



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Pitalito, 26 de Julio de 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva - Huila

El suscrito:

Oscar Julián Mendoza Rojas, con C.C. No. 1.083.917.817, Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A LOS SISTEMAS MODULARES DE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAFÉ (SMTA) INSTALADOS EN EL MUNICIPIO DE PITALITO presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola autorizo 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.

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:

Firma:



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MENDOZA ROJAS	OSCAR JULIAN

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MUJICA RODRIGUEZ	EDINSON

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
AMOROCHO CRUZ	CLAUDIA MILENA
BELTRAN DIAZ	JOHN JAIRO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: AGRICOLA

CIUDAD: PITALITO AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021 NÚMERO DE PÁGINAS: 56

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

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

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Word y/o Adobe Reader o Nitro Pro PDF

MATERIAL ANEXO: Resultados de Laboratorio y Fotografías de los sistemas modulares estudiados

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. Eficiencia	efficiency	5. Temperatura	temperature
2. DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	6. Caudal	caudal
3. DQO	DQO	7. Carga contaminante	pollutant load
4. SST	SST		



**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Para evaluar la eficiencia de operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan los pequeños caficultores del sur del Huila, se tuvo en cuenta desde el afluente hasta el efluente del sistema compuesto por diferentes tanques (reactores) los cuales están dispuestos en serie. Se realizó tratamiento a muestras de aguas residuales de lavado del café, a fin de evaluar eficiencias de remoción y carga contaminante en DBO<sub>5</sub>, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST). También se tuvo en cuenta parámetros físicos como pH, temperatura y caudal. Se verificó inicialmente el estado de operación de cada uno de ellos y luego se procedió después de un tiempo a tomar las muestras en cada uno de ellos y enviarlas al Laboratorio Diagnosticamos SAS ubicado en la ciudad de Neiva. Los resultados mostraron eficiencias de remoción de sólidos suspendidos totales superiores al 90% en dos sistemas y remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO por encima del 80% en los tres sistemas; los máximos valores de remoción de SST se presentaron en los sistemas de mayor y menor altura sobre el nivel del mar con referencia a los demás parámetros, además de que estos parámetros se compararon teniendo en cuenta la normatividad colombiana vigente Minambiente (2015).

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

To evaluate the operating efficiency of the wastewater treatment systems used by small coffee growers in southern Huila, it was taken into account from the tributary to the effluent of the system composed of different tanks (reactors) which are arranged in series. Treatment was carried out on samples of coffee washing wastewater, in order to evaluate removal efficiencies and contaminant load in BOD<sub>5</sub>, COD and Total Suspended Solids (TSS). Physical parameters such as pH, temperature and caudal were also taken into account. The operating status of each of them was initially verified and then after a time proceeded to take the samples in each of them and send them to the Diagnosticamos SAS Laboratory located in the city of Neiva. The results showed efficiencies of removal of total suspended solids higher than 90% in two systems and removal of BOD<sub>5</sub> and COD above 80% in the three systems; The maximum SST removal values were presented in the systems with the highest and lowest height above sea level with reference to the other parameters, in addition to these parameters being compared taking into account the current Colombian regulations Minambiente (2015).

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre presidente Jurado: CLAUDIA MILENA AMOROCHO CRUZ

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre Jurado: JOHN JAIRO BELTRAN DIAZ

Firma: \_\_\_\_\_

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A  
LOS SISTEMAS MODULARES DE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE  
AGUAS RESIDUALES DEL CAFÉ (SMTA) INSTALADOS EN EL  
MUNICIPIO DE PITALITO**

**OSCAR JULIAN MENDOZA ROJAS**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
PITALITO - HUILA  
2021**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A  
LOS SISTEMAS MODULARES DE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE  
AGUAS RESIDUALES DEL CAFÉ (SMTA) INSTALADOS EN EL  
MUNICIPIO DE PITALITO**

**OSCAR JULIAN MENDOZA ROJAS**

Proyecto de grado presentado a la facultad de ingeniería como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrícola.

**Director**

**EDINSON MUJICA RODRIGUEZ**

M.I. Agrícola y Uso Integral del Agua

**Supervisor**

**ALBEIRO ALVAREZ SUAREZ**

Ingeniero Agrícola, Analista Comité Departamental de Cafeteros del Huila

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
PITALITO - HUILA  
2021**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma del director  
**EDINSON MUJICA RODRIGUEZ**  
Magister en Ingeniería Agrícola y uso Integral del Agua

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

**Pitalito, 2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino, por darme la fortaleza y sabiduría para lograr mis objetivos.

A mis padres Arturo y Amparo quienes han creído desde siempre en mis cualidades y objetivos los cuales son un pilar fundamental en mi formación a través de su amor, paciencia, buenos valores, oportunidades y recursos que me ayudan a trazar mi camino. Los amo demasiado.

A mis hermanos Diego y Juan David quienes día tras día siempre me brindaron su apoyo para lograr todos mis objetivos.

A mi novia Mileidy por apoyarme incondicionalmente junto a mis suegros brindándome gran apoyo y alentándome para no desfallecer en este lindo proceso de mi vida.

A todos quienes lograron hacer parte de este gran proceso de formación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Institución Universitaria por abrirme sus puertas, por darme la oportunidad de pertenecer a su alumnado; pero en especial a su grupo de docentes, quienes durante cinco años me aportaron todos y cada uno de sus conocimientos, me guiaron en la escogencia de las herramientas necesarias para forjarme como profesional y sobre todo como persona; razón por la cual siento la necesidad de exaltar la labor docente y como profesionales de los ingenieros Engelberto Rodríguez, Víctor Manuel Martínez, Eivar Fabián Ortiz, el MSc Yony Arley Chávez, la MSc Diana Carolina Macías, puesto que mas que docentes fueron ese apoyo orientador en la obtención de mi título, por que cuando parecia que todo era mas complicado de lo esperado, ellos hacian que todo fuese mas facil, sin duda alguna les hacen honor a sus profesiones, y son maestros dignos del plantel educativo del cual egresaré en el nombre de Dios.

Como tambien, es necesario agradecer a los funcionarios administrativos, al personal de vigilancia y oficios varios de la Institución, gracias por hacer mas amena la estadia y el paso por mi Institución, gracias por desempeñar sus labores con esfuerzo y dedicación.

Aunado a quienes sin duda alguna dejaron huella en mi vida, agradezco a mi director de proyecto de grado MSc Edinson Mujica Rodríguez, por su paciencia, atención y tiempo en la dirección y asesoria durante el desarrollo del presente proyecto, sin sus conocimientos y experiencia profesional, no hubiese logrado los resultados esperados.

Así mismo, agradecerle al Comité Departamental de Cafeteros del Huila y a sus principales directivos, por brindarme la oportunidad de cursar mi pasantía en tan excelente entidad y confiar en mis conocimientos en el desarrollo de la misma, sin duda alguna, fueron un pilar fundamental en la culminación del presente.

Y por ultimo, pero no menos importante a mi familia, a quien como exprese anteriormente les debo todo lo que soy, por que sin su ayuda economica, emocional e incondicional en estos años, cumplir uno de mis tantos sueños no fuese posible, gracias por regalarme el mejor regalo que un padre y una madre pueden darle a un hijo, el estudio.

Gracias a todos.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>ABREVIATURAS</b> .....	10
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
<b>2.1. Objetivo General</b> .....	13
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	13
<b>3. REVISION DE LITERATURA</b> .....	14
<b>3.1. El beneficio del café</b> .....	14
3.1.1. Recolección y recibo .....	14
3.1.2. Despulpado.....	14
3.1.3. Remoción del mucilago.....	15
<b>3.2. Los residuos del beneficio del café</b> .....	16
<b>3.3. Las aguas residuales del lavado del café y la digestión anaerobia</b> .....	18
<b>3.4. Componentes del SMTA optimizado</b> .....	19
3.4.1. Reactor Hidrolítico – Acidogénico (RH-A).....	19
3.4.2. Recamara de Dosificación (RD) .....	20
3.4.3. Reactor Metanogénico (RM).....	21
<b>3.5. Otros Sistemas</b> .....	22
3.5.1. Sistema Tratamiento por Desnatador y Filtro .....	22
3.5.2. Sistemas Anaerobios .....	23
3.5.3. Sistema por Digestión Anaerobia.....	24
<b>3.6. Parámetros Físico Químicos</b> .....	25
3.6.1. Caudal (Q).....	25
3.6.2. Temperatura (°C) .....	25
3.6.3. Potencial de Hidrogeno (pH).....	25
3.6.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	26
3.6.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	26
3.6.6. Solidos Suspendidos Totales (SST) .....	27
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	28
<b>4.1. Localización</b> .....	28
<b>4.2. Características Generales del Área</b> .....	28
<b>4.3. Métodos</b> .....	29

4.3.1. Recolección de Información básica.....	29
4.3.2. Identificación de los sistemas.....	29
4.3.3. Muestra.....	29
4.3.4. Visitas a los sistemas seleccionados .....	29
4.3.5. Muestreo de aguas residuales y análisis en laboratorio.....	29
4.3.6. Análisis de la información.....	31
<b>5. RESULTADOS Y ANALISIS .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1. Descripción y Diagnostico del funcionamiento de los SMTA .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2. Información básica .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3. Caracterización de las fincas estudiadas .....</b>	<b>33</b>
<b>5.4. Diagrama de Subproductos.....</b>	<b>34</b>
<b>5.5. Caracterización fisicoquímica de los sistemas estudiados.....</b>	<b>35</b>
<b>5.6. Potencial de hidrogeno (pH) .....</b>	<b>36</b>
<b>5.7. Temperatura (°C) .....</b>	<b>37</b>
<b>5.8. Eficiencia de remoción.....</b>	<b>37</b>
<b>5.9. Comparación de porcentaje de remoción respecto a otros autores .....</b>	<b>39</b>
<b>5.10. Carga Contaminante .....</b>	<b>41</b>
<b>6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO .....</b>	<b>42</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>46</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria.....	26
<b>Tabla 2.</b> Métodos de Laboratorio para análisis de las muestras. ....	31
<b>Tabla 3.</b> Información básica de los SMTA estudiados.....	33
<b>Tabla 4.</b> Caracterización de las fincas. ....	34
<b>Tabla 5.</b> Caracterización de las aguas residuales de los SMTA. ....	35
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje eficiencia de remoción en cada finca.....	38
<b>Tabla 7.</b> Carga contaminante para cada SMTA.....	41
<b>Tabla 8.</b> Propuesta de mejoramiento SMTA. ....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Flujo Beneficio del Café.....	17
<b>Figura 2.</b> Conector de fondos y descarga de lodos.....	20
<b>Figura 3.</b> Componentes de la recamara de dosificación: <b>a.</b> aro en manguera de polietileno de ½”, <b>b.</b> válvula flotadora en PVC, <b>c.</b> malla mosquitera, <b>d.</b> marco colector de líquido hacia RM, <b>e.</b> tapones reguladores de caudal. ....	20
<b>Figura 4.</b> Disco perforado para prevenir el paso de insolubles a RM. ....	21
<b>Figura 5. a.</b> Dispositivo distribuidor de entrada de aguas residuales al reactor metanogénico, <b>b.</b> tubería de salida del efluente.....	22
<b>Figura 6.</b> Geolocalización de las zonas de estudio. ....	28
<b>Figura 7.</b> Puntos de muestreo para cada SMTA.....	30
<b>Figura 8.</b> Toma de muestras para análisis fisicoquímicos.....	30
<b>Figura 9.</b> Reactores Hidrolíticos - Acidogénicos ubicados en serie.....	32
<b>Figura 10.</b> Disposición de Subproductos de los SMTA. ....	34
<b>Figura 11.</b> Comparación de pH entre afluente y efluente.....	36
<b>Figura 12.</b> Comparación de temperatura entre el afluente y efluente.....	37
<b>Figura 13.</b> Comparación de la eficiencia de remoción con relación a otros autores. ....	40
<b>Figura 14.</b> Recamara Dosificadora. ....	50

<b>Figura 15.</b> Reactores Metanogénicos. ....	50
<b>Figura 16.</b> Reactores Hidrolíticos Acidogénicos. ....	50
<b>Figura 17.</b> Reactor Metanogénico Inoculado. ....	50
<b>Figura 18.</b> Recamara Dosificadora y Reactores Metanogénicos. ....	50
<b>Figura 19.</b> Salida Recamara Dosificadora. ....	50

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Resultados de Laboratorio Afluente Finca Honda Porvenir. ....	49
<b>Anexo 2.</b> Resultados de Laboratorio Efluente Finca Honda Porvenir. ....	50
<b>Anexo 3.</b> Resultados de Laboratorio Afluente Finca La Palma. ....	50
<b>Anexo 4.</b> Resultados de Laboratorio Efluente Finca La Palma. ....	50
<b>Anexo 5.</b> Resultados de Laboratorio Afluente Finca Bellavista. ....	50
<b>Anexo 6.</b> Resultados de Laboratorio Efluente Finca Bellavista. ....	50
<b>Anexo 7.</b> Visita Finca Honda Porvenir. ....	50
<b>Anexo 8.</b> Visita Finca La Palma. ....	50
<b>Anexo 9.</b> Visita Finca Bellavista. ....	50

## ABREVIATURAS

<b>SMTA:</b>	Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio
<b>Af:</b>	Afluente
<b>Ef:</b>	Efluente
<b>%R:</b>	Porcentaje de remoción
<b>Q:</b>	Caudal
<b>°C:</b>	Grados Celsius
<b>pH:</b>	Potencial de hidrógeno
<b>DBO<sub>5</sub>:</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO:</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>SST:</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>c.p.s.:</b>	Café Pergamino Seco
<b>L/Kg:</b>	Litros por Kilógramo
<b>m<sup>3</sup>/Kg:</b>	Metro cúbico por Kilógramo
<b>RH-A:</b>	Reactor Hidrolítico – Acidogénico
<b>RD:</b>	Recamara Dosificadora
<b>TP:</b>	Trampa de Pulpas
<b>RM:</b>	Reactor Metanogénico
<b>U.A.S.B:</b>	Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reactor anaerobio de flujo ascendente)
<b>t:</b>	Tiempo
<b>RAS 2000:</b>	Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico
<b>PTAR:</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>FNC:</b>	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

## 1. INTRODUCCION

La calidad del café colombiano ha sido apreciada y reconocida por los consumidores de café en el mundo, como una de las mejores dentro de los cafés Arábica. A diferencia de granos de otros orígenes, el Café de Colombia es café "lavado", es decir, procesado por vía húmeda, lo que le otorga características moderadas en amargo y cuerpo y acidez y aroma pronunciados Puerta (2015).

