

CARACTERIZACIÓN DE VERTIMIENTOS PUNTUALES DE RALLANDERIAS  
EN LOS RIOS QUINAMAYO Y MONDOMO - NORTE DEL DEPARTAMENTO  
DEL CAUCA

MELISA AGREDO MOSQUERA

Cód.49102033



Universidad  
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA, INGENIERIA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2017

CARACTERIZACIÓN DE VERTIMIENTOS PUNTUALES DE RALLANDERIAS EN  
LOS RIOS QUINAMAYO Y MONDOMO - NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA

MELISA AGREDO MOSQUERA

Cód.49102033

Informe final de trabajo de grado, modalidad de práctica profesional empresarial,  
como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental

DIRECTORA

M.Sc. Sandra Morales Velasco



Universidad  
del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA ACADEMICO, INGENIERIA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2017

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**APROBADO POR**

---

**Jurado 1**

---

**Jurado 2**

Popayán, 7 de Noviembre de 2017

## CONTENIDO

	pág.
<b>CONTENIDO</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
<b>3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>4 MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>13</b>
4.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN AGRIO DE YUCA	13
4.1.1 <i>Lavado de las raíces</i>	14
4.1.2 <i>Rallado de las raíces</i>	14
4.1.3 <i>Colado o separación de la lechada de almidón</i>	14
4.1.4 <i>Tamizado</i>	14
4.1.5 <i>Sedimentación</i>	14
4.1.6 <i>Mancha</i>	15
4.1.7 <i>Fermentación</i>	15
4.1.8 <i>Secado</i>	15
4.2 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	15
4.3 PRESENCIA DE COMPUESTOS GLICOSIDICOS CON CIANURO	16
<b>5 MARCO NORMATIVO</b>	<b>17</b>
<b>6 ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>18</b>
6.1 ECONOMÍA	19
6.2 INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE COMUNICACIONES	20
6.3 FUENTES HÍDRICAS	20
6.1.1 <i>Subcuenca Rio Quinamayó</i>	20
6.1.2 <i>Rio Mondomo</i>	21
6.4 TEMPERATURA	21
6.5 PRECIPITACIÓN	21
<b>7 METODOLOGÍA</b>	<b>22</b>

7.1	INVENTARIO DE RALLANDERÍAS	22
7.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	22
7.3	TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	23
7.3.1	<i>Materiales y equipos</i>	23
7.3.2	<i>Distribución de monitoreos</i>	25
7.4	OTRAS ACTIVIDADES	26
<b>8</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
8.1	INVENTARIO DE RALLANDERÍAS	27
8.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	32
8.2.1	<i>Rallandería La Milagrosa</i>	32
8.2.2	<i>Almidones Camavive</i>	32
8.2.3	<i>Rallandería El Porvenir</i>	32
8.2.4	<i>pH</i>	35
8.2.5	<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	36
8.2.6	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	39
8.2.7	<i>Cianuro total</i>	41
8.2.8	<i>Conductividad</i>	42
8.3	ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO	44
8.3.1	<i>Tratamiento aerobio</i>	44
8.3.2	<i>Tratamiento anaerobio</i>	44
8.4	OTRAS ACTIVIDADES	46
8.4.1	<i>Tasación de multas ambientales</i>	46
8.4.3	<i>Atención a acciones de oficio</i>	47
8.4.4	<i>Atención a denuncias ambientales</i>	47
8.4.5	<i>Monitoreos a entables mineros en el Municipio de Suarez</i>	47
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación según los Niveles de tecnología	22
Cuadro 2. Puntos de monitoreo	25
Cuadro 3. Comparación Res 0631 vs promedios obtenidos en los dos tipos de efluente (lavado y sedimentador de mancha) de cada unidad productiva	34
Cuadro 4. Tasación de multas	47
Cuadro 5. Resultados de mercurio en columna de agua para los diferentes entables	48

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema del proceso de extracción de almidón	13
Figura 2. Localización del área de estudio	18
Figura 3. Toma de muestras de agua residual.	24
Figura 4. Recepción de muestras Laboratorio CRC	24
Figura 5. Localización geográfica de las rallanderías objeto de reconocimiento	28
Figura 6. Distribución de rallanderías por nivel tecnológico	29
Figura 7. a. Peladora, ralladora, b. coladoras, c. recolador	30
Figura 8. Tratamiento de aguas residuales	31
Figura 9. a. Tanque sedimentador de mancha b. Canales sedimentadores de mancha	31
Figura 10. Comportamiento del pH en agua residual del Lavado-pelado	35
Figura 11. Comportamiento del pH en agua residual, sedimentadores de mancha	36
Figura 12. Comportamiento de los SST en agua residual de lavado-pelado	37
Figura 13. Comportamiento de los SST en AR, sedimentadores de mancha	38
Figura 14. Comportamiento de la DQO en agua residual de sedimentadores de mancha	39
Figura 15. Comportamiento de la DQO para agua residual de lavado-pelado	40
Figura 16. Tamiz para retener cascarilla	40
Figura 17. Comportamiento del cianuro total en agua residual de lavado-pelado	41
Figura 18. Comportamiento del cianuro total en agua residual en sedimentador de mancha	42
Figura 19. Comportamiento de la conductividad en agua residual de lavado pelado	43
Figura 20. Comportamiento de la conductividad en agua residual de sedimentador de mancha	43

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Formato captura de datos muestreos	55
ANEXO B. Coordenadas geograficas de las rallanderias objeto de reconocimiento	57
ANEXO C. Censo de la rallanderias	58
ANEXO D. Resultados de laboratorio para ar. Lavado-pelado	59
ANEXO E. Resultados de laboratorio para ar. Sedimentación de mancha	60
ANEXO F. Histogramas con curva normal	61
ANEXO G. Esquema reactor anaerobio	64
ANEXO H. Formato tasación de multas ambientales	65

## INTRODUCCIÓN

El norte del Departamento del Cauca es uno de los mayores productores de almidón agro en Colombia, donde se concentra el 80% de la producción nacional; la extracción de este se realiza en pequeñas agroindustrias llamadas “rallanderías” en las que los principales recursos utilizados son las raíces frescas de yuca, agua y energía.

El almidón de yuca es un producto utilizado en la industria de los alimentos, su obtención es el resultado de una labor que realizan familias enteras del sector rural, la extracción comenzó hace unos 60 años utilizando equipos manuales rústicos, de fabricación casera. “Con el transcurso de los años la demanda de almidón fue aumentando y su extracción se convirtió en una actividad industrial artesanal. En la década de los setenta se introdujeron innovaciones mecánicas en algunas etapas del proceso que lograron aumentar la capacidad productiva.”<sup>1</sup> El almidón producido es utilizado en la preparación de diversos alimentos, especialmente en platos típicos.

En el proceso de producción se usa un gran volumen de agua, entre 15 y 20m<sup>3</sup> por tonelada de yuca procesada (Riviel, Moreno, Alarcón, Ruiz, & Dufour, 2001), generando considerables cantidades de residuos líquidos que contienen una alta carga orgánica (1876 – 2459 mg/L de DBO<sub>5</sub>) (Perez, Torres, & Silva, 2009), además del carácter ácido y la presencia de ácido cianhídrico el cual es tóxico para humanos, flora y fauna íctica. Esta situación ocasiona una afectación a los ríos Quinamayó y Mondomo sobre los cuales se lleva a cabo el vertimiento puntual.

Con el fin de verificar el cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 se procedió a evaluar la calidad de los residuos líquidos tanto los procedentes del lavado-pelado como los de los sedimentadores de mancha mediante un análisis fisicoquímico que permitió caracterizar los vertimientos generados en el proceso productivo del almidón agro de yuca.

---

<sup>1</sup> SARRIA, Helberth. Contaminación y toxicidad de las aguas residuales de las rallanderías del Norte del Cauca, Colombia. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de ciencias biológicas, 2011. 25 p.

## 1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el departamento del Cauca la principal actividad económica es la agricultura y la agroindustria en pequeña y mediana escala<sup>2</sup>, dentro de esta encontramos el proceso de extracción del almidón de yuca, la mayoría ubicadas a lo largo de la vía Panamericana, la cual atraviesa el departamento del Cauca.

Durante el proceso de extracción del almidón de yuca se usan grandes volúmenes de agua; se estima que para el procesamiento de una tonelada de yuca se consumen en promedio 15 m<sup>3</sup>, la cual es tomada de las fuentes superficiales aledañas a las rallanderías, ocasionando el problema ambiental en estudio, toda vez que al generar un caudal de vertimientos promedio de 1.0 L/s con un periodo de trabajo de 10 horas al día, acrecentando la afectación ambiental al ecosistema circundante con impacto negativo en la salud pública.

De acuerdo a lo consignado en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Santander de Quilichao, también se hace mención de la problemática ambiental así: “A pesar de que diversas entidades han realizado investigaciones respecto al tratamiento de las aguas residuales producidas durante el proceso de extracción de almidón. El 95% de estas agroindustrias no poseen tratamiento (...); algunos han optimizado su proceso de producción disminuyendo de esta forma la carga orgánica poluente, sin embargo esto no es suficiente...” (Alcaldía, 2004-2007)

Según Torres, *et al* “La descarga de las aguas residuales procedentes del proceso de extracción de almidón de yuca ha causado un deterioro significativo de las fuentes superficiales próximas a las zonas donde están concentradas las rallanderías y que reciben estos efluentes, llegando incluso a inhabilitarlas para otros usos como el consumo humano, la pesca y la recreación”<sup>3</sup>.

Por otro lado es competencia de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, desde la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental a través del proyecto de Protección y Vigilancia velar por la conservación del recurso hídrico, verificando el cumplimiento de los límites máximos permisibles para vertimientos como lo estipula la Resolución 0631 de 2015 y el permiso de concesión de aguas.

---

<sup>2</sup> Martínez, A. (2015). *Toda Colombia*. Recuperado el Agosto de 2017, de <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca.html#6>

<sup>3</sup> Torres, P., Rodríguez, J., & Rojas, O. (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. *Livestock Research for Rural Development*, 17(74).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad de los vertimientos provenientes de las rallanderías en los ríos Quinamayó y Mondomo, con base en el cumplimiento de la normatividad vigente, resolución 0631 de 2015.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un inventario de las rallanderías del norte del Departamento del Cauca, en relación al tipo de tecnología para el procesamiento del almidón.
- Determinar el grado de afectación de los ríos, verificando el cumplimiento de los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015.
- Plantear alternativas de manejo de los vertimientos, como herramienta en la toma de medidas de protección a las fuentes superficiales.

### 3 JUSTIFICACIÓN

Parte importante de la economía del norte del departamento del Cauca se basa principalmente en la producción de almidón agrio de yuca; al no contar con un proceso de producción tecnificado hace que se use gran cantidad de agua, aproximadamente  $66\text{m}^3$  por día; así mismo se genera una cantidad significativa de residuos líquidos ( $50\text{m}^3$ ) con una alta carga contaminante, además de compuestos tóxicos como el cianuro con un porcentaje que oscila entre el 0,5% y 30% en el agua residual<sup>4</sup>. Por lo tanto, es de vital importancia contar con la asesoría y apoyo de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C) como ente regulador y de la Universidad del Cauca, que con la colaboración de sus estudiantes pertenecientes al programa de pregrado de Ingeniería Ambiental realicen procesos de control y protección de los recursos naturales. Todo esto con el fin de poder poner en marcha planes de acción para mitigar el impacto al recurso hídrico.

Una vez se determine la calidad de los vertimientos de las rallanderías en los ríos Quinamayó y Mondomo, se plantearán recomendaciones a la Corporación Autónoma Regional del Cauca, a los productores, a los agentes explotadores de dicho recurso y a la comunidad, respecto de la importancia de preservación de las fuentes superficiales.

Por otro lado los resultados obtenidos en el presente trabajo servirán de base para posteriores estudios académicos dentro del tema ambiental, especialmente aquellas propuestas de investigación aplicadas a la implementación de procesos de tratamiento de aguas residuales de rallanderías. También se espera que la Corporación incremente el desarrollo de sus políticas públicas orientadas a minimizar el impacto en el ambiente y la salubridad de la población del Norte del Departamento del Cauca, teniendo en cuenta los recientes resultados de caracterización fisicoquímica de los vertimientos, como indicativos de la urgente necesidad de exigencia a este tipo de agroindustria de dar cabal cumplimiento a los permisos ambientales exigidos.

---

<sup>4</sup>SARRIA, Op cit., p. 112

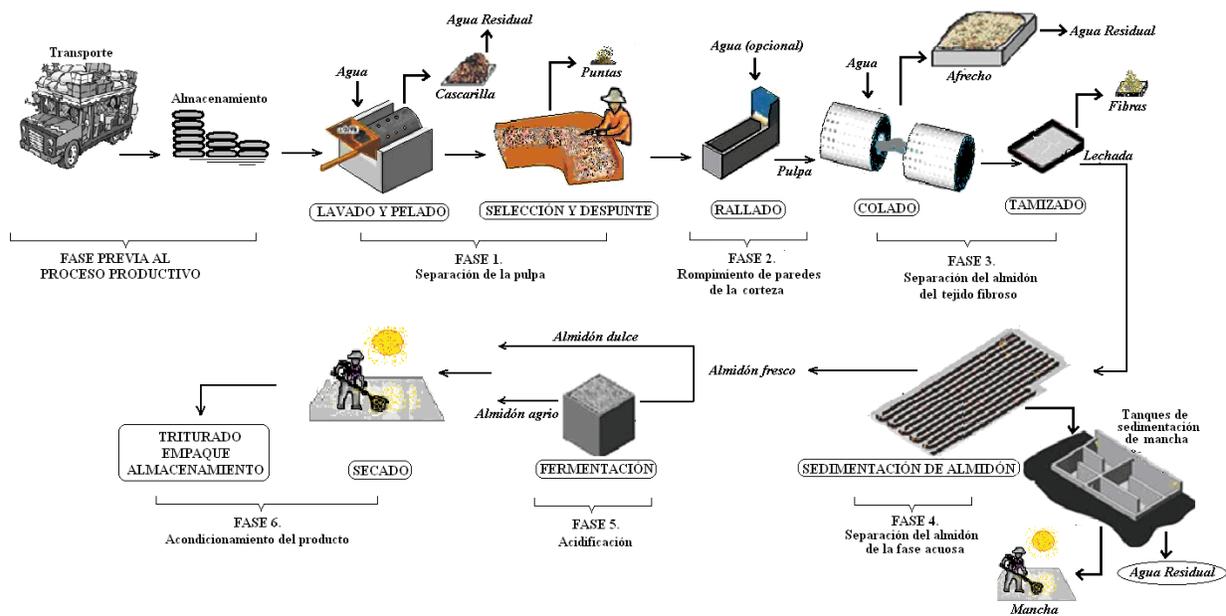
## 4 MARCO DE REFERENCIA

“Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales sólo la yuca tiene relevancia económica y es cultivada. Su reproducción alógama y su constitución genética altamente heterocigótica constituyen la principal razón para propagarla por estacas y no por semilla sexual”<sup>5</sup>.

### 4.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN AGRIO DE YUCA

La extracción del almidón agrio de yuca es un proceso que se realiza por medio húmedo y se lleva a cabo en plantas artesanales o plantas más tecnificadas; sin embargo, el proceso en esencia es el mismo y comienza con la descarga de la materia prima en un espacio cercano a la zona de lavado y pelado como se ilustra en la siguiente figura.

**Figura 1.** Esquema del proceso de extracción de almidón



Fuente: (Torres, Pérez, Marmolejo, Ordoñez, García) 2010

<sup>5</sup> Alarcon, F., & Dufour, D. (Diciembre de 1998). *Almidon agrio de yuca en Colombia*. Cali: CIAT.

A continuación se describen en detalle cada una de las etapas del procesamiento del almidón de yuca. Información que fue tomada del libro almidón agrio de yuca en Colombia – Tomo 2, escrito por Riviel *et al.* (2001)

4.1.1 *Lavado de las raíces*: Los sacos son vaciados en la tolva de la lavadora; las raíces se rocían con agua dentro del tambor para retirar de ellas la tierra y las impurezas que traen y así facilitar la evacuación de los residuos. La cascarilla o piel delgada de color café, adherida a las raíces, se separa gracias a la fricción entre las raíces y la pared interna del cilindro a medida que gira. La cascarilla pasa por los orificios del cilindro y es evacuada junto con las impurezas. Al estar los tubérculos limpios caen en un tanque de almacenamiento y son conducidos a la tolva del rallo.

