

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE LA VORAGINE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

LUZ ÁNGELA BUSTOS CASTRO

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ÁREA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Santiago de Cali, Marzo 2012

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE LA VORAGINE, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

LUZ ÁNGELA BUSTOS C.

Trabajo de grado presentado como requisito  
Parcial para optar al título de Ingeniera Sanitaria

Directora  
Inés Restrepo Tarquino  
Ingeniera Sanitaria, M.Sc. Ph.D

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ÁREA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Santiago de Cali, Marzo 2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

Santiago de Cali, Marzo de 2012

## AGRADECIMIENTOS

La autora desea extender sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

A la ingeniera Inés Restrepo T. (Instituto Cinara) por su orientación y buena disposición para atender y hacer las correcciones necesarias para llevar por buen camino esta investigación.

Al Sr. Villa, (Operario de la PTAR de La Vorágine) por su apoyo y colaboración.

A la Asociación ASOVORAGINE, por su apoyo y acogimiento.

A la comunidad de La Vereda La Vorágine por su amabilidad y colaboración prestada para la realización de la presente investigación.

A todas aquellas personas que de alguna forma apoyaron e incentivaron para que este documento fuese realidad.

## RESUMEN

El presente documento presenta los resultados obtenidos en el proceso de estudio e investigación realizada en la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine, Corregimiento de Pance, municipio de Santiago de Cali, en los años 2010 y 2011, dentro de la investigación que hace parte del proyecto Gestión Integral del Recurso Hídrico financiado por COLCIENCIAS y que ejecuta el grupo de Gestión Integral del Recurso Hídrico del Instituto CINARA de la Universidad del Valle.

Este proyecto tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales (Ptar) de la vereda La Vorágine, la cual se realizó a través de caracterizar los componentes físicos y operacionales de la planta de tratamiento, identificar las características sociales, económicas y ambientales de la comunidad y evaluar la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento teniendo como guía los criterios e indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de un sistema de saneamiento propuestos por CINARA.

La metodología empleada para llevar a cabo los objetivos propuestos fue realizar una revisión bibliográfica acerca de temas como el tratamiento de aguas residuales en las zonas rurales, sistemas de saneamiento no convencionales, información del sistema de alcantarillado en estudio, entre otros, se realizó una recopilación de información y un trabajo de campo que llevó a conocer por ejemplo, el estado actual de las estructuras que lo conforman, operación y mantenimiento, personal a cargo, características sociales, económicas, culturales y ambientales de la localidad, organización de la comunidad.

De esta investigación se obtuvieron resultados como que la planta maneja un caudal aproximado de 4 a 6 l/s, calculados a partir de medición directa. La planta funciona 24 h/día, 30 días/mes, la remoción de DBO, DQO y SST es de 81,58%, 92,67% y 90,73% respectivamente para el año 2011, cumpliendo con el decreto 3930 de octubre del 2010. Asovorágine debe aumentar la participación comunitaria en las asambleas y la participación de la mujer en la junta administradora del sistema de alcantarillado y debe tener en consideración las propuestas por parte de la comunidad. Es importante resaltar que la comunidad en general tiene una percepción buena de la prestación del servicio de alcantarillado y del funcionamiento de la Ptar.

Palabras clave: sostenibilidad, aguas residuales, aguas residuales domésticas, zona rural, participación comunitaria, seguimiento y evaluación de proyectos de saneamiento.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 PROBLEMA.....	12
1.1 Definición .....	12
1.2 Evidencia .....	12
2 ANTECEDENTES.....	14
3 JUSTIFICACIÓN.....	17
4 AREA DE ESTUDIO .....	19
5 ESTADO DEL ARTE .....	23
5.1 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....	26
5.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS APLICADOS EN EL SECTOR RURAL DEL VALLE DEL CAUCA .....	28
5.3 TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES .....	29
5.4 SOSTENIBILIDAD DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	35
6 OBJETIVOS .....	40
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	40
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	40
7 METODOLOGÍA.....	41
8 RESULTADOS .....	45
8.1 Caracterización del sistema de tratamiento.....	45
8.2 Identificación de las características de la comunidad de la vereda de La Vorágine50	
8.3 Evaluación de la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine.....	57

