos y funcionamiento de los SMTA, manejo de caficultura sostenible, teniendo como enfoque la producción de café de calidad y amigable con el medio ambiente. El proyecto tuvo seis etapas, dentro de las que se destacan la socialización del proyecto, la capacitación en campo, talleres, proceso de instalación e inoculación de los SMTA. Por último, se logró concientizar a las beneficiarias para el manejo de la caficultura sostenible, utilizando el sistema modular y su impacto positivo.

Abstract

32 modular systems of anaerobic treatment SMTA were implemented in the municipality of Garzón Huila, in coffee plantation associated women farms with the central cooperative of coffee growers of Huila. Thus, as the “Centro Nacional de Investigaciones del Café” states the pollutant load of the discharges from the humid benefit of the coffee was reduced by at least 80%. The process of continuous improvement in each of the productive units were strengthened and, in turn, it was trained and given technical assistance to the beneficiaries on issues related to concepts and operation of the SMTA, to the management of sustainable coffee, with the focus on the production of quality coffee and being friendly with the environment. The project had seven stages; some of the most outstanding is the socialization of the project, the training in the field and workshops and finally the installation and inoculation of the SMTA. Finally, the beneficiaries got aware of the management of sustainable coffee, using the modular system and its positive impact.

Tabla de contenido

1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema	9
3. Objetivos	11
4. Justificación	12
5. Marco teórico	15
5.1. La caficultura colombiana	15
5.2. Beneficio Húmedo del Café en Colombia	16
5.3. Sistemas de tratamiento de aguas mieles	20
5.4. Principios de fundamento del SMTA	23
5.5. Componentes del sistema	24
5.6. Tamaño del sistema	27
5.7. Inoculación del sistema	29
6. Antecedentes	30
7. Metodología	32
7.1. Visita inicial	32
7.2. Socialización del proyecto	32
7.3. Realización de visitas de campo, talleres y capacitaciones	33
7.4. Instalación de los SMTA	34
7.5. Seguimiento y verificación de la obra	42
7.6. Inoculación del sistema, socialización de la experiencia y cierre del proyecto	43
8. Resultados	45
9. Análisis de resultados	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Bibliografía	50
Anexos	53

1. Introducción

El modelo productivo del cultivo de café en Colombia desde sus inicios hasta la actualidad ha generado contaminación al medio ambiente, esta problemática, se debe principalmente a factores como, la falta de capacitación y concientización hacia los productores del grano para implementar buenas prácticas agrícolas y también a la ausencia de técnicas y tecnología que mitiguen el impacto ambiental y aporten al desarrollo de la caficultura.

En nuestro caso, en las fincas de la zona de influencia del proyecto se ha venido contaminando las fuentes hídricas a causa de los vertimientos no tratados que provienen del beneficio húmedo del café, puesto que dichos vertimientos contienen alta carga contaminante que alteran los diferentes ecosistemas acuáticos.

Por lo anterior, la unidad técnica de la Cooperativa Coocentral ejecutó el proyecto denominado “Implementación de sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) en 32 fincas en la zona centro del municipio de Garzón de mujeres asociadas y vinculadas al programa mujeres cafeteras de la cooperativa Coocentral”, teniendo como principal insumo técnico los avances entregados por el Centro Nacional de Investigaciones del Café-CENICAFÉ sobre el tratamiento de aguas residuales, y en específico el documento denominado “construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles”.

Así mismo, se realizó la respectiva capacitación y concientización dirigida a las beneficiarias del proyecto en temas principales como, la implementación de las buenas prácticas agrícolas para el manejo del cultivo, la cosecha y postcosecha, la contaminación al medio ambiente, el funcionamiento y la implementación del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio para aguas mieles del café.

2. Planteamiento del problema

El beneficio húmedo del café cereza implementado en la caficultura colombiana según Rivera (2017) “Genera contaminación en las fuentes hídricas a través de sus vertimientos” (p. 1). Por tal motivo, se han empezado a implementar prácticas para hacer uso racional del agua mediante el beneficio húmedo de café con tecnologías como Becolsub, beneficio ecológico con tecnología ecomil y tanque tina. Sin embargo, aun cuando se reduce la contaminación se generan vertimientos a las fuentes hídricas, en el caso del beneficio ecológico con tanque tina, porque se tiene un gasto volumétrico de agua de alrededor de cinco litros por cada kilogramo de café pergamino seco (Rodríguez Valencia y Zambrano Franco, 2013).

Es así, que utilizando el menor consumo de agua específico en fermentación natural $4,17L.Kg^{-1}$ de café pergamino seco, se obtiene una contaminación de 26.500 ppm de DQO por cada Kg de c.p.s. implementando cuatro lavados en tanque tina. (Ramírez, Oliveros y Sanz, 2015, p. 47)

Por ende, la carga contaminante que se genera por el uso del agua en el proceso de despulpado y lavado del café afecta los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad del agua. Lo que es afirmado por Matuk, Puerta y Rodríguez (1997) “Todos los efluentes del beneficio húmedo sin tratamiento pueden ser tóxicos en el ecosistema en concentraciones superiores a 300 ppm de DQO. Las aguas de lavado tratadas anaerobiamente son tóxicas en concentraciones superiores a 500 ppm” (p. 1). Como solución a lo anterior, se debe realizar el tratamiento adecuado a los vertimientos para no generar toxicidad en los afluentes. Los mismos autores Matuk et al (1998) menciona además, "Todos los efluentes deben ser tratados antes de ser vertidos a los cuerpos de agua, inclusive aquellos provenientes del sistema modular de tratamiento anaerobio" (p. 1).

Teniendo en cuenta, los planteamientos anteriores y que las asociadas realizan el beneficio del café de forma tradicional sin ningún tipo de tratamiento, se evidencia que las fincas de las asociadas generan contaminación a las fuentes hídricas y al suelo debido a que sus unidades productivas no cuentan con ningún tipo de tratamiento de agua residual para tratar el vertimiento que proviene del beneficio húmedo del café.

Por lo anterior, es de vital importancia implementar los sistemas modulares de tratamiento anaerobio SMTA 800 como complemento a los sistemas de beneficio de café cereza en búsqueda de hacer un uso adecuado del agua, y además verter la salida del SMTA 800 a un postratamiento. Para ello, se tienen diversas alternativas, como por ejemplo, “los humedales artificiales de flujo libre superficial y subsuperficial, así como las plantas acuáticas de flotación libre o sumergida, y plantas enraizadas que emergen y de hojas flotantes.” (Rendón Sáenz, 2014, p.p. 41-42)

3. Objetivos

General:

- Implementar 32 Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio en las fincas de 32 mujeres cafeteras asociadas a la cooperativa Coocentral.

Específicos:

- Instalar 32 Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio SMTA 800 en cada una de las fincas de las asociadas beneficiarias.
- Capacitar a 32 mujeres en temas relacionados al funcionamiento y operación adecuada de los SMTA, implementación de buenas prácticas agrícolas y del modelo de producción sostenible de café.
- Brindar acompañamiento y asistencia técnica a las beneficiarias durante la ejecución del proyecto.

4. Justificación

En las diferentes actividades humanas se contamina el agua afectando la disponibilidad del este recurso natural. En el caso de la producción de café en Colombia, y en específico en el beneficio del café, se realizan vertimientos de agua con carga orgánica altamente contaminante; así como lo exponen Rodríguez y Zambrano (2013) “El agua residual del beneficio húmedo del café corresponde a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domésticas.” (p. 113) Ocasionando así, la contaminación hídrica a los afluentes circunvecinos de las fincas cafeteras. A causa de lo anterior, se ha reducido en casi la mitad la disponibilidad del agua en el país, según Nelson Rodríguez, investigador del Centro Nacional de Investigaciones de Café –Cenicafé, “El agua en Colombia se ha reducido 45% en los últimos 30 años, al pasar de 60 mil metros cúbicos por persona en 1985 a 32 mil en promedio en 2015”. (Sala de Prensa Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017, párr. 1)

Entonces, tomando como referencia que el problema se origina en el proceso tradicional de beneficiado no sostenible del café, se debería implementar el uso racional del agua y complementar el manejo con un sistema de tratamiento de aguas mieles. Con lo cual, se reduce la alteración a las fuentes hídricas y sus ecosistemas.

Por otro lado, si se hace un enfoque dentro de la normatividad legal, se establece para todos los vertimientos generados por las diferentes actividades productivas unos valores máximos permisibles para cada uno de los parámetros (Tabla 1). (Resolución 0631 del 17 de marzo, 2015).

Tabla 1. Límites máximos permisibles para la actividad productiva de agroindustria-beneficio de café.

Parámetro	Unidades	Beneficio de café (clasificación de la FNC/Cenicafé)	
		Proceso Ecológico	Proceso Tradicional
Generales		Proceso Ecológico	Proceso Tradicional
pH	Unidades de pH	5,00-9,00	5,00-9,00
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L O ₂	3000,00	650,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L O ₂		400,00
Sólidos Suspendidos Totales SST	mg/L	800,00	400,00
Sólidos Sedimentables SSED	mL/L	10,00	10,00
Grasas y Aceites	mg/L	30,00	10,00
Compuestos de Fósforo			
Fósforo Total P	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitrógeno Total N	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Otros Parámetros para análisis y reporte			
Color Real (Medida de absorbancia a las siguientes longitudes de onda 436nm, 525nm y 620nm)	m ⁻¹	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Nota Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, p. 8. Capítulo VI, artículo 9. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a los cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>

Es decir, no cumplir con la normatividad generaría una sanción económica al responsable del vertimiento según como lo presenta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010), donde se menciona que, “desde la fecha se adopta la metodología para la tasación de multas según el régimen sancionatorio ambiental que se impone por parte de las autoridades ambientales según el grado de afectación ambiental”. (Samboní Joaquín, 2017, p. 21)

No obstante, existe una solución viable para evitar la contaminación causada por los vertimientos de aguas mieles provenientes del beneficio húmedo del café. Es así, como se diseñó un sistema modular que reduce la carga contaminante de las aguas mieles del café, en un 80%.