4.1.2 *Rallado de las raíces*: Las raíces se introducen en la tolva de carga del rallo. El contacto directo de las raíces contra la superficie rugosa y cortante del tambor del rallo en rotación causa la desintegración necesaria de las células del tejido amiláceo de la raíz para que éstas liberen los gránulos de almidón. Se hace aspersion con agua para formar una masa de fácil transferencia a la coladora.

4.1.3 *Colado o separación de la lechada de almidón*: En esta operación se separan los granos de almidón de la masa rallada (pulpa) mediante un profuso lavado de la pulpa. Por medio de una tubería perforada a manera de flauta, se introduce suficiente agua, de manera uniforme y radial, en el interior del tambor; se logra así un buen lavado de la pulpa y, por tanto, una adecuada recuperación del almidón disuelto en la lechada.

La coladora procesa lotes de pulpa. La 'lechada de almidón' pasa a través de un lienzo colocado en el interior del tambor y, a medida que transcurre el tiempo de colado, sale cada vez más diluida hasta perder por completo su color.

4.1.4 *Tamizado*: La 'lechada de almidón' sale de la coladora y fluye hacia un tamiz plano ligeramente inclinado, que ejecuta un movimiento de vaivén. La lechada pasa por los orificios del tamiz, pero las fibras finas (que lograron pasar por la malla de la coladora) son retenidas en él.

4.1.5 *Sedimentación*: La 'lechada de almidón' es conducida mediante tuberías hacia un laberinto de canales de sedimentación. La sedimentación se basa en el principio de la precipitación selectiva de la suspensión de almidón en movimiento. En un canal determinado, la velocidad del fluido establece el tiempo de retención y debe permitir solamente la sedimentación de los granos de almidón; los materiales más livianos (proteínas, fibras, impurezas, etc.) no se sedimentan y salen con las

aguas residuales. El almidón se retira del fondo del canal en forma de bloques que se cortan fácilmente con ayuda de palas metálicas o plásticas.

4.1.6 *Mancha*: Generalmente al final de los canales sobre el almidón sedimentado, se decantan partículas del subproducto conocido como 'mancha' la cual tiene menor densidad, por consiguiente requiere más tiempo para sedimentarse, la mancha es rica en proteína y tiene un color crema amarillento. El agua que sale al final del último canal que contiene mayor cantidad de mancha se lleva a un tanque o canales de sedimentación donde ésta se recupera parcialmente. Posteriormente se escurre luego y se seca al sol para usarla como concentrado de animales.

4.1.7 *Fermentación*: El almidón se deposita en los tanques de fermentación donde permanece durante 15 días, por lo menos. Algunos procesadores de almidón de yuca tienen como norma fermentarlo de 45 a 60 días para asegurarse de que adquiere dos propiedades: el poder de expansión y el aroma. El almidón puede permanecer en los tanques de fermentación durante períodos de 3 a 4 meses sin que se deteriore su calidad. Esta permanencia larga suele ocurrir en épocas de lluvias en que se dificulta el secado.

4.1.8 *Secado*: El almidón forma una masa compacta en los tanques de fermentación, su contenido de humedad es, aproximadamente, de 55% en base húmeda. Se desintegran los bloques en el molino quebrador y se transportan a los patios de secado. El almidón húmedo se seca, generalmente, en patios pavimentados, esparcido sobre láminas de plástico de color negro. La capa de almidón extendida sobre el plástico puede variar de 1 a 2.5 kg/m<sup>2</sup>, según la radiación solar. Cuando el almidón alcanza una humedad de 12% a 14%, en base húmeda, se empaqueta en sacos para comercializarlo.

## 4.2 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

“La calidad y cantidad de los residuos generados en el proceso de extracción de almidón de yuca varían significativamente, debido a factores como edad del tubérculo, tiempo de almacenamiento, tipo de proceso utilizado, etc. Se generan residuos con una DQO del orden 2500 – 5500 mg/l, representando una carga contaminante de 15.5 y 3.5 ton/día de DQO y DBO respectivamente además de

una elevada presencia de sólidos disueltos y compuestos cianurados de alta toxicidad.”<sup>6</sup>

Principalmente las etapas de mayor generación de aguas residuales son: lavado-pelado y sedimentación. “las primeras se caracterizan por contener gran cantidad de material inerte y cascarilla, valores de DQO bajos y las provenientes de la sedimentación presentan un elevado valor de DQO y DBO<sub>5</sub> causando impactos sobre las fuentes receptoras de agua cercanas al lugar”<sup>7</sup>.

#### 4.3 PRESENCIA DE COMPUESTOS GLICOSIDICOS CON CIANURO

El potencial contaminante de estos residuos líquidos tiene dos orígenes: uno es la alta carga orgánica debida a los hidratos de carbono y el otro, la presencia natural de compuestos glicosídicos con cianuro. Los cianoglucósidos son dos, linamarina y lotaustralina; “la linamarina en la yuca no es tóxica en sí, pero se vuelve tóxica si la enzima que la descompone, la linamarasa, entra en contacto con esta. La linamarasa es almacenada en una parte separada de las células de la yuca que la mantiene apartada de la linamarina. El proceso de rallar, cortar, raspar o algún otro procesamiento de la yuca sin duda libera la enzima pero esta se activa solamente cuando es disuelta en agua. Por lo tanto, cuanto mayor sea la trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos más fácil es la liberación del HCN en la yuca; además la temperatura y la humedad aceleran mucho más este proceso.”<sup>8</sup>

El cianuro además de ser tóxico para los humanos, lo es para la flora y la fauna acuáticas dado que actúa sobre los procesos respiratorios. Se trata de una toxina celular que se une de forma irreversible con el hierro férrico (Fe<sup>3+</sup>) contenido en la citocromo oxidasa e inhibe el último paso de la fosforilación oxidativa mitocondrial,<sup>9</sup> puntualmente se inhibe el complejo IV y evita que transporte electrones deteniendo la cadena y el gradiente de protones disminuye incidiendo desfavorablemente en el proceso respiratorio.

Para mitigar el impacto desfavorable de la descarga de los efluentes de las rallanderías a los cuerpos de agua superficiales se deben aplicar tratamientos

---

<sup>6</sup> Torres, P., Rodríguez, J., & Uribe, I. (2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio. 3(23).

<sup>7</sup> Ospina, B. y Ceballos, Hernán. 2002. La yuca en el tercer milenio. Cali: CIAT, 2002. 958-694-043-8.

<sup>8</sup> Aristizabal, J., Sánchez, T. y Mejía, D., 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. En: Boletín de servicios agrícolas de la FAO No. 163. FAO, Roma. 134pp.

<sup>9</sup> CAI, Z., 2005. Cianide. In: Wexler, P., Chief ed. Encyclopedia of Toxicology, 2nd edition. Elsevier. Oxford, UK. pp. 698-701.

antes de su descarga; en razón a que aguas abajo de los vertimientos, las fuentes superficiales son usadas para consumo humano o uso agrícola. De tal manera que, dadas las características socio-económicas de la zona, resulta indispensable plantear alternativas apropiadas desde el punto de vista de sostenibilidad y eficiencia de tratamiento<sup>10</sup>.

## 5 MARCO NORMATIVO

Según lo establecido en la normatividad legal vigente, este tipo de agroindustrias al hacer uso del recurso hídrico debe llevar a cabo ciertos tramites ambientales como: concesiones, uso eficiente del recuso, permisos de vertimientos y pago de las tasas retributivas. Estos trámites son competencia de la CRC y en convenio con La Universidad del Cauca con el desarrollo de este proyecto se verificará el cumplimiento de los mismos.

Por su parte, mediante la resolución 0631 de 2015 El Ministerio del Medio Ambiente y Protección Social, estableció los 'parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficial; en relación con la DBO, DQO, pH, turbiedad, color, SST, SSED, grasas y aceites, fosforo total y nitrógeno total'<sup>11</sup>.

El decreto 1594 de 1984 en cuanto a usos de agua y residuos líquidos, establece en el artículo 30, literal a) 'que el agua utilizada para fabricación o procesamiento de alimentos en especial los destinados a su comercialización o distribución, debe ser considerado su uso como para consumo humano.'<sup>12</sup>

El Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible 1076 de 2015 compila las normas expedidas por el Gobierno Nacional instituye en el Artículo 2.2.3.2.7.1 Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines: d). uso industrial. Además el Artículo 2.2.3.3.5.1 establece que toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las

---

<sup>10</sup> TORRES, Op cit., p. 4

<sup>11</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631(15, marzo, 2015) Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. 20015. No. 49.486.

<sup>12</sup> COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. decreto 1594 ( 26, junio, 1984) por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Diario oficial. Bogotá, 1984. N° 36700. 12 p

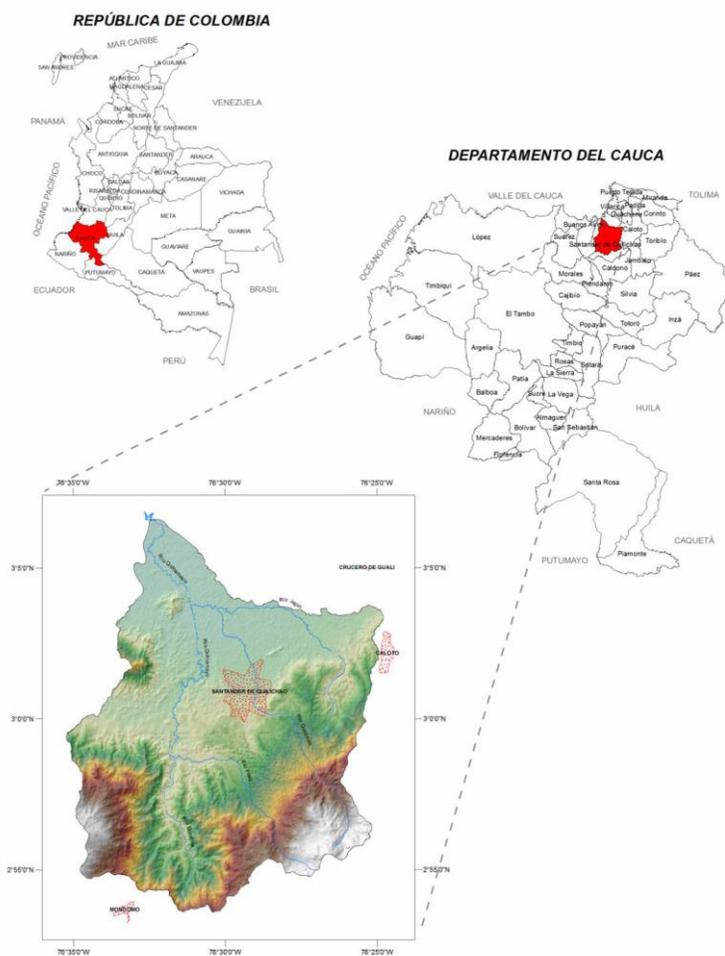
aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos.

El decreto 2667 de 2012 "Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones".

## 6 ZONA DE ESTUDIO

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el Municipio de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca, su ubicación se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Localización del área de estudio



Fuente: CRC, *et al* (2008)

El Municipio, está ubicado en la República de Colombia, en el sector Norte del Departamento del Cauca, a 97 Km al norte de Popayán y a 45 Km al Sur de Santiago de Cali, Valle del Cauca. Limita al Norte con los Municipios de Villarica y Jamundí, al Occidente con el Municipio de Buenos Aires, al Oriente con los Municipios de Caloto y Jambaló y al Sur con el Municipio de Caldone. Su extensión es de 597 Km<sup>2</sup>, su posición geográfica respecto al meridiano de Bogotá es de 3° 0' 38" Latitud Norte y 2° 23' 30" latitud Oeste, su altura sobre el nivel del mar es de 1.071 metros.<sup>13</sup>

- Extensión total: 518 km<sup>2</sup>
- Extensión área urbana: 8,58 km<sup>2</sup>
- Extensión área rural: 509,42 km<sup>2</sup>
- Altitud de la cabecera municipal: 1071msnm
- Temperatura media: 26 °C

## 6.1 ECONOMÍA

Básicamente la economía del municipio de Santander proviene en buena parte del sector primario de vocación agropecuaria donde el café, la caña de azúcar y la yuca entre otros, son renglones de gran importancia que generan ingresos a los agricultores. Con los beneficios que trajeron la Ley Páez y la instalación de empresas manufactureras, el renglón secundario pasó a ocupar un buen lugar en la economía local y regional, sin desconocer que el sector terciario, es fuente generadora de empleo y actividad económica dinámica<sup>14</sup>.

En el sector primario los cultivos más importantes son: la caña de azúcar que ocupa el 47.12 % del área sembrada en cultivos transitorios y permanentes según distribución del uso actual del suelo, en segundo lugar el café con el 23.55%, la piña con el 9.73%, la yuca con el 6.79%, la caña panelera con el 2.78% y el plátano con el 1.87 %. Entre otros cultivos podemos mencionar: el maíz, cítricos, fique, mora, lulo, mango, fríjol, tomate, arroz y habichuela que participan en menor escala. En el área pecuaria hay cría de ganado bovino y porcino.

Santander de Quilichao es el eje de la región norte del Departamento debido a que la vía Panamericana pasa por su territorio de sur a norte convirtiéndola en lugar de confluencia para el traslado hacia Cali o Popayán, lo que ha hecho posible su mayor desarrollo y comercio.<sup>15</sup> Tiene Santander de Quilichao unas características

---

<sup>13</sup> *Alcaldía de Santander de Quilichao -Cauca*. (14 de julio de 2016). Recuperado el Mayo de 2017, de <http://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

<sup>14</sup> *Alcaldía de Santander de Quilichao*. (14 de Julio de 2016). Recuperado el Mayo de 2017, de <http://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>

<sup>15</sup> *Alcaldía, S. d. (2004-2007). Plan de Ordenamiento Territorial*.

importantes para el desarrollo activo de los tres sectores de la economía en comparación con otros municipios del Departamento y que podemos mencionar:

- Su ubicación geográfica es favorable al sector cerca al gran centro de producción y consumo como es Cali, al Puerto de Buenaventura, a los puertos secos de Yumbo y Buga y otras ciudades del Departamento.
- Topográficamente hay dos zonas bien definidas: la zona plana, donde se inicia el Valle geográfico del río Cauca y con explotaciones agropecuarias y tecnologías apropiadas. La zona de ladera: topografía ondulada suave, con diferencia de pisos térmicos que hacen que el establecimiento de actividades agropecuarias sean muy variadas.
- La infraestructura vial y de comunicaciones es adecuada y están cerca los centros de gran actividad económica.<sup>16</sup>

## 6.2 INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE COMUNICACIONES

El municipio se encuentra cerca de las ciudades de Cali, Buenaventura y Popayán y otros centros de gran actividad económica y su real red vial es aceptable, lo que facilita el impulso de las inversiones. Las comunicaciones están también al alcance de las zonas y en la parte urbana se cuenta con la tecnología adecuada.

## 6.3 FUENTES HÍDRICAS

Las fuentes hídricas objeto de desarrollo del proyecto hacen parte de la cuenca del Río Cauca; estas son:

- Subcuenca Río Quinamayó
- Río Mondomo

*6.1.1 Subcuenca Río Quinamayó:* Tiene un área de 29340 hectáreas, se encuentra localizada en la parte central de la Unidad de Manejo de cuencas (UMC) de los Ríos Teta, Quinamayó y Jambaló. Está delimitada por el oriente con

---

<sup>16</sup> Alcaldía de Santander de Quilichao. (14 de Julio de 2016). Recuperado el Mayo de 2017, de <http://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>

la microcuenca del Quilichao, al sur con la UMC del Ovejas, al norte con el valle geográfico del Cauca y al occidente con la Subcuenca del río Teta<sup>17</sup>.