Sin embargo, los grandes volúmenes de aguas residuales provenientes del proceso de beneficio húmedo de café, presenta un impacto ambiental de alto riesgo, ya que transportan una gran carga contaminante en términos de sólidos y Demanda de Oxígeno, al igual que una marcada acidez reflejada en bajos valores de pH; cuyo vertimiento en las corrientes de agua ocasionan grandes desequilibrios del ecosistema receptor y por consiguiente la tendiente disminución de su productividad Arcila (1979). Por ello, la industria cafetera que es de gran importancia y significado en la vida socioeconómica del país, se presenta como una de las más contaminantes.

El tratamiento de aguas residuales es un tema de salud ambiental que se debe plantear desde la transversalidad institucional como lo es la educación, salud e Infraestructura, los grandes desarrollos de infraestructura nunca cubrirán las necesidades que origina la ignorancia del comportamiento humano, por esto, las políticas en el tema de Tratamiento de aguas residuales no se pueden limitar a establecer procedimientos técnicos Zapata, *et al.* (2010).

Esta generación de aguas residuales debe ser tratadas antes de ser descargadas a un cuerpo externo o ser recirculadas, ya que estas descargas de aguas residuales alteran el ciclo hídrico de la cuenca y disminuye la biodiversidad Chiriboga (2016).

Desde el año 1984, Cenicafé ha estado efectuando investigaciones con relación al tratamiento anaerobio de aguas provenientes del beneficio del café, con el fin de lograr una solución económica para descontaminarlas Cenicafé (1999). Luego de varios años y estudios realizados, Cenicafé propuso un nuevo Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio SMTA, el cual se desarrolló con el propósito de reducir en un 80% la contaminación de aguas de lavado del grano o “mieles del café”, que son originadas en el beneficio de este, utilizando el método convencional de fermentación natural, logrando remociones de Demanda

Bioquímica de Oxígeno  $DBO_5$  estando sujetos a la legislación colombiana en la Resolución 0631 del 2015 en Minambiente (2015).

El tratamiento de aguas residuales con reactores tipo U. A. S. B. es el más difundido en América Latina desde 1988. Gran parte de los sistemas de lodos activados, pueden lograr eficiencias de remociones comprendidas entre el 60 y 80% de la DQO y la  $DBO_5$  en función de la concentración inicial del agua residual. El tratamiento anaerobio se recomienda para el lixiviado con una relación de  $DBO/DQO$  entre 0,7 y 0,3 residuos parcialmente estabilizados (Messa, 2006).

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la eficiencia del SMTA y proponer un mejoramiento de este, buscando plantear una estrategia más favorable de descontaminación y obtener así un buen manejo de remoción acordes a lo exigido por la legislación colombiana. En él, se muestran los resultados obtenidos a partir de pruebas físico-químicas realizadas en el laboratorio, para con ello, lograr proponer un mejoramiento y concientizar a los diferentes caficultores para evitar la contaminación del recurso hídrico en un gran porcentaje.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- ✓ Evaluar la eficiencia y proponer un mejoramiento a los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio de Aguas residuales del café (SMTA) instalados en el municipio de Pitalito.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar un diagnóstico general y actual de los lugares en los cuales están instalados estos SMTA con el fin de obtener unos datos específicos que ayuden al momento de hacer los respectivos análisis.
- ✓ Definir las variables para evaluar qué tan eficiente son estos sistemas modulares.
- ✓ Proponer un mejoramiento para estos sistemas modulares que permitan el mejor funcionamiento y reducir en un alto índice la contaminación del recurso hídrico.



### **3. REVISION DE LITERATURA**

#### **3.1. El beneficio del café**

En Colombia, el beneficio de café se realiza por vía húmeda. El proceso de beneficio húmedo convencional se lleva a cabo utilizando un consumo de agua variable que oscila entre 40 y 50 L/Kg café pergamino seco (c.p.s). Es común utilizar agua en prácticamente todas las etapas del proceso del café: en las tolvas húmedas de recepción del café en cereza; en el transporte del café en cereza a los tanques sifones; en el transporte del café cereza a las despulpadoras; en el transporte de la pulpa al lugar de su depósito; en las quebradas o ríos; en el transporte del café en baba a los tanques de fermentación; en el lavado del mucílago fermentado; en las diferentes etapas de clasificación del café en cereza o del café pergamino húmedo y en el transporte del café lavado a los secadores. No obstante, Cenicafé ha desarrollado tecnologías que han permitido redefinir el concepto de beneficio del café, considerando las diferentes posibilidades de alterar el ambiente en las diferentes prácticas, logrando reducir significativamente el consumo de agua Cenicafé (1999).

##### **3.1.1. Recolección y recibo**

El recibo de café en cereza puede hacerse en tolva seca o húmeda. La tolva seca, como su nombre lo dice no utiliza agua para el transporte de las cerezas a su destino, sino la fuerza de gravedad; en la tolva húmeda, las cerezas son transportadas hacia la despulpadora por medio de una corriente de agua Cenicafé (1991).

##### **3.1.2. Despulpado**

Entre la pulpa y el pergamino de los granos de café maduros, se encuentra el mucílago, un líquido gelatinoso con viscosidad y humedad apropiadas 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. Estudios realizados en Cenicafé por Álvarez (1991), comprobaron la posibilidad de despulpar el café sin agua,

utilizando despulpadoras de cilindro horizontal, sin que se afecte la capacidad del proceso y la calidad de los granos despulpados.

### 3.1.3. Remoción del mucílago

#### 3.1.3.1. *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 pécticos y 20% de azúcares Cenicafé (1999).

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 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 16 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 c.p.s según Isaza & Zambrano (1991).

La práctica del lavado utilizando canales de correteo (8) ha sido tradicional sobre todo para pequeños caficultores. El proceso de lavado consiste en la agitación vigorosa del café, utilizando fuerza manual y palas especiales, en canales de 0,3 o 0,4 m de ancho con longitudes que varían entre 10 y 40 metros. El consumo de agua es de 20L/Kg c.p.s. Además del alto consumo de agua, el proceso es una tarea dispendiosa que utiliza gran cantidad de mano de obra y en éste pueden perderse apreciables volúmenes de café de alta calidad (hasta un 19%) que escapan con los granos separados.

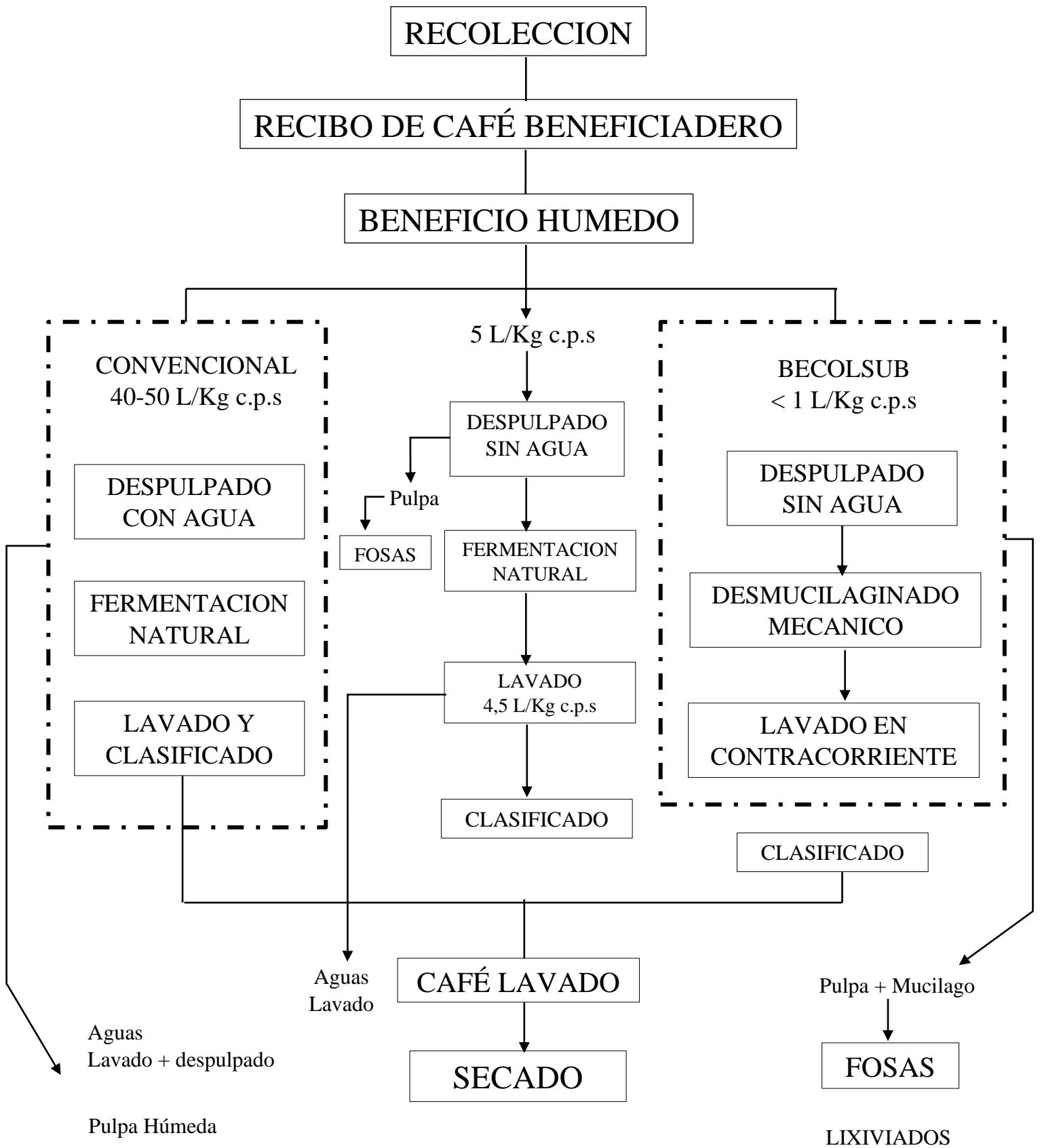
### *3.1.3.2. Desmucilaginado mecánico y lavado del café*

Se realiza por medio de un equipo mecánico (DESLIM) que consta de una carcasa fija y un rotor que por velocidad de giro se encarga de causar los efectos cortantes a la masa de café, necesarios para el desprendimiento del mucílago que recubre los granos. La sección de lavado del café se incluye en la parte superior, con flujos de grano y de agua en contracorriente. El consumo de agua con esta tecnología es de menos de 1,0 L/Kg c.p.s y se obtienen mieles altamente concentradas Cenicafé (1999).

### **3.2. 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 retirarles todo el oxígeno a 7400 litros de agua pura Zambrano (1989).

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 por Zambrano (1989). Según Veenstra (1995), la contaminación unitaria producida diariamente por un habitante corresponde en promedio a 100 g de DQO, lo que significa que la pulpa y el mucílago procedentes del beneficio húmedo convencional de 1 Kg. de café en cereza, produce una contaminación similar a la ocasionada por una persona durante el día. Teniendo en cuenta lo anterior, una carga de café pergamino seco obtenido del beneficio convencional produce una contaminación equivalente a 690 habitantes / día.



Fuente. (Cortes & Rios, 2009)

Figura 1. Diagrama de Flujo Beneficio del Café.

Las aguas de lavado del café provenientes de los tanques de fermentación (consumo promedio 4,13 L/Kg c.p.s), poseen un pH que oscila entre 4 y 5 unidades y la Demanda química de Oxígeno tiene un valor cercano a 27,400 ppm según Isaza & Zambrano (1994).