En ese sentido, y según como lo afirman investigadores de Cenicafé:

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio **SMTA**, han sido desarrollados en Cenicafé para reducir más del 80% de la contaminación presente en las aguas residuales del lavado del grano o “mieles del café”, las cuales se originan en los beneficiaderos que retiran el mucilago o baba del café por el método convencional de fermentación natural, alcanzando remociones de demanda bioquímica de oxígeno acordes con lo exigido por la normatividad colombiana... (Zambrano D. A., Rodríguez, López y Zambrano A. J., 2010, p. 5)

Desde otro punto de vista, “el sistema modular es una manera fácil y económica de construir un sistema de tratamiento, y que además cumple con la normatividad vigente”. (Zambrano D. A., Rodríguez, López, Orozco y Zambrano A. J., 2006, p. 5)

Por último, se debe tener en cuenta que en el proyecto participan mujeres como beneficiarias y actores principales, así como lo presenta el siguiente autor en su tesis de maestría mujeres cafeteras y su rol tradicional:

Lo de la mujer creo que tiene mucha fuerza pero hay que darle un horizonte sostenible, la mujer es el centro de la actividad cafetera, la mujer es la empresaria cafetera. En el momento que la mujer salga de la actividad cafetera se viene una crisis social impresionante porque los costos de mantener trabajadores, de mantener la casa, se acaba este cuento. (...). (Rodríguez Valencia, 2013, p. 86) (Citado en Federación Nacional de Cafeteros, 2012)

Entonces, es muy importante y de gran valor el poder articular esfuerzos para apoyar los procesos productivos de las mujeres en la caficultura, para que sean protagonistas en cada unidad productiva y no sigan rezagadas en la actividad empresarial cafetera.

5. Marco teórico

5.1. La caficultura colombiana.

La caficultura es un reglón muy importante en la economía agrícola del país, según los siguientes indicadores:

Colombia tiene alrededor de 550 municipios cafeteros en 22 de los 32 departamentos, 555.692 familias cafeteras, más del 25% de la población rural es cafetera, 931.746 hectáreas de cultivos de café, el 96% de los caficultores son pequeños productores; el café es el primer producto de exportación no minero ni petrolero, de la producción total del 2016 14,2 millones de sacos se exportaron cerca de 13 millones de sacos de 60Kg distribuidos en 46 países; el sector cafetero aportó el 23,1% del PIB agrícola al tercer trimestre de 2016. En cuanto a producción sostenible, a enero de 2017 aproximadamente 212 mil fincas de las 684.665 pertenecen a programas de producción sostenible (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017, p.p. 1-3).

Además, existen otros indicadores que incluyen la oportunidad y la generación de empleo y lo representativo que éste es en comparación con otros sectores económicos del país, los cuales se presentan de la siguiente manera:

En empleo el sector genera cerca de 785 mil ocupados directos, lo que equivale al 26% del empleo agrícola del país. Si se compara con otros sectores, la caficultura es 3.5 veces más generadora de empleo que la de arroz, maíz y papa juntos, y 10 veces más a los cultivos de palma africana y caucho; comparado con otros sectores no agrícolas, cuadriplica al minero energético y dobla al de la construcción; un verdadero motor de desarrollo en la economía rural. (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2014, p. 5).

Por tanto, el sector cafetero es muy importante y representativo en la economía agrícola en Colombia, pero este, posee algunas desventajas que afecta principalmente al medio ambiente. Una

de estas, es el manejo del cultivo de forma tradicional debido a que los productores no implementen las técnicas adecuadas para el manejo sostenible de sus unidades productivas. En contraste con los cultivos tecnificados, que siguen las recomendaciones aportadas por las entidades de extensión como la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y las Cooperativas organizadas en los diferentes departamentos.

Es por ello, que algunos problemas que genera la caficultura son directamente relacionados con la forma como se maneja el cultivo, como por ejemplo, el manejo incorrecto de pesticidas.

Por otro lado, algunas problemáticas no son generadas por la forma como se maneja el cultivo, puesto que, se generan en los procesos de postcosecha que se le hace al fruto; más conocido en nuestro país como beneficio húmedo del café. Dicho proceso se realiza para separar el pergamino de la pulpa y el mucílago.

5.2. Beneficio Húmedo del Café en Colombia.

Según el manual cafetero colombiano el beneficio se especifica como un proceso que:

Consiste en un conjunto de operaciones para transformar los frutos de café, en café pergamino de alta calidad física y en taza,..., lo realizan los caficultores, en su gran mayoría, en las instalaciones que tienen en sus fincas, a las que denominan beneficiaderos, y en donde realizan básicamente el recibo, despulpado, remoción de mucílago, lavado, diversas clasificaciones y secado. (FNC-CENICAFÉ, 2013, p. 9)

Las diferentes etapas del proceso, demandan en su mayoría agua. Inicialmente la recepción del café en las tolvas requiere un gasto de agua, por ejemplo en el caso de tolva húmeda (Figura 1.) es de 5 L.Kg^{-1} de c.p.s. (FNC-CENICAFÉ, 2013).

Además, en algunas fincas se realiza el proceso de clasificación del café previo al despulpado. En el caso del tornillo sinfín (Figura 2.), la clasificación requiere un gasto inferior a 0.01 L.Kg^{-1} de

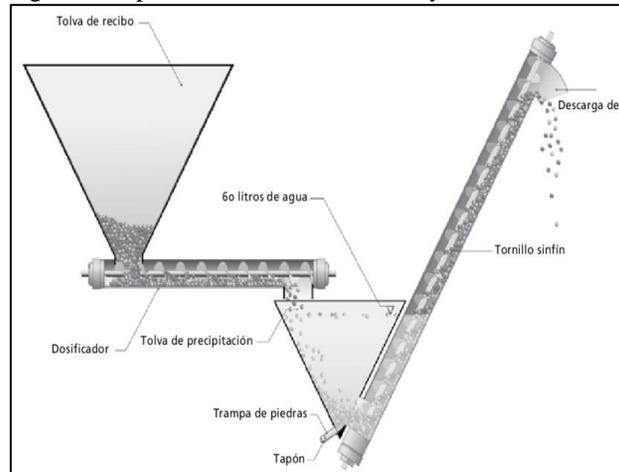
café en cereza (FNC-CENICAFÉ, 2013, p. 15). Adicionalmente, los pequeños productores, debido a que realizan una recolección de mejor calidad, utilizan tanques o canecas para realizar el flote de frutos vanos, verdes y brocados, ramas y otros elementos ajenos a la masa de café (FNC-CENICAFÉ, 2013).

Figura 1. Tolva Húmeda. (FNC-Cenicafé, 2013).



Nota: Tolva húmeda, (FNC Cenicafé, 2013). Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Figura 2. Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín.



Nota: Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín © FNC Cenicafé 2011. Dibujo Gonzalo Hoyos. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-8-Separador-hidraulico-de-tolva-y-tornillo-sinfin-C-FNC-Cenicafe-2011-Dibujo_fig4_262755464

Luego el café pasa por su primera transformación, el despulpado, este es realizado en máquinas despulpadoras que reciben el café cereza a través de tolvas o tuberías y entregan los granos de café con mucílago (FNC-Cenicafé, 2013). En este proceso, muchos caficultores utilizan grandes cantidades de agua debido a que lo han realizado así por tradición, pero, se ha venido creando conciencia para que despulpen en seco y para que además la salida de pulpa tenga flujo hacia las fosas sin uso de agua.

Después del despulpado se realiza por lo general una tamizado del café en zarandas rotatorias y de vaivén (Figura 3 y 4 respectivamente) para retirar de la masa de café los frutos pintones o verdes que no alcanzan a ser despulpados.

Figura 3. Zaranda Rotatoria (FNC-Cenicafé, 2013)



Nota: Zaranda Rotatoria, (FNC Cenicafé, 2013).
Disponible en:
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Figura 4. Zaranda de vaivén (FNC-Cenicafé, 2013)



Nota: Zaranda de vaivén, (FNC Cenicafé, 2013).
Disponible en:
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Posteriormente, se realiza la remoción del mucilago, el cual es una capa gelatinosa adherida al pergamino. Según Sanz et al, es necesario retirar el mucílago debido a tres causas:

La primera razón se refiere al que el café colombiano pertenece al segmento de los denominados cafés suaves lavados,... Otra razón para retirar el mucilago es que esta película gelatinosa crea una barrera al flujo natural de humedad hacia el exterior del grano durante el secado,... El tercer argumento para retirar el mucilago está relacionado con la inocuidad del producto, dado que al remover esta capa se disminuye considerablemente la carga microbiana presente en el grano. (FNC-Cenicafé, 2013, p. 24)

La remoción del mucílago se realiza utilizando dos principios, el primero manualmente en tanque tina (figura 5.) o tanques convencionales (figura 6.), con un uso de agua de alrededor de $4,17 \text{ L.Kg}^{-1}$ de c.p.s. (FNC-Cenicafé, 2013, p. 33).

Figura 5. Tanque tina (FNC-Cenicafé, 2013).



Nota: Tanque tina, (FNC Cenicafé, 2013).
Disponible
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Figura 6. Tanque convencional (FNC-Cenicafé, 2013).



en: **Nota:** Tanque convencional, Finca Mujer Cafetera Doris Mora Trujillo. Finca la Esperanza vereda Fátima. (COOCENTRAL, 2017). Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Por otro lado, de forma mecánica se utiliza el ecomil (figura 7.) y la tecnología Deslim. El Ecomil está compuesto por tres partes, un lavador con flujo de café vertical, un tanque de sección cilíndrica con descarga en forma de cono truncado invertido y un alimentador de café al lavador de tornillo sinfín. Con un consumo de agua entre $0,34$ y $0,50$ $L.Kg^{-1}$ de c.p.s. (FNC-Cenicafé, 2013, p. 35). Asimismo, el desmucilaginador con la tecnología Deslim (figura 8.), (desmucilaginado, lavado y limpieza) en el cual no se presenta la fermentación natural, con un consumo de agua menor a 1 $L.Kg^{-1}$ c.p.s. El principio que utiliza es el de frotación a través de agitadores para retirar el mucílago del pergamino (FNC-Cenicafé, 2013).

Figura 7. Ecomil 1500 (FNC-Cenicafé, 2013).



Nota: Benefiadero ecológico ecomil, (FNC Cenicafe, 2013).
Disponble en: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Figura 8. Deslim (FNC-Cenicafé, 2013).



Nota: Desmucilaginador Deslim, (FNC Cenicafe, 2013).
Disponble en: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

Después de todo, al residuo del método mecánico se le realiza un proceso de secado para generar una pasta orgánica o se utiliza como alimento para porcinos, además, de utilizarse para otros procesos como la generación de gas. Entre tanto, al residuo del método manual que resulta del tanque tina se le hace el respectivo manejo con el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio SMTA, con el objetivo de retirar la carga orgánica del vertimiento (Zambrano et al, 2010).

5.3. Sistemas de tratamiento de aguas mieles.

Desde hace más de medio siglo se han venido buscando alternativas para darle manejo adecuado a los subproductos provenientes de los procesos que se le hacen al café. Hoy día, se han

hecho investigaciones que arrojaron diferentes usos de subproductos. “Como la producción de levaduras y hongos alimenticios, alcohol, colorantes, biogás, abono orgánico, aceites, pectinas, miel de café y alimentos para animales” (FNC-CENICAFÉ, 2013, p. 112).