Cabe resaltar que el 95% de la subcuenca se encuentra en el Municipio de Santander de Quilichao y solo el 5% aproximadamente en el Municipio de Caloto, adicionalmente al interior de la misma se localizan comunidades indígenas representadas por los resguardos de Canoas, Concepción, Guadualito, Munchique-Los Tigres y Huellas. El principal usuario de esta subcuenca lo constituye el acueducto de la cabecera municipal de Santander de Quilichao; además abastecen numerosos acueductos de tipo veredal, algunas industrias y también el sector agropecuario.

6.1.2 *Río Mondomo*: “El Río Mondomo que se une con el Río Ovejas antes de caer al Cauca nace en las estribaciones de la cordillera Central, a 3000 msnm. La cuenca que presenta pendientes entre el 50% y el 100% tiene forma triangular, un eje longitudinal de dirección oriente a occidente y un drenaje de tipo dendrítico. Tiene una extensión de 25416ha. repartidas entre los municipios de Santander de Quilichao y Caldon. Recibe las aguas de la Quebrada Tiembla que a su vez recoge las de Mestizal, Loma gorda, Santa Bárbara, Las Moradas y San Pablo.” (Sarría, 2011) La microcuenca del Río Mondomo tiene un importante caudal, pero debido a la topografía escarpada de sus orillas, se dificulta la captación por gravedad, por lo cual no existe ningún sistema de acueducto o riego que haga uso de este.

#### 6.4 TEMPERATURA

Con base en la información del IDEAM, y extractada en el informe preliminar del Plan Maestro de Alcantarillado elaborado para EMQUILICHAO E.S.P., de allí se puede concluir que la temperatura promedio mensual es 23,5 grados centígrados; el promedio máximo asciende a 25°C. y el promedio mínimo es 21,8° C., tomando como base las estaciones climatológicas El Amparo, Lomitas y Mondomo.

#### 6.5 PRECIPITACIÓN

Igual que lo anterior, la información ha sido tomada de los registros del IDEAM y se resumen de la siguiente manera, el promedio anual es 1.362 mm, el promedio máximo es 3.435 mm, y el promedio mínimo es 279 mm.

---

<sup>17</sup> Quintero, M., Florez, L., & Hozman, C. y. (2010). *Plan de Ordenación y Manejo de la Subcuenca Hidrográfica Río Quinamayó*. Santander de Quilichao.

En el territorio se presenta una distribución del régimen de lluvias bimodal, con dos periodos de lluvia y dos de verano. Esto arrojado por el estudio de las curvas de variación estacional de las estaciones climáticas El Amparo, Lomitas y Mondomo.

## 7 METODOLOGÍA

### 7.1 INVENTARIO DE RALLANDERÍAS

Para el desarrollo de este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

- Visita de reconocimiento a las rallanderías, se georreferenció mediante GPS Garmin 72H Ref. 010-00840-01; posteriormente se verificó el proceso de producción cuantificando los equipos utilizados (número de coladoras, número de canales o tanques de sedimentación), se verificó las fuentes hídricas de las cuales se hace la captación y en que fuentes se hace la disposición del agua residual, además se obtuvo información del manejo que le dan a los subproductos, se calificó el nivel de tecnología, de acuerdo a las siguientes tipologías y finalmente se corroboró si los residuos líquidos industriales recibían algún tratamiento antes del vertimiento.

**Cuadro 1.** Clasificación según los Niveles de tecnología

<b>Clasificación de las Rallanderías en niveles de tecnología</b>	
Nivel bajo	Lavado y colado manual.
Nivel medio	Lavado manual y colado mecánico.
	Lavado y colado mecánico, sedimentación por tanques para la mancha
Nivel alto	Sedimentación por canales para el almidón y la mancha
	Distribución por gravedad y sedimentación por canales.

Fuente: Sarria (2011)

### 7.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

De un total de 24 Rallanderías se escogieron tres al considerarse representativas de acuerdo con la clasificación tecnológica ya descrita, dos de nivel alto y una de nivel medio de tecnología, las cuales presentan diferencias en el proceso

productivo específicamente en lo que respecta a la sedimentación. Cabe aclarar que de acuerdo a las visitas de reconocimiento realizadas, no se encontró ninguna rallandería en nivel tecnológico bajo. Se cuantificaron los siguientes parámetros básicos PH, Conductividad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), prueba de Cianuro total, Acidez y Sólidos Suspendidos Totales. En total se realizaron 12 monitoreos, 4 por cada Rallandería.

Las muestras se colectaron en dos puntos, en el vertimiento proveniente del lavado y pelado de la yuca y en el de salida de los canales o tanques sedimentadores de mancha. Los procedimientos se hicieron cumpliendo los requerimientos e instrucciones descritos por el IDEAM para la toma de muestras de aguas residuales.

### 7.3 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

#### 7.3.1 *Materiales y equipos*

- Cronometro
- Guantes
- Cinta para rotular
- Bolígrafo
- Frascos plásticos de 1L
- Nevera de poliestireno expandido
- Marcador de tinta indeleble
- Tabla portapapeles
- Balde plástico para hacer aforo de caudal
- Formatos para diligenciar datos de campo
- Actas de visita

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Se identificaron los dos puntos de vertimiento de cada rallandería
- Los envases plásticos se rotularon con la información correspondiente como, el número de la muestra, la fecha en que se tomó, procedencia del vertimiento (AR. de lavado-pelado de la yuca o AR. de sedimentador de mancha), nombre de la vereda o corregimiento donde estaba localizada la rallandería.
- Los formatos de captura de datos fueron diligenciados con la información necesaria. (ver Anexo A)
- Se realizó el aforo volumétrico para determinar el caudal de descarga; se repitió el proceso 5 veces para obtener un dato confiable y se promedió.

- Posteriormente se tomó la muestra, se taparon los envases verificando que no tuviera burbuja de aire.

**Figura 3.** Toma de muestras de agua residual.



En la figura 3 a la izquierda se aprecia el vertimiento directo sobre la fuente receptora (Quebrada San Pablo) de las aguas residuales del lavado y pelado de la yuca en la rallandería El Provenir; la figura de la derecha muestra el momento en que se toma la muestra a la salida de los canales de sedimentación de mancha.

Las muestras fueron dispuestas en las neveras, las cuales contenían hielo suficiente para mantener la temperatura entre 4° y 6° C. Finalmente fueron transportadas en el menor tiempo posible hacia el laboratorio de la CRC ubicado en el Vivero La Florida.

**Figura 4.** Recepción de muestras Laboratorio CRC



En el Laboratorio se verificó que las muestras llegaron en las condiciones adecuadas de Temperatura (4 - 6°C), que la información de los rótulos estuviera completa y se diligenció el formato de solicitud de parámetros a analizar, obteniendo en un tiempo aproximado de 15 días los resultados de laboratorio.

7.3.2 *Distribución de monitoreos*: En el siguiente cuadro se relacionan las fechas de los monitoreos, los puntos donde fueron tomadas las muestras para análisis con el respectivo código asignado en el laboratorio.

**Cuadro 2.** Puntos de monitoreo

Fecha	Rallandería	Sitio Muestreo				Código de muestras
		Captación	Lavado	Sed. Mancha	Ptar	
13/01/17	Camavive	X	X	X		0099
						0096
						0100
	La Milagrosa	X	X	X		0097
						0103
						0098
	El Porvenir	X	X	X		0102
						0104
						0101
15/02/17	Camavive		X	X		0190
						0189
	La Milagrosa		X	X		0192
						0191
	El Porvenir		X		X	0187
						0188
15/03/17	Camavive		X	X		0255
						0256
	La Milagrosa		X	X		0253
						0254
	El Porvenir		X		X	0257
						0258
10/04/17	Camavive		X	X		0343
						0344
	La Milagrosa		X	X		0341
						0342
	El Porvenir		X		X	0345
						0346

Fuente: Propia

Los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica fueron usados para la verificación del cumplimiento de los valores límites máximos establecidos en la resolución 0631 de 2015 referentes a las actividades de fabricación de alimentos.

Sin embargo es de notar que no fue posible determinar el grado de afectación en los ríos Quinamayó y Mondomo por diferentes aspectos:

- Técnico: La topografía del terreno no era de fácil acceso desde el lugar del vertimiento al cuerpo receptor, impidiendo el acceso y toma de muestras aguas abajo, como se había planteado en la propuesta inicial.

- Administrativo: Debido al costo de los análisis de agua, solo se aprobaron cierto número de muestras lo que limitó el monitoreo de las rallanderías y las fuentes superficiales.
- Sociales: Este tipo de agroindustria presenta ilegalidad desde el punto de vista ambiental, por lo que los productores impidieron en diferentes situaciones el acceso a las unidades productivas.

Sin embargo se estudiaron alternativas con el fin de determinar el grado de afectación dentro de las cuales se consideró:

- Índices de contaminación (Icos): Se consideraron los seis tipos de índices (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, ICOTemp e ICOpH) encontrando que todos aplican a las fuentes de agua superficial a excepción del ICOTemp pero nuevamente había carencia de datos.
- Resolución 2086 de 2010: El artículo 7 contempla “el grado de afectación de un bien de protección representada en una desviación estándar...”<sup>18</sup>; evidenciando que es fundamental establecer puntos de monitoreo aguas abajo del vertimiento.

#### 7.4 OTRAS ACTIVIDADES

Además de las actividades contempladas en el proyecto fueron asignadas otras concernientes al Proyecto de Protección y Vigilancia tales como:

- Calculo de tasación de multas ambientales: mediante la Ley 1333 de 21 de julio de 2009, el Congreso Nacional expidió el nuevo Régimen Sancionatorio ambiental, en el que señaló a través de su artículo 40, las sanciones a imponer al infractor de las normas ambientales por parte de las autoridades competentes. Por tal razón se expide la Resolución 2086 del 25 de octubre de 2010 “Por el cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1º del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones”<sup>19</sup>. Con lo anterior es competencia de la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental realizar el cálculo de las multas a los procesos sancionatorios.
- Atención a acciones de oficio: Que consistió en atender acciones de interés de la Entidad competente basados en el principio de la prevención

---

<sup>18</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 2086 (25, octubre, 2010). Minambiente. 2010.

<sup>19</sup> Ibíd., p. 1.

ambiental y la identificación de impactos ambientales causados a los recursos naturales y/o violación de una norma ambiental vigente, identificada por la misma Entidad.

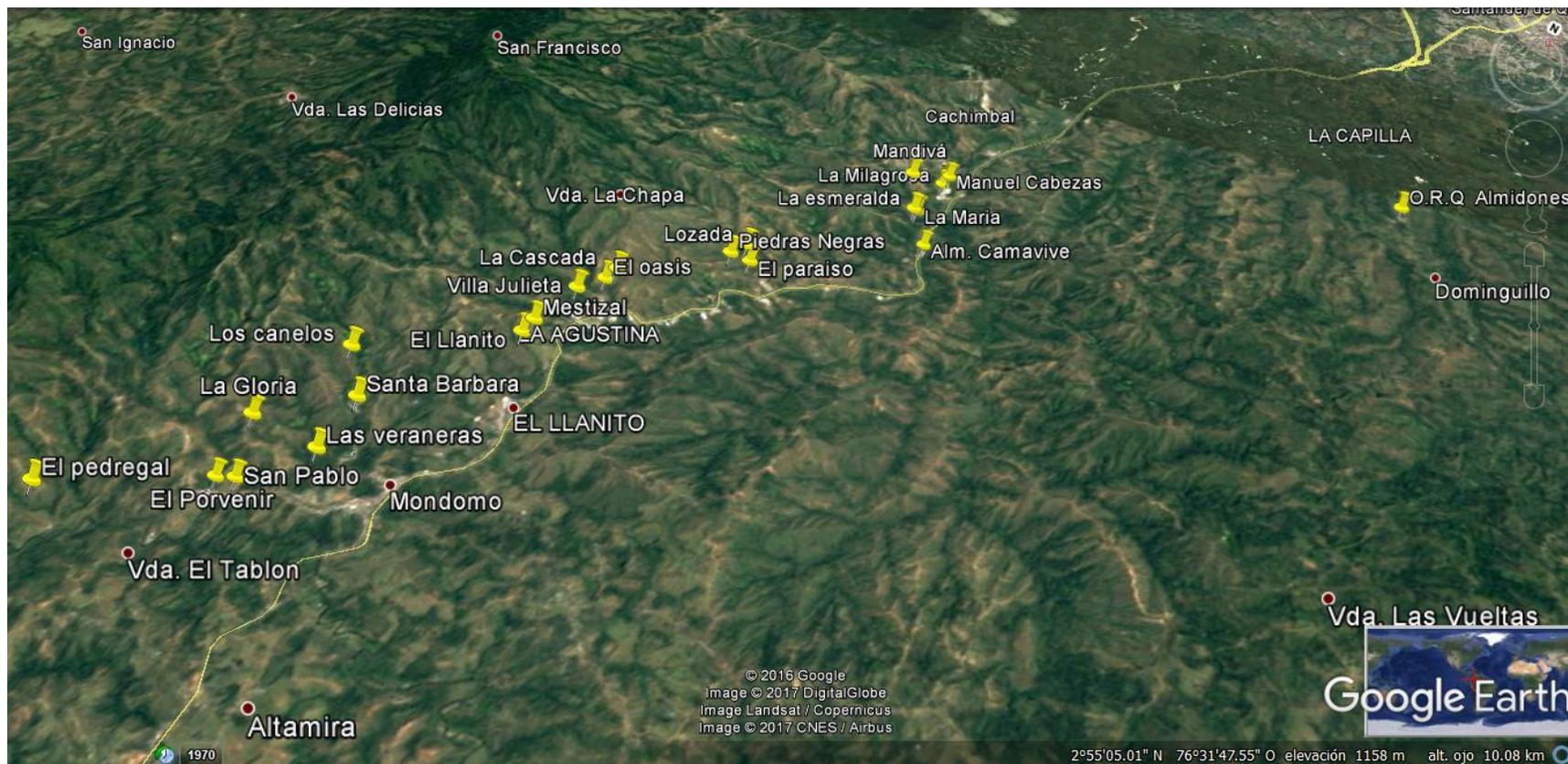
- Atención a denuncias ambientales: Es una presunta infracción ambiental hecha por un ciudadano, donde posiblemente se está generando un daño a los recursos naturales.
- Monitoreos a entables mineros en el Municipio de Suarez.

## **8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **8.1 INVENTARIO DE RALLANDERÍAS**

A continuación se muestra la localización geográfica de cada una de las rallanderías a las cuales se les realizó la visita de reconocimiento, las coordenadas geográficas se encuentran en el Anexo B y la información referente a proceso de producción, fuentes de abastecimiento y demás, se encuentra en el Anexo C.

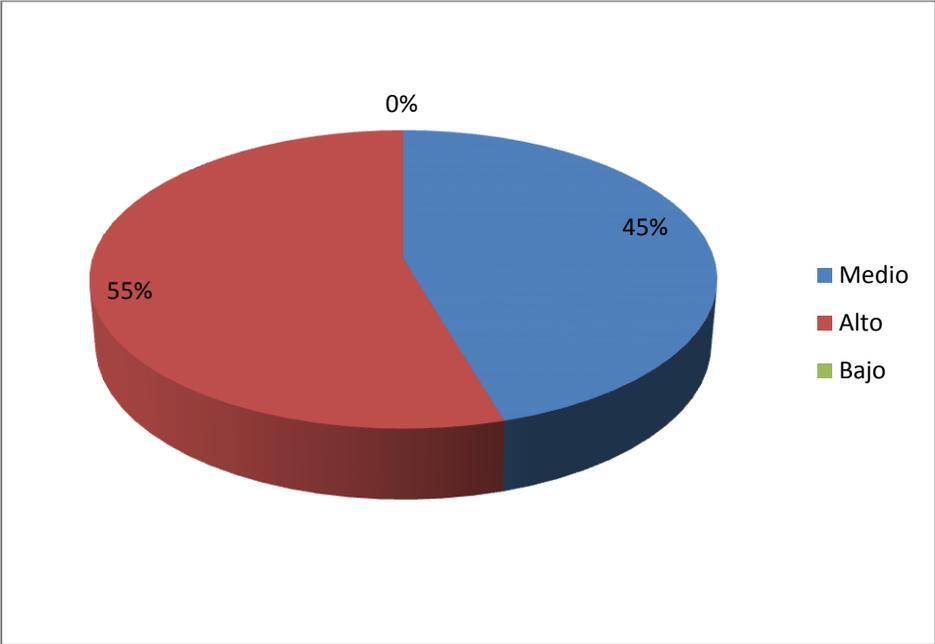
**Figura 5.** Localización geográfica de las rallerías objeto de reconocimiento



Fuente: Google Earth

De las 24 rallanderías relacionadas en el Anexo C, La Figura 6 muestra que el 55% de estas se califican como nivel alto de tecnología, es decir que cuentan con canales de sedimentación de almidón y algunas tienen dispuestas las máquinas de forma continua y en gravedad.