El despulpado sin agua y el desmucilaginado mecánico controlan el 92% de la contaminación. De la mezcla pulpa mucílago se desprenden lixiviados cuya DQO oscila alrededor de 110,000 ppm por Cárdenas (1998).

### **3.3. Las aguas residuales del lavado del café y la digestión anaerobia**

Las aguas residuales se definen como “aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas”. Debido a lo general de la definición, se considerará que las aguas residuales son la combinación de diversas corrientes de agua descargada, una vez usada, a los sistemas de drenaje. Incorporan en su composición una gran variedad de sustancias que la contaminan, con frecuencia, esta corriente de agua de desecho se mezcla con aguas subterráneas infiltradas en la red, o bien aguas superficiales o de lluvia en el caso de que los drenajes sean combinados en Morgan, (2013).

El ciclo del agua, que inicia con la captación, conducción, abastecimiento, uso, recolección, tratamiento, y termina con la descarga y su posible reutilización, ha adquirido un papel relevante en el desarrollo de la sociedad y de los centros urbanos en particular. En este contexto, es de suma importancia integrar sistemas con criterios que aseguren un cierto grado de sustentabilidad. Para ello, debe realizarse una adecuada selección de tecnologías para cada una de las etapas del ciclo, y en particular para el sistema de tratamiento de las aguas residuales estudiado por Guereca (2013).

En 1983, Cenicafé estableció dos líneas de investigación simultáneas para dar respuesta al problema de la contaminación por causa de las aguas residuales del beneficio húmedo del café. La primera consistió en cuestionar y proponer alternativas para todas las etapas de beneficio que ocasionan la contaminación iniciando los trabajos de diseño y evaluación que condujeron al desarrollo de la tecnología BECOLSUB. La segunda consistió en tratar las aguas contaminadas por medio de biorreactores anaerobios.

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 en Zambrano (1989)

Una evaluación a nivel de laboratorio para determinar la factibilidad del proceso anaerobio con las aguas residuales del lavado del café, utilizando un filtro anaerobio de flujo ascendente (UAF), arrojó resultados muy positivos con remociones superiores al 90% en términos de la DQO. El material de soporte utilizado fue el bambú (138 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>), sin embargo, éste mostró rápida colmatación. En ensayos posteriores se utilizó manguera de polietileno reciclado (171 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). La eficiencia de remoción no se vio afectada significativamente (92% DQO), pero el soporte presentó una alta resistencia química a la degradación bacteriana en Zambrano (1989).

### **3.4. Componentes del SMTA optimizado**

Son componentes esenciales de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio SMTA: los Reactores Hidrolíticos – Acidogénicos (RH-A), la recámara de Dosificación (RD) y el Reactor Metanogénico (RM).

#### **3.4.1. Reactor Hidrolítico – Acidogénico (RH-A)**

Constituido por una bolsa negra de 10 m de largo y un metro de diámetro con capacidad para 8000 litros, fabricada en plastilona recubierta de PVC que hace las veces de tanque de almacenamiento y reactor hidrolítico-acidogénico. Para su instalación se hace una excavación trapezoidal de modo que resista el peso del líquido sin romperse. Las aguas residuales procedentes del lavado del café entran y salen por la parte inferior de la bolsa a través de una T de PVC y un tubo que comunica con el interior, el cual no está soldado a la T (*Figura 2*) y permite almacenar el agua residual por un tiempo mínimo de dos días (Zambrano, *et al.*, 1999). El RH-A opera como un silo, es decir, que permite almacenar las aguas residuales del lavado que se producen en forma discontinua durante el período de cosecha, creando de esta manera un “efecto pulmón” o sea que difiere el tratamiento. Además de lo anterior, en esta unidad se llevan a cabo las reacciones bioquímicas que conducen a la

hidrólisis de compuestos de alto peso molecular, tales como la pectina y la propectina, y a su vez se acidifican los compuestos que han sido hidrolizados, o que se encuentran en forma soluble como los azúcares, que hacen también parte de la composición química del mucílago Elías (1978). De esta unidad las aguas salen con un máximo de acidificación de 110-120 mg NaOH/g DQO y un pH de.5 unidades según FNC (1985).

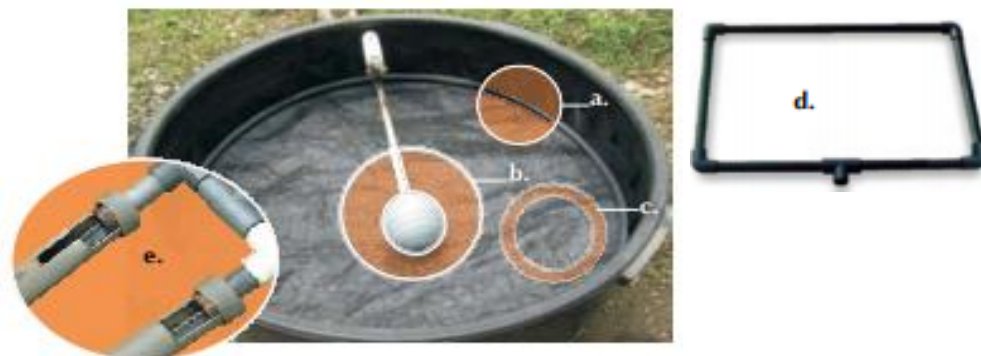


**Fuente.** (Cenicafé, 2006)

**Figura 2.** Conector de fondos y descarga de lodos.

#### 3.4.2. Recamara de Dosificación (RD)

Constituye parte fundamental del buen desempeño del sistema. Utiliza los principios de filtración lenta, reteniendo materia orgánica insoluble como las sustancias pécticas que no fueron hidrolizadas en el RHA, y dosificar por gravedad las aguas residuales del lavado hacia el reactor metanogénico. Está fabricada en mampostería, tiene en el fondo un marco colector que permite la salida del líquido por el fondo de la recámara (*Figura 3*) y este acoplado al tubo de salida. Posee un lecho filtrante conformado por piedras de 10 cm de diámetro y gravilla o piedra caliza de 2.5 cm de diámetro hasta una altura de 20cm sobre el fondo según FNC (1985).



**Fuente.** (Cenicafé, 2006)

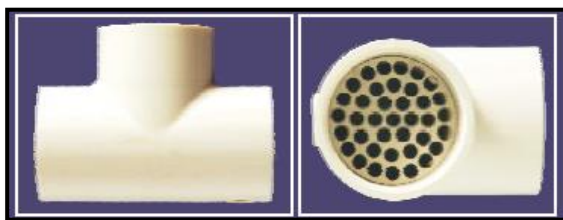
**Figura 3.** Componentes de la recamara de dosificación: **a.** aro en manguera de polietileno de ½”, **b.** válvula flotadora en PVC, **c.** malla mosquitera, **d.** marco colector de líquido hacia RM, **e.** tapones reguladores de caudal.

### 3.4.3. Reactor Metanogénico (RM)

El reactor metanogénico está constituido por un tanque cilíndrico de 2000 litros de capacidad de color negro, fabricado en fibra de vidrio tipo UAF (filtro anaerobio de flujo ascendente) usando trozos de guadua (1128 trozos) de 15 cm de longitud o botellas plásticas no retornables (BPNR) de 2 y 3 litros de capacidad, obtenidos mediante el corte transversal de la botella en tres partes, los cuales se requieren trozos provenientes de 980 botellas para llenar los 2 RM (4 metros cúbicos) como medio de soporte, obteniéndose un área específica de contacto de 48,2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de reactor con 78,8% de porosidad en el medio empacado en FNC (1985).

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 esta provista de una “T” con tramo de tubería y tapón roscado de PVC de 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>”, la cual permite que se retire para limpiar internamente la tubería en caso de obstrucción según Cenicafé (2006).

Inmediatamente antes de la entrada a los reactores y sobre la “T”, que comunica además el tapón roscado y la tubería de acceso de agua residual, se instala un disco previamente construido en PVC y perforado con 38 orificios de 7/32”. 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” y perforado lateralmente con 4 orificios de 7/32”, uno en el centro de cada lado



**Fuente.** (Cenicafé, 2006)

**Figura 4.** Disco perforado para prevenir el paso de insolubles a RM.

La salida del efluente se realiza en forma axial, utilizando una tubería de PVC de 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>” y 20 cm con un corte transversal de 45°, conectada por medio de un semicodo a una tubería PVC de 50 cm que comunica con el exterior





**Fuente.** (Cenicafé, 2006)

**Figura 5. a.** Dispositivo distribuidor de entrada de aguas residuales al reactor metanogénico, **b.** tubería de salida del efluente.

Las características más importantes de los SMTA desarrollados en Cenicafé son:

- ✓ No requieren la adición de reactivos químicos para neutralizar ni para balancear la composición química de las aguas residuales del café.
- ✓ El flujo del líquido ocurre por gravedad y no se requieren sistemas de bombeo.
- ✓ Las aguas residuales no requieren calentamiento adicional, pues el material y la coloración negra de sus unidades además de la alta concentración de las aguas residuales que origina bajos caudales, permite que la energía solar incremente la temperatura desde 23°C hasta 30-32°C.
- ✓ No consumen energía eléctrica.
- ✓ Las unidades que conforman el sistema son cerradas lo que permite reducir drásticamente los malos olores.
- ✓ Su operación se limita a inspección y eventual limpieza de las recámaras.

En búsqueda de mantener los niveles de competitividad, la optimización del SMTA está ahora orientada en la selección de materiales de construcción y soporte que reduzca aún más los costos de inversión sin afectar la eficiencia de la operación.

### 3.5. Otros Sistemas

#### 3.5.1. Sistema Tratamiento por Desnatador y Filtro

Para el manejo de las aguas residuales procedentes del beneficio del café el Comité de Cafeteros recomienda la implementación del tanque desnatador y el filtro. Al desnatador le llega el agua de lavado, que contiene la mayor carga de mucílago removido durante el enjuague, se deja 24 horas, se extrae la nata y se deposita en la fosa. Luego esta agua se pasa

por una malla de anejo fino, que servirá de colador ubicado sobre el filtro. El agua sin el mucílago entrará en el filtro. El lodo que queda precipitado en el fondo del desnatador se extrae y se envía a la fosa. El filtro debe tener una profundidad de 2 metros y un ancho de 1.5 metros. Debe llevar tres capas cada una de 50 centímetros. La primera capa de piedra en el fondo; la segunda gravilla, y la tercera de arena lavada de río. El fondo del filtro debe tener una salida de desagüe en estudio realizado por Renso, *et al.* (2014)

En análisis realizados por la Federación Nacional de Cafeteros a este tipo de sistema, presentan resultados de eficiencia de remoción del 46% de DQO y 44% de DBO, con datos de entrada al sistema DBO5 = 17200 mg/L, DQO = 36600 mg/L, pH = 4.6 y a la salida DBO5 = 9702 mg/L, DQO = 19800 mg/L, pH = 4.98 en Renso, *et al.* (2014).

### 3.5.2. Sistemas Anaerobios

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

En evaluaciones realizadas se encontraron eficiencias de remoción del sistema son del 80% en términos DQO, DBO5 y sólidos totales, para una capacidad del beneficiado de 400 fan/día. DQO promedio de entrada de 14525 mg/l y a la salida DQO = 1542 mg/l, pH a la entrada del sistema 6.1, salida 6.7. Se logró cumplir la meta de reducir en 50% los sólidos sedimentables (Infoagro, 2010).

### 3.5.3. Sistema por Digestión Anaerobia

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

- Neutralización: Se lleva a cabo en un tanque neutralizador con agitación y se utiliza el  $\text{CaCO}_3$  como agente neutralizante por su bajo costo y gran disponibilidad en los centros de beneficio de la provincia. (Llevarlo a  $\text{pH} = 6.7 - 7.3$ )
- Digestión: Se realiza en digestores de flujo ascendente. Son tanques de hormigón armado, rectangulares, con altura efectiva de 4,5m y 3 compartimentos para tiempos de retención hidráulica de 2 días. A este tipo de digestores se le diseñó una campana metálica que sirve de separador gas - líquido - sólido y es donde se encuentran insertadas la toma para las salidas del gas y el residual tratado. Como inóculo para este residual se utiliza excreta vacuna fresca.
- Secado de lodos: En lechos de secado de lodos, que es una plazoleta para el secado del lodo húmedo, el cual será utilizado posteriormente como biofertilizante.
- 4. Filtración Lenta en Arena: El filtro tiene como ventaja la remoción completa de sustancias orgánicas y virus, así como la remoción parcial de color y turbiedad. Como medio filtrante se está utilizando arena y grava. El efluente del filtro puede ser recirculado al centro de beneficio húmedo o en su defecto incorporarlo a la corriente de agua superficial.
- Laguna Aerobia: Técnicamente será un reservorio donde se pueda almacenar entre el 80 y 100% del volumen de residual emitido por la despulpadora. Luego de este órgano de tratamiento residual tratado será dosificado a la corriente de agua superficial aledaña.