Sin embargo, según como lo presenta Rodríguez (2009), (como se citó en Calle et al, 1950-77)

Entre 1950 y 1977, el investigador Hernán Calle Vélez en Cenicafé, realizó investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de los subproductos, demostrando que a partir de la pulpa, el mucílago y los ripios de café pueden obtenerse, entre otros, levaduras alimenticias(Calle, 1951), alcohol (Calle, 1951), colorantes (Calle, 1955), biogás (Calle, 1955; Calle,1974), abono orgánico (López y Calle, 1956; Parra y Calle, 1967), aceites (Calle, 1960), pectinas (Calle, 1962), miel de café (Valencia y Calle, 1968), alimentos para animales (Buitrago, Calle, Gallo y Corso, 1970; Calle, 1977), baterías eléctricas (Calle, 1973, Calle 1977), materiales de construcción (Calle, 1977) y productos químicos (Calle, 1977). Sin embargo aspectos tales como el tipo de beneficio utilizado en la época (uso de agua en el proceso de despulpado y fermentación natural del mucílago), alta dispersión en la generación de los subproductos y las bajas cantidades de subproductos/ha, no favorecieron la adopción de los resultados de las investigaciones. (p11)

Por consiguiente, en Cenicafé se adelantaron investigaciones desde hace treinta y tres años, donde específicamente se enfocaron al manejo del agua utilizada en el proceso de beneficio húmedo. Y principalmente en implementar “Un modelo integral de manejo del agua en el beneficio del café, debido a la categorización del café colombiano, cafés suaves lavados” (FNC-Cenicafé, 2013, p. 112-113).

Dicho modelo se maneja en tres categorías: la primera el despulpado y transporte en seco del epicarpio de café a fosas con techo, lo que favorece en una reducción de contaminación del 72% que sin este manejo podría llegar a contaminarse fuentes hídricas por deposición directa o por percolación de lixiviados; la segunda mediante la implementación del sistema modular de tratamiento anaerobio para aguas mieles de café junto con humedales artificiales y la tercera, implementando los tratamientos primario, secundario y complementario para grandes productores (FNC-Cenicafé, 2013, p. 112-113).

Además de tratamientos de aguas residuales, se ha optado por buscar alternativas para medianos y grandes productores mediante la implementación de la tecnología Becolsub (Pabón, Sanz y Oliveros, 2009) y Ecomill (Oliveros, Sanz, Ramírez y Tivaduiza, 2013).

En un estudio realizado por Cenicafé publicado en 1999 mediante el boletín técnico número 20 se menciona que “mediante la implementación del Sistema modular de tratamiento anaerobio (en adelante SMTA) se llegaba a tener las siguientes eficiencias de remoción, 80% DQO, 83.4% DBO5, 45.99% ST y 74.3% SST”. (FNC-Cenicafé, 2006, p. 6). Cumpliendo con normatividad de la época, decreto 1594 de 1984.

De la misma manera, en el 2006 CENICAFÉ publicó una propuesta más fácil y económica para la implementación del SMTA, y que igualmente cumplía con la norma vigente de la época, básicamente se cambió la clase de materiales pero los principios de funcionamiento siguieron siendo los mismos (FNC-Cenicafé, 2006).

Por último, se realizó una entrega por parte de Cenicafé del manual para construir y operar los SMTA. En el cual se ilustra paso a paso el proceso para el montaje, instalación, arranque y operación del SMTA (FNC-Cenicafé, 2010).

Por lo que, según Zambrano et al (2010):

Los SMTA involucran una tecnología de tratamiento biológico con separación de las fases hidrolítica-acidogénica de la metanogénica, apta para alcanzar altas eficiencias en la remoción de carga orgánica; no utiliza energía eléctrica para bombeo de agua residual debido a que el flujo se hace por gravedad aprovechando la topografía de la zona cafetera colombiana; utiliza unidades prefabricadas negras de polietileno con tapas, que permiten elevar hasta 30°C la temperatura interna de los tanques y controlar la presencia de malos olores en los alrededores; utiliza microorganismos metanogénicos presentes en el estiércol vacuno o porcino, responsables de la etapa principal del tratamiento de las aguas mieles, y trozos de guadua o de botellas plásticas no retornables que favorecen la permanencia de los microorganismos en el sistema. Un SMTA durante su operación, no requiere adición de químicos para neutralizar la acidez de las aguas mieles, ni para el balance de nutrimentos. (FNC-Cenicafé, 2010, p. 5-6)

5.4. Principios de fundamento del SMTA.

Desde el punto de vista funcional, según Cerquera (2017) “La digestión anaerobia es un proceso biológico degradativo de la materia orgánica, que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno realizada por unas bacterias específicas a productos gaseosos conocidos como biogás (dióxido de carbono, gas metano, entre otros).” (p. 25)

En lo anterior se distinguen tres procesos (hidrolisis, acidogénesis y metanogénesis) “que son realizadas de manera consecutiva por 5 grandes grupos de bacterias definidas en relación con cuatro etapas, hidrolítica, acidogénica, acetogénica, y metanogénica”. (Cerquera, 2017, p. 25)

La etapa hidrolítica según Cámara y Lines (2011), Marti (2006) y Trueba (2012) citado por Cerquera (2017) “es muy importante porque los compuestos complejos orgánicos como lípidos, proteínas, hidratos de carbono y compuestos orgánicos, se hacen más asequibles para las bacterias como fuente de energía y carbono, porque son hidrolizados en compuestos más pequeños.” (p. 26).

Es decir tras este proceso causado por enzimas las bacterias tendrían mayor posibilidad y disponibilidad de alimentarse.

En la siguiente etapa, la acidogénica, los azúcares y aminoácidos que resultan de la etapa anterior entran a un proceso de fermentación gracias a microorganismos y bacterias fermentativas, lo cual produce el alimento que en ese estado ya puede ser tomado por las bacterias metanogénicas (Cerquera, 2017).

En la etapa acetogénica, los productos obtenidos de la etapa anterior (ácidos grasos de cadena larga y cadena corta) son sometidos a una transformación causada por bacterias acetogénicas, el proceso es denominado beta oxidación (Cerquera, 2017).

En la etapa final, “el proceso anaerobio de la biodegradación de los productos obtenidos en las etapas anteriores por las bacterias metanogénicas, principalmente en la última etapa ácido acético e hidrógeno, produciendo metano y CO₂”. (Cerquera, 2017, p. 28)

5.5. Componentes del sistema.

Por otro lado, se relacionan los componentes del sistema. El primer elemento es una trampa pulpas (figura 9.), encargada de retener partículas mayores a 5mm para que no se presenten taponamientos en el sistema (FNC-Cenicafé, 2010, p. 6).

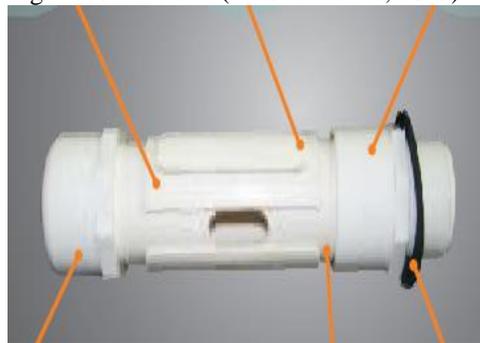
Figura 9. Trampa pulpa (FNC-Cenicafé, 2010).



Nota: “Aspectos de la trampa de pulpas, (FNC Cenicafé, 2010).

Disponble en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Figura 10. Válvula. (FNC-Cenicafé, 2013).



Nota: Válvula de entrada de las aguas mieles, (FNC Cenicafé, 2013).

Disponble en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

La trampa de pulpas tiene dos entradas y dos salidas, donde ingresa el vertimiento proveniente del tanque tina y los lixiviados de la fosa, una de las salidas es para las aguas mieles ya filtradas y la segunda es un rebose de seguridad encargado de evacuar el vertimiento en caso de que se presenten taponamientos en la salida de aguas mieles con destino a los R. H. A. (FNC-Cenicafé, 2010, p. 19).

La válvula de entrada a la trampa pulpas cumple con el objetivo de no sobrepasar el volumen que ingresa al sistema (FNC-Cenicafé, 2010, p. 19).

El segundo elemento es uno o varios tanques de polietileno (reactores hidrolíticos-acidogénicos) (Figura 11.), en los cuales ocurren las etapas de hidrolisis y acidogénesis y se solubiliza el material orgánico suspendido (FNC-Cenicafé, 2010, p. 6). En estos elementos hay unos dispositivos denominados “cuello de ganso” cuya función es retener las aguas mieles y permitir la fermentación en el reactor y posteriormente continuar con el tratamiento (figura 12)

Figura 11. Reactores R. H. A. (FNC-Cenicafé, 2010).



Nota: Reactores hidrolíticos acidogénicos, (FNC Cenicafé, 2013).
 Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Figura 12.) Cuello de ganso.



Nota: Dispositivo de salida de los R. H. A. (FNC Cenicafé, 2013).
 Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Como se puede ver en la figura 11, en los tanques de polietileno (R. H. A.) hay una entrada y dos salidas. La entrada es para las aguas mieles filtradas que provienen de la trampa de pulpas; una de las salidas distribuye el flujo hacia la recamara dosificadora, y la otra salida es el rebose de seguridad que dirige el flujo rebosado a una excavación con deposición parcial de estiércol y rellena con tallos de café (FNC Cenicafé, 2013).

Posteriormente, sigue una o varias recamaras dosificadoras (figura 13), que permiten la retención de material orgánico no solubilizado y el control del caudal en adelante (500-550 ml/min) (figura 14). En el proceso de arranque del sistema, la válvula de entrada a la recamara es de suma importancia para realizar el procedimiento progresivamente con las cantidades y tiempos recomendados.

Figura 13. Recamara dosificadora. (FNC-Cenicafé, 2010).



Nota: Dispositivos internos de la recamara dosificadora, (FNC Cenicafé, 2013).

Disponible

<http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

en:

Figura 14.) Válvula de control de caudal. (Coocentral, 2017).



Nota: Regulador de flujo orificio de 7/64 pulg, caudal cte. 550ml/min. (COOCENTRAL, 2017).

Disponible en: Unidad técnica FUNDECAFÉ.