**Figura 6.** Distribución de rallanderías por nivel tecnológico



El otro 45% se califican como nivel tecnológico medio, no tienen la maquinaria dispuesta de forma continua, cuentan con canales de sedimentación de almidón pero para sedimentar la mancha aún tienen tanques. Por otra parte, se encontró que ninguna se califica en el nivel bajo de tecnología lo que evidencia el desarrollo que ha tenido la agroindustria rallandera a lo largo del tiempo (Figura 6).

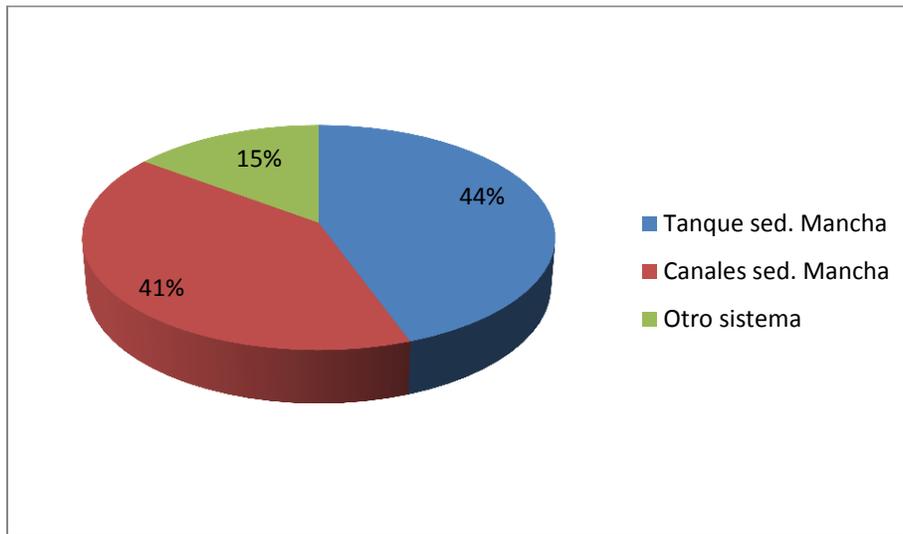
**Figura 7.** a. Peladora, ralladora, b. coladoras, c. recolador



Como se observa en la Figura 7, la distribución por gravedad de la maquinaria en la rallandería El Trébol (alta tecnología); el montaje permite que el proceso sea continuo, lo que facilita el trabajo de los operarios y además optimiza el proceso.

En lo que respecta al tratamiento de las aguas residuales provenientes de la sedimentación de mancha, la Figura 8 muestra que el 44% de las rallanderías cuentan con tanques de sedimentación, el tiempo empleado para sedimentar la mancha es aproximadamente 10 horas lo que incrementa considerablemente la acidez.

**Figura 8.** Tratamiento de aguas residuales



El 41% ha implementado los canales de sedimentación; de acuerdo con los estudios realizados este es el mejor método para recuperar la mancha ya que el agua alcanza un régimen de flujo laminar facilitando la sedimentación (Figura 8).

**Figura 9.** a. Tanque sedimentador de mancha b. Canales sedimentadores de mancha



Los tanques de sedimentación de mancha tienen dimensiones aproximadas de 9 a 12m<sup>2</sup> (rallandería El Mestizal), en cambio los canales de sedimentación generalmente son de 8 a 10m de longitud, la profundidad menor a 1m y el ancho de 0,50m aproximadamente (Almidones Camavive). En términos de eficiencia de recuperación de mancha, los canales son los más recomendables por la razón ya mencionada.

## 8.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Es importante tener en cuenta que las Rallanderías escogidas para la toma de muestras presentan ciertas diferencias en el proceso de producción, disposición de residuos líquidos y capacidad de producción como se describe a continuación:

8.2.1 *Rallandería La Milagrosa*: Se clasifica como una rallandería de nivel tecnológico medio ya que el lavado y colado es mecánico, tiene canales de sedimentación de almidón pero la sedimentación de la mancha se hace en tanques.

De acuerdo con la información brindada por el propietario, se procesan 25.000kg de yuca semanalmente; la actividad se lleva a cabo durante 20 días al mes para obtener aproximadamente entre 120.000 y 160.000kg de almidón.

La descarga de aguas residuales provenientes del lavado y mancha, se realiza directamente al cuerpo receptor, sin ningún tipo de tratamiento, del efluente Palmarito. Al momento de la visita se aforó volumétricamente la descarga proveniente del lavado y pelado de la yuca, lo que arrojó un caudal de 1.43 L/s por una tubería de 4 pulgadas de diámetro.

8.2.2 *Almidones Camavive*: Se clasifica como una rallandería de nivel tecnológico alto, cuenta con dos coladoras mecánicas y sistema de recolado, 20 canales de sedimentación de almidón y 12 tanques de fermentación los cuales se han cubierto con malla y plástico para evitar la proliferación de vectores. La producción mensual de almidón se está entre 40.000 y 48.000kg mensuales.

En cuanto al proceso de tratamiento de las aguas residuales, se han implementado 7 canales de sedimentación de mancha, a los cuales se les instalaron placas inclinadas para que funcione como un sedimentador de alta tasa, con el fin de mejorar la recuperación de mancha; posteriormente son vertidas a la Quebrada Abejonales. La descarga proveniente del lavado se realiza directamente a la Quebrada en mención, sin ningún tipo de tratamiento.

8.2.3 *Rallandería El Porvenir*: También se clasifica con un nivel alto de tecnología, lavado y pelado mecánico, cuenta con 2 coladoras, sistema de recolado para mejorar la calidad del producto y 12 canales de sedimentación de almidón.

Según información brindada por el propietario, en la rallandería, generalmente la actividad se realiza durante tres semanas al mes y procesan alrededor de 60.000kg de yuca al mes para obtener alrededor de 70.000kg de almidón.

En cuanto a la generación de aguas residuales, las provenientes del lavado y pelado son vertidas a la Quebrada San Pablo, en el aforo volumétrico realizado se obtuvo un caudal de 1,46L/s. En cambio el sobrenadante de los canales de sedimentación de mancha es conducido hacia la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Pedregal que se describe a continuación.

- PTAR El Pedregal: Es una planta piloto construida en el 2010, inicialmente la PTAR trabajaba con efluentes de 5 rallanderías que en jornadas de producción arrojaban un caudal de 3L/s, actualmente solo tres hacen uso de esta.

Como tratamiento primario cuenta con dos sedimentadores de mancha ubicados en paralelo que trabajan alternamente, cada uno tiene un volumen de 17,82m<sup>3</sup>, longitud de 6,75m, profundidad 1,90m y tiempo de retención hidráulico (TRH) de 200min.

El tratamiento secundario está dividido en dos líneas, uno aerobio y otro anaerobio. Las Unidades anaerobias se componen de dos Filtros Anaerobios de flujo ascendente (FAFAs) en Rotoplast con capacidad de 10.000L cada uno; el medio filtrante del primero es con botellas plásticas y al segundo se le suma retales de neumático.

Como unidades aerobias la PTAR cuenta con:

- Una línea conformada por un filtro percolador, el cual consta de un tanque cilíndrico de 6000L y el medio de soporte son botellas plásticas con una altura aproximada de 1,50m. Posteriormente pasa a 3 sedimentadores secundarios prefabricados en Rotoplast con capacidad de 2000L cada uno, que funcionan en serie y tienen un tiempo de retención de 2 horas<sup>20</sup>.
- La segunda línea cuenta con tres tanques de aireación cilíndricos conectados en serie con capacidad de 200L cada uno a los cuales se les suministra oxígeno por medio de un compresor, unos sopladores y un sistema de distribución. El efluente de estas unidades es conducido a los clarificadores secundarios<sup>21</sup>

Es preciso mencionar que actualmente la PTAR no está funcionando en un 100% debido a que se han presentado problemas principalmente de operación y mantenimiento. El filtro percolador tiene problemas con el brazo distribuidor,

---

<sup>20</sup> BOLAÑOS, BURBANO. Definición de objetivos de calidad del agua en corrientes superficiales, aplicado a los vertimientos generados por la producción de almidón de yuca en la zona norte del Departamento del Cauca. Trabajo de grado ingeniería ambiental. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

<sup>21</sup> *Ibíd.*, p. 19.

los clarificadores secundarios están colmatados debido a la inadecuada regulación del caudal de entrada a la planta lo que ocasiona que el sedimentador de mancha no pueda cumplir con la remoción y pase mancha a los demás sistemas, generando así la colmatación. En los tanques de aireación el compresor se averió por tanto no se está realizando la inyección de oxígeno y finalmente no está llegando agua residual a los FAFAs por daño en la caja de inspección. Por estas razones la muestra para análisis de laboratorio se tomó a la salida del sedimentador de mancha.

Los análisis se contemplaron bajo la normativa ambiental legal vigente; principalmente la Resolución 0631 de 2015 por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua; así en su artículo 12 contempla dichos lineamientos en lo referente a las actividades asociadas a la elaboración de productos alimenticios y bebidas.

Se caracterizaron los dos puntos de vertimiento; el primero es procedente del lavado y pelado de la yuca y el segundo se encontraba a la salida de los canales o tanques de sedimentación de mancha. El total de los resultados de laboratorio para cada parámetro evaluado se muestran en los anexos D y E.

**Cuadro 3.** Comparación Res 0631 vs promedios obtenidos en los dos tipos de efluente (lavado y sedimentador de mancha) de cada unidad productiva

Parámetro	Res 0631/15		La Milagrosa		El Provenir		Camavive	
			Lavado-Pelado	Sed. Mancha	Lavado-Pelado	Sed. Mancha	Lavado-Pelado	Sed. Mancha
		N	4	4	4	4	4	4
pH (unidades)	6-9	$\bar{X}$	4,54	4,28	4,53	4,095	4,83	4,055
DQO (mg/L)	600	$\bar{X}$	789,25	1993,50	456,5	1953	1638,25	2345,75
SST (mg/L)	200	$\bar{X}$	1327,7	729,5	1350,7	597,5	1434,5	1281,7
Acidez (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Análisis y reporte	$\bar{X}$	344,75	722	117,75	787,75	411,25	812,75
Cianuro (mg/L)	0,50	$\bar{X}$	0,0085	0,045	0,0085	0,183	0,045	0,08
Conductividad (μS/cm)	Análisis y reporte	$\bar{X}$	229,25	945,25	211,05	677	358	728,525

**Fuente:** Propia

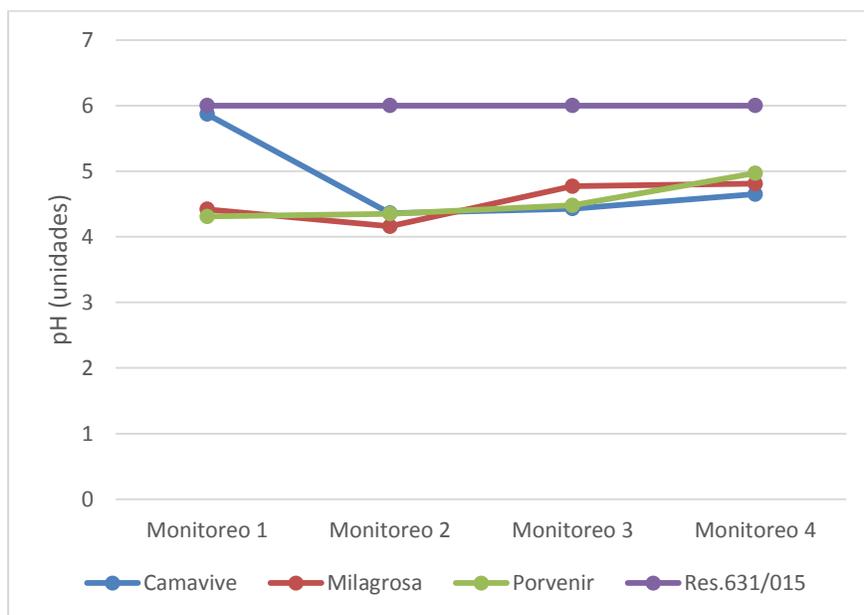
El cuadro anterior refleja claramente el incumplimiento de los límites máximos permisibles en los parámetros analizados con excepción del cianuro, así como también es posible inferir que las aguas residuales (AR) de lavado tienen mayor

contenido de SST en comparación al AR de mancha; en cambio el AR de mancha presenta mayor concentración de DQO que el AR de lavado y el pH es más bajo para el AR de mancha; corroborando así lo expuesto por Perez, *et al*<sup>22</sup>.

Los diagramas expuestos en el Anexo F, muestra que no hay una distribución normal de los datos obtenidos en el presente estudio para ninguna de las tres rallanderías en la mayoría de los parámetros, razón de ello es que el nivel de producción no es constante ya que están supeditados a la periodicidad y cantidad del suministro de materia prima y otra razón es la poca reproductibilidad de los monitoreos, ya que solo se realizaron cuatro.

8.2.4 *pH*: Los análisis de laboratorio realizados, arrojaron que las aguas residuales presentan valores bastante bajos de pH, siendo estos semejantes entre una rallandería y otra independientemente del nivel tecnológico en que se ubique. Es posible inferir que el agua residual de la mancha presenta mayor acidez, valores entre 3,63 y 5,15 unidades como consecuencia del proceso de fermentación al que es sometida; en cambio para el agua residual de lavado los valores están entre 4,16 y 5,87 unidades (Figuras 10 y 11).

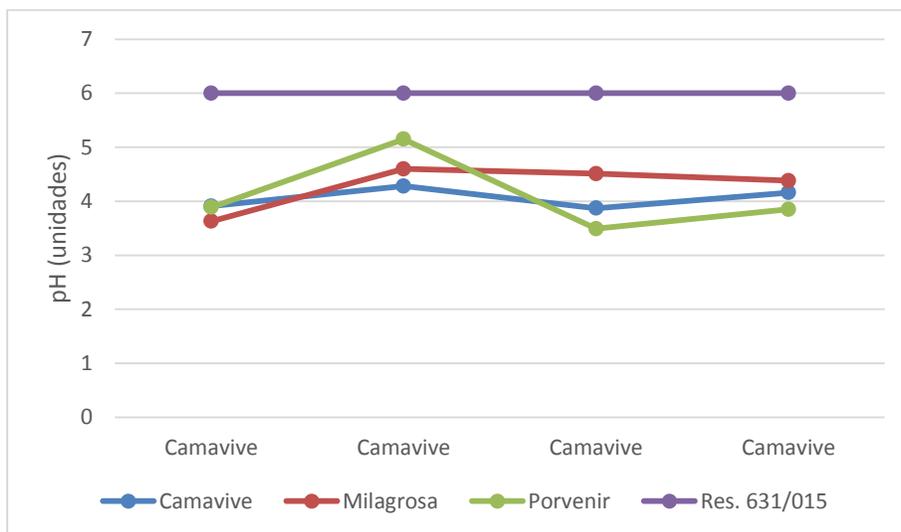
**Figura 10.** Comportamiento del pH en agua residual del Lavado-pelado



<sup>22</sup> Perez, A., Torres, P., & Silva, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, optimización de variables ambientales y operacionales. *DYNA*, 139-148.

Sin embargo, ambos tipos de vertimiento están por fuera de los límites permitidos (6 – 9 unidades). Esta característica se debe al contenido de carbohidratos hidrolizables que permiten la fermentación natural y consecuentemente la formación de Acidos Grasos Volátiles (AGV), incidiendo directamente en los bajos valores de pH, prácticamente ausencia de alcalinidad y elevada acidez.