Esta tecnología propuesta permitirá remover hasta el 91% de la carga orgánica total del afluente, el agua tratada puede ser rehusada en el beneficio o inyectada a los cuerpos receptores de agua. El biogás obtenido en el orden de 0,3- 0,36  $\text{m}^3 / \text{Kg}$ . DQO removido permite la reducción del consumo de portadores energéticos convencionales en todas las despulpadoras según Cepis (1995).

### **3.6. Parámetros Físico Químicos**

#### **3.6.1. Caudal (Q)**

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica en Messa (2006).

#### **3.6.2. Temperatura (°C)**

La temperatura es una de las variables que más influyen en el proceso, cuya eficacia decrece por debajo de 15°C ya que la depuración se debe fundamentalmente a la sedimentación, mientras que por encima de 15 °C la biodegradación se incrementa. La temperatura afecta la actividad de los microorganismos, determina la cantidad de energía neta producida e influye en la relación pH-alcalinidad según Messa (2006).

Mantener la temperatura óptima de desarrollo de los microorganismos anaerobios favorece el proceso de tratamiento. Se considera que el intervalo mesofílico (30 - 38° C) es el más recomendable para alcanzar un buen proceso de digestión del agua residual. Las bacterias formadoras de metano son activadas en dos zonas de temperatura, normalmente en el intervalo mesofílico (29.5 - 35° C) y en el intervalo termofílico (50 - 60° C). A temperaturas mayores de 40° C y debajo de 50° C, la producción de metano es inhibida por Conagua (2016).

#### **3.6.3. Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH óptimo para el proceso anaerobio se encuentra alrededor de 7. Un valor de pH fuera del intervalo de 5 - 7.5 puede ocasionar la muerte de la mayoría de las bacterias metanogénicas; el pH debe estar entre 5.1 y 7.4, para la producción de gas metano. Las bacterias formadoras de metano se inhiben en pH menor a 5, que puede ser ocasionado por una cantidad elevada de ácidos grasos volátiles acumulados en el reactor según Conagua (2016).

### 3.6.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

La demanda biológica de oxígeno es definida por Jaramillo (2005) como la Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura. Esta demanda se da por la materia orgánica arrojada a las corrientes y masas de aguas y cesara al agotarse la materia orgánica. Se calcula mediante una prueba que se efectúa a los 5 o 20 días de tomada la muestra RAS (2000). La importancia de esta prueba radica en que es un parámetro ambiental que da una medida del grado de contaminación. Se utiliza para el cobro de la tasa retributiva. Medida en el afluente y efluente del reactor además permite calcular la remoción del mismo.

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria.

Parámetro	Unidad	Beneficio de café (Clasificación de la Federación Nacional de Cafeteros FNC/Cenicafé)
		Proceso Ecológico
<b>Generales</b>		
pH	Unidades	5,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	3,000,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	---
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	800,00

**Fuente.** (Minambiente, 2015).

--- No aplica

### 3.6.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno. DQO se expresa en mg/l O<sub>2</sub>, debido a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>) es el oxidante especificado en la mayoría de los casos. En estos test el Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> se reduce a ion crómico (Cr<sub>3</sub><sup>+</sup>) en Salazar, *et al.* (2013).

Uno de los parámetros más representativos para la caracterización del agua residual es la DBO<sub>5</sub>, ya que la relación existente entre la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno permite obtener el porcentaje de materia orgánica capaz de biodegradarse de manera biológica, así mismo este indicador es tenido en cuenta por la normativa en el momento de realizar un vertimiento a un cuerpo de agua en Salazar, *et al.* (2013).

#### 3.6.6. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

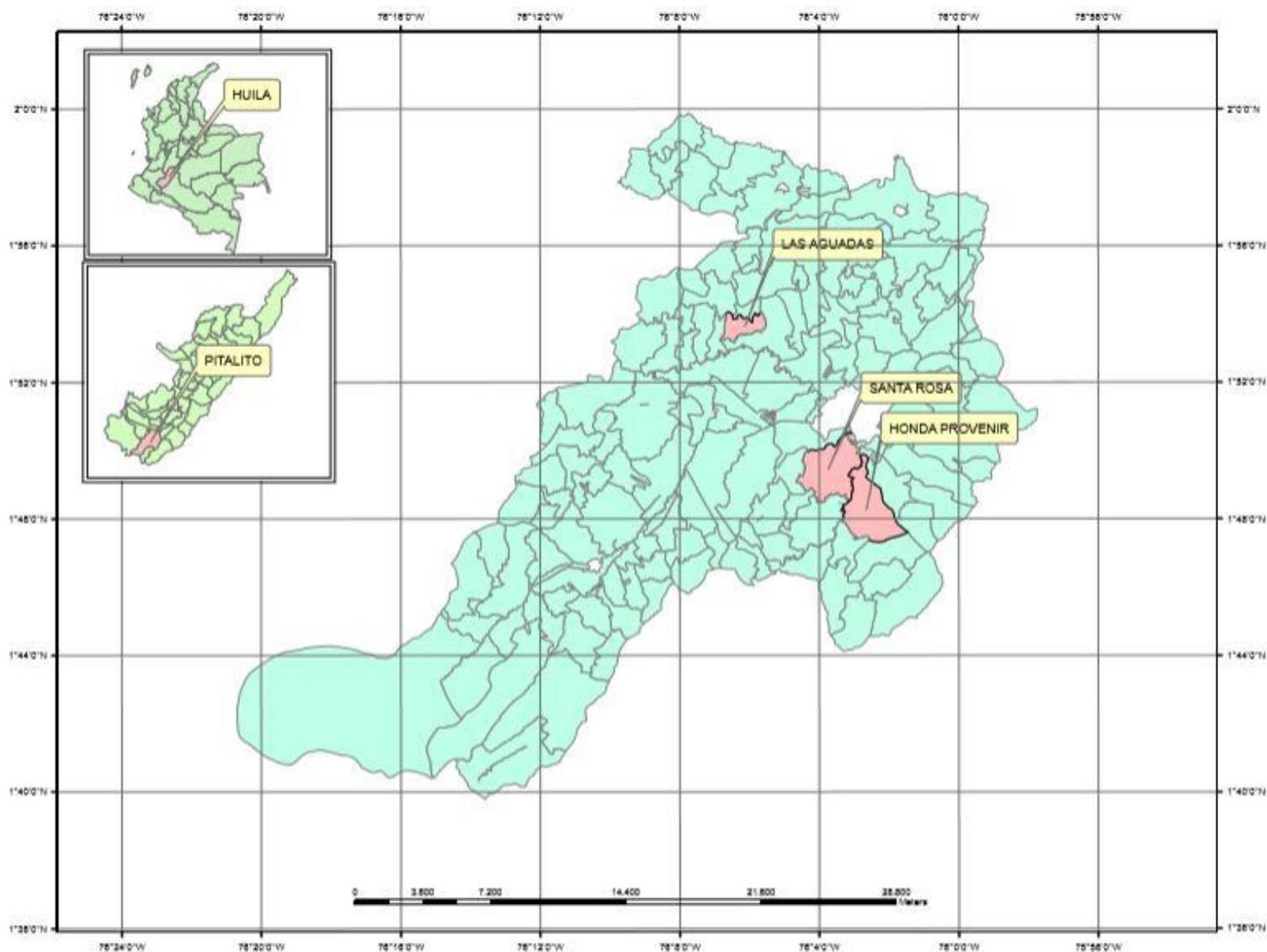
En la determinación de los sólidos en una muestra se comprende los términos Sólidos totales, sólidos suspendidos, y sólidos disueltos.

Los sólidos suspendidos son la porción retenida por el papel filtro de 1,3 µm de tamaño de poro, los sólidos disueltos porción que pasa por el papel filtro de 1,3 µm de tamaño de poro. Estos a su vez se dividen en fijos (quedan después de la ignición de la muestra) y volátiles (pérdida de peso de la muestra durante la ignición). La determinación de los sólidos es una prueba indispensable para la operación de reactores biológicos que, junto con otros parámetros, proporciona información de la eficiencia de remoción del proceso, e indirectamente, de la concentración de biomasa bacteriana en el reactor para Conagua (2016).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Localización

El estudio se realizó en las veredas Honda Porvenir, Santa Rosa y Aguadas; ubicadas en el municipio de Pitalito, localizado a 188 km de la ciudad de Nieva, capital del departamento del Huila, por la vía que conduce a San Agustín.



**Figura 6.** Geolocalización de las zonas de estudio.

El proceso de Geolocalización se realizó con la ayuda de un GPS GARMIN facilitando la toma de datos para luego ser ingresados en el software ArcGIS.

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

### **4.3. Métodos**

#### 4.3.1. Recolección de Información básica

Mediante el Comité Departamental de Cafeteros del Huila, con el fin de recolectar información en los lugares donde están ubicados los diferentes sistemas, se adquirieron datos tales como: números de fincas cafeteras, tamaño de las fincas, tipos de beneficiadores y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

#### 4.3.2. Identificación de los sistemas

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

#### 4.3.3. Muestra

De las fincas visitadas se seleccionaron tres fincas para el estudio, la primera ubicada en la parte alta de la vereda, la otra ubicada en la parte media y una última ubicada en la parte baja; con las siguientes características: beneficio ecológico del café y sistema en funcionamiento. El método de selección fue aleatorio.

#### 4.3.4. Visitas a los sistemas seleccionados

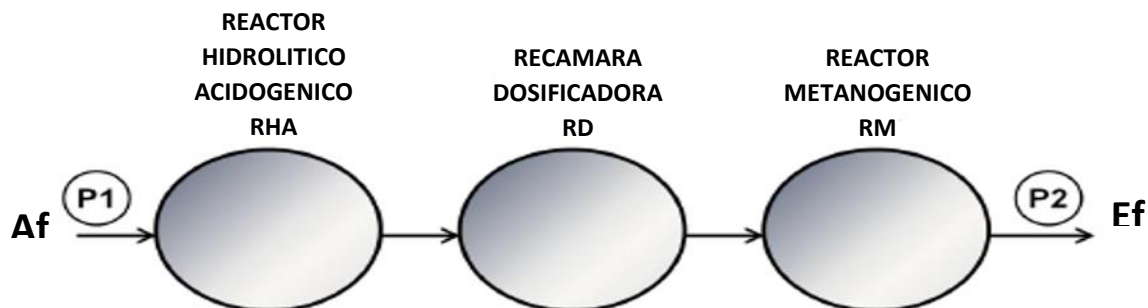
Con el fin de recolectar información sobre: producción, beneficio y tratamiento de las aguas residuales; priorizando las unidades de los sistemas, su funcionamiento y operación. Se tomaron datos y fotografías.

#### 4.3.5. Muestreo de aguas residuales y análisis en laboratorio

Para cada uno de los sistemas, se determinaron los puntos de muestreo (P1: Afluente del Sistema, P2: Efluente del Sistema), (*Figura 7*). Se tomaron muestras el día 24 de septiembre del 2020, para determinación de los parámetros fisicoquímicos: Temperatura (T), pH y caudal (Q). Para los parámetros que requirieron análisis de laboratorio, se tuvo en cuenta la recomendación impartida por este, se tomó una muestra puntual a la entrada y salida de cada



sistema, en recipientes plásticos de 1 litro, se rotularon, se refrigeraron y se entregaron al Laboratorio Diagnosticamos S.A.S ubicado en la ciudad de Neiva (Figura 8) para los posteriores análisis de los siguientes parámetros: DQO, DBO<sub>5</sub>, SST.



**Figura 7.** Puntos de muestreo para cada SMTA.



**Figura 8.** Toma de muestras para análisis físico-químicos.

➤ Métodos para parámetros de campo:

pH: mediante el método del papel indicador universal.

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

Caudal (Q): método de aforo volumétrico. Se utilizó un balde de 6 litros y mediante un cronometro se calculó el tiempo de llenado. Se tomaron 3 datos y se calculó el promedio. El caudal se estimó mediante la siguiente formula:

$$Q = V/t \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V: Volumen llenado (Lts)

t: Tiempo de llenado (Seg)

➤ Métodos para parámetros de laboratorio:

Las muestras se analizaron en el Laboratorio Diagnosticamos S.A.S ubicado en la ciudad de Neiva, el cual utiliza métodos estandarizados.

**Tabla 2.** Métodos de Laboratorio para análisis de las muestras.

PARAMETRO	METODO
DQO	SM 5220 D
DBO <sub>5</sub>	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C
S.S. T	SM 2540 B

**Fuente.** (Laboratorio Diagnosticamos S.A.S. 2020)

#### 4.3.6. Análisis de la información

Con los resultados de laboratorio se determinaron mediante los cálculos correspondientes las eficiencias reales de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, de los tres sistemas; y por comparación de las eficiencias de remoción de contaminantes, se establece cuál de los sistemas es más eficiente. Además, se propuso un mejoramiento el cual pueda solucionar en cierta medida los problemas de eficiencia.