El cuarto elemento, consta de uno o varios tanques de polietileno reactores metanogénicos (figura 15.) los cuales son llenados con trozos de guaduas o botellas de gaseosa no retornables fraccionadas, adecuando un hábitat para los microorganismos metanogénicos, que transforman la carga orgánica en biogás, permitiendo la eliminación de al menos el 80% de la contaminación posible sin el sistema. Por último, el sistema consta de una excavación (figura 16.) que es llenada

de trozos de tallos de café provenientes de renovaciones, con el objetivo de depositar los reboses causados por eventuales fallas en el sistema. (Zambrano et al, 2010, pág. 06)

Figura 15. Reactor metanogénico. (COOCENTRAL, 2017)



Nota: Reactor metanogénico no inoculado, donde ocurre el último proceso del sistema. (COOCENTRAL, 2017).
Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 16.) Excavación para reboses. (FNC-Cenicafé, 2010).

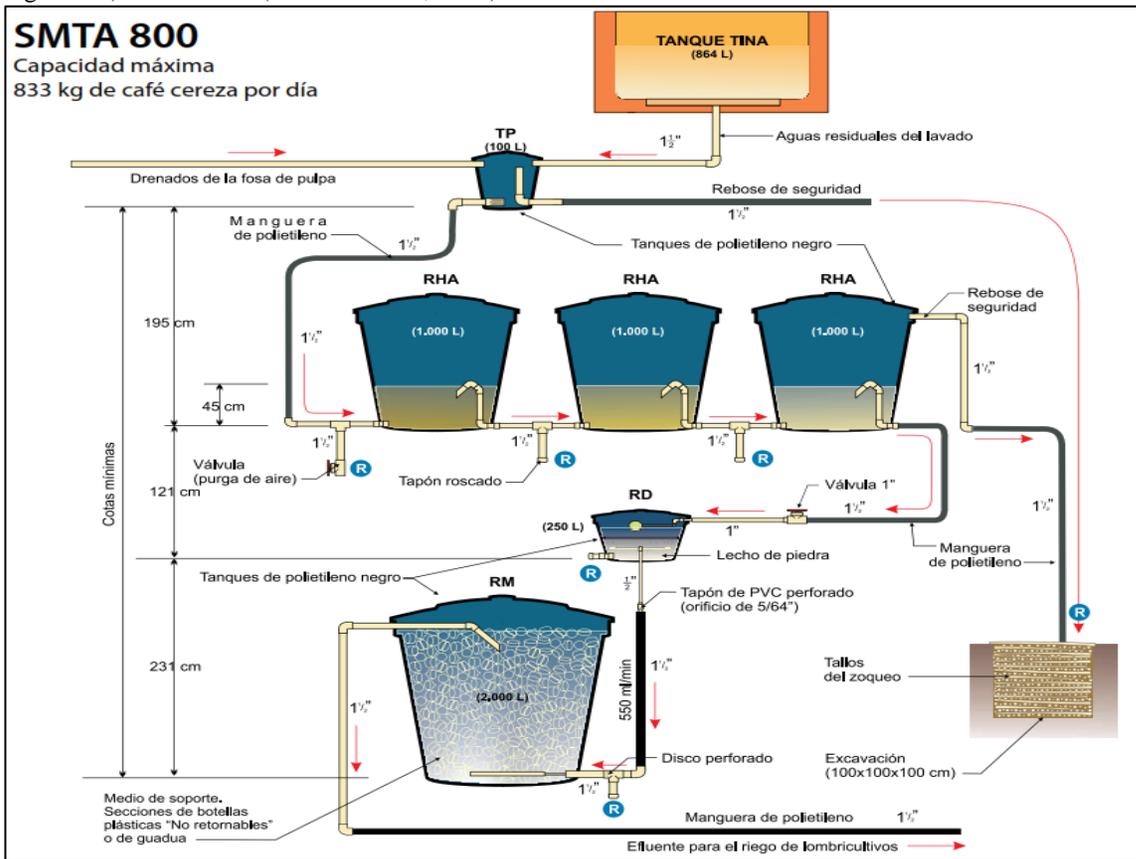


Nota: Debido a una sobrecarga hidráulica o taponamiento del sistema. (FNC Cenicafé, 2013).
Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

5.6. Tamaño del sistema.

En cuanto al tamaño del sistema, este se encuentra directamente relacionado con la cantidad de café cereza recolectado en la finca el día de mayor productividad, denominado día pico de cosecha (Figura 17.). Como segunda medida, se debe adoptar el despulpado en seco y el transporte de pulpa por gravedad para que el consumo o uso de agua para lavado se encuentre entre 4 y 5 litros por kilogramo de café pergamino seco. (Zambrano et al, 2010). Por ejemplo, si se tiene una producción máxima diaria de 72 kilogramos de café cereza (cc) equivalente a 14,4 Kg c.p.s. aproximadamente, y con consumo de agua para lavado igual a 5 litros/Kg c.p.s., se tendría un volumen de agua vertida igual a 72 litros por lo que se debe implementar un SMTA de tamaño 70. Igualmente, para una producción máxima diaria de 1710 Kg cc, con un volumen de agua de lavado de 5L/Kg c.p.s. se requeriría un SMTA 1700.

Figura 16.) SMTA 800. (FNC-Cenicafé, 2010).



Nota: Plano hidráulico SMTA 800 (FNC Cenicafé, 2010).

Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Dimensionamiento basado en la siguiente formulación:

Para el reactor hidrolítico-acidogénico, $V_{RHA} = 0,000405 \times S_p \times P_a$; donde, V_{RHA} es el volumen total de la fase hidrolítica-acidogénica en m^3 , S_p el porcentaje de café cereza beneficiado en la semana pico respecto a la cosecha anual en %, y P_a producción anual de café pergamino seco en @ (arrobas) (Zambrano et al, 2010).

Para el reactor metanogénico, $V_{RM} = 0,000338 \times S_p \times P_a$; donde, V_{RM} es el volumen total de la fase metanogénica en m^3 (Zambrano et al, 2010).

5.7. Inoculación del sistema.

La inoculación del sistema es la propagación de las bacterias metanogénicas presentes en el estiércol de ganado vacuno. Este proceso se realiza con una mezcla o preparación de estiércol vacuno, primer enjuague del lavado del café o miel de purga, orina animal o urea y cal masilla blanca disuelta en agua (Zambrano et al, 2010). En la figura 17 podemos ver la cantidad de cada material y los horarios y tiempos en el que se hace el arranque del sistema, lo que es necesario para que las bacterias asimilen la fuente de energía. Además de los anteriores materiales el reactor metanogénico en su interior debe llenarse de guadua, tuza de maíz o terceras partes de botellas pet de bebidas gaseosas, con el objetivo de que funcionen como medio de soporte para las bacterias. (Zambrano et al, 2010).

Figura 17. Materiales necesarios para la inoculación y arranque de los SMTA.

Reactor metanogénico			Inoculación				Arranque		
Volumen (L)	Guadua (metros lineales)	Tercios de botella (número)	Inóculo (bacterias)	Fuente de carbono		Fuente de nitrógeno	Búfer de arranque	Día	Tiempo de alimentación diaria (Horas : min)
				Opción A	Opción B				
250	22	186	30 kg de estiércol fresco + 30 L de agua	15 L primer enjuague + 15 L segundo enjuague	2 kg de miel de purga disuelta en 60 L de agua	1,5 L orina animal ó 25 g de urea disuelta en 1 L de agua	0,5 kg de cal masilla blanca disuelta en 5 L de agua	1 a 14	00:06
								15 a 28	00:15
								29 a 42	00:35
								43 a 56	01:00
								57 a 70	01:30
71 en adelante	Continuo								
500	43	369	60 kg de estiércol fresco + 60 L de agua	30 L primer enjuague + 30 L segundo enjuague	4 kg de miel de purga disuelta en 120 L de agua	3 L orina animal ó 50 g de urea disuelta en 2 L de agua	1,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 10 L de agua	1 a 14	00:13
								15 a 28	00:30
								29 a 42	01:10
								43 a 56	02:00
								57 a 70	03:00
71 en adelante	Continuo								
750	66	558	90 kg de estiércol fresco + 90 L de agua	45 L primer enjuague + 45 L segundo enjuague	6 kg de miel de purga disuelta en 180 L de agua	4,5 L orina animal ó 75 g de urea disuelta en 3 L de agua	1,5 kg de cal masilla blanca disuelta en 15 L de agua	1 a 14	00:20
								15 a 28	00:45
								29 a 42	01:45
								43 a 56	03:00
								57 a 70	04:30
71 en adelante	Continuo								
1.000	85	735	120 kg de estiércol fresco + 120 L de agua	60 L primer enjuague + 60 L segundo enjuague	8 kg de miel de purga disuelta en 240 L de agua	6 L orina animal ó 100 g de urea disuelta en 4 L de agua	2,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 20 L de agua	1 a 14	00:25
								15 a 28	01:00
								29 a 42	02:20
								43 a 56	04:00
								57 a 70	06:00
71 en adelante	Continuo								
2.000	170	1.470	240 kg de estiércol fresco + 240 L de agua	120 L primer enjuague + 120 L segundo enjuague	16 kg de miel de purga disuelta en 480 L de agua	12 L orina animal ó 200 g de urea disuelta en 8 L de agua	4,0 kg de cal masilla blanca disuelta en 40 L de agua	1 a 14	00:52
								15 a 28	02:00
								29 a 42	04:40
								43 a 56	08:00
								57 a 70	12:00
71 en adelante	Continuo								

Nota Fuente: FNC Cenicafé (2010).

Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

6. Antecedentes.

En el país se ha implementado varios proyectos de SMTA, para lo cual, tanto los órganos ambientales y gubernamentales como las diversas asociaciones de caficultores se han vinculado para reducir la contaminación del medio ambiente producido por el modelo de caficultura. Para empezar, se tiene el proyecto realizado en Gachalá Cundinamarca, ejecutado por la Corporación Autónoma Regional del Guavio y la asociación de productores en fincas integrales y cafeteras del Guavio (Asofincas) (CORPOGUAVIO, 2016). Dicho proyecto según el mismo autor, se realizó con el objetivo de:

Promover la implementación de prácticas que conduzcan a garantizar la sostenibilidad ambiental en las fincas de producción cafetera creando mecanismos ambientales que armonicen la producción con el medio que lo rodea incentivando el control y la reducción de los niveles de contaminación de las aguas y el deterioro de los suelos impulsando procesos tendientes a mejorar las condiciones de inocuidad de la explotación de café en el territorio de Corpoguavio. (CORPOGUAVIO, 2016, p. 2)

Lo que además busca contribuir a la optimización de procesos productivos de la región para su sostenibilidad socioeconómica y ambiental, con el propósito de orientar la promoción y el fortalecimiento de procesos de producción sostenible para impulsar tecnologías ambientales adecuadas a las características de los ecosistemas y necesidades de desarrollo de las comunidades (CORPOGUAVIO, 2016).