9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	59
9.1	Caracterización de la Ptar .....	59
9.2	Identificación de las características de la vereda La Vorágine.....	59
9.3	Evaluación de la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine.....	61
10	CONCLUSIONES .....	64
11	RECOMENDACIONES .....	65
12	TEMAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....	66
13	BIBLIOGRAFIA .....	67
14	ANEXOS .....	71

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales domésticas .....	24
Tabla 2. Caracterización típica de un agua residual doméstica.....	25
Tabla 3. Características generales del sistema tanque séptico – filtro anaerobio – humedal de flujo subsuperficial.....	29
Tabla 4. Criterios e indicadores para valorar la sostenibilidad de sistemas de saneamiento .....	42
Tabla 5. Caracterización de vertimientos líquidos en los años .....	48
Tabla 6. Análisis de la calidad de agua del sistema de tratamiento de agua residual.....	49
Tabla 7. Carga contaminante.....	49
Tabla 8. Porcentaje de remoción .....	49



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo de la Ptar La Vorágine.....	16
Gráfico 2. Diagrama de flujo de la Ptar La Vorágine (después de la Ampliación) .....	22
Gráfico 3. Empleados de los establecimientos que son de la vereda.....	51
Gráfico 4. Asistencia a las asambleas por parte de los establecimientos .....	52
Gráfico 5. Apreciación de la tarifa del servicio de alcantarillado en los establecimientos..	53
Gráfico 6. Nivel de escolaridad entre los habitantes de la vereda .....	54
Gráfico 7. Origen de los habitantes de la vereda .....	54
Gráfico 8. Quien administra el sistema del alcantarillado en la vereda.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización General de La Vorágine.....	19
Figura 2. Composición típica del agua residual doméstica.....	23
Figura 3. Características del agua residual, tratamiento y calidad del efluente .....	26
Figura 4. Etapas de la digestión anaerobia .....	31
Figura 5. Marco conceptual para ilustrar la búsqueda de soluciones sostenibles en programas de desarrollo en agua y saneamiento. ....	36
Figura 6. Concepto de sostenibilidad .....	38

## LISTA DE FOTOS

Foto 1. Cribado.....	45
Foto 2. Cadica .....	46
Foto 3. Tanque séptico tercer línea.....	46
Foto 4. Rosetas plásticas de filtro anaerobio .....	47
Foto 5. Papiros de filtro fitopedológico .....	47
Foto 6. Heliconias de filtro fitopedológico.....	48

# **1 PROBLEMA**

## **1.1 Definición**

La sostenibilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales en las zonas rurales de Colombia es afectada por diferentes causas. En la Vereda la Vorágine Corregimiento de Pance es necesaria la evaluación de la sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales dado el aumento de la demanda para tratar dichas aguas, por la influencia de personas que visitan el lugar. Este factor puede poner en riesgo la sostenibilidad.

## **1.2 Evidencia**

El diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda la Vorágine surge de una solicitud comunitaria que estaba viendo afectados sus ingresos al disminuir la afluencia de turistas por la contaminación del río Pance. Esto inquietaba a los habitantes de la comunidad, ya que su economía depende en gran parte de las personas que acuden los fines de semana con el fin de recrearse.

Al río eran descargadas excretas y aguas residuales generadas por los habitantes de la localidad, y este problema se incrementaba los fines de semana por la presencia de turistas. Igualmente, al río Pance llegaba toda la contaminación generada por las aguas de infiltración proveniente de los pozos de absorción ubicados en su cauce, así como las aguas grises de las viviendas ubicadas en la Vorágine.

Preocupados por esta situación, en 1994 EMCALI y CINARA realizaron un estudio con el fin de identificar, priorizar y plantear soluciones a los problemas referidos. Entre ellas se planteó la necesidad del mejoramiento de las unidades sanitarias, recolección y transporte de aguas grises y excretas y, tratamiento a las aguas residuales, para así contribuir a la recuperación al río Pance. A raíz de esto surgió la idea de construir un sistema de tratamiento de aguas residuales, este proyecto se materializó con la colaboración de la comunidad e instituciones como CINARA, ACUACALI y CVC en el año 1997 (Peña, 2001).

Sin embargo, cuando aumentaba la cantidad de personas que visitan la vereda los fines de semana, el sistema colapsaba haciendo que la planta de tratamiento se sobrecargara y disminuyera su eficiencia. Por otra parte, según estudio realizado

por Aponte (2008) muestra que la eficiencia de la planta es afectada por la dilución de las agua residuales con aguas lluvias que están ingresando al tratamiento.