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

$$\% \text{ Rem} = \frac{(\text{Concentracion entrada} - \text{Concentracion salida})}{\text{Concentracion entrada}} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

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

$$Cc = [Q * C * 0.0864 * (t/24)] \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Cc = Carga contaminante en kilogramo por día (Kg/día)

Q = Caudal promedio, en litros por segundo, (L/seg)

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

0.0864 = Factor de conversión de unidades

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

## 5. RESULTADOS Y ANALISIS

### 5.1. Descripción y Diagnostico del funcionamiento de los SMTA

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales Provenientes del Beneficio del Café (SMTA) los cuales funcionan por gravedad, construidos en las tres veredas que consisten en una serie de reacciones bioquímicas diferentes que tienen como fin eliminar y/o remover los contaminantes presentes en el agua efluente utilizado para el lavado del café. Cuenta con un tanque tina inicial llamado Trampa de Pulpas de 100 litros en el cual existe un malla mosquitera que evita el paso de las partículas sólidas y por ende no tapone las tuberías del sistema; luego continua a unos tanques ubicados en serie llamados RH-A<sub>1</sub>, RH-A<sub>2</sub> y RH-A<sub>3</sub> de polietileno negro cada uno con capacidad de 2000 litros (*Figura 9*), en los cuales ocurre una separación de fases teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulico de dos días. Las aguas residuales procedentes de la trampa de pulpas ingresan al RHA<sub>1</sub> por el fondo y salen a través de un dispositivo de 52 centímetros de altura total, las aguas continúan su recorrido a través de los dos reactores restantes como se explica para el RHA<sub>1</sub>, y con los mismos dispositivos internos de salida del líquido, para así continuar a un tanque dosificador (Recamara Dosificadora) el cual tiene instalado una serie de accesorios que permiten el flujo constante mediante el uso de una válvula flotador, y orificios de diámetro predeterminado practicado en las tuberías de salida que permiten garantizar un caudal uniforme a través de una cabeza hidrostática permanente.



**Figura 9.** Reactores Hidrolíticos - Acidogénicos ubicados en serie.

Por último, el agua proveniente de la RD pasa unos tanques tina llamados RM de polietileno negro con capacidad de 2000 litros en la cual debe llegar el agua que tiene los sólidos solubles porque es ahí donde se inoculan unos microorganismos presentes en el estiércol del ganado con un material soporte (tarros de guadua) que sirve para que estos se adhieran siendo los encargados de realizar la depuración de la carga orgánica de la contaminación. Después de que pase el agua por el sistema, esta debe estar por encima del 80% de remoción ajustándose a la normatividad ambiental vigente, tal y como se evidencia en los resultados de laboratorio presentados.

## 5.2. Información básica

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

**Tabla 3.** Información básica de los SMTA estudiados.

<b>DATO</b>	<b>RESULTADO</b>	
Número de fincas cafeteras	10	
Tamaño de las fincas	3,5 ha (promedio)	
Tipo de beneficiadero	Ecológico	
Sistema de tratamiento de aguas residuales de beneficiadero	SMTA (Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio) construido en 10 fincas	
<b>Caudal (L/s)</b>		
Finca Honda Porvenir	Af: 2,24	Ef: 0,115
Finca La Palma	Af: 2,38	Ef: 0,12
Finca Buenavista	Af: 2,2	Ef: 0,112
Operación STAR	El 70% de los SMTA visitados se encuentran en buen estado de construcción y operación	
Costos	<b>\$ 4.350.000,00</b>	

**Fuente.** (Autor)

## 5.3. Caracterización de las fincas estudiadas

De las 10 fincas visitadas, se seleccionaron 3 de ellas teniendo en cuenta el buen funcionamiento y operación del sistema, además de ello, que cumplieran con lo necesario para realizar la toma de muestras y así poder obtener un resultado que permita un análisis en cuanto a la eficiencia de remoción de carga contaminante.

**Tabla 4.** Caracterización de las fincas.

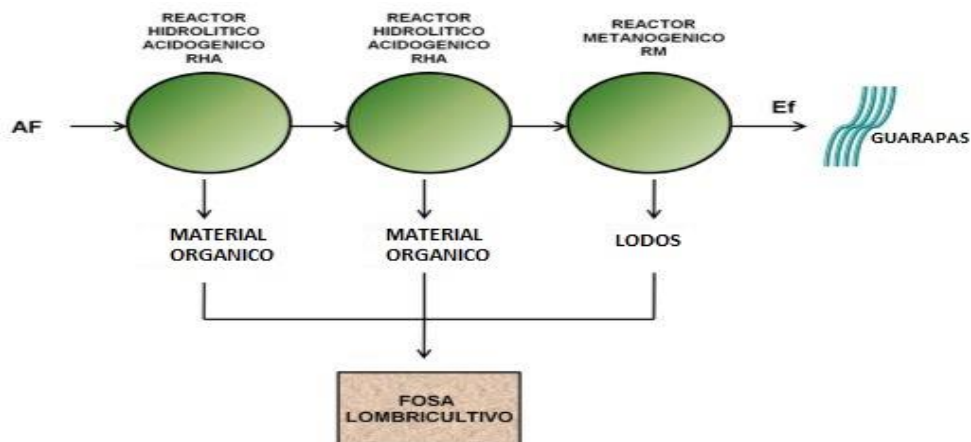
DATOS	FINCA 1	FINCA 2	FINCA 3
Nombre	Honda Porvenir	La Palma	Buenavista
Propietario	Luis Anibal Restrepo	Luz Mila Inchima	Franky Alexander Ortiz Meneses
Vereda	Honda Porvenir	Santa Rosa	Aguadas
Área Total de la Finca	6,00 ha	4,00 ha	3,00 ha
Área en Café	5,00 ha	3,00 ha	2,50 ha
Altura	1327 msnm	1311 msnm	1566 msnm
Temperatura	21 °C	22°C	18 °C
Sistema de Tratamiento de Aguas residuales	Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) capacidad 1100 Kg c.c.	Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) capacidad 1100 Kg c.c.	Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) capacidad 1100 Kg c.c.

**Fuente.** Autor.

Teniendo en cuenta la (Tabla 4), la finca 3 al ser más alta respecto a los metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), se entiende que está clasificada en la parte alta, la finca 1 ubicada a 1327 msnm se clasifica en la parte media y la finca 2 ubicada a 1311 msnm se clasifica en la parte baja, ya que es importante porque su temperatura tiene incidencia en los resultados obtenidos.

#### 5.4. Diagrama de Subproductos

La (Figura 10) muestra la disposición del material orgánico y lodos que se forman en cada uno de los reactores teniendo en cuenta la separación de fases, estas natas se deben retirar de los tanques las cuales se forman por la acidificación que en este proceso ocurre, además, hace parte del mantenimiento preventivo para su buen funcionamiento y evitar posibles taponamientos.



**Figura 10.** Disposición de Subproductos de los SMTA.

## 5.5. Caracterización fisicoquímica de los sistemas estudiados

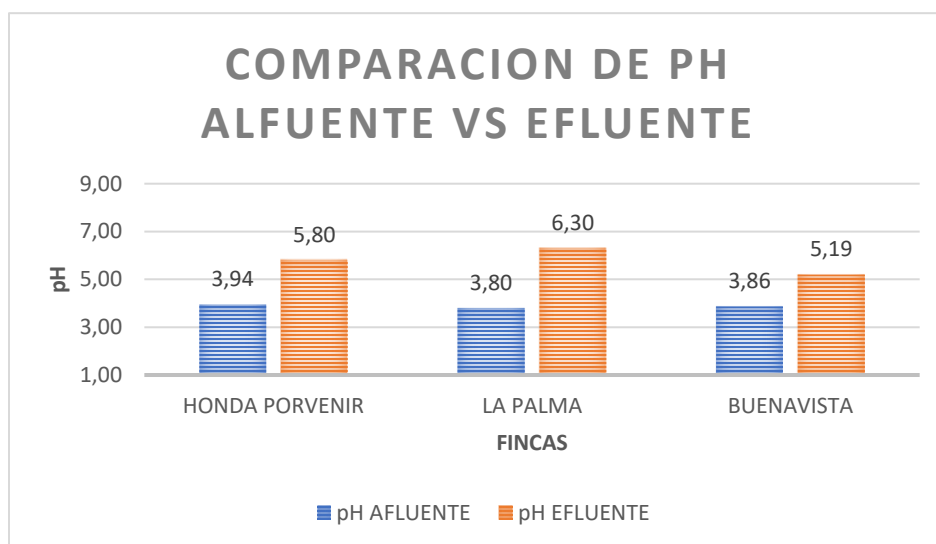
**Tabla 5.** Caracterización de las aguas residuales de los SMTA.

NOMBRE FINCA	PARAMETRO	METODO	UNIDADES	AFLUENTE (Af)	EFLUENTE (Ef)
HONDA PORVENIR	Temperatura del Agua	SM 2550 B	°C	23,0	27,0
	Ph (in Situ)	SM 4500-H+B	Unidades	3,94	5,8
	Demanda Biologica de Oxigeno	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2/ L	4781,7	945,0
	Demanda Quimica de Oxigeno	SM 5220 D	mg O2/ L	9960,0	1487,4
	Solidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	3075,0	205,0
LA PALMA	Temperatura del Agua	SM 2550 B	°C	25,0	30,0
	Ph (in Situ)	SM 4500-H+B	Unidades	3,80	6,3
	Demanda Biologica de Oxigeno	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2/ L	3313,8	605,0
	Demanda Quimica de Oxigeno	SM 5220 D	mg O2/ L	6185,0	1047,3
	Solidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	3450,0	433,33
BUENAVISTA	Temperatura del Agua	SM 2550 B	°C	21,4	27,0
	Ph (in Situ)	SM 4500-H+B	Unidades	3,86	5,19
	Demanda Biologica de Oxigeno	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2/ L	3500,5	697,2
	Demanda Quimica de Oxigeno	SM 5220 D	mg O2/ L	6482,0	1028,3
	Solidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	5500,0	107,5

**Fuente.** Laboratorio Diagnosticamos S.A.S

La (Tabla 5) presenta los valores de los parámetros fisicoquímicos de las muestras que fueron analizadas por el Laboratorio Diagnosticamos de la ciudad de Neiva. El 24 de septiembre de 2020 para agua residual tomada al afluente y efluente de cada SMTA. Los resultados fueron entregados el 07 de octubre del 2020 los cuales fueron enviados por correo electrónico.

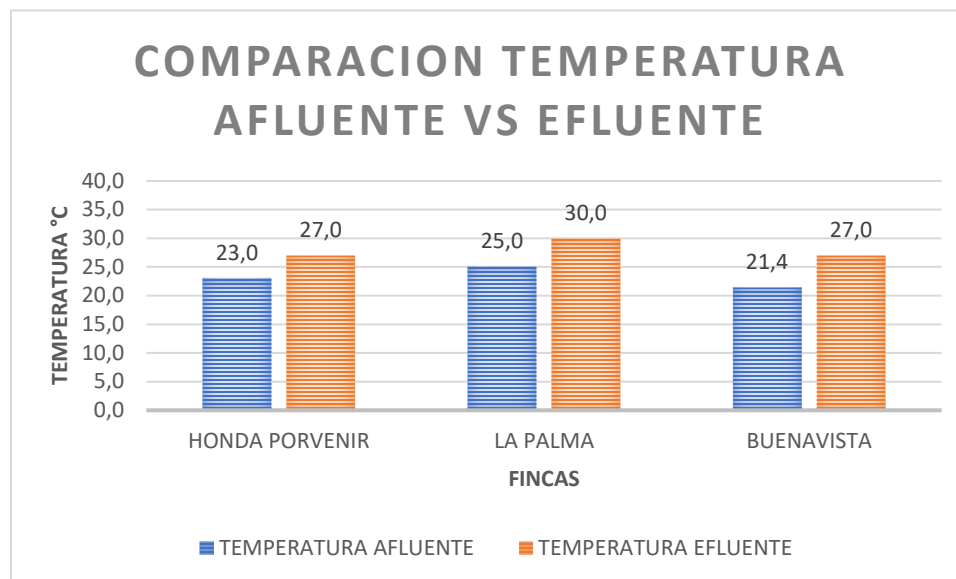
## 5.6. Potencial de hidrogeno (pH)



**Figura 11.** Comparación de pH entre afluente y efluente.

Esta variable determina directamente la acidez que tiene el agua residual del lavado de café; al tener en cuenta la (Figura 11) se puede denotar que los resultados obtenidos en el efluente están dentro del rango permitido por la normatividad ambiental vigente en Minambiente (2015) la cual señala que este debe ser entre 5 - 9; por otra parte, la diferencia entre el afluente y el efluente es notoria ya que durante el proceso que ocurre en el SMTA este se corrige debido a la acidificación que ocurre en los RH-A. Además, estos valores también se encuentran en el rango de 5.1 y 7.4, lo que indica que se está llevando a cabo la producción de gas metano. Según Conagua (2016) las bacterias formadoras de metano se inhiben en pH menor a 5, que puede ser ocasionado por una cantidad elevada de ácidos grasos volátiles acumulados en el reactor.