El anterior proyecto, retoma la idea de generar una conciencia territorial para la producción de café sostenible, favorecer las comunidades y a su vez mitigar la alteración al medio ambiente y el uso inadecuado de sus recursos. Además, se plantea el uso de los SMTA para darle solución a la problemática de vertimientos con elevados contenidos de carga orgánica.

Por otro lado, en el departamento del Huila el año 2017 se implementó un proyecto piloto usando la tecnología SMTA, dirigido a 100 fincas en la cuenca de la quebrada la Guandinosa en el municipio de Gigante que a futuro será replicado de forma masiva en los 35 municipios cafeteros en fincas ubicadas en zonas aledañas a las fuentes de agua (Muñoz Figueroa, 2017).

Así mismo en todo el territorio nacional y en específico en las zonas cafeteras se ha venido implementando la tecnología entregada por Cenicafé SMTA para aguas mieles provenientes del beneficio húmedo del café. Debido a que es el único método aprobado por la entidad y por la FNC para la descontaminación de los vertimientos provenientes del método tradicional de beneficio.

Es por ello, que para dar la continuidad al modelo de beneficio húmedo del café en fincas de pequeños caficultores, los cuales no cuentan con sistemas de beneficio ecológico debido a su costo de inversión, se hace necesario implementar la única tecnología (SMTA) aprobada y dispuesta por Cenicafe y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

7. Metodología

El proyecto se dividió en seis etapas, implementadas de manera progresiva, con el fin de que en el transcurso del proyecto se tuviese la articulación entre las capacitaciones dadas a las asociadas y el proceso de implementación del sistema modular SMTA, un modelo de preparación previa para evitar una deserción de las beneficiarias, darles a conocer la importancia del método de tratamiento del agua, crear una conciencia ambiental desarrollando el sentido de pertenencia y así asegurar el funcionamiento del sistema a largo plazo.

7.1. Visita inicial

Utilizando como herramienta el método individual de extensión agrícola “visita a la finca”, se realizó la visita inicial a cada una de las beneficiarias con el propósito de hacer un diagnóstico del estado de la finca, para esto, se utilizó el formato denominado diagnóstico de finca (Anexo 1.). (Cooperativa Central de Caficultores del Huila, 2017, pág. 2). En el cual se recolecta información relacionada al área de cultivo de café, la producción aproximada de café pergamino seco por año y el estimativo de la cantidad de café cereza en el día pico del año.

7.2. Socialización del proyecto

Se convocó a las 32 mujeres cafeteras asociadas beneficiarias del proyecto (Anexo 2.), con el objetivo de darles a conocer información acerca de la cadena de suministro, es decir, de donde se origina el proyecto, el contenido estructural del proyecto como sus objetivos, por qué y quienes son las beneficiarias, zona de desarrollo del proyecto, cronograma de actividades, temas a desarrollar en el proyecto y los costos de éste.

7.3. Realización de visitas de campo, talleres y capacitaciones

Se realizaron capacitaciones a las asociadas bajo las siguientes técnicas y en los temas correspondientes:

a) Utilizando como herramienta la demostración práctica, como método grupal, se abordó la capacitación correspondiente a “demostración en campo de los insumos requeridos, proceso de instalación y funcionamiento de los SMTA”. La actividad fue realizada en una finca de la vereda Santa Martha (Anexo 3), la cual estuvo a cargo de los asistentes técnicos agrícolas de la Unidad Técnica de la cooperativa COOCENTRAL, a favor de esto, todas las beneficiarias asistieron. Por otro lado, se cumplió el objetivo puesto que se logró mostrar en campo los insumos requeridos para poder implementar el SMTA, el proceso de instalación, y como principal factor, explicar cómo funciona el sistema.

b) En el mismo entorno anteriormente citado, se desarrolló la capacitación denominada “proceso de mantenimiento y sostenimiento de los SMTA” (Anexo 5) utilizando como herramienta una presentación digital proyectando algunas problemáticas que se presentan en el SMTA y sus respectivas soluciones. Para esto se citan algunos apartes del material.

- Cese del flujo entre la trampa pulpas y el reactor hidrolítico acidogénico, el cual ocurre por varias causas, una de estas tras la presencia de aire dentro de la tubería y la otra debido al taponamiento que ocasionan granos o cerezas de café al filtro del trampapulpas, para lo cual se debe realizar la respectiva limpieza del filtro. Si el problema persiste de debe abrir la válvula de purga de aire hasta que salga fluido por esta y cerrarla apenas se retire el aire presente en la tubería.

-No flujo entre RHA; lo cual se debe al taponamiento de la tubería de conexión o al taponamiento del orificio del codo del cuello de ganso. Para lo cual se debe abrir la tubería de lodos y limpiar el orificio del codo del cuello de ganso.

-No fluye agua residual desde los RHA hacia la RD; lo cual es producido por el taponamiento de la válvula de flotador que ingresa a la RD, para solucionarlo se debe retirar la válvula y realizar limpieza de esta.

c) A través de una gira se realizó la capacitación denominada “Finca Modelo Sostenible Certificada” (Anexo 6). Desarrollada en la Concentración Jorge Villamil –En el municipio de Gigante. Esta capacitación se llevó a cabo en compañía del grupo de mujeres del programa Premium Sharing Rewards de Coocentral, tuvo a cargo la Unidad Técnica de Cooperativa COOCENTRAL, la metodología utilizada fue la distribución de cuatro grupos de 25 mujeres para lo cual se rotaban en cuatro espacios adecuados para los siguientes temas:

-Normas de certificación y sellos

-Infraestructura para la producción sostenible

-Buenas prácticas agrícolas

-Recolección de café (Método de recolección, selección del grano, calidad de recolección y protocolo para obtener café de calidad)

7.4. Instalación de los SMTA

Se lleva a cabo la instalación de los SMTA en cada una de las fincas de las beneficiarias, dicha labor la realiza un grupo de trabajo conformado por dos extensionistas del comité de cafeteros del municipio de Garzón, dos operarios independientes, y los tres asistentes técnicos de la zona de influencia del proyecto pertenecientes a la unidad técnica de la Cooperativa (Anexo 7-13.).

A continuación se describe el proceso de instalación del sistema llevado a cabo en cada finca:

a) Inicialmente se realiza la verificación de la pendiente: este proceso comienza en la salida de las aguas de lavado del beneficiadero, que es el punto de partida. Desde este punto hasta la salida del

sistema (Salida del Reactor Metanogenico) debe haber una diferencia de altura mínima de 6,50 metros, de no presentarse esta diferencia de cotas, no funcionaría el sistema, debido a que uno de sus principios es el flujo por gravedad sin uso de bombeo.

b) El segundo paso, es el replanteo y la demarcación de los sitios donde se ubican los diferentes dispositivos con su respectiva cota. En la figura 17 podemos ver una ilustración de las cotas y los diferentes dispositivos del sistema. En esta etapa se tiene en cuenta los espacios disponibles sin cultivar de la finca, la ubicación del beneficiadero y la salida del sistema, sin embargo, en los casos donde se presentó interferencia de cultivos se intervino para ubicar las diferentes unidades del sistema.

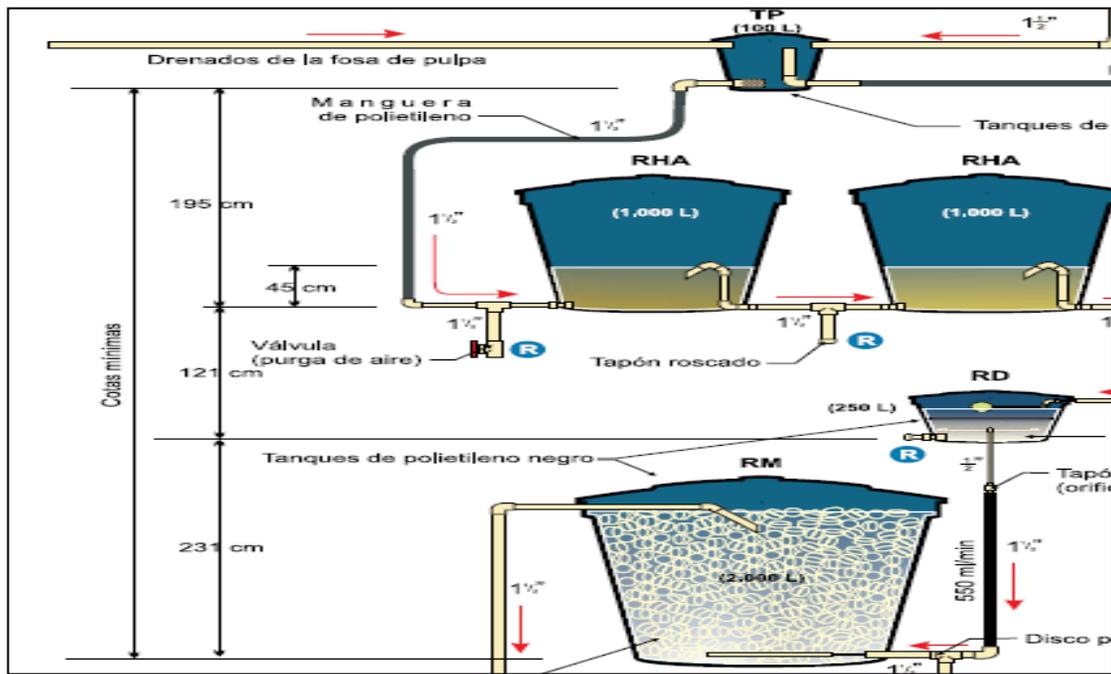
c) Posteriormente, utilizando una manguera de nivel se demarca el sitio del tanque para trampapulpas con referencia a la salida de las aguas mieles del beneficiadero y la salida de lixiviados de la fosa con una diferencia de altura mínima de 50 cm. Luego, se toma como punto inicial la cota inferior donde quedará el trampapulpas, con el fin de ubicar la cota del sitio para los tanques de los reactores hidrolíticos acidogénicos, los cuales deben quedar con una diferencia de altura mínima de 1,95 metros. Igualmente, se toma como referencia la cota inferior del sitio anterior (RHA) y se toma niveles para proporcionar una diferencia de altura de 1,21 metros entre dicho punto y el sitio donde queda la recamara dosificadora. Asimismo, con el sitio para el tanque del reactor metanogenico, que debe tener una diferencia de altura mínima de 2,31 metros con referencia a la cota inferior de la recamara dosificadora. Además, la fosa para reboses (excavación de 1mx1mx1m, llena de tallos de café) debe quedar al menos con una diferencia de 50 cm con referencia a la cota de los RHA. Por último, el filtro natural, que es el postratamiento al SMTA, debe quedar con una diferencia de altura con referencia al reactor metanogenico (salida del sistema) de al menos 50 cm.

d) Luego de trazados los sitios para cada unidad del sistema, se procede a realizar la nivelación o corte del terreno para ubicar los diferentes tanques de polietileno, verificando que el corte se realice completo para que los tanques queden sobre suelo firme y así evitar posibles volcamientos y además proporcionar una nivelación sin pendiente o con pendiente mínima a favor del flujo del sistema. Lo anterior se verifica por medio del uso de un diagonal y nivel de manguera.