**Figura 11.** Comportamiento del pH en agua residual, sedimetadores de mancha

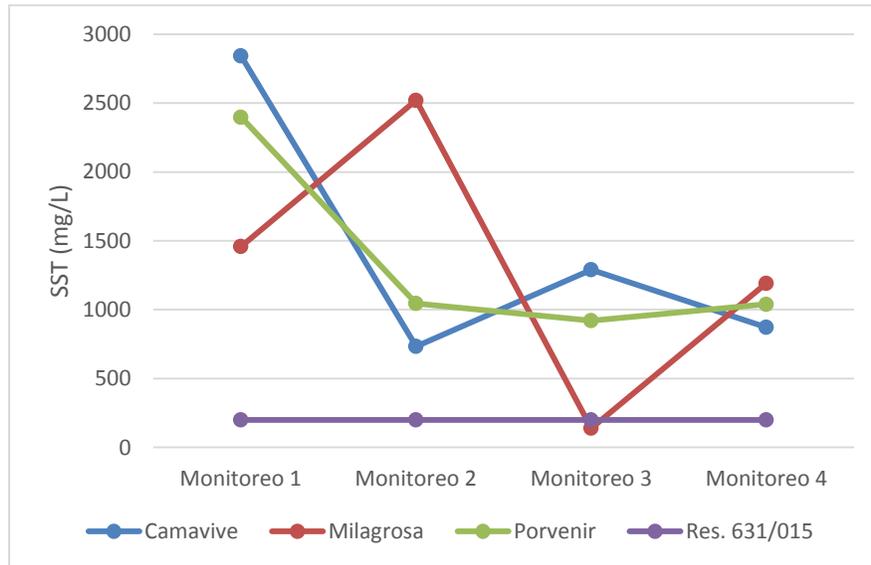


El vertimiento a los cuerpos de agua superficial con las condiciones acidas de pH, puede ocasionar alteración en el metabolismo de los microorganismos, inhibir los procesos biológicos y limita el crecimiento microbiano<sup>23</sup>; todo ello dificultando considerablemente la capacidad de asimilación de los Ríos Quinamayó y Mondomo.

8.2.5 *Solidos Suspendidos Totales (SST)*: Según el análisis fisicoquímico, la concentración de SST para las aguas residuales de lavado y pelado está entre 733 y 2843 mg/L (Figura 12); los residuos de tierra del tubérculo y la cascarilla son los que incrementan significativamente la concentración de solidos suspendidos.

<sup>23</sup> Baquero, J., Fernández, R., & Verdejo, J. (2008). Tratamiento de aguas acidas, prevención y reducción de la contaminación. *Macla*, 44-47.

**Figura 12.** Comportamiento de los SST en agua residual de lavado-pelado

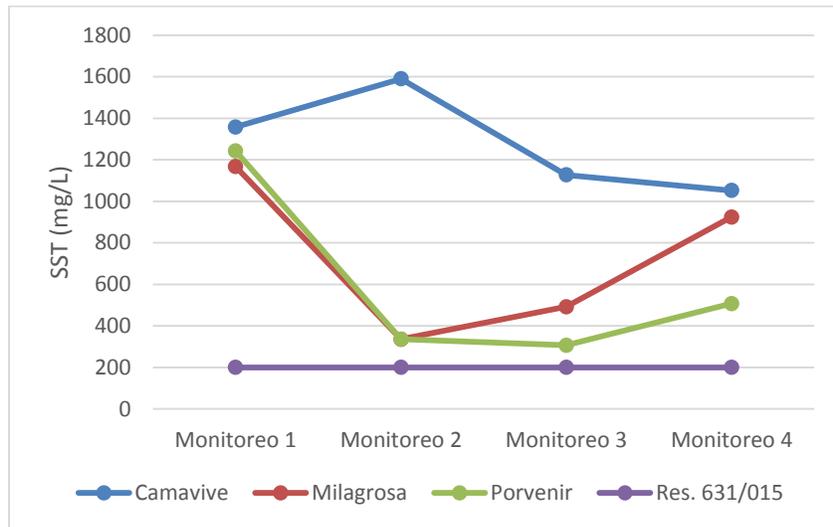


Ninguna de las Rallanderías objeto de estudio ha implementado un sistema o unidad de tratamiento para el agua residual proveniente del lavado y pelado, solamente cuentan con instalaciones de mallas o tamices donde se retiene la cascarillas, sin embargo no son eficientes para retener partículas de menor tamaño; de ahí la consecuencia de la elevada concentración de sólidos. “Los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales pueden asentarse en las áreas de reproducción de los arrecifes de agua en el arroyo. Dado que estos sólidos son principalmente orgánicos en la naturaleza, se descomponen fácilmente y, por lo tanto, desoxigenan el agua”<sup>24</sup>

Para el agua residual de mancha se tiene que la concentración SST oscila entre 306mg/L y 1590mg/L (Figura 13), aunque las concentraciones son menores que en el lavado, se evidencia que los canales de sedimentación no son eficientes para la remoción de sólidos. La rallandería Camavive presentó concentraciones superiores, esto puede deberse a que a dichos canales llegan aguas de una rallandería vecina y podría estarse superando el caudal de diseño lo que no permite recuperar adecuadamente la mancha influyendo directamente en la concentración de sólidos suspendidos.

<sup>24</sup> Rajbhandari, B., & Annachatre, A.(2004). Anaerobic ponds treatment of starch wastewater: case study in Thailand. *Bioresource Technology*, 95, 135-143.

**Figura 13.** Comportamiento de los SST en AR, sedimentadores de mancha



En ambos tipos de vertimiento, la concentración sobrepasa el valor máximo (200mg/L) en proporciones de hasta 8 veces lo permitido; por ende la descarga a los cuerpos de agua con dicha concentración de sólidos suspendidos afecta negativamente, ya que estas partículas pueden obstruir el paso de la luz solar y por lo tanto disminuir la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, favoreciendo la disminución de la concentración de Oxígeno Disuelto<sup>25</sup>

Para las concentraciones de SST en cada rallandería, como se representa en el histograma (anexo F), las distribuciones no son claras, debido a que no se cuenta con el número de datos suficientes y la desviación estándar es demasiado dispersa, lo que indica que hay datos significativamente diferentes a la media; esto puede deberse a la variedad de especies y cantidad de yuca utilizadas en el proceso, lo que cambia sus características.

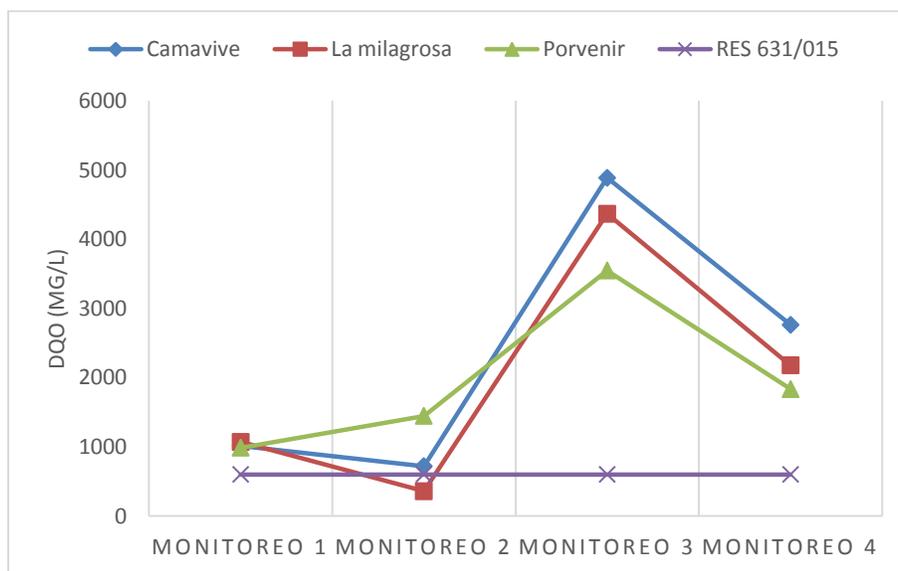
Para el caso especial del sedimentador de mancha de la PTAR de la cual hace uso la rallandería el Porvenir, en el estudio realizado por Bolaños y Burbano afirman que “el grado de inclinación (45°) que presenta las paredes laterales de esta unidad no permite la debida sedimentación de la mancha, convirtiéndose en una zona de retención o de reposo de lodo suspendido; es posible que tal inclinación permita que los lodos sean barridos por el flujo y salgan con el efluente”<sup>26</sup> ocasionando el arrastre de los SST.

<sup>25</sup> TORRES, A. (2011). Metodología para la Estimación de Incertidumbres Asociadas a Concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales Mediante Métodos de Generación Aleatoria. *Tecno Lógica*, 26.

<sup>26</sup> BOLAÑOS. Op cit., p. 25.

8.2.6 *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*: En la figura N°14 se muestra el comportamiento de la DQO para el agua residual de la mancha de acuerdo a las 12 muestras tomadas; encontrando concentraciones más altas que en el lavado-pelado con valores entre 359mg/L y 4887mg/L; esto se debe a que la mancha tiene un alto contenido proteico (materia orgánica). De acuerdo con un estudio realizado por Colin. *et al*, este tipo de agua presenta una carga contaminante total promedio de 3.464,6 mg/L expresada en términos de DQO<sup>27</sup>, valores similares a los obtenidos en los monitoreos realizados en este proyecto. El comportamiento es similar para las tres unidades productivas, debido a que los meses de diciembre a febrero son de poca producción, se hacen adecuaciones en los equipos e instalaciones, y en el mes de marzo se retoma la producción normal, por ello el incremento en la concentración de DQO.

**Figura 14.** Comportamiento de la DQO en agua residual de sedimentadores de mancha

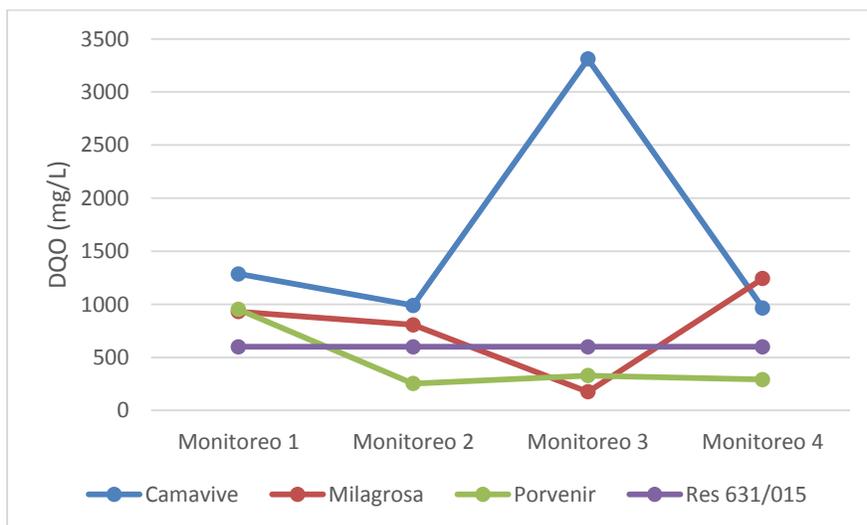


En un estudio de Torres, *et al*, en el cual se realizó la modelación de partículas no retenidas (mancha) en el proceso de sedimentación por canales, donde las partículas tienen tamaños entre 2 y 8  $\mu\text{m}$ , la velocidad de sedimentación oscila entre 0,007 y 0,112 cm/min y para conseguir remoción total se requeriría una estructura con un área superficial de 1.288  $\text{m}^2$ , altura de 1 m y TRH de 10 días aproximadamente; concluyendo que la sedimentación convencional o de alta tasa

<sup>27</sup> COLIN, X., FARINET, J.L., ROJAS, O. and ALAZARD, D. Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal floor filter with bamboo as support. Journal of Bioresource Technology,98(8), 2007, p. 1602-1607

no es económica ni técnicamente viable para la retención de estas partículas<sup>28</sup>. Lo anterior es una razón de la elevada cantidad de materia orgánica en el agua residual ya que ninguno de las estructuras de canales de sedimentación implementadas en las rallanderías cumple con dichas especificaciones.

**Figura 15.** Comportamiento de la DQO para agua residual de lavado-pelado



Mientras que para el vertimiento proveniente del lavado y pelado los valores reportados están entre 176mg/L y 3311mg/L (Figura 15), el 33% de los datos que corresponden a la rallandería El Porvenir cumplen con lo estipulado en la Resolución citada; lo que puede deberse a la implementación del tamiz en acero inoxidable para retener cascarilla y residuos como se muestra en la figura 16, disminuyéndose la presencia de materia orgánica en el vertimiento.

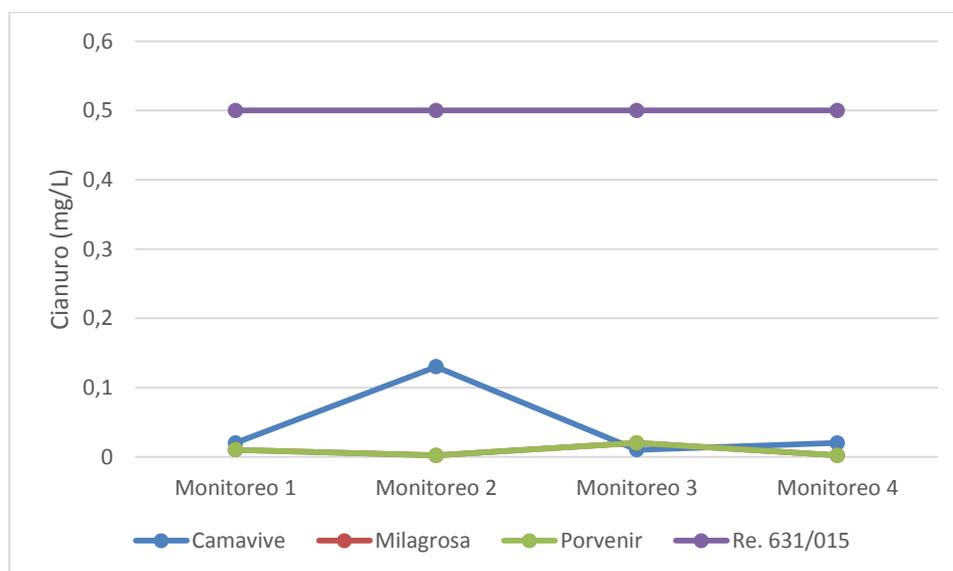
**Figura 16.** Tamiz para retener cascarilla



<sup>28</sup> Torres, P; Valencia, C; & Patricia, C. (2014). Modelación de la separación de partículas retenidas en la etapa de sedimentación en canales: Proceso de extracción de almidón de yuca. *Biología en el sector agropecuario y agroindustrial*.

8.2.7 *Cianuro total*: “Se denomina así a todos los compuestos de cianuro existentes en una solución acuosa. Este incluye el cianuro libre, los cianuros simples y los todos los cianuros complejos”<sup>29</sup>. En cuanto a las concentraciones de cianuro encontradas en el vertimiento se pudo corroborar que en el agua residual de lavado-pelado el contenido de este compuesto es insignificante, con valores <0,002 y el valor máximo 0,13mg/L, de este modo cumpliendo en su totalidad con el límite máximo permisible de 0,50mg/L (Figura 17).

**Figura 17.** Comportamiento del cianuro total en agua residual de lavado-pelado

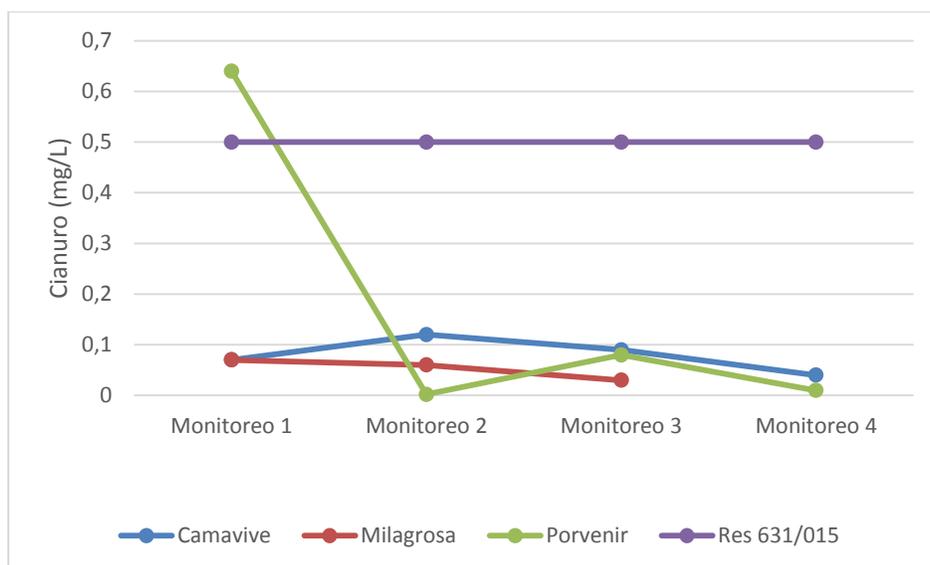


Afirma Sarria, H que la mancha tiene compuestos glicosidicos con cianuro<sup>30</sup>, por tal razón en el presente proyecto se pretendió corroborar la concentración de cianuro en las aguas residuales de la mancha dada la toxicidad del mismo, sin embargo los resultados del análisis fisicoquímico indicaron concentraciones dentro del límite máximo permisible, con reportes que oscilan entre <0,002 y 0,12 mg/L (Figura 18), valores que en relación con el porcentaje de cianuro libre no representan gran incidencia en el cuerpo receptor, debido a su facilidad de evaporación cuando se expone a temperaturas de 28° C, como sucede en la zona de localización del proyecto.