## 5.7. Temperatura (°C)



**Figura 12.** Comparación de temperatura entre el afluente y efluente.

Al analizar la (Figura 12) se observa una diferencia de temperaturas del afluente y efluente debido a que los tanques reactores que están fabricados en material polietileno negro, sus pigmentos absorban la luz del sol y conviertan la energía en calor, por lo tanto exista un aumento de temperatura al interior del mismo, siendo así, que estos se encuentran en el intervalo mesofílico (20 - 40°C) es decir, favorece el desarrollo y desempeño de los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica. Según Zambrano, *et al.* (1999), las diferencias de altura, el material de soporte al interior del reactor y los bajos caudales con que opera el sistema, favorecen la digestión anaerobia de este tipo de residuos al aproximarse a su temperatura óptima que es de 23 °C.

## 5.8. Eficiencia de remoción

Al aplicar la (Ecuación 2) la cual tiene en cuenta las concentraciones de entrada y salida, se obtiene el porcentaje de remoción que tiene el sistema para cada uno de los parámetros evaluados, siendo así:

$$\% \text{ Rem} = \frac{(4781.7 - 945)}{4781.7} * 100 = 80.24$$



**Tabla 6.** Porcentaje eficiencia de remoción en cada finca.

<b>NOMBRE FINCA</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>AFLUENTE (Af)</b>	<b>EFLUENTE (Ef)</b>	<b>% REMOCION</b>
HONDA PORVENIR	Demanda Biológica de Oxígeno	4781,7	945	80,24
	Demanda Química de Oxígeno	9960	1487,4	85,07
	Solidos Suspendidos Totales	3075	205	93,33
LA PALMA	Demanda Biológica de Oxígeno	3313,8	605	81,74
	Demanda Química de Oxígeno	6185	1047,3	83,07
	Solidos Suspendidos Totales	3450	433,33	87,44
BUENAVISTA	Demanda Biológica de Oxígeno	3500,5	697,2	80,08
	Demanda Química de Oxígeno	6482	1028,3	84,14
	Solidos Suspendidos Totales	5500	107,5	98,05

**Fuente.** Autor.

La tabla 6 muestra el porcentaje de remoción entre el afluente y el efluente que hace referencia a la salida del SMTA. Donde se logra analizar que los resultados en la remoción de cada una de las variables estudiadas demuestran que el sistema con el porcentaje de mayor remoción en las tres fincas es la variable SST debido a que el promedio está por encima del 85% y esto ocurre ya que antes de ingresar a los RH-A existe un tanque el cual tiene como función retener en mayor proporción los sólidos que se desprenden del lavado del café y no permitir que circulen durante el sistema, además luego de los RH-A esta la RD la cual se encarga de dosificar el agua y eliminar ciertos solidos que aun siguieron circulando.

Para la DQO se encuentra que el mayor porcentaje es la de la finca Honda Porvenir con un 85,07%, seguido de finca Buenavista con 84,14% y por último la finca La Palma con 83,07%, teniendo en cuenta que los tres SMTA están cumpliendo con lo exigido por la normatividad

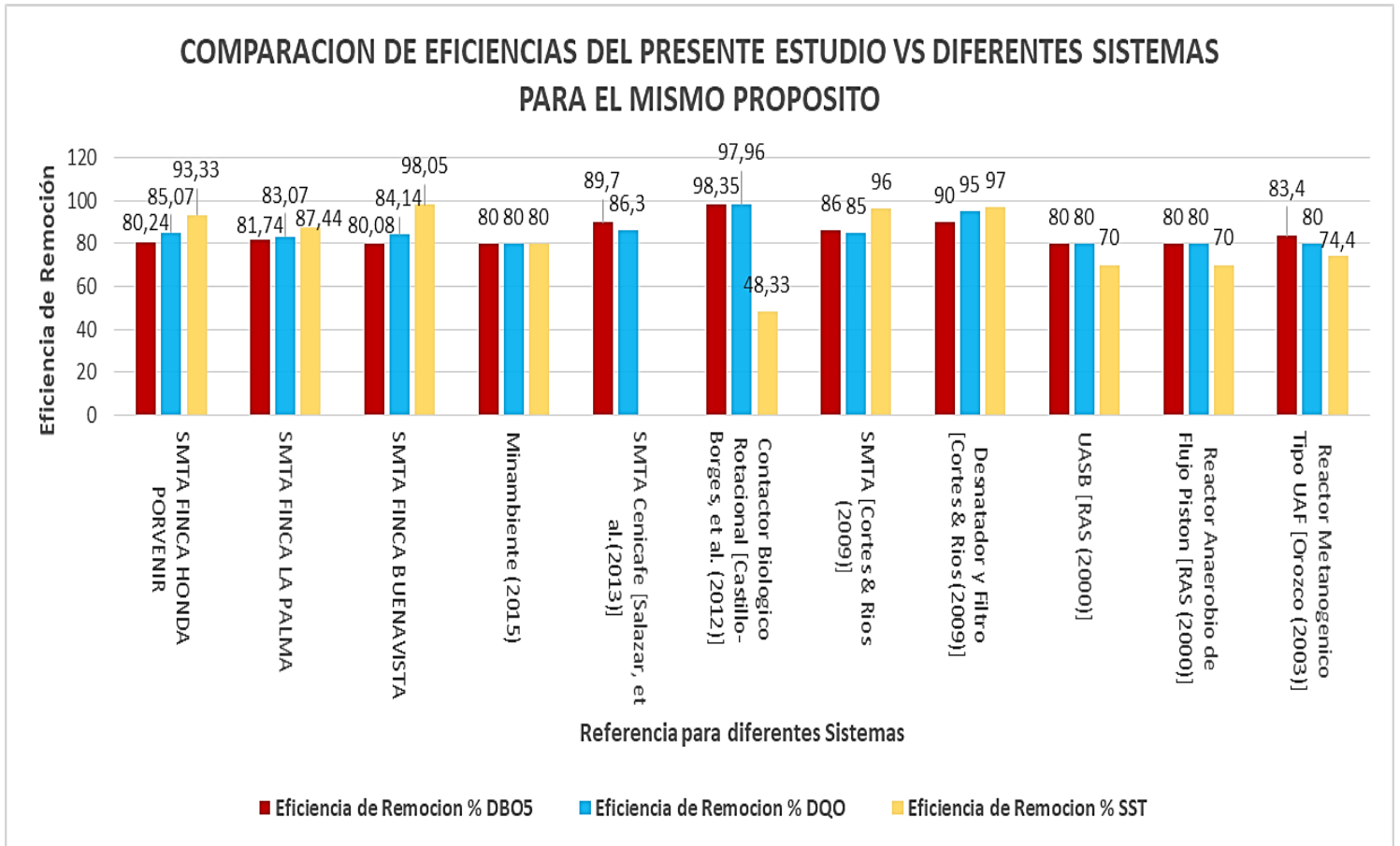
ambiental vigente Minambiente (2015) la cual se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte.

En la variable  $DBO_5$ , la cual se entiende como la cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura, los porcentajes de remoción están por encima del 80% logrando cumplimiento de la resolución 0631 del 2015 Minambiente (2015) pero no en gran cantidad, ya que en las tres fincas los caficultores mencionaron que no realizaban los 4 (cuatro) enjuagues que Cenicafe (1999) ha estipulado debido que no lo consideran pertinente, por ello no se alcanza a remover gran cantidad teniendo en cuenta que las aguas residuales del lavado del café presentan en promedio una concentración de 27400ppm.

### **5.9. Comparación de porcentaje de remoción respecto a otros autores**

Inicialmente al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio (*Figura 13*) con los porcentajes que la normativa ambiental vigente Minambiente (2015) dicta, se puede dar constancia que estos sistemas que están instalados en las fincas están por encima de la referencia, siendo así, el mayor valor de S.S.T. de las tres fincas los cuales están por encima de 90% lo que significa que la operación y mantenimiento de los sistemas los están realizando a tiempo y teniendo en cuenta las observaciones que les realizan los extensionistas por parte del Comité Departamental de Cafeteros del Huila.

Por otra parte, los resultados obtenidos por Cortes & Ríos (2009) son similares a los del presente estudio (*Figura 13*), esto dando cuenta que ambos son SMTA y fueron instalados con las mismas características de operación. Cabe resaltar que la remoción de S.ST sigue siendo mayor en comparación a la  $DBO_5$  y DQO.



**Figura 13.** Comparación de la eficiencia de remoción con relación a otros autores.

En el estudio realizado por Cortes & Ríos (2009), los valores del sistema Desnatador y Filtro son mucho mayor ya que están por encima del 90% y eso hace que sean mucho más eficientes al momento de descontaminar el agua, pero esto no significa que el SMTA no sea una gran opción al momento de implementarlo en alguna finca.

Los resultados muestran que en el trabajo realizado por Castillo-Borges, *et al.* (2012) los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO son mayores que los resultados de esta investigación, pero que el porcentaje de remoción de SST es menor, igual pasa con el trabajo realizado por Orozco (2003).

Teniendo en cuenta los porcentajes de RAS (2000), se puede denotar que los valores de DQO y DBO<sub>5</sub> son iguales a los valores de la normativa ambiental vigente Minambiente (2015), con la única diferencia que los S.S.T. es menor ya que su tolerancia mínima está en 70%.

### 5.10. Carga Contaminante

Para calcular la carga contaminante se utilizó la (Ecuación 3) la cual tiene en cuenta el caudal de entrada o salida respectivamente, la concentración de la sustancia contaminante, un factor de conversión y el tiempo estimado de vertimiento de 24 horas por día, siendo así:

$$Cc = [2.24 * 4781.7 * 0.0864 * (24/24)] = 925.43 \text{ Kg/Dia}$$

**Tabla 7.** Carga contaminante para cada SMTA.

NOMBRE FINCA	PARAMETRO	CARGA CONTAMINANTE (Kg/Dia)		
		AFLUENTE	EFLUENTE	REMOCIONES
HONDA PORVENIR	DBO	925,43	9,39	916,04
	DQO	1927,62	14,78	1912,84
	S.S.T.	595,1232	2,04	593,09
LA PALMA	DBO	681,42	6,27	675,15
	DQO	1271,83	10,86	1260,98
	S.S.T.	709,4304	4,49	704,94
BUENAVISTA	DBO	665,38	6,75	658,63
	DQO	1232,10	9,95	1222,15
	S.S.T.	1045,44	1,04	1044,40

**Fuente.** Autor.

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

En la (Tabla 7) las remociones se calcularon restando el valor del afluente y efluente teniendo como resultado el valor de remoción que ocurre en el sistema para cada parámetro, ya que como se pudo denotar en la (Figura 13) cada uno de los sistemas del presente estudio está por encima del porcentaje de remoción que en la normativa ambiental Minambiente (2015) se establece.

## 6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Luego del estudio previamente realizado y antes descrito y posterior a los resultados obtenidos en el Laboratorio Diagnosticamos S.A.S para cada uno de los SMTA, a continuación se relaciona una propuesta de mejoramiento, con la cual se pretende darle a conocer al caficultor las falencias y/o irregularidades presentadas en los mismos, con la finalidad de aportar conceptos prácticos y de manejo para que dichos sistemas mejoren la eficiencia de remoción y cumplan con el objetivo planteado y para el cual fueron diseñados; como también para que como propietarios de los mismos sean conscientes y eviten las posibles sanciones económicas que puede acarrear los vertimientos que se ocasionan debido al beneficio del café.