A continuación, se especifican las perforaciones de cada unidad (tanque) del sistema, el ensamble de adaptadores, el corte de tubería y la unión de la misma para formar los diferentes dispositivos.

e) El tanque de polietileno de 100 litros que se utiliza para la trampapulpas se le realizan cuatro perforaciones. Dos de estas, se hacen a siete centímetros abajo del borde del tanque con una dimensión de 1,5 pulg de diámetro aproximadamente, en donde son ensamblados dos adaptadores machos de tubería PVC presión, la primera entrada al sistema es para las aguas mieles provenientes del tanque de lavado del café y la segunda para los lixiviados provenientes de las fosas de pulpas del beneficiadero (figura 18). Continuamente, para la entrada de aguas mieles se hace una válvula de entrada (figura 10) con un tubo PVC (aguas lluvias) de 1,5 pulg de diámetro con longitud de 16cm y un tapón de PVC liso, al tubo se le realizan dos perforaciones contiguas de 5/8 pulg y con ayuda de una cuchilla se forma un ovalo cuya entrada al sistema no sobrepasa 1 pulg.

Figura 17.) Cotas mínimas para la implementación del SMTA 800. (FNC-Cenicafé, 2010).



Nota: Plano hidráulico SMTA 800 (FNC Cenicafé, 2010).
 Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Las dos perforaciones restantes, se hacen a 5 centímetros arriba del fondo del tanque, se ensamblan dos adaptadores machos de tubería PVC presión de 1,5 pulg, una de las salidas es el rebose de seguridad, la otra es la salida que permite el flujo en el sistema hacia los reactores hidrolíticos acidogénicos RHA, en ésta, va fijado un filtro que se compone de dos tubo de 1,5 pulg de diámetro y 25 cm de longitud unidos con un codo de 90° y con un tapón liso en el extremo que queda en la parte superior de la trampapulpas, los tubos se perfora alrededor de la superficie, las perforaciones tienen una dimensión de 7/32 pulg (0,56cm) como se puede ver en la figura 18, dichas perforaciones sirven de filtro y no permiten el paso a los RHA de pulpa de café y de objetos extraños. En este proyecto se tomó la decisión de cambiar el diseño del filtro original (una fracción de tubo de 25 cm) debido a que con el diseño implementado se tiene el doble de superficie de filtrado.

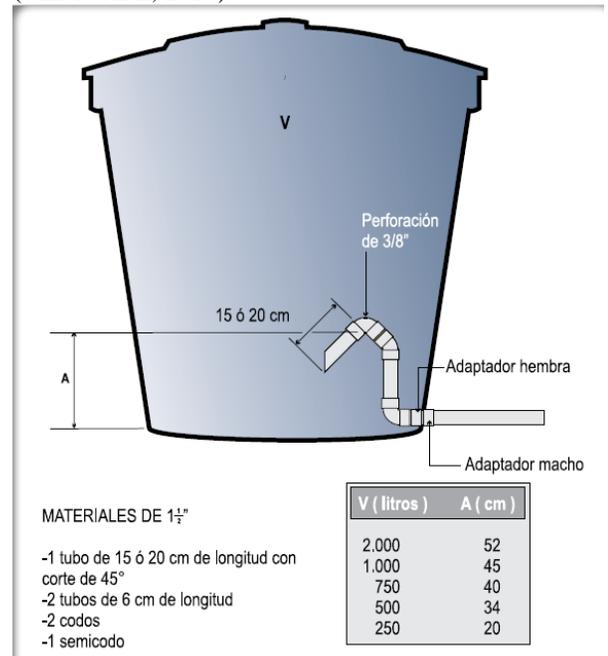
Figura 18.) Trampapulpas. (Coocentral, 2017).



Nota: 1, Rebose de seguridad. 2, Filtro doble y salida hacia el RHA. 3, Válvula de entrada (COOCENTRAL, 2017).

Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 19.) Especificaciones cuello de ganso. (CENICAFÉ, 2010).



Nota: 1, Medidas cuello de ganso (FNC Cenicafé, 2010).

Disponible

en:

<http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Para terminar con la trampapulpas, en cada una de las entradas y salidas se adiciona un tubo de 20 cm de longitud en donde se acoplan las tuberías de conexión de entrada y salida.

f) Posteriormente, se realizan las perforaciones, acoples y ensambles de los RHA.

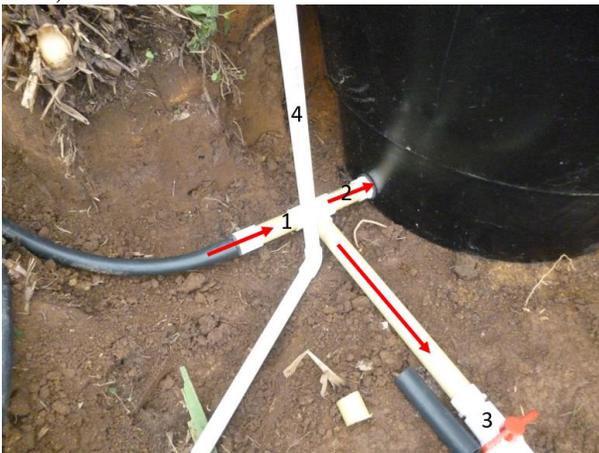
Se inicia enumerando los tanques de 1000 litros y marcando las salidas y las entradas de cada uno para luego perforar y ensamblar los adaptadores hembras y machos de PVC de 1,5 pulg. Posteriormente se construyen los 3 dispositivos cuellos de ganso, que constan de un tubo de 20 cm con un corte de 45° en uno de sus extremos, dos codos de 90°, un codo de 120° o semicodo, un tubo de 45 cm y dos fracciones de tubo de 6 cm, el codo de 90° se perfora en el lado externo, la perforación es de dimensión igual a 3/8 de pulg para evitar que cese el flujo por acumulación de gas. En la figura 19 se pueden observar las especificaciones y medidas del dispositivo.

En la entrada a los RHA se instala una válvula que permite la purga de aire, esta válvula va conectada en el extremo de una tubería en forma de “T” que posee los siguientes elementos, dos tubos de 30cm, un tubo de 1 metro y una “T” con diámetro de 1,5 pulg (Figura 20)

A su vez, se construyen las uniones tipo “T” para conectar los tres reactores. En la figura 21 podemos observar una de las uniones, estas constan de tres tubos de 50 cm de longitud de diámetro 1,5 pulg, una “T” de 1,5 pulg, un adaptador macho y un tapón roscado de igual dimensión, dicho mecanismo permite el flujo entre reactores y el mantenimiento del sistema en el lavado y la remoción de lodos.

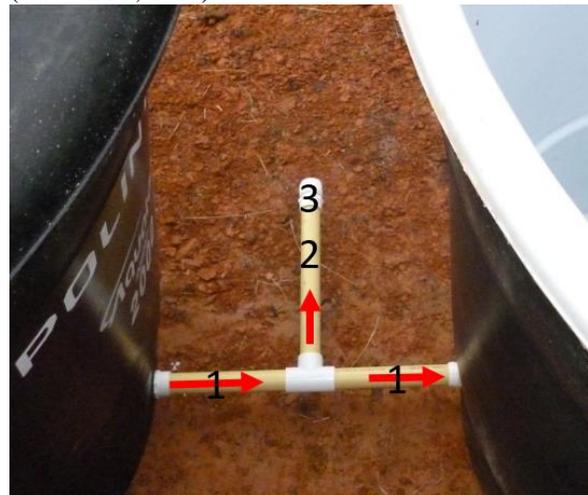
También, en la figura 20 observamos el rebose de seguridad, que junto al rebose de la trampapulpas van conducidos por una tubería tipo manguera de polietileno de 1,5 pulg a una fosa de dimensiones 1mx1mx1m llena de trozos de tallos de café procedentes de renovaciones.

Figura 20.) Válvula para purga de gases. (Coocentral, 2017).



Nota: 1 flujo proveniente de la trampapulpas. 2, Entrada a los RHA. 3, válvula para purga de aire. 4, rebose de seguridad de los RHA. (COOCENTRAL, 2017).
Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 21.) Uniones tipo “T” y salida para lavado. (Coocentral, 2017).



Nota: 1, conducción entre reactores. 2, Tubería de lavado. 3, tapón para lavado. (COOCENTRAL, 2017).
Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ

g) Se procede a perforar el tanque de 250 litros para la recamara dosificadora, la cual tiene una entrada y dos salidas. Por un lado, para la entrada se realiza una perforación a 10 cm abajo del borde del tanque con una dimensión de 1 pulg, en esta van acoplados dos adaptadores, uno hembra y el otro macho los cuales soportan la tubería de entrada y la válvula reguladora con flotador, como se puede observar en la figura 22. Por otro lado, se realizan dos perforaciones a 5cm por encima del fondo del tanque, una con dimensión de 1,5 pulg donde queda la salida de lavado, y la otra con dimensión de 0,5 pulg donde se instala la válvula de dosificación que alimenta al reactor metanogénico con un caudal de alrededor de 500 ml/min, como se puede observar en la figura 23 (numeral 1).

Figura 22.) Recamara dosificadora válvula con flotador de entrada y válvula de paso. (Coocentral, 2017).



Nota: 1, flujo proveniente de los RHA 2, malla mosquitera. (COOCENTRAL, 2017).
 Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 23.) Salida de lavado y válvula de dosificación de flujo que alimenta el Reactor Metanogénico. (Coocentral, 2017).