A inicios de los años 90's la comunidad de la vereda La Vorágine se ve afectada por la falta de turistas, ya que en los medios de comunicación empieza a circular la noticia que el río Pance estaba contaminado por la descarga de aguas residuales domésticas, lo que lleva a la comunidad a pedir el apoyo a diferentes instituciones como EMCALI y CINARA, para solucionar el manejo de las aguas residuales. Se presenta una breve línea histórica del surgimiento y estado actual del sistema de alcantarillado en La Vorágine.

En 1994 EMCALI y CINARA responden al llamando de la comunidad y hacen un estudio del cual identifican como prioridad la construcción de la Ptar.

En 1997 se construye la Ptar, con apoyo de instituciones como CINARA, EMCALI, y el Comité de Cafeteros y la comunidad.

En 2006, se pavimenta la vía, lo que mejora el funcionamiento de la red de alcantarillado, ya que antes de esto se introducía por las cámaras gran cantidad de piedras, arenas y palos.

En 2008 CINARA, por medio del ingeniero Alexander Aponte, realizan un estudio para evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En 2009 se amplía la Ptar, haciendo una tercera línea de tratamiento.

En 2011 y 2012 se realiza y registra la presente investigación.

## 2 ANTECEDENTES

Originalmente (desde 1850 en adelante), la intención fundamental de los primeros ingenieros era recolectar las aguas residuales y transportarlas fuera de la ciudad, para ser vertidas generalmente en un río, que las diluyera y llevara lo más lejos posible. Aunque esto hacía más estética y sana la ciudad, pronto se observó que el vertimiento indiscriminado ocasionaba deterioro de la masa de agua que las recibía, tornándose las aguas receptoras en un líquido de aspecto desagradable y maloliente.

La contaminación del agua causada por las descargas de las aguas residuales tenía efecto directo, que fue reconocido, en la salud de las poblaciones. Luego se comprendió que causaba pérdidas económicas considerables, con la disminución de la producción pesquera. Finalmente, cuando la Ecología descubrió las leyes del equilibrio de la Naturaleza, se entendió que la contaminación rompía este equilibrio. Entonces el hombre contemporáneo comprendió que era necesario declarar una lucha contra los efectos de la contaminación del agua (Orozco, 1985).

Alrededor de 1891, W.D. Scout-Monerieff construyó en Inglaterra un tanque con una cámara vacía debajo un lecho de piedras. Los desechos de diez individuos fueron introducidos en la cámara inferior, haciéndolos circular en dirección ascendente a través del filtro de piedras. Este dispositivo constituyó una combinación de un reactor anaerobio de flujo ascendente y un filtro anaerobio, tal como se los conoce en la actualidad. En 1895, Donald Cameron de Exeter, Inglaterra, patentó la unidad que mayor impacto ha tenido en la depuración de las aguas residuales: el tanque séptico, el cual se difundió rápidamente en Europa. Paralelamente, en los Estados Unidos de Norteamérica, A.N. Talbot había inventado un proceso similar, Illinois en 1894 y Camping, Illinois en 1897.

En 1904, William O. Traveis en Hampton hizo el primer intento para solucionar los problemas derivados del efluente de una fosa séptica, como son: su alto contenido de materia orgánica no estabilizada y su alta concentración de sólidos. Desde entonces los procesos anaerobios han sido utilizados para el tratamiento de los lodos más que de las aguas residuales. Sin embargo, las fosas sépticas han sido ampliamente usadas para el tratamiento de las aguas residuales de viviendas y pequeñas comunidades, usualmente seguidas por la disposición del efluente en el suelo (Calle, 2006).

A lo largo del siglo XX se han desarrollado algunos procesos de depuración de aguas residuales de origen doméstico e industrial. Entre los más destacados se

puede citar el llamado “biolytic tank” en inglés, similar al actual reactor anaerobio de flujo ascendente, el cual fuera estudiado por Winslow y Phelps en 1910. El filtro anaerobio de flujo ascendente fue propuesto por Young y Mc Carty en 1969 para el tratamiento de residuos solubles.

Algunos aspectos inherentes a los procesos anaerobios hicieron pensar que su utilización para la depuración de aguas residuales municipales no era viable. Entre las desventajas de estos sistemas se incluyen la baja tasa de crecimiento de los microorganismos anaerobios, la dificultad de arrancar los procesos, la generación de olores en estos sistemas, entre los más relevantes (Calle, 2006).