**Tabla 8.** Propuesta de mejoramiento SMTA.

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO (SMTA) 1100 KG/C.C. DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ		
MEJORAMIENTO	TIEMPO ESTIMADO PARA REALIZAR LA MEJORA	COSTO
<b>1. Mantenimiento preventivo:</b> a fin de evitar posibles taponamientos al SMTA y lograr los resultados esperados, es necesario resaltar los deberes y/o obligaciones que traen consigo para el caficultor dichos sistemas, puesto que es necesario realizar el respectivo mantenimiento preventivo antes de la cosecha y luego de la misma, seguido del retiro del lodo de la TP para evitar deterioro del sistema y así cumplir a cabalidad con lo estipulado en los avances técnicos de ( <i>Cenicafe, 2015</i> ).	Corto y Mediano Plazo	N/A
<b>2. Poca utilización de agua:</b> sin duda alguna el medio ambiente, es quien nos proporciona recursos que permiten nuestra subsistencia, es por esta razón que pese a la actividad que desarrollemos debemos preservarlo, razón por la cual el recurso hídrico para el beneficio del café no debe ser exagerado, ya que la base principal del SMTA es reutilizar, y aprovechar la cantidad requerida para su proceso, de no ser así puede llegar a superar la cantidad para la cual fue instalado y por ende no llegará a cumplir con el tiempo de retención.	Corto, Mediano y Largo Plazo	N/A

<p><b>3. Cambio de tubería:</b> es claro que si lo que el caficultor pretende al tener un SMTA es que este cumpla a cabalidad con la función para la que fue diseñado, debe velar por que su instalación sea la correcta en todas y cada una de sus partes, pero en especial en la RD, como también, dotar dicha instalación con materiales de calidad, a fin de evitar posibles desgastes que eviten o alteren la funcionalidad y consigo los resultados esperados; y para los casos en concreto y evidenciados el cambio de tubería es necesario, debido a lo expuesto inicialmente y de esta manera lograr la descontaminación del agua esperada.</p>	Corto Plazo	\$ 150.000
<p><b>4. Cambio de malla mosquitera después de la cosecha:</b> teniendo en cuenta los resultados de laboratorio obtenidos, del estudio previo a los SMTA se pudo deducir y luego probar que el hecho de que las mallas mosquiteras se encontraran en un estado precario dentro del funcionamiento del mismo, como toda causa trae consigo su efecto, son estas las que inhiben el paso de partículas sólidas causando el taponamiento de las tuberías o a que algunas de estas partículas continúen de la TP o RD, de ahí la importancia de darle prevalencia y tener en un estado óptimo esta herramienta que conforma el sistema.</p>	Corto Plazo	\$ 60.000
<p><b>5. Excavación con adecuaciones pertinentes:</b> de acuerdo a las disposiciones posteriores a los estudios realizados por Cenicafé, cabe traer a colación que es deber del caficultor evitar realizar vertimientos a cuerpos hídricos, incumpliendo la normatividad que gira en torno al cuidado y protección de las fuentes hídricas, ya que esta la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país; es por ello que es fundamental que este realice una excavación de 1*1*1 metro, donde se ubique una membrana plástica alrededor con orificios para drenar el agua, que permitan sembrar cultivos hídricos que ayuden con la descontaminación del agua.</p>	Corto y Mediano Plazo	\$ 500.000

**Fuente.** Autor.

El plan de mejora se propone con un tiempo estimado cumplir con el objetivo. Es por ello que las actividades se llevarán a cabo en tres niveles: el corto plaza implica realizar la mejora tan pronto sea necesario, el mediano plazo se considera después de la cosecha o teniendo en cuenta especificaciones emitidas por un profesional, y el largo plazo se tiene en cuenta para el funcionamiento del sistema durante todo el tiempo de uso.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ De las fincas visitadas en las diferentes veredas del municipio de Pitalito, en gran mayoría cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales para el beneficio del café. Se encontró que algunos de estos sistemas SMTA no operan como debería ser o están utilizando los tanques para otro tipo de uso diferente al cual debería ser.
- ✓ El estado y operación de los sistemas objeto de investigación están en buenas condiciones, cumpliendo con la normatividad ambiental vigente, y el mantenimiento que se les realiza a estos está de acuerdo a las observaciones que se les ha realizada desde su instalación.
- ✓ Las eficiencias de remoción para los tres parámetros evaluados están por encima del 80% lo cual indica que estos SMTA cumplen con la normatividad ambiental vigente.
- ✓ De los tres sistemas evaluados el más eficiente en cuanto a la DQO es aquel que está instalado en la finca Honda Porvenir con un porcentaje de 85.07% ya que la carga orgánica tiende a estabilizarse gracias al buen funcionamiento de los microorganismos y bacterias que se encuentran en cada reactor los cuales permiten que los procesos de fermentación finalicen. Por otra parte, en cuanto a la DBO<sub>5</sub> el sistema más eficiente es el de la finca La Palma con 81.74% y con referencia a la S.S.T. el más eficiente es el de la finca Buenavista con 98.05%.
- ✓ Es de resaltar que los tres SMTA tienen mayor eficiencia en cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales los cuales se encuentran por encima de 90%, dando a entender que se está realizando de manera correcta dentro del sistema el proceso de remoción de sólidos, así como los demás parámetros los cuales cumplen con la normativa ambiental.
- ✓ Se recomienda evitar acumulación de pulpa y grano dentro del primer R-HA, ya que podrían ocasionar obstrucciones, derrames y olores desagradables en la periferia.
- ✓ Es necesario realizar nuevos estudios donde se logre profundizar el tema en cuestión, teniendo como referencia la variedad de análisis estadísticos, para

mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, con la finalidad de evaluar la eficiencia de las unidades de cada sistema.

- ✓ Se debe verificar de manera continua el interior de la tubería y el tapón de salida de la recámara de dosificación durante la cosecha, con el fin de garantizar el flujo libre y continuo del caudal.
- ✓ Este tipo de proyectos debe tener como objetivo principal el incentivar a la comunidad para modificar sus conductas frente al medio ambiente. Y así crear una educación ambiental, logrando incorporar de esta manera los diferentes sectores de la población y además tomar como referencia todos aquellos proyectos que involucren soluciones para proteger el medio ambiente.
- ✓ Es importante implementar sistemas de tratamiento eficientes en cada una de las fincas donde se beneficia el café con el propósito de contribuir al cuidado del medio ambiente y evitar sanciones económicas.



## 8. BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, G.J. (1991). Despulpado del café sin agua. Avances Técnicos Cenicafé N° 164.
- ARAGON, R.A., GUTIERREZ, N.G. & VALENCIA, E.G. (2014). Eficiencia de remoción de DBO5 y S.S. en sedimentador y lecho filtrante para el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café (*Coffea arabica*). Colombia Forestal, 17(2), 151-159.
- ARCILA O., F. (1979). Perjuicios causados por los residuos del beneficio del café. Avances Técnicos Cenicafé N° 96.
- CARDENAS C., J. (1998). Evaluación preliminar de una estrategia para la reducción de los lixiviados del BECOLSUB. Santa Fé de Bogotá, Universidad de la Sabana. Facultad de Ingeniería. 76 pág. (Práctica Ingeniería de Producción Agroindustrial).
- CASTILLO-BORGES, E.R., BOLIO-ROJAS, A., MENDEZ-NOVELO, R.I., OSORIO-RODRIGUEZ, J.H. & PAT-CANUL, R. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería. Vol. 16, No. 2*, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán. México. p 83-91.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. Cenicafé. (2006). Tratamiento Anaerobio de las Aguas Mielles del Café. Chinchiná, Boletín Técnico N° 29. Cenicafé.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. Cenicafé. (1999). Beneficio Ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. Cenicafé. (1991). Fundamentos del Beneficio del café. Chinchiná, Cenicafé.
- CEPIS. (1995). Agua Residual del Café. Obtenido de <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/peru/cubtar016.pdf>
- CHIRIBOGA, C. D. (2016). Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización y club de los arrayanes. Bogotá.
- CONAGUA. (2016). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente. En S. d. Naturales. Mexico.

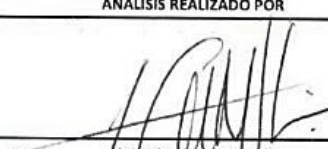

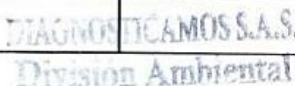
- CORTES, M.A & RIOS, A.T. (2009). Evaluación preliminar de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio del café de la vereda villa Colombia. La plata – Huila.
- ELÍAS, L.G. (1978). Composición química de la pulpa del café y otros subproductos. In: BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. Pulpa de café. Composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. CDII. Centro internacional e Investigaciones para el desarrollo.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA [FNC]. (1985). CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. SECCION DE QUIMICA INDUSTRIAL. CHINCHINA (COLOMBIA). Informe Anual de actividades- Julio 1984 - Junio 1985. Cenicafé. 32 pág.
- GUERECA, L. (2013). Gestión Ambiental. Tendencias tecnológicas. (Perú). 17 pág.
- INFOAGRO. (2010). Infoagro: Tecnología Agrícola para el café. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/cafe97/cafe17.htm>
- IZASA, J.D. & ZAMBRANO, F.D.A. (1991). Lavado del café en los tanques de fermentación. Cenicafé.
- JARAMILLO, O. A. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. Pensilvania: Acodal.
- MESSA, C. J. (2006). Diseño, Construcción Y Arranque De Un Reactor U.A.S.B. Piloto Para El Tratamiento De Lixiviados. Universidad Nacional de Colombia.
- MORGAN, J. M. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas, 16-19.
- OROZCO, 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. Manizales. Universidad Nacional de Colombia. 95 pág.
- PUERTA, Q.G.I. (1997). La conservación de la calidad del café y del medio ambiente. In: Curso taller sobre el pago de tasas retributivas por contaminación producida en los beneficiaderos de café. Octubre.
- RAS. (2000). Aspectos Generales De Los Sistemas De Agua Potable Y Saneamiento Básico. Bogotá.
- RAS. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Título E tratamiento de aguas residuales sección II. Bogotá: Republica de Colombia

ministerio de desarrollo económico dirección de agua potable y saneamiento básico.

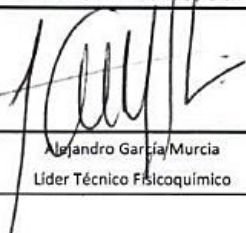

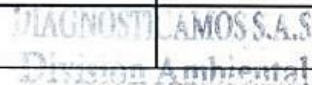
- REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución número 0631 de 2015. Santafé de Bogotá (Colombia). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 62 pág.
- SALAZAR, L.A., QUIROGA, R.Y., CASTILLO, L.F. & VEGA, H.A. (2013). Diagnóstico del tratamiento de aguas residuales mediante los sistemas Cenicafé y Majavita del beneficio ecológico del café con módulo Becolsub en la Hacienda Majavita. Bogotá, Universidad Libre. Innovando en la U, 5(9), 15 Pág.
- TORRES A., S.E. (1990). Clasificación del café pergamino en canal de correteo y en máquina de aire zaranda. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 80 p. (Tesis: Ingeniería Agrícola).
- VEENSTRA, I.R.S. (1995). Recovery of biogas from landfill sites. IHE Delft. In: Curso taller Internacional sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales. Santiago de Cali.
- ZAMBRANO, F.D.A., IZASA, J.D. & RODRÍGUEZ, V.N. (1999). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del lavado del café. Boletín técnico N°20. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ, Cenicafé. Chinchiná, Cenicafé.
- ZAMBRANO, F.D. (1989). Estudios de laboratorio: Caracterización de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ, Cenicafé. Informe anual de actividades de la disciplina de Química Industrial, Octubre 1988-Septiembre 1989. Chinchiná, Cenicafé. 22 pág.
- ZAPATA, N. R., HERNÁNDEZ, M. L., & OLIVEROS, E. F. (2010). Manejo Integrado del Agua. Tratamiento de aguas residuales. Manizales.

## 9. ANEXOS




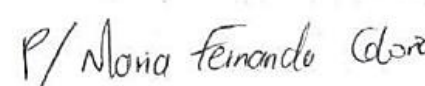
### Anexo 1. Resultados de Laboratorio Afluente Finca Honda Porvenir.

REPORTE DE RESULTADOS No	19515	FECHA DE EMISION	2020-OCT-07					
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>								
NOMBRE	OSCAR JULIAN MENDOZA	DIRECCIÓN	CALLE 8 # 2-71					
CONTACTO	OSCAR JULIAN MENDOZA	TELÉFONO	3168886816					
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>								
MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	AGUA RESIDUAL					
MUESTRA TOMADA POR	CLIENTE	RADICADO INTERNO	19515					
PLAN DE MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE TOMA	2020-SEP-24					
PROCEDIMIENTO MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE RECEPCIÓN	2020-SEP-25					
FUENTE DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL BENEFICIO CAFÉ	COORDENADAS						
LUGAR DE MUESTREO	FINCA HONDA PORVENIR	PUNTO DE MUESTREO	AFLUENTE					
OTROS ¿Cuales?	NO REPORTA							
<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b>								
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	4781.7	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	9960.0	10	2020-OCT-01	< 3000.0	NO CUMPLE
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	3.94	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	NO CUMPLE
a.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	3075.0	15	2020-SEP-30	< 800.0	NO CUMPLE
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	23.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
<b>OBSERVACION</b>								
Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.								
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>								
1. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por los datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibió. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero indica la ausencia de microorganismos en la muestra.								
<b>ANÁLISIS REALIZADO POR</b>					<b>ANÁLISIS SUPERVISADOS POR</b>			
 Alejandro García Murcia Líder Técnico Fisicoquímico					 Pedro María Zuñiga Camacho Director			
								






## Anexo 2. Resultados de Laboratorio Efluente Finca Honda Porvenir

REPORTE DE RESULTADOS No		19516	FECHA DE EMISIÓN		2020-OCT-07			
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>								
NOMBRE	OSCAR JULIAN MENDOZA		DIRECCIÓN	CALLE 8 # 2-71				
CONTACTO	OSCAR JULIAN MENDOZA		TELÉFONO	3168886816				
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>								
MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		AGUA RESIDUAL				
MUESTRA TOMADA POR	CLIENTE	RADICADO INTERNO		19516				
PLAN DE MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE TOMA		2020-SEP-24				
PROCEDIMIENTO MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE RECEPCIÓN		2020-SEP-25				
FUENTE DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL SMTA- REACTOR METANOGENICO	COORDENADAS						
LUGAR DE MUESTREO	FINCA HONDA PORVENIR	PUNTO DE MUESTREO		EFLUENTE				
OTROS: (Cuales?)			NO REPORTA					
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	945.0	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	1487.4	10	2020-OCT-01	< 3000.0	CUMPLE
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	5.8	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	CUMPLE
a	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	205.0	15	2020-SEP-30	< 800.0	CUMPLE
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	27.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
<b>OBSERVACION</b>								
Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.								
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>								
1. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por lo datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibio. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero indica la ausencia de microorganismos en la muestra.								
<b>ANÁLISIS REALIZADO POR</b>					<b>ANÁLISIS SUPERVISADOS POR</b>			
 Alejandro Garcia Murcia Líder Técnico Fisicoquímico					 Pedro María Zuñiga Camacho Director			
								