Nota 1: 1, válvula de alimentación del RM. 2, filtro cuadrado. (COOCENTRAL, 2017).
 Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ (FNC Cenicafé, 2010).
Nota 2: Detalle de recamara dosificadora. (CENICAFÉ, 2010)
 Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Posteriormente, se arma el filtro en forma de cuadrado (figura 23), cuyas dimensiones son de 40 cm por 40 cm, para ello se mide y se cortan 3 tubos PVC de 40 cm de longitud, 2 tubos de 22 cm y uno de 20 cm, unidos por medio de cuatro codos y una “T”, todos de 0,5 pulg de diámetro,

luego de armado el cuadrado se perfora cada cm por toda la superficie, las perforaciones son de aproximadamente 5/32 de pulg y se cubre con polisombra alrededor de toda la superficie del filtro, este dispositivo cumple con el objetivo de recolectar el agua filtrada y acidificada para posteriormente ser dosificada al RM. A la recamara dosificadora se deposita 0,2 m³ de gravilla que ayuda a retener material no solubilizado.

h) Seguidamente, se hacen las perforaciones, el armado y ensamble de los elementos que componen el RM Reactor Metanogenico, se utiliza un tanque de 2000 litros, al cual se le hacen dos perforaciones, una de entrada y otra de salida, la de entrada recibe el flujo que proviene de la recamara dosificadora RD y lo ingresa mediante un dispositivo distribuidor de flujo (Figura 24), semejante al cuadrado (figura 23) de la RD; la perforación de salida entrega el vertimiento al postratamiento con una cantidad de carga contaminante menor a 80% según Cenicafé (2010).

Las perforaciones en el tanque se realizan de dimensiones de 1,5 pulg, y se ensamblan en estas un par de adaptadores PVC 1,5 pulg hembra y macho (todas las perforaciones en los tanques del sistema poseen los mismos elementos, adaptador PVC hembra, adaptador PVC macho y empaque o arandela de neolay-caucho para evitar filtraciones (figura 25).

Figura 24.) Reactor Metanogénico y algunos elementos. (Coocentral, 2017).



Nota: 1, dispositivo de distribución. 2-3, salida de lavado. 5, entrada de flujo acidificado. 4, salida de agua tratada. (COOCENTRAL, 2017). Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 25.) Elementos que se utilizan al introducir dispositivos en los tanques. (Coocentral, 2017).



Nota: Arandelas neolay, adaptadores PVC macho y hembra (COOCENTRAL, 2017). Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

i) Para continuar con el proceso, se procede a conectar las diferentes unidades (tanques) para esto se hacen brechas (20 cm de ancho por 40 cm de profundidad) por las cuales se instalaron conexiones o tuberías de conexión utilizando mangueras de polietileno (figura 26); para adaptar la manguera de 1,5 pulg a la tubería de 1,5 pulg (20cm en cada salida y entrada de cada unidad) se utilizó adaptadores machos PVC 1,5 pulg y acoples de polietileno 1,5 pulg negro aprisionadas por arandelas metálicas, como se puede observar en la figura 27.

Figura 26.) Tubería de conexión. (Coocentral, 2017).



Nota: medidas aproximadas de 20 cm de ancho por 40 cm de profundidad (COOCENTRAL, 2017). Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

Figura 27.) Empalme tubería PVC a manguera de polietileno. (Coocentral, 2017).



Nota: Adaptador macho PVC 1,5 pulg, acople polietileno negro de 1,5 pulg y arandela. (COOCENTRAL, 2017). Disponible en: Unidad técnica-FUNDECAFÉ.

7.5. Seguimiento y verificación de la obra

Durante la ejecución de la obra se realizaron 5 visitas de seguimiento y acompañamiento al proceso de instalación. Esto con el objetivo de apoyar el alistamiento de materiales aportados por las asociadas y de orientar y organizar los cronogramas de instalación, inoculación y puesta en marcha de los SMTA.

7.6. Inoculación del sistema, socialización de la experiencia y cierre del proyecto

Se realizaron dos días de campo, uno para las beneficiarias con cercanía a la vereda La Pita (Anexo 17.) y otra en la vereda Caguancito. En cada lugar se realizó el mismo orden del día de la siguiente manera, última capacitación complementaria en cuanto al SMTA teniendo como referencia el libro “Construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles”, dando a conocer las características de los SMTA, sus componentes, tamaño de los SMTA, instalación, inoculación, arranque y operación, y algunos problemas presentados y sus respectivas soluciones. (Zambrano A., Rodríguez Valencia, López Posada, & Zambrano Giraldo, 2010). Posteriormente, se realizó el proceso de inoculación de una manera práctica donde se incluyó a las mujeres cafeteras, la actividad fue orientada por dos asesores del comité de cafeteros del municipio de Garzón y los asistentes técnicos de la Cooperativa Coocentral.

Dentro del proceso de inoculación se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- a) Realizar una limpieza o lavado de las unidades del sistema: debido a que en el proceso de instalación se generan residuos y suciedad, con el fin de que en la etapa de funcionamiento no se presenten obstrucciones o taponamientos de válvulas y tuberías.
- b) De los materiales a utilizar (figura 17), se procede a llenar el tanque del reactor metanogénico (tanque de 2000 litros) con trozos de guadua, la cual servirá como soporte de las bacterias metanogénicas, aproximadamente son 170 metros lineales fraccionados de 15 a 20 centímetros.
- c) Luego se procede a preparar la mezcla del estiércol de ganado vacuno (240 Kg) con 240 litros agua, se hace una mezcla bien homogenizada en un recipiente y se va depositando en el tanque del RM hasta llenar la mayoría de los espacios dejados por los trozos de guadua. Cabe resaltar, que el estiércol a utilizar debe estar fresco, puesto que en este estado se presentan una mayor cantidad de microorganismos vivos.

d) Debido a que los microorganismos inoculados necesitan una fuente de alimento se adiciona por medio de la recamara dosificadora una fuente de carbono en este caso se adiciona 16 kg de miel de purga disuelto en 480 litros de agua y agregar una fuente de nitrógeno (200 gr de Urea disuelta en 8 litros de agua) para equilibrar la relación carbono nitrógeno (CENICAFE, 2010) y por último, adicionar 4 Kg de cal masilla diluida en 40 litros de agua, lo cual funciona como búfer, es decir, busca mantener el pH del medio cerca de 7.

El anterior proceso culmina tapando el Reactor Metanogénico e inicia un tiempo de reposo de tres semanas, seguido del periodo de arranque del sistema.

El proceso de inoculación y arranque del SMTA es realizado por cada una de las beneficiarias en su finca, para lo cual se recomendó realizarlo 90 días antes del inicio de la cosecha.

Para ello se les compartió un formato de seguimiento de horarios para seguir al pie de la letra todo el periodo de arranque.

8. Resultados

Mediante el diagnóstico se obtuvo la siguiente información, en general la producción de cada finca oscila entre 400 y 750 Kg de cc en el día pico, datos necesarios para determinar el tamaño del SMTA, el cual acorde a la producción día pico fue SMTA 800. A su vez, las fincas con estimaciones de día pico cercana a 750 Kg cc poseen la totalidad del cultivo en etapa productiva, lo que indica que no se presentarán sobrealimentación de los SMTA. Así mismo, las fincas que presentan producciones día pico inferior a 750 Kg cc encajan en el tamaño manejado en el proyecto.

Por otro lado, la socialización del proyecto fue una herramienta que facilitó la transferencia de la información exacta hacia las asociadas, puesto que, presentó la idea general del proyecto, sus objetivos, las actividades y los tiempos en el cronograma, el presupuesto y los actores que lo financiaron.

Por otra parte, el proceso de capacitación grupal formó a las beneficiarias en los temas relacionados al manejo del SMTA y su impacto positivo en el medio ambiente, además, fortaleció los conocimientos referentes al modelo productivo sostenible, en cuanto a, normas de certificación, buenas prácticas agrícolas y métodos para obtener una producción de mejor calidad.

Así mismo, se instalaron 32 sistemas modulares de tratamiento anaerobio en cada una de las fincas de las asociadas beneficiarias del proyecto.

Por último, se brindó el acompañamiento técnico durante el desarrollo del proyecto, donde se realizaron actividades como, capacitaciones, días de campo y visitas a la unidad productiva.

9. Análisis de resultados

Debido a que el tamaño del sistema es específico para cierta cantidad de producción recolectada en el día pico (Kg cc); por lo que, se hace necesario establecer un límite con el objetivo de que las beneficiarias solo realicen el proceso de beneficio húmedo de la producción perteneciente a sus fincas. Puesto que, si al SMTA 800 se le adicionan cargas por encima de los 800 Kg de café cereza en un día pico se verá afectado. Ocasionando así, que los vertimientos no sean tratados eficientemente.

Por otro lado, la socialización del proyecto arrojó buenas expectativas de parte de las beneficiarias. A su vez, fue un canal de comunicación para que las mujeres asociadas empezaran a apoderarse del proyecto y dieran inicio a la inmersión del conocimiento en el tema de los SMTA.

De igual importancia, las capacitaciones encaminaron a que el desarrollo del proyecto se hiciera satisfactoriamente, debido a que, sus actores (ejecutores y beneficiarias) conocían los principios y la finalidad del proyecto. Es decir, la identificación del problema (los vertimientos), su solución (el SMTA) y su favorabilidad al cuidado del medio ambiente, enfocando su actividad agrícola a un modelo de caficultura sostenible con el objetivo de obtener un producto de alta calidad.

Por otra parte, el proceso de instalación que se llevó a cabo en cada finca se realizó de manera específica debido a que cada unidad productiva poseía condiciones topográficas diferentes. Por ejemplo, en las zonas de mayor pendiente, uno de los principales obstáculos fue la intervención del terreno para realizar los corte o nivelaciones, a diferencia de las zonas de menor pendiente, en donde las unidades del sistema (tanques) quedaron distantes puesto que se debía conseguir la diferencia de cotas necesaria para que el flujo en el sistema ocurriera por gravedad.

En cuanto al proceso de perforación de tanques se hizo necesario realizar la demarcación lo más exacta posible para que al momento de empalmar los adaptadores el empalme quedara totalmente sellado, de lo contrario se presentaría fugas en el sistema. Por otro lado, en el corte y ensamble de tubería se tuvo en cuenta la simetría de los elementos para que al unirlos no se perdiera la funcionalidad del diseño, además, algunos elementos no requerían sellamiento debido a que en los procesos de mantenimiento deben ser retirados.

Adicionalmente, las perforaciones realizadas a los diferentes elementos que funcionan como filtro, se hicieron con las dimensiones específicas para que las partículas (epicarpio de café) fueran retenidas en dichos mecanismos.

Por otro lado, las tuberías de conexión deben quedar bien empalmadas y selladas por medio de los adaptadores, empalmes y abrazaderas, y así evitar fugas en el sistema.

De igual importancia, se dieron las recomendaciones para seguir específicamente las cantidades y el estado de los diferentes materiales a utilizar en el proceso de inoculación y los tiempos exactos para arranque del sistema.

Finalmente, el acompañamiento técnico brindado fortaleció el proyecto de tal manera que las beneficiarias adoptaron prácticas en sus fincas acorde a las capacitaciones brindadas por la unidad técnica con el objetivo de mejorar las condiciones de sus unidades productivas y los procesos realizados en la misma, como por ejemplo, el beneficio húmedo que en algunas fincas se realizaba de manera tradicional y no se implementaba el modelo de cuatro enjuagues en tanque tina que proporciona un gasto de agua de entre 4 a 5 litros por Kg de c.p.s. necesario para no tener un sobre volumen que podría colapsar el sistema modular de tratamiento anaerobio SMTA800.