Sin embargo, durante las últimas décadas, el avance tecnológico ha permitido el desarrollo de algunos procesos de depuración de aguas residuales, como son el filtro anaerobio, el reactor anaerobio de flujo ascendente, los lechos fluidizados y expandidos y algunas combinaciones de ellos, los cuales han sido de amplia aceptación (Calle, 2006).

Para la década de los 90, la vereda La Vorágine no contaba con un sistema colectivo de tratamiento de sus aguas residuales. La mayoría de las viviendas poseían pozos de absorción o tanques sépticos y las viviendas que tenían servicio de restaurante contaban con trampa grasas y tanques sépticos para las aguas provenientes de los establecimientos. Sin embargo la proximidad de los tanques y pozos al Río Pance, hacían que el Río se contaminará por estas aguas (Garavito *et al.*, 1996).

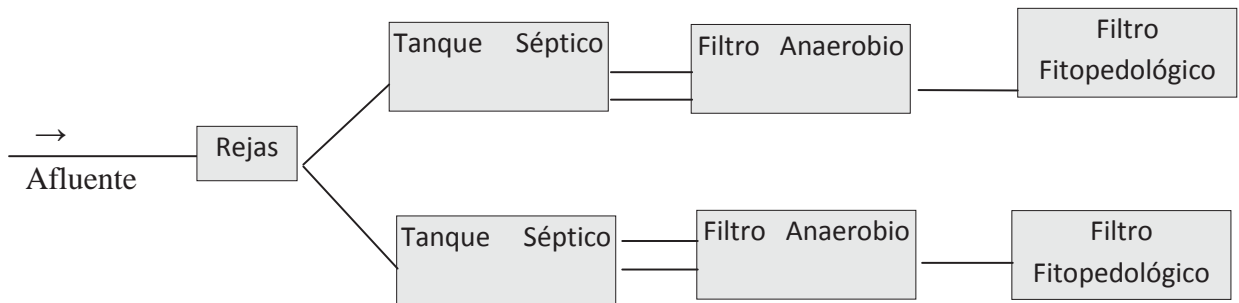
El sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento de La Vorágine se empiezan a construir en 1994 pero se ponen en marcha desde mayo de 1997. El servicio es prestado por la empresa ASOVORAGINE, la cual está constituida por:

- Presidente
- Vicepresidente
- Secretario
- Tesorero
- Fiscal
- Operador

El sistema de alcantarillado era de tipo Condominial, compuesto de trampas de grasas, cámaras domiciliarias, conexiones domiciliarias y un colector principal, mientras el sistema de tratamiento es de tipo no convencional y está integrado por Tanque Séptico, Filtro Anaerobio y Filtro Fitopedológico, (además se proyectaron con rejas gruesas manuales seguidas de un cámara de distribución de caudal). Se construyeron dos líneas para garantizar el tratamiento mientras se realizan labores

de operación y mantenimiento. En el gráfico 1 se muestra un diagrama de la planta de tratamiento de aguas residuales Ptar, cuando fue recién construida en el año de 1997 (Madera, 2000).

**Gráfico 1. Diagrama de flujo de la Ptar La Vorágine**



Fuente: Madera (2000)

Este proyecto buscaba implementar nuevas alternativas que proporcionaran soluciones de bajo costo a los problemas de saneamiento básico que presentaban algunos sectores rurales de Cali. El sistema se implementó en el marco de Proyectos de Aprendizaje en Equipo (PAEs), realizado entre el instituto CINARA y las Empresas Municipales de Cali (EMCALI), en los sectores de ladera de Altos de Menga y la zona rural de La Vorágine (Bados, 2001).

Esta estrategia de PAEs, también denominada Proyectos Escuela, parte de reconocer a la comunidad como gestora de su propio desarrollo mediante un proceso de aprendizaje interinstitucional e interdisciplinario donde trabajan en equipo la comunidad y las instituciones para lograr superar los problemas de saneamiento (Garavito *et al.*, 1996).



### 3 JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de aguas residuales no ha sido una prioridad para los gobiernos de Latinoamérica. Sin embargo, a medida que el desarrollo social y económico de los países de la región mejora, también ha surgido gradualmente una mayor conciencia ambiental manifestada en leyes y regulaciones que incentivan y aumentan las tasas de inversión en el sector (Peña, 2003).