<sup>29</sup> Gaviria, A., & Meza, L. (2005). Análisis de alternativas para la degradación de cianuro en efluentes líquidos y sólidos del Municipio de Segovia. *Dyna*, 31-44.

<sup>30</sup> SARRIA. Op.cit., p.19.

**Figura 18.** Comportamiento del cianuro total en agua residual en sedimentador de mancha

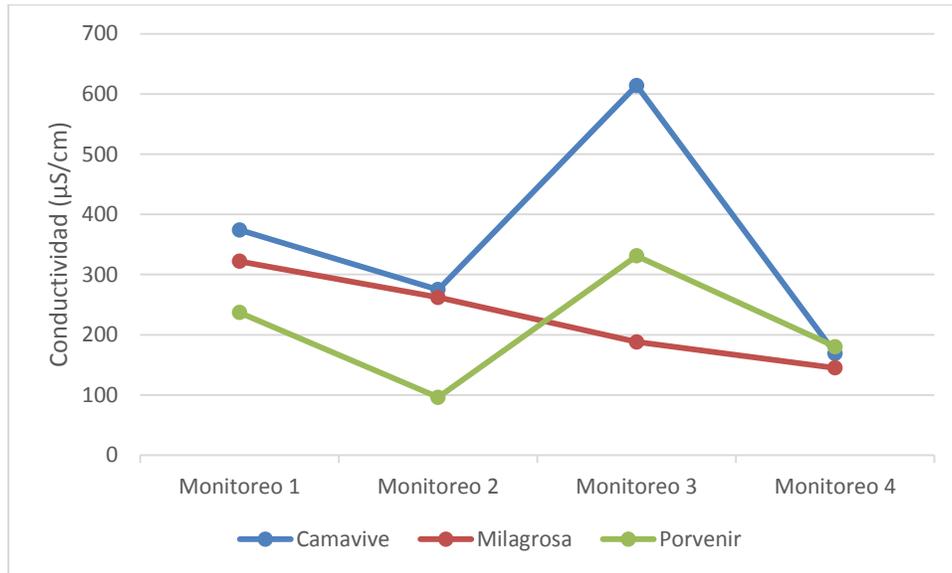


Los valores obtenidos cumplen con los límites establecidos en la norma, excepto la rallandería El Porvenir; lo cual puede deberse al deficiente mantenimiento del sedimentador de mancha de la PTAR, puesto que diariamente debe extraerse en forma manual el sobrenadante de mancha; además la especie de yuca empleada y la temperatura también pudieron influir en estos resultados.

8.2.8 *Conductividad*: La conductividad del agua es un valor utilizado para estimar el contenido de sales disueltas en ella, descargas de aguas residuales suelen aumentar la misma debido al incremento en la concentración de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  u otros iones. “La conductividad de sistemas continentales generalmente es baja, variando entre 50 y 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En sistemas dulceacuícolas, conductividades por fuera de este rango pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados”<sup>31</sup>. En el agua residual de lavado y pelado se obtuvieron valores entre 96.2 a 614 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; es decir que estas concentraciones no inciden en las condiciones de vida de las especies (Figura 19).

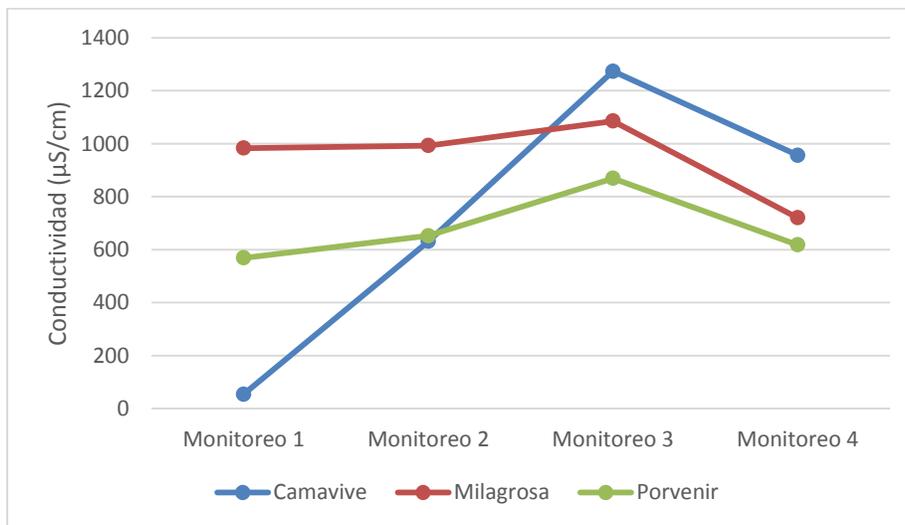
<sup>31</sup> Goyenola, G. (Junio de 2007). *Asociación civil investigación y desarrollo*. Recuperado el Agosto de 2017, de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf)

**Figura 19.** Comportamiento de la conductividad en agua residual de lavado pelado



Para el efluente de los sedimentadores de mancha la conductividad arrojó valores superiores al de lavado y pelado; el pH para este tipo de agua residual es más bajo por tanto era de esperarse el aumento en la conductividad ya que su relación es inversa. Los resultados obtenidos oscilan entre 54,1 y 1273µS/cm (Figura 20).

**Figura 20.** Comportamiento de la conductividad en agua residual de sedimentador de mancha



De acuerdo con lo afirmado por Goyenola (50 y 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )<sup>32</sup> los valores obtenidos en el estudio se encuentran dentro del rango y por ende no habría incidencia en las condiciones de vida de peces o invertebrados.

### 8.3 ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

Tras realizar la caracterización de los vertimientos y corroborar el incumplimiento de la resolución 0631 de 2015, se hace necesario implementar sistemas o unidades de tratamiento con el fin de mitigar el impacto desfavorable sobre los cuerpos de agua superficiales. Entre estas se puede referenciar los procesos de depuración biológica anaerobia. “Dadas las características socio-económicas de la zona, es indispensable plantear alternativas apropiadas desde el punto de vista de sostenibilidad y eficiencia de tratamiento...”<sup>33</sup>

8.3.1 *Tratamiento aerobio*: En cuanto a procesos de degradación aerobia no hay suficientes estudios en la literatura, los únicos estudios realizados se han llevado a cabo en la PTAR piloto mencionada anteriormente donde no se lograron resultados satisfactorios para ninguna de las dos líneas de tratamiento, el principal limitante en ambas líneas fue el pH ácido, ya que a pesar del suministro del alcalinizante el valor máximo alcanzado fue 4,5 unidades. “Los valores de pH más adecuados para la actividad microbiana depende de diferentes factores ambientales que necesitan los microorganismos para su adecuado desarrollo biológico. Generalmente las condiciones de pH requeridas para la biodegradación de compuestos orgánicos volátiles son neutras (7–8) ya que bajo estas condiciones es cuando los microorganismos alcanzan máximas velocidades de desarrollo, razón por la cual se puede señalar que en estos sistemas fue precaria la formación de estos microorganismos”<sup>34</sup>.

8.3.2 *Tratamiento anaerobio*: Los reactores anaerobios que se utilizan comúnmente para este tipo de aguas residuales son los filtros anaerobios debido a los bajos costos de inversión, bajos requerimientos de área, facilidad de operación, generación de menores cantidades de lodo y adicionalmente, producción de metano que puede ser recuperado y utilizado como una alternativa

---

<sup>32</sup> *Ibíd.*, p.1.

<sup>33</sup> Torres, P., Rodríguez, J., & Rojas, O. (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. 17(74).

<sup>34</sup> AGUAYO, OTTENGRAFET citados por BOLAÑOS, BURBANO. Definición de objetivos de calidad del agua en corrientes superficiales, aplicado a los vertimientos generados por la producción de almidón de yuca en la zona norte del Departamento del Cauca. Trabajo de grado ingeniería ambiental. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil, 2011.

energética. Las consideraciones a tener en cuenta son el tipo de medio filtrante a utilizar, el inoculo, el TRH y el sentido del flujo vertical u horizontal. Este tipo de tratamiento es adecuado para los dos niveles de tecnología (medio y alto) encontrados en las rallanderías objeto de estudio. El esquema de diseño del reactor anaerobio es el que se observa en el anexo G, cabe aclarar que las dimensiones del reactor no se exponen en el esquema ya que cada rallandería tiene características específicas que deben ser consideradas en el diseño.

Mencionan TORRES, *et al* “Que a escala de laboratorio se han evaluado diferentes reactores anaerobios, encontrándose que los de mejor desempeño fueron el Reactor Anaerobio de Manto de Lodos y Flujo Ascendente - UASB con porcentajes de remoción entre 79,2 – 82,5%; el Reactor de Fases Separadas remociones entre 90% – 95% y el Filtro Anaerobio 89,6%”<sup>35</sup>

A escala real se han implementado filtros anaerobios utilizando diferentes medios filtrantes y diferentes inóculos. En el estudio realizado por Perez, *et al*, en el cual se consideraron varios factores importantes para el arranque y desempeño del reactor biológico; como primera medida el ajuste de la alcalinidad y corrección del pH adicionando alcalinizantes (bicarbonato de sodio) para generar la capacidad tampón, el bicarbonato se usó porque aporta la alcalinidad bicarbonatada y no afecta en el proceso anaerobio. El inoculo utilizado fue el estiércol de vaca considerando que este influye en el tiempo de arranque y tipo de granulo formado y como medio de soporte se empleó la cascara de coco por su facilidad, bajo costo de adquisición y eficiente adherencia de la biomasa. En cuanto al arranque del sistema se empleó la disminución progresiva del TRH, iniciando en 24h hasta alcanzar el TRH de diseño (12h). El desempeño del reactor fue adecuado ya que al alcanzar el TRH de diseño la carga orgánica volumétrica (COV) estuvo entre 7.0 - 8.8 KgDQO/m<sup>3</sup>d, considerando el filtro anaerobio como un reactor de alta tasa. Finalmente se alcanzaron eficiencias de remoción de DQO entre 77 - 81% y del orden del 76% para los Sólidos Suspendidos<sup>36</sup>. Teniendo en cuenta la eficiencia de remoción alcanzada por este sistema y el promedio de DQO obtenida en el presente proyecto, se daría cumplimiento a lo establecido en la Resolución 0631 de 2015.

Otro tipo de alternativa para el tratamiento, es el implementado en Tailandia, se trata de un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB). El estudio fue realizado por Annachatre y Amatya, el afluente tenía concentraciones de DQO entre 12000 y 24000mg/L, empleó como inoculo lodos provenientes de

---

<sup>35</sup> TORRES, Op cit., p. 4.

<sup>36</sup> Perez, A., Torres, P., & Silva, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, optimización de variables ambientales y operacionales. *DYNA*, 139-148.

lagunas anaerobias usadas también para tratar AR de producción de almidón; el arranque del sistema duró 6 semanas y un factor bastante importante es que los reactores UASB son sensibles a los sólidos suspendidos (SS) por tal razón se hacía necesario contar con un sedimentador primario como pretratamiento, el cual efectuó una remoción entre el 70-75% de estos; la temperatura ambiente de la zona entre 30-35°C. Como resultado se obtuvo una remoción mayor al 95% de DQO, velocidad de carga orgánica (ORL) hasta 16kgDQO/m<sup>3</sup>día, concentraciones de AGV menores a 200mg/L y la productividad de gas alcanzo 8m<sup>3</sup>/día<sup>37</sup>.

Si bien se trata de una alternativa efectiva, desde el punto de vista económico representa mayores costos de inversión, al igual que la complejidad de operación y mantenimiento, pues conlleva un periodo de tiempo considerable para el arranque del sistema, presenta más generación de lodos y la temperatura de la zona de estudio al ser menor podría incidir en las eficiencias de remoción.

La extracción de almidón de yuca en Tailandia se hace a mayor escala, por tal razón se consideran las lagunas anaerobias como una alternativa adecuada de tratamiento. En el estudio realizado por Rajbhandari y Annachhatre, 5000m<sup>3</sup>/d de AR de la industria de almidón, fueron tratadas en una serie de estanques anaeróbicos, 6 estanques con un área total de 7.39ha. . Se obtuvo una eliminación general de DQO y SST de más del 90% y eliminación del 51% de CN<sup>38</sup>. Alternativa que para el caso en estudio no es viable dado los grandes requerimientos de área, adicionalmente sería necesaria la unificación de todas las aguas residuales generadas en cada rallandería incrementando considerablemente los costos de inversión.

## 8.4 OTRAS ACTIVIDADES

8.4.1 *Tasación de multas ambientales:* Siguiendo la metodología contenida en la Resolución 2086 de 2010 se realizaron 7 tasaciones de multas, las que se relacionan a continuación; estas se presentaban por medio de un informe técnico sancionatorio y el respectivo formato utilizado para hacer el cálculo de las mismas (Anexo H).

---

<sup>37</sup> Annachhatre, A., & Amatya, P. (2000). UASB Treatment of tapioca starch wastewater. *Environmental engineering*, 126.

<sup>38</sup> RAJBHANDARI. Op cit., p.135.

**Cuadro 4.** Tasación de multas

N°	Tipo de infracción	Valor de la multa
1	Minería ilegal-oro de socavón	\$119.448.892
2	Minería ilegal- oro de aluvión	\$25.913.993
3	Minería ilegal-oro de socavón	\$20.940.000
4	Tala de arboles	\$1.846.851
5	Omisión de permisos captación de agua	\$76.892.016
6	Minería ilegal- oro de aluvión	\$46.365.192
7	Tala de arboles	\$7.295.682

**Fuente:** Propia

8.4.2 *Atención a acciones de oficio:* Puntualmente se realizaba la visita de campo para verificar si los establecimientos públicos (restaurantes, estaciones de servicio, fábricas de alimentos, lavaderos, porcícolas, etc.) contaban con los permisos ambientales pertinentes tales como permiso de vertimientos, concesión de aguas superficiales o subterráneas. Se presentaba el informe técnico correspondiente y en los casos en que se confirmaba la falta de los permisos ambientales se requería al propietario del establecimiento.

8.4.3 *Atención a denuncias ambientales:* Principalmente se presentaban por extracción de material de arrastre, canteras, extracción de oro de aluvión y de filón; por el impacto que estas actividades generan al ambiente y los recursos naturales. Una de las mayores afectaciones se presentaba en las fuentes hídricas por contaminación.

8.4.4 *Monitoreos a entables mineros en el Municipio de Suarez:* Se brindó apoyo a la toma de muestras de agua y sedimento en los vertimientos provenientes de las plantas de beneficio de oro ubicadas en la vereda La Turbina, Municipio de Suarez, para posterior análisis de laboratorio con el fin de determinar la presencia de mercurio en los tanques de sedimentación y en el efluente.