Conclusiones

Se instalaron 32 sistemas modulares de tratamiento anaerobio SMTA en cada una de las fincas de las asociadas beneficiarias siguiendo el modelo propuesto por Cenicafé publicado en el año 2010 denominado “construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles”

Por otro lado, el proceso de formación brindado a las beneficiarias les generó un empoderamiento del proceso, mejoró y fortaleció sus conocimientos en cuanto al manejo del SMTA y su impacto ambiental, además, mejoró los conceptos y prácticas con referencia a caficultura sostenible certificada y procesos para mejorar la productividad y calidad del café.

Por último, se acompañó con asistencia técnica el proyecto por medio de la unidad técnica de la Cooperativa, abarcando el ámbito de capacitaciones, demostraciones en campo y desde el diagnóstico de las unidades productivas hasta la muestra en campo del proceso de inoculación y arranque del sistema de tratamiento.

Recomendaciones

No se debe permitir el ingreso a los sistemas modulares de tratamiento anaerobio de aguas mieles otros vertimientos diferentes a los del proceso del beneficio del café, las cuales son, las aguas de lavado post fermentación y los lixiviados de fosas de compostaje de la pulpa. Puesto que, los productos como detergentes ocasionan la muerte de las bacterias presentes en el RM reactor metanogenico, dejando el sistema sin presencia de los agentes que transforman la carga orgánica en gas metano (Zambrano et al, 2010).

Igualmente, no se debe sobre abastecer el SMTA, debido a que el sistema fue diseñado solo para las cantidades de producción de la unidad productiva y no para el beneficio del café de otras fincas.

Por otro lado, los tanques del sistema deben permanecer sellados para que se conserve la temperatura y se debe verificar la salida de la recamara dosificadora para que no se presenten obstrucciones (Zambrano et al, 2010).

En cuanto a los reactores hidrolíticos acidogénicos, cuando en estos haya presencia de líquenes se deben retirar para evitar taponamientos en el sistema. Igualmente, retirar las impurezas que quedan presentes en la malla mosquitera de la recamara dosificadora (Zambrano et al, 2010).

Bibliografía

- Cooperativa Central de Caficultores del Huila. (2017). INFORME 1 SMTA 800. Fundación para el desarrollo Cafetero y Agropecuario, Unidad Técnica, Garzón Huila.
- CORPOGUAVIO. (2016). Implementación de Sistemas de Trampa de Grasas y el Sistema Modular Tratamiento Anaerobio SMTA, para el manejo de aguas residuales en la fincas de los Asociados de ASOFINCAS. Recuperado de <https://colombialicita.com/licitacion/724136>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia- Centro Nacional de Investigaciones del Café. (2014). (L. G. Muñoz Ortega, Ed.) ENSAYOS SOBRE ECONOMÍA CAFETERA. Caficultura sostenible, moderna y competitiva. Recuperado de <https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/EEC30.pdf>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2017). FNC en cifras. Recuperado de <https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/FNCCIFRAS2017.pdf>
- Matuk Velasco, V., Puerta Quintero, G. I., & Rodríguez Valencia, N. (1998). IMPACTO BIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. FNC-CENICAFE. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/67/1/arc048%2804%29234-252.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de marzo de 2015). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Resolución 0631 de 2015). Minambiente-Gobierno de Colombia. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>
- Muñoz Figueroa, H. F. (17 de 07 de 2017). Proyecto en Huila busca descontaminar las fuentes de agua de las aguamieles del café. La Voz de la Región. Recuperado de <http://lavozdelaregion.co/proyecto-huila-busca-descontaminar-las-fuentes-agua-la-contaminacion-cafetera/>
- Oliveros T., C. E., Sanz U., J. R., Ramírez E., C. A., & Tivaduiza V., C. A. (2013). (S. M. Marín López, Ed.) FNC-CENICAFE. Recuperado de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0432.pdf>
- 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. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/978/>
- Pabón Usaquén, J. P., Sanz Uribe, J. R., & Oliveros Tascón, C. E. (2009). MANEJO DEL CAFÉ DESMUCILAGINADO MECÁNICAMENTE. FNC-CENICAFE. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0388.pdf>

- Ramírez Gómez, C. A., Oliveros Tascón, C. E., & Sanz Uribe, J. R. (2015). MANEJO DE LIXIVIADOS Y AGUAS DE LAVADO EN EL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. FNC-CENICAFE. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/608/1/arc066%2801%2946-60.pdf>
- Rendón Sáenz, J. R. (2014). IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL AGUA EN LA ESTACIÓN CENTRAL NARANJAL “CENICAFÉ”. (Tesis de Maestría, Universidad de Manizales). Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1695/Rendon_Saenz_Jose_Raul_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, M. E. (2017). Evaluación de desempeño del reactor hidrolítico acidogénico de flujo descendente como tratamiento primario de las aguas mieles del café en el departamento del Valle del Cauca. (Tesis de Maestría, Universidad de Manizales). Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3172/Ma.Eugenia_Cerquera_Rivera_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rodríguez Valencia, L. M. (2013). Mujeres cafeteras y los cambios de su rol tradicional. (Tesis de Maestría, Universidad del Valle). Sistema de Información Científica. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99629534004>
- Rodríguez Valencia, N., & Zambrano Franco, D. A. (2013). LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ: FUENTE DE ENERGÍAS RENOVABLES. FNC-CENICAFE. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/351/1/avt0393.pdf>
- Rodríguez Valencia, N., Zambrano Franco, D. A., & Ramírez Gómez, C. A. (2013). MANUAL DEL CAFETERO COLOMBIANO (Vol. Tomo 3). FNC-CENICAFE. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero
- Sala de Prensa Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (20 de octubre de 2017). DISPONIBILIDAD DE AGUA POR PERSONA SE HA REDUCIDO MÁS DE 45% EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS EN COLOMBIA. Recuperado de https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/disponibilidad_de_agua_por_persona_se_ha_reducido_mas_de_45_en_los_ultimos/
- Samboní Joaquín, L. A. (2017). Evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales producto del beneficio de café en el municipio de Pitalito, Huila. (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Recuperado de <http://repository.unad.edu.co:8080/bitstream/10596/13518/3/1083867838.pdf>
- Zambrano A., D. F., Rodríguez Valencia, N., López Posada, U., & Zambrano Giraldo, A. J. (2010). CONSTRUYA Y OPERE SU SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO PARA LAS AGUAS MIELES (1 ed.). (S. M. Marín L, Ed.) Chinchiná Caldas, Colombia: FNC-CENICAFÉ. Recuperado el 2018, de <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/313>

Zambrano Franco, D. A., Rodríguez Valencia, N., López Posada, U., Orozco R, P. A., y Zambrano Giraldo, A. J. (2006). (H. f. Ospina, Ed.). Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/584/1/029.pdf>

Anexos

Anexo 1. Diagnóstico de Finca.

	DIAGNÓSTICO FINCA	
CÉDULA	<u>36381872</u>	
NOMBRE	<u>Magnolia Ortiz Triana</u>	
VEREDA	<u>San Miguel</u>	
MUNICIPIO	<u>Genzon</u>	
NOMBRE FINCA	<u>EL OLIVO</u>	
AREA TOTAL DE LA FINCA	<u>1.5</u>	
AREA TOTAL EN CAFE	<u>1.2</u>	
NÚMERO DE ARBOLES TOTALES	<u>4700</u>	PRODUCCIÓN AÑO C.P.S. <u>2332</u>
NÚMERO DE ARBOLES PRODUCCIÓN	<u>3800</u>	PRODUCCIÓN DA PICO C.C. <u>290.59</u>
NÚMERO DE ARBOLES LEVANTE	<u>7300</u>	
EN SU FINCA SOLO SE BENEFICIA SU CAFE	<u>SI</u>	
AREA CAFE ADICIONAL	<u>0</u>	
NÚMERO DE ARBOLES ADICIONALES	<u>0</u>	
SMTA REQUERIDO EN FINCA	<u>300</u>	

Magnolia Ortiz Triana
FIRMA MUJER CAFETERA

Anexo 2. Socialización del proyecto



Anexo 3. Visita a campo



Anexo 4. Protocolo número 1 (COOCENTRAL, 2017).

Protocolo # 1

Protocolo 1: Fermentación Aerobia: Consiste en fermentar café sumergido en agua por un tiempo de 20 a 22 horas aproximadamente

Protocolo para el beneficio de café con fermentación aerobia: este protocolo se diseñara en los siguientes partes que componen la etapa del beneficio:

Partes

- Recolección
- Eliminación de granos flotantes
- Clasificación de Cerezas
- Despulpado
- Fermentación
- Secado
- **Recolección:** esta deberá ser de forma selectiva es decir recolectar solo granos maduros, evitar recolectar granos sobremaduros o pintones.
- **Eliminación de cerezas flotantes:** esta práctica consiste en sumergir en un tanque o caneca con agua el café cereza para retirar aquellos granos que por no tener un buen llenado flotan en la parte superior del tanque, esto nos permitirá procesar solo granos sanos.
- **Clasificación de cereza:** esta se deberá hacer antes del despulpado del café donde se retiraran los granos sobremaduros y pintones que accidentalmente se hayan mezclado con los granos maduros recolectados, esta práctica nos garantizará que casi el 100% del café que se selecciona para café Premium tiene un grado de maduración ideal.
- **Despulpado:** este se debe hacer inmediatamente se termina la operación de clasificación de cerezas donde se despulparan solo cerezas maduras y sanas, las cuales se destinarán para el café Premium don Máximo Coocentral; en este paso se debe garantizar que tanto la despulpadora como el tanque de fermentación deberán estar libres de impurezas o malos olores que puedan afectar la calidad del grano.
- **Fermentación:** para esta práctica se deberá hacer en un tiempo entre 20 y 22 horas, siguiendo los siguientes pasos:
 - Tan pronto se termina de despulpar el café este se deberá lavar por primera vez y colocar agua limpia donde el nivel de esta sea mayor al nivel de la capa de café.

Anexo 5. Capacitación SMTA.



Anexo 6. Finca Modelo Certificada.



Anexo 7. Instalación SMTA.



Anexo 8. Instalación SMTA 2.



Anexo 9. Trampapulpas.



Anexo 11. Recamara Dosificadora.



Anexo 13. Reactor Metanogénico.



Anexo 10. Reactores Hidrolíticos Acidogénicos.



Anexo 12. Control de Caudal.