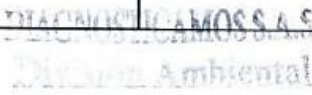
**Anexo 3. Resultados de Laboratorio Afluente Finca La Palma.**

		<b>LABORATORIO DIAGNOSTICAMOS SAS</b> DIVISION AMBIENTAL Nit 800.179.073-9 Carrera 11 N° 7-45, Neiva – Huila, Teléfonos 8714977 – 8717909 ext. 303, Celular 3204124326 E-mail: comercial@diagnosticamos.com Web: www.diagnosticamos.com						
REPORTE DE RESULTADOS No		19517		FECHA DE EMISIÓN		2020-OCT-07		
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>								
NOMBRE		OSCAR JULIAN MENDOZA		DIRECCIÓN		CALLE 8 # 2-71		
CONTACTO		OSCAR JULIAN MENDOZA		TELÉFONO		3168886816		
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>								
MATRIZ DE LA MUESTRA		AGUA		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		AGUA RESIDUAL		
MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE		RADICADO INTERNO		19517		
PLAN DE MUESTREO		NO APLICA		FECHA DE TOMA		2020-SEP-24		
PROCEDIMIENTO MUESTREO		NO APLICA		FECHA DE RECEPCIÓN		2020-SEP-25		
FUENTE DE MUESTREO		AGUA RESIDUAL BENEFICIO CAFÉ		COORDENADAS				
LUGAR DE MUESTREO		FINCA LA PALMA		PUNTO DE MUESTREO		AFLUENTE		
OTROS ¿Cuales?		NO REPORTA						
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	3313.8	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	6185.0	10	2020-OCT-01	< 3000.0	NO CUMPLE
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	3.80	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	NO CUMPLE
a.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	3450.0	15	2020-SEP-30	< 800.0	NO CUMPLE
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	25.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
OBSERVACION								
Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.								
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>								
1. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por lo datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibo. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero indica la ausencia de microorganismos en la muestra.								
ANÁLISIS REALIZADO POR					ANÁLISIS SUPERVISADOS POR			
								
Alejandro Garcia Murcia Líder Técnico Físicoquímico					Pedro María Zuñiga Camacho Director			

### Anexo 4. Resultados de Laboratorio Efluente Finca La Palma.





	<b>LABORATORIO DIAGNOSTICAMOS SAS</b> DIVISION AMBIENTAL Nit 800 179 073-9 Carrera 11 N° 7-45, Nerva - Huila Teléfonos 8714977 - 8717909 ext. 303, Celular 3204124326 E-mail: comercial@diagnosticamos.com Web: www.diagnosticamos.com							
REPORTE DE RESULTADOS No	19518	FECHA DE EMISIÓN	2020-OCT-07					
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>								
NOMBRE	OSCAR JULIAN MENDOZA	DIRECCIÓN	CALLE 8 # 2-71					
CONTACTO	OSCAR JULIAN MENDOZA	TELÉFONO	3168886816					
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>								
MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	AGUA RESIDUAL					
MUESTRA TOMADA POR	CLIENTE	RADICADO INTERNO	19518					
PLAN DE MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE TOMA	2020-SEP-24					
PROCEDIMIENTO MUESTREO	NO APLICA	FECHA DE RECEPCIÓN	2020-SEP-25					
FUENTE DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL SMTA- REACTOR METANOGENICO	COORDENADAS						
LUGAR DE MUESTREO	FINCA LA PALMA	PUNTO DE MUESTREO	EFLUENTE					
OTROS COMENTARIOS	NO REPORTA							
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	605.0	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	1047.3	10	2020-OCT-01	< 3000.0	CUMPLE
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	6.3	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	CUMPLE
a.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	433.33	15	2020-SEP-30	< 800.0	CUMPLE
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	30.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
<b>OBSERVACION</b>								
Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.								
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>								
1. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por lo datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibió. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero Indica la ausencia de microorganismos en la muestra.								
<b>ANÁLISIS REALIZADO POR</b>					<b>ANÁLISIS SUPERVISADOS POR</b>			
								
Alejandro García Murcia Líder Técnico Físicoquímico					Pedro María Zuñiga Camacho Director			
								

## Anexo 5. Resultados de Laboratorio Afluyente Finca Bellavista.

LABORATORIO DIAGNOSTICAMOS SAS		DIVISION AMBIENTAL		FECHA DE EMISIÓN		2020-OCT-07		
		Nit 800.179.073-9 Carrera 11 N° 7-45, Neiva – Huila, Teléfonos 8714977 – 8717909 ext. 303, Celular 3204124326 E-mail: comercial@diagnosticamos.com Web: www.diagnosticamos.com						
REPORTE DE RESULTADOS No	19519		FECHA DE EMISIÓN		2020-OCT-07			
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>								
NOMBRE	OSCAR JULIAN MENDOZA		DIRECCIÓN	CALLE 8 # 2-71				
CONTACTO	OSCAR JULIAN MENDOZA		TELÉFONO	3168886816				
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>								
MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	AGUA RESIDUAL				
MUESTRA TOMADA POR	CLIENTE		RADICADO INTERNO	19519				
PLAN DE MUESTREO	NO APLICA		FECHA DE TOMA	2020-SEP-24				
PROCEDIMIENTO MUESTREO	NO APLICA		FECHA DE RECEPCIÓN	2020-SEP-25				
FUENTE DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL BENEFICIO CAFÉ		COORDENADAS					
LUGAR DE MUESTREO	FINCA BUENAVISTA		PUNTO DE MUESTREO	AFLUENTE				
OTROS ¿Cuales?	NO REPORTA							
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	3500.5	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	6482.0	10	2020-OCT-01	< 3000.0	NO CUMPLE
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	3.86	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	NO CUMPLE
a	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	5500.0	15	2020-SEP-30	< 800.0	NO CUMPLE
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	21.4	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
<b>OBSERVACION</b>								
Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.								
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>								
1. El término (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El término (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por lo datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibio. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero indica la ausencia de microorganismos en la muestra.								
<b>ANÁLISIS REALIZADO POR</b>					<b>ANÁLISIS SUPERVISADOS POR</b>			
								
Alejandro Garcia Murcia Lider Técnico Físicoquímico					Pedro Maria Zuñiga Camacho Director			
								



**Anexo 6. Resultados de Laboratorio Efluente Finca Bellavista.**

		<b>LABORATORIO DIAGNOSTICAMOS SAS</b> DIVISION AMBIENTAL NIT 800.179.073-9 Carrera 11 N° 7-45, Neiva – Huila, Teléfonos 8714977 – 8717909 ext. 303, Celular 3204124328 E-mail: comercial@diagnosticamos.com Web: www.diagnosticamos.com																																																											
<b>REPORTE DE RESULTADOS No</b>		19520		<b>FECHA DE EMISIÓN</b>		2020-OCT-07																																																							
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>																																																													
<b>NOMBRE</b>		OSCAR JULIAN MENDOZA		<b>DIRECCIÓN</b>		CALLE 8 # 2-71																																																							
<b>CONTACTO</b>		OSCAR JULIAN MENDOZA		<b>TELÉFONO</b>		3168886816																																																							
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>																																																													
<b>MATRIZ DE LA MUESTRA</b>		AGUA		<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>		AGUA RESIDUAL																																																							
<b>MUESTRA TOMADA POR</b>		CLIENTE		<b>RADICADO INTERNO</b>		19520																																																							
<b>PLAN DE MUESTREO</b>		NO APLICA		<b>FECHA DE TOMA</b>		2020-SEP-24																																																							
<b>PROCEDIMIENTO MUESTREO</b>		NO APLICA		<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>		2020-SEP-25																																																							
<b>FUENTE DE MUESTREO</b>		AGUA RESIDUAL SMTA- REACTOR METANOGENICO		<b>COORDENADAS</b>																																																									
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>		FINCA BUENA VISTA		<b>PUNTO DE MUESTREO</b>		EFLUENTE																																																							
<b>OTROS (Cualquier)</b>		NO REPORTA																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONV</th> <th>PARÁMETRO</th> <th>MÉTODO</th> <th>UNIDADES</th> <th>RESULTADO</th> <th>LIMITE DE REPORTE</th> <th>FECHA DE ANÁLISIS</th> <th>VALORES PERMISIBLES</th> <th>CUMPLIMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a.</td> <td>DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO</td> <td>SM 5210B Y ASTM D888 METODO C</td> <td>mg O2 /L</td> <td>697.2</td> <td>10</td> <td>2020-SEP-25</td> <td>NO APLICA</td> <td>NO APLICA</td> </tr> <tr> <td>a.</td> <td>DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO</td> <td>SM 5220 D</td> <td>mg O2 /L</td> <td>1028.3</td> <td>10</td> <td>2020-OCT-01</td> <td>&lt; 3000.0</td> <td>CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>a.</td> <td>PH (IN SITU)</td> <td>SM 4500-H+B</td> <td>Unidades de pH</td> <td>5.19</td> <td>NO APLICA</td> <td>2020-SEP-25</td> <td>5.0 - 9.0</td> <td>CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</td> <td>SM 2540 D</td> <td>mg/L</td> <td>107.5</td> <td>15</td> <td>2020-SEP-30</td> <td>&lt; 800.0</td> <td>CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>a.</td> <td>TEMPERATURA</td> <td>SM 2550 B</td> <td>°C</td> <td>27.0</td> <td>NO APLICA</td> <td>2020-SEP-25</td> <td>&lt; 40°C</td> <td>CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>								CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO	a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	697.2	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA	a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	1028.3	10	2020-OCT-01	< 3000.0	CUMPLE	a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	5.19	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	CUMPLE	a	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	107.5	15	2020-SEP-30	< 800.0	CUMPLE	a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	27.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE
CONV	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITE DE REPORTE	FECHA DE ANÁLISIS	VALORES PERMISIBLES	CUMPLIMIENTO																																																					
a.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	mg O2 /L	697.2	10	2020-SEP-25	NO APLICA	NO APLICA																																																					
a.	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM 5220 D	mg O2 /L	1028.3	10	2020-OCT-01	< 3000.0	CUMPLE																																																					
a.	PH (IN SITU)	SM 4500-H+B	Unidades de pH	5.19	NO APLICA	2020-SEP-25	5.0 - 9.0	CUMPLE																																																					
a	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	mg/L	107.5	15	2020-SEP-30	< 800.0	CUMPLE																																																					
a.	TEMPERATURA	SM 2550 B	°C	27.0	NO APLICA	2020-SEP-25	< 40°C	CUMPLE																																																					
<b>OBSERVACION</b> Nota 1: Los parámetros analizados son comparados con los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales según la resolución 631 del 2015. Artículo 9 – beneficio de café proceso ecológico.																																																													
<b>INFORMACION IMPORTANTE</b>																																																													
1. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según resolución 0441 del 7 de junio de 2020 para aguas crudas y residuales. 2. El termino (a) aplica para parámetros acreditados por el IDEAM según las resoluciones 1562 del 2017, 2593 de 2017 y 1557 de 2018 para aguas crudas y residuales. 3. El Laboratorio Diagnosticamos SAS no es responsable por lo datos reportados cuando la informacion es proporcionada por el cliente. En caso de que la muestra sea suministrada por el cliente, los resultados aplican a la muestra como se recibió. 4. El presente reporte no se puede reproducir sin autorización del laboratorio. Este resultado es válido exclusivamente para los ensayos presentados. 5. En los parámetros microbiológicos, cuando el resultado reportado es cero indica la ausencia de microorganismos en la muestra.																																																													
<b>ANÁLISIS REALIZADO POR</b>				<b>ANÁLISIS SUPERVISADOS POR</b>																																																									
																																																													
Alejandro García Murcia Líder Técnico/Físicoquímico				Pedro María Zuñiga Camacho Director																																																									

**Anexo 7. Visita Finca Honda Porvenir.**



**Figura 15.** Recamara Dosificadora.



**Figura 14.** Reactores Metanogénicos.

**Anexo 8. Visita Finca La Palma.**



**Figura 16.** Reactores Hidrolíticos Acidogénicos.



**Figura 17.** Reactor Metanogénico Inoculado.

**Anexo 9. Visita Finca Bellavista.**



**Figura 18.** Recamara Dosificadora y Reactores Metanogénicos.



**Figura 19.** Salida Recamara Dosificadora.