**Cuadro 5.** Resultados de mercurio en columna de agua para los diferentes entables

Parámetro	Ubicación	Entable Gabriel Guasa			Entable la Peña			Entable Tamboral			Límite permisible Res. 631 del 2015
		Monitoreo									
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Mercurio mg/L	Tanque de sedimentación	<u>0.0197</u>	<u>0.004</u>	<u>0.0023</u>	<u>0.141</u>	<u>0.45</u>	<u>0.17</u>	<u>0.0032</u>	<u>0.019</u>	<u>0.0125</u>	0,002
	Efluente	-	-	-	<u>0.0114</u>	<u>0.174</u>	<u>0.046</u>	<u>0.0749</u>	<u>0.040</u>	<u>0.033</u>	

Las plantas de beneficio de oro (entables) utilizan el mercurio para procesar el mineral; su uso es generalmente el método dominante y preferido para la extracción de oro en este sector, ya que se considera bastante fácil de utilizar y a un bajo costo. La descarga de aguas residuales trae efectos negativos debido a que son fuentes importantes de dispersión del mercurio en los sistemas acuáticos y contribuyen a la contaminación por metilmercurio que es mucho más tóxico que el mercurio elemental y las sales inorgánicas. La contaminación alcanza los peces, la fauna y flora silvestres, con los efectos consiguientes en la vida de las personas, tanto de las que participan directamente en las actividades mineras como de las que viven en las cercanías.<sup>39</sup> Los resultados obtenidos muestran que el 100% de los datos están incumpliendo el valor límite máximo que estipula la Resolución 631 de 2015, trayendo consigo consecuencias desfavorables tanto para el ecosistema como para la población.

<sup>39</sup> S. E. . F. J. de V. Cano, "Biomédica Instituto Nacional de Salud," Bogota, 2012.

## 9 CONCLUSIONES

De acuerdo al trabajo de campo realizado se pudo establecer el funcionamiento de 24 rallanderías que se clasifican en los niveles medio y alto de tecnología, sin encontrar alguna de nivel tecnológico bajo, en razón a la necesidad que ha visto el rallandero de optimizar el proceso de producción y mejorar la calidad del producto, teniendo en cuenta las capacitaciones brindadas por entidades como el Invima y la Corporación Autónoma, entre otras.

Debido a la elevada concentración de Rallanderías en el Municipio de Santander (24) y que para el procesamiento del almidón se emplean considerables volúmenes de agua cuya captación se hace de fuentes superficiales aledañas, se ha reducido la disponibilidad del recurso hídrico en la zona y además la descarga de los vertimientos a estas mismas fuentes con alto contenido de materia orgánica y sólidos en suspensión, todo ello ocasionando un grado de contaminación dejando el agua de los ríos y quebradas no aptos para consumo humano.

El incumplimiento a la normativa legal vigente (Resolución 0631 de 2015) se evidencia en las concentraciones de DQO y SST encontradas, las cuales superan los límites en proporciones de 3 y 8 veces respectivamente. Además el pH para ninguno de los dos tipos de agua residual cumple con el rango (6 – 9 unidades) los valores obtenidos oscilan entre 3 y 5 unidades.

La implementación de los canales de sedimentación de mancha obedece más a un aspecto económico, en razón a que la recuperación de la mancha que con ellos se obtiene, representa un ingreso más a la actividad de la rallandería; lo que le resta interés a ver los sedimentadores como un tratamiento primario de las aguas residuales.

Con base a resultados obtenidos en otros estudios, el tratamiento anaerobio es la opción más adecuada para tratar las aguas residuales de esta labor agroindustrial, teniendo en cuenta que este tipo de sistemas no requieren disponibilidad de grandes áreas ni de una infraestructura sofisticada disminuyendo en consecuencia, costos de inversión.

Se hace necesaria la intervención por parte de las Autoridades competentes para que se tomen las medidas necesarias y se desarrollen estrategias en busca del mejoramiento del recurso hídrico tanto en términos de disponibilidad como de calidad del mismo. Esto en cuanto al trabajo de campo realizado se pudo comprobar que la gran mayoría de las Rallanderías no cuenta con los permisos

ambientales exigidos; de ahí la importancia de la creación de programas que incentiven a los rallanderos sobre el tema.

## **10 RECOMENDACIONES**

En cuanto a la PTAR construida en el Pedregal es fundamental tomar las medidas necesarias para que vuelva a operar adecuadamente, hacer los arreglos en el filtro percolador y en el sistema de aireación para que en las líneas aerobias se vuelva a hacer el proceso de arranque y se corrijan los errores ya encontrados y de esta manera aumentar el porcentaje de remoción. Para que los filtros anaerobios funcionen correctamente es importante la adición del alcalinizante y de este modo corregir el pH, las botellas plásticas, empleadas como medio de soporte, por su porosidad permite que las bacterias metanogénicas se adhieran fácilmente y de este modo se efectuó la degradación y así cumplir con la eficiencia necesaria.

No se debe dejar de lado la implementación de unidades de tratamiento para el agua residual de lavado y pelado de la yuca; una posible alternativa sería la implementación de un sedimentador primario cuyo principal objeto es la remoción de Sólidos Suspendidos y DBO<sub>5</sub>.

Un aspecto importante a tener en cuenta para que el sistema de tratamiento funcione bajo condiciones óptimas es evitar el paso de la mancha hacia el filtro anaerobio ya que causa varias interferencias como la formación de material flotante, el aumento de los SST e incremento de la carga orgánica.

No solamente se debe mejorar la calidad del vertimiento sino también disminuir el consumo de agua en el proceso de producción, una buena opción podría ser la reutilización de las aguas residuales de los sedimentadores de mancha empleando esta para el lavado de la yuca así como adecuaciones técnicas en la maquinaria empleada para el proceso.

Es importante realizar la caracterización fisicoquímica de las fuentes superficiales aguas arriba de los vertimientos y de este modo poder realizar una modelación con el método de Streeter & Phelps para determinar la capacidad de asimilación de las quebradas y ríos o realizar una caracterización de aguas abajo del vertimiento y así poder calcular los índices de contaminación de las fuentes superficiales.

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, M., & Mosquera, G. (2005). *Rallandero Limpio*. Popayán.
- Alarcon, F., & Dufour, D. (Diciembre de 1998). *Almidon agro de yuca en Colombia*. Cali: CIAT.
- Alcaldía de Santander de Quilichao. (14 de Julio de 2016). Recuperado el Mayo de 2017, de <http://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>
- Alcaldía de Santander de Quilichao -Cauca. (14 de julio de 2016). Recuperado el Mayo de 2017, de <http://www.santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcaldía, S. d. (2004-2007). *Plan de Ordenamiento Territorial*.
- Annachhatre, A., & Amatya, P. (2000). UASB TREATMENT OF TAPIOCA STARCH WASTEWATER. *Environmental engineering*, 126.
- Aristizábal, J., & Sanchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.
- Baquero, J., Fernandez, R., & Verdejo, J. (2008). Tratamiento de aguas acidas, prevención y reducción de la contaminación. *Macla*, 44-47.
- Corporacion Autonoma Regional del Cauca. (2010). *Caracterizacion Ambiental. Plan Departamental de Aguas y Saneamiento Basico*. Popayán.
- Gaviria, A., & Meza, L. (2005). Analisis de alternativas para la degradación de cianuro en efluentes liquidos y solidos del Municipio de Segovia. *Dyna*, 31-44.
- Goyenola, G. (Junio de 2007). *Asociación civil investigación y desarrollo*. Recuperado el Agosto de 2017, de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartilas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartilas/tematicas/Conductividad.pdf)
- Heberth, J. (1998). Almidón de yuca. *El Hombre y la maquina*, 13, 35-51.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (10 de Septiembre de 2007). *IDEAM*. Recuperado el junio de 2016, de

[http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma\\_Muestras\\_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428)

- Johanna, A., Teresa, S., & Mejia, D. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca*. Roma: FAO.
- Martinez, A. (2015). *Toda Colombia*. Recuperado el Agosto de 2017, de <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca.html#6>
- OSPINA, B., & CEBALLOS, H. (2002). *LA YUCA EN EL TERER MILENIO*. Cali: CIAT.
- Perez, A., Torres, P., & Silva, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca, optimización de variables ambientales y operacionales. *DYNA*, 139-148.
- Quintero, M., Florez, L., & Hozman, C. y. (2010). *Plan de Ordenación y Manejo de la Subcuenca Hidrografica Rio Quinamayó*. Santander de Quilichao.
- Rajbhandari, B., & Annachhatre, A. (2004). Anaerobic ponds treatment of starch wastewater: case study in Thailand. *Bioresource Technology*, 95, 135-143.
- Riviel, M., Moreno, M., Alarcón, F., Ruiz, R., & Dufour, D. (2001). *Almidon Agrico de Yuca en Colombia- tomo 2*. Cali: CIAT.
- Sarria, H. (2011). *Contaminación y toxicidad de las aguas residuales de las rallanderías del Norte del Cauca, Colombia*. Madrid: Universidad Complutense.
- TORRES, A. (2011). Metodología para la Estimación de Incertidumbres Asociadas a Concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales Mediante Métodos de Generación Aleatoria. *Tecno Lógica*, 26.
- Torres, P., Marmolejo, L., Perez, A., Ordoñez, J., & Garcia, R. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidon de yuca, desde la estandarización de procesos. *EIA*.
- Torres, P., Rodríguez, J., & Rojas, O. (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. *Livestock Research for Rural Development*, 17(74).
- Torres, P., Rodriguez, J., & Uribe, I. (2003). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDON DE YUCA EN FILTRO ANAEROBIO. 3(23).

Torres, P., Valencia, C., & Patricia, C. (2014). Modelación de la separación de partículas no retenidas en la etapa de sedimentación en canales: Proceso de extracción de almidón de yuca. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*.

## 12 ANEXOS





CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC  
LABORATORIO AMBIENTAL

**FORMATO DE CAPTURA DE DATOS EN CAMPO PARA TOMA Y REMISION DE MUESTRAS DE AGUA**

Código: FT-PDPA-LA045

Fecha: 07/07/2015

Versión: 8

Página 2 de 65

**3. CONDICIONES AMBIENTALES**

Soleado  Nublado  Parcialmente Nublado  Precipitación

T°(C) ambiente: \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

% Humedad: \_\_\_\_\_

**4. TRANSPORTE Y RECEPCIÓN EN LABORATORIO**

Proceso	Responsable	Fecha	Hora	Firma	Observaciones
13 Transporte					
Recepción en Laboratorio					

**5. EQUIPOS DE MUESTREO**

14	Multiparámetro:	Flujómetro:	GPS:
----	-----------------	-------------	------

Cálculo del caudal en ríos a partir de lecturas de velocidad con molinete

Ancho del río (m): \_\_\_\_\_

1	2	3	4	5	6
Sección	Velocidad del caudal (m/s)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> ) 3x4	Caudal (m <sup>3</sup> /s) 2x5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Total					

## ANEXO B. COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LAS RALLANDERIAS OBJETO DE RECONOCIMIENTO

Rallandería	Norte (m)	Este (m)	Altura (msnm)
Camavive	2°56'18.69"	76°31'41.60"	1139,98
La Milagrosa	2°56'19.78"	76°31'50.25"	1014,21
El trébol	2°56'9.65"	76°31'54.19"	1089,21
N.N (Manuel Santos)	2°56'57.65"	76°31'49.87"	1108,45
El Porvenir	2°53'9.65"	76°33'44.19"	1366,35
San Pablo	2°53'11.91"	76°33'39.33"	1358,3
Villa Julieta	2°54'58"	76°33'2"	1363
El Oasis	2°55'6"	76°32'57"	1348
La Cascada	2°55'11"	76°32'56"	1337
Piedras Negras	2°55'38"	76°32'31"	1260
El Paraiso	2°55'43"	76°32'24"	1245
Lozada	2°55'45"	76°32'29"	1251
La Maria	2°56'33"	76°31'52"	1112
La Esmeralda	2°56'36"	76°31'53"	1110
Almidones mandivá	2°56'51"	76°32'1"	1100
O.R.Q Almidones	2°57'51"	76°29'28"	1099
El Mestizal	2°54'39"	76°33'4"	1380
Santa Barbara	2°53'50"	76°33'30"	1346
Los Canelos	2°54'4"	76°33'44"	1375
Las Veraneras	2°53'30"	76°33'27"	1360
La Gloria	2°53'90"	76°33'50"	1335
El Pedregal	2°53'22"	76°34'1"	1340
Almidones Grano de oro	2°52'53"	76°35'47"	1460

Fuente: Propia

## ANEXO C. CENSO DE LA RALLANDERIAS

Nombre Rallandería	Vereda	Fuente Captación	Fuente Vierten AR	Producción				Nivel de Tecnología	Tratamiento ARI		
				# Coladoras	# Tanques sedimentación	# Canales sedimentación	# Tanques fermentación		Tanque sed. Mancha	Canales Sed. Mancha	Otro sistema
Camavive	Mandiva	Abejonales	Abejonales	2	0	20	12	Alto	no	si	no
La Milagrosa	Mandiva	Q. Palmarito	Q. Palmarito	2	0	13	18	medio	si	no	no
El trebol	Mandiva	Q. Palmarito	Q. Palmarito	2	0	18	90	Alto	no	si	no
N.N (Manuel Santos)	Mandiva	Q.grande	rio mandiva	2	0	16	13	Alto	no	si	no
El Porvenir	El Pedregal	San Pablo	Tiembla	2	0	12	20	Alto	no	si	si
San Pablo	San pablo	San Pablo	Tiembla	2	0	10	20	Alto	si	no	si
Villa julieta	La agustina	La Chapa	La Chapa	2	0	8	10	medio	si	no	no
El Oasis	La agustina	La Chapa	La Chapa	1	0	13	20	Alto	no	si	no
La Cascada	La agustina	La Cascada	La Cascada	1	6	3	10	medio	si	no	no
Piedras Negras	La agustina	La Chapa	La Chapa	2	0	11	11	Alto	no	si	no
El Paraíso	Cachimbál	Abejonales	La Chapa	2	0	12	27	Alto	no	si	si
Lozada	Cachimbál	Abejonales	La Chapa	2	0	11	8	Alto	no	si	no
La Maria	La agustina	La Agustina	La agustina	2	0	8	10	medio	si	no	no
La Esmeralda	Mandiva	Abejonales	N.R	2	9	0	25	medio	si	no	no
Almidones mandivá	Mandiva	Q. San Antonio	Q. San antonio	2	0	10	22	Alto	si	no	No
O.R.Q Almidones	Dominguillo	Q. Gallinaza	R. Quinamayo	2	18	9	18	medio	si	no	no
El Mestizal	El Llanito	Q. Mestizal	Q. Mestizal	1	5	0	6	medio	si	no	no
Santa Barbara	santa barbara	Q. los canelos y santa barbara	Tiembla	2	0	13	19	Alto	no	si	si
Los Canelos	santa barbara	Los canelos	san pablo	3	0	24	20	Ato	no	si	no
Las Veraneras	mondomo	San Pablo	Tiembla	2	5	14	5	medio	si	no	no
La Gloria	San pablo	San Pablo	san pablo	2	10	0	12	medio	si	no	no
El Pedregal	El Pedregal	San Pablo	san pablo	2	0	10	15	Alto	no	si	no
Almidones Grano de oro	La agustina	La Agustina	La agustina	1	3	10	4	medio	si	no	no

Fuente: Propia

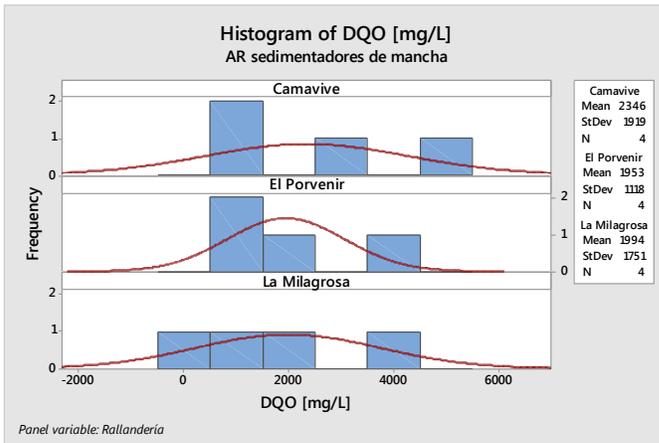
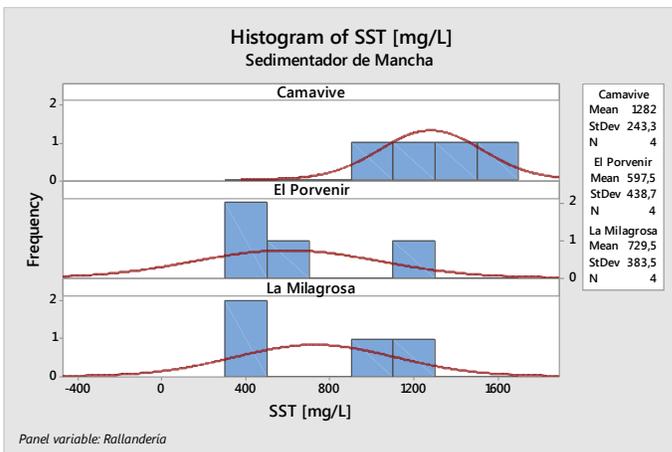
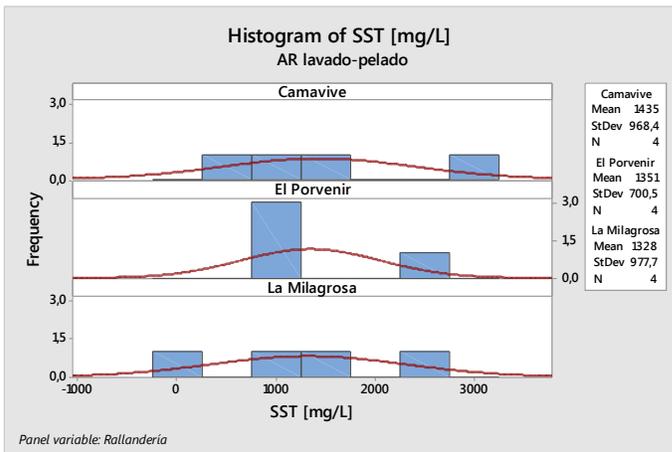
#### ANEXO D. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA AR. LAVADO-PELADO

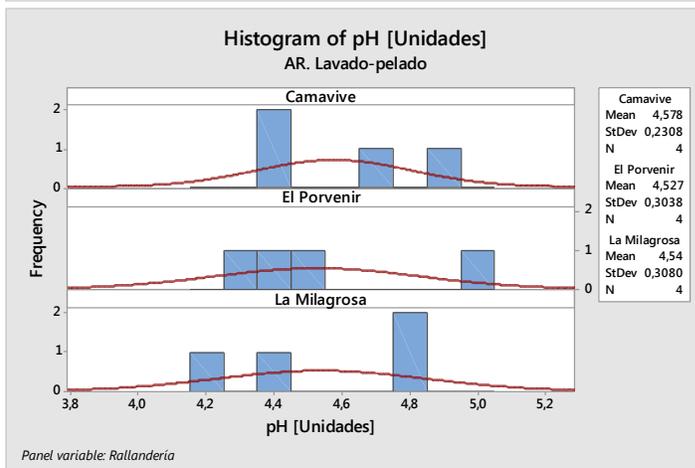
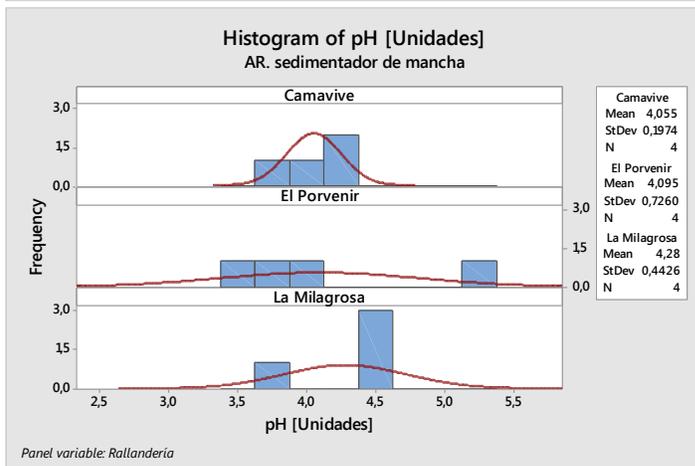
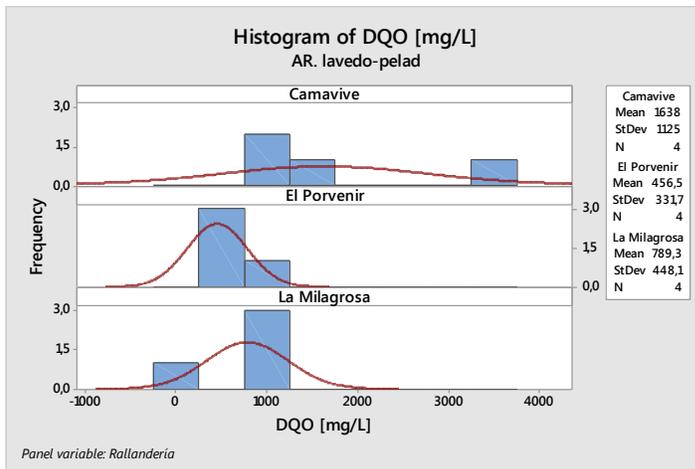
N°	Rallandería	Conductividad [μS/cm]	pH [Unidades]	DQO [mg/L]	SST [mg/L]	Acidez [mgCaCO3/L]	Cianuro [mg/L]
1	Camavive	374	5,87	1287	2843	607	0,02
2	Camavive	275	4,36	990	733	55	0,13
3	Camavive	614	4,43	3311	1290	808	0,01
4	Camavive	169	4,65	965	872	175	0,02
5	La Milagrosa	322	4,42	931	1459	503	0,01
6	La Milagrosa	262	4,16	807	2520	111	<0,002
7	La Milagrosa	188	4,77	176	140	163	0,02
8	La Milagrosa	145	4,81	1243	1192	602	<0,002
9	El Porvenir	237	4,31	952	2398	221	0,01
10	El Porvenir	96,2	4,35	254	1045	45	<0,002
11	El Porvenir	331	4,48	329	921	108	0,02
12	El Porvenir	180	4,97	291	1039	97	<0,002

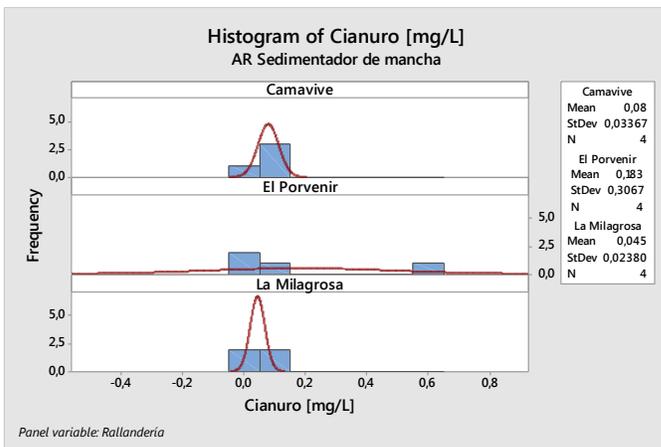
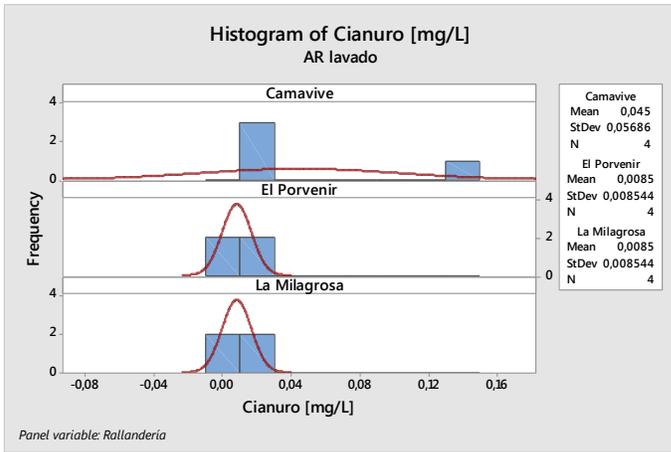
## ANEXO E. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA AR. SEDIMENTACIÓN DE MANCHA

N°	Rallandería	Conductividad [μS/cm]	pH [Unidades]	DQO [mg/L]	SST [mg/L]	Acidez [mgCaCO3/L]	Cianuro [mg/L]
1	Camavive	54,1	3,91	1013	1358	710	0,07
2	Camavive	631	4,28	720	1590	630	0,12
3	Camavive	1273	3,87	4887	1127	1065	0,09
4	Camavive	956	4,16	2763	1052	846	0,04
5	La Milagrosa	983	3,63	1071	1167	620	0,07
6	La Milagrosa	993	4,60	359	335	110	0,06
7	La Milagrosa	1085	4,51	4368	492	1354	0,03
8	La Milagrosa	720	4,38	2176	924	804	0,02
9	El Porvenir	569	3,89	985	1242	160	0,64
10	El Porvenir	652	5,15	1445	335	195	<0,002
11	El Porvenir	869	3,49	3547	306	1835	0,08
12	El Porvenir	618	3,85	1835	507	961	0,01

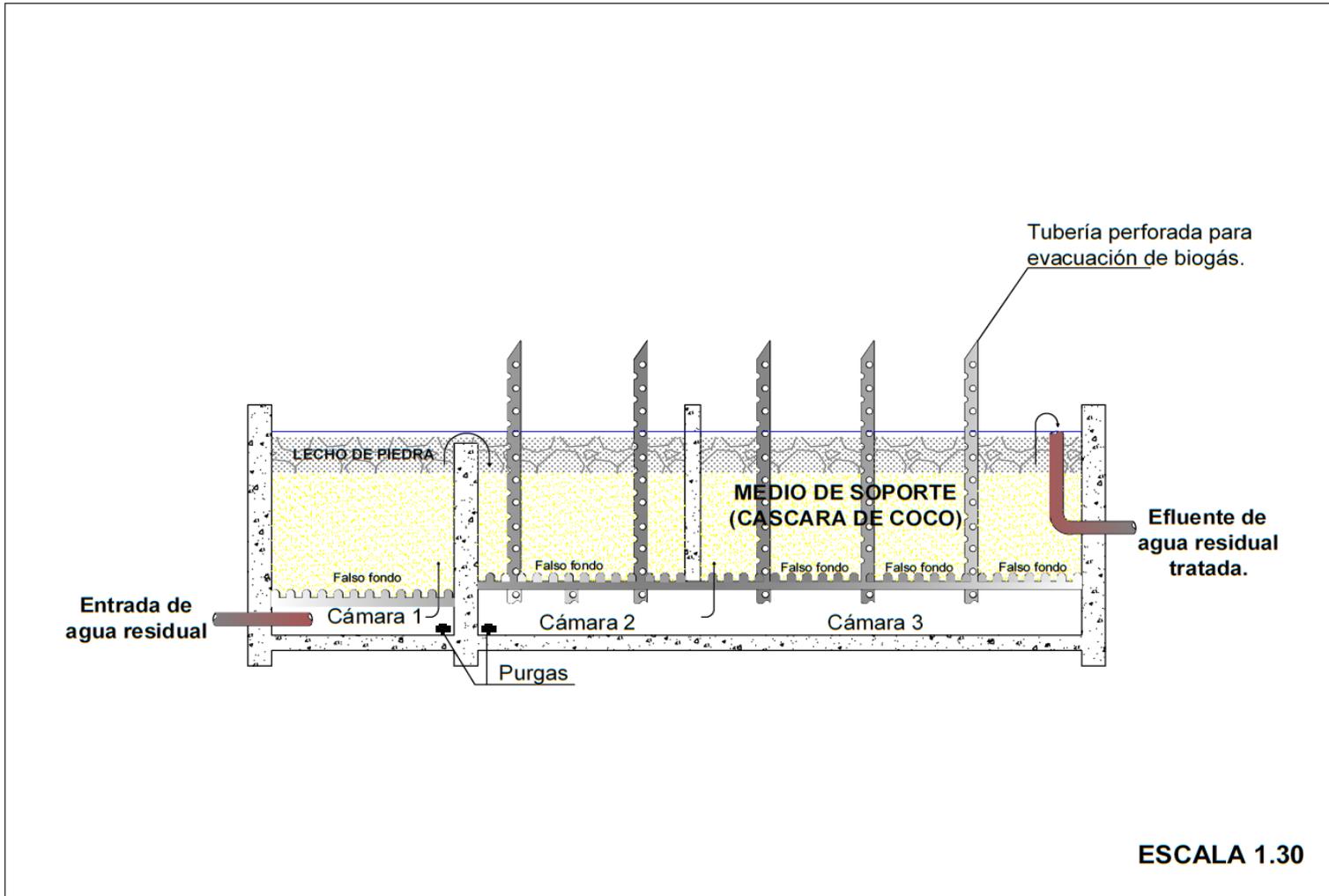
# ANEXO F. HISTOGRAMAS CON CURVA NORMAL







# ANEXO G. ESQUEMA REACTOR ANAEROBIO



## ANEXO H. FORMATO TASACIÓN DE MULTAS AMBIENTALES

ANEXO 1 - FORMATO TASACION INVERSUJA AGROZ S.A.S Y AMACAL S.A.S				
Formula	Datos Tabla y/o Costos	Ecuación	Valor Calculado	Criterio
Beneficio lícito $B = \sum(Y_1, Y_2, Y_3)$	P = 0,5 Y = 6'000.000	$B = \sum(Y_1, Y_2, Y_3)$	\$6.000.000,00	En este caso, el Beneficio lícito está concretado por la sumatoria de los Ingresos Directos, Costos evitados y ahorro de retraso.
<b>Valoración de la importancia de la afectación:</b>				
Atributo	Valor	Ecuación	Valor Calculado	Criterio
Intensidad (IN)	1	$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + MC$	8	El nivel de intensidad se tomó igual 1 porque la afectación del bien riesgo representa una desviación estándar mínima inferior al 33%.
Extensión (EX)	1			Dentro del expediente No. 042 de 2011, se encuentra información referida al área de influencia del impacto, por lo tanto, se estima que el área afectada es inferior a (1) hectárea.
Persistencia (PE)	1			La adecuación y limpieza de los predios para la instalación de canales de conducción se realizaron en el 2008 y de acuerdo a informe técnico del 06 de Septiembre de 2011 la afectación a los recursos suelo y agua ya habían sido corregidos. Por tal razón el efecto se considera inferior a (6) meses.
Reversibilidad (RV)	1			Se estima en un periodo menor a 1 año para que la alteración pueda ser asimilada por el entorno, en el corto plazo debido al funcionamiento de los procesos naturales.
Recuperabilidad (MC)	1			La afectación puede eliminarse por la acción humana, tras establecerse oportunamente las medidas correctivas y puede ser compensable en un periodo inferior a 6 meses.
<b>Determinación del Riesgo</b>				
o	0,2	$r = o * m$	4	Se realiza la tasación por Riesgo ambiental, debido a que no se concreta en afectación ambiental.
m	20			
<b>Factor de Temporalidad <math>a = (3/364)d + (1 - 3/364)</math></b>				
d	365		4	El factor de temporalidad se asume como 4, ya que se conoce el tiempo de afectación ambiental hasta que adquirió los actos administrativos (permisos) que avalan su actividad comercial por parte del P.I.
a				
<b>Valor monetario de la importancia del riesgo</b>				
r	4	$R = (11,03 * SMMLV) * r$	\$ 23.630.672,00	Para este caso R=i
SMMLV	\$ 535.600,00			
R=i	\$ 23.630.672,00			
<b>Atenuantes y agravantes (A):</b>				
A	0		0	Las circunstancias agravantes y atenuantes son factores que están asociados al comportamiento del infractor. Teniendo en cuenta que existen "1" circunstancias Atenuantes y "2" Agravantes, se obtiene un valor A=0,0
<b>Costos Asociados (Ca):</b>				
(Ca)	0		0	Las variable costos asociados, corresponde a aquellas erogaciones en las cuales incurre la autoridad ambiental durante el proceso sancionatorio y que son responsabilidad del infractor, se obtiene un valor Ca=0.
<b>Capacidad Socioeconómica del Infractor (Cs):</b>				
Cs	0,75		0,75	Por considerarse como personas Jurídicas, con registro en cámara de comercio y actividad económica adscrita a sociedad.
Multa		$Multa = B + [(a*i)*(1+A) + Ca]*Cs$	\$76.892.016,00	