Casi tres cuartas partes de los pobres que viven en zonas rurales del mundo no tienen acceso a agua limpia o a servicios de saneamiento confiables. En la región de América Latina y el Caribe (ALC), se calcula que de los 510 millones de habitantes de la región, unos 56 millones no tienen acceso a agua limpia; mientras que otros 132 millones carecen de servicios de saneamiento adecuados. Muy a menudo, los más pobres compran agua a precios altísimos desde camiones que la llevan a sus asentamientos sin conexión. De hecho, los pobres del mundo en desarrollo pagan en promedio 12 veces más por litro de agua que los ciudadanos conectados al sistema de acueducto, (URL 1).

Además, las comunidades manejan la idea de que es más importante garantizar la obtención de agua para consumo, que el tratamiento de las aguas residuales. Se preocupan poco por lo que suceda con las aguas que ellos mismos contaminan. Sin embargo, se ha encontrado que el manejo de las aguas residuales tiene incluso mayores incidencias en la salud pública, que el abastecimiento de agua para consumo (Osorio, 1985).

Las enfermedades relacionadas con el agua residual, la insalubre preparación de alimentos, la eliminación incorrecta de excrementos y la suciedad en los hogares constituyen una gran carga en la salud de las personas en los países en desarrollo y son las principales causas de deterioro de la salud en niños. La diarrea y disentería por sí solas afectan a niños pequeños varias ocasiones por año y anualmente matan más de 2 millones antes de su quinto cumpleaños. Sin embargo, el saneamiento puede reducir la aparición de ciertas enfermedades de un 20% a 80% al inhibir la generación de enfermedades, interrumpir la transmisión de enfermedades y reducir la exposición a la enfermedad (URL 3).

Los organismos patógenos que causan enfermedades intestinales viven en los excrementos o materia fecal de los seres humanos y de los animales, y utilizan diferentes formas de contagio, como: contacto directo de las manos sucias con la boca o con los alimentos, uso de agua contaminada con materia fecal, transmisión a través de cultivos fertilizados con materias fecales o aguas negras sin tratar. Las

enfermedades transmitidas por la inadecuada disposición de las excretas incluyen las transmitidas por vía fecal-oral (la disentería amebiana, el cólera, la diarrea, las diarreas virales, el virus A de la hepatitis y la fiebre tifoidea); y las infecciones helmínticas del tracto intestinal como la ascariasis (lombriz intestinal) y la tricuriasis (lombriz latiguiforme), entre otras. El problema de la mala disposición de las excretas se puede solucionar mediante la implementación de tecnologías simples y con la participación de las comunidades, en aquellos sectores que no cuentan con las instalaciones adecuadas (Hernández, 2000).

Se calcula que el costo de la degradación ambiental y sanitaria debido a la falta de servicios de agua y saneamiento supera el 1% del PIB en Colombia. El saneamiento es un aspecto descuidado del desarrollo en los países que carecen de recursos. Los efectos económicos de la falta de saneamiento son el aumento del riesgo de contraer enfermedades infecciosas, disminuyendo la productividad entre los adultos, y los niños pueden morir de manera prematura, aumenta la contaminación de las fuentes de agua aumentando a su vez, el costo de contar con agua potable entre los hogares y reduce la disponibilidad de peces en ríos y lagos (URL 2).

Países con las tasas más altas de mortalidad de infantes y niños y los valores más bajos de ingresos y esperanza de vida tienden a tener malos servicios de saneamiento ambiental, ya que las instituciones que proveen el agua e instalaciones de saneamiento, no logran los beneficios de salud óptimos. Sin embargo, trabajos recientes han demostrado que la incorporación de educación de higiene, métodos de participación, técnicas de comunicación y conceptos de cambio de comportamiento en los programas de saneamiento ambiental pueden fortalecer en gran medida su efectividad para mejorar las condiciones de salud (URL 3).

Dentro de los ocho objetivos de desarrollo del milenio, se tiene que el séptimo objetivo es garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, donde para alcanzar un desarrollo sostenible es fundamental proteger el medio ambiente y utilizar los recursos con inteligencia. Sin embargo menos del 20% de los países en desarrollo han alcanzado o avanzan conforme a lo previsto para alcanzar la meta, fijada para el año 2015, relativa al aumento del acceso a servicios de agua y menos del 35% han logrado incrementar el acceso a servicios de saneamiento (URL 4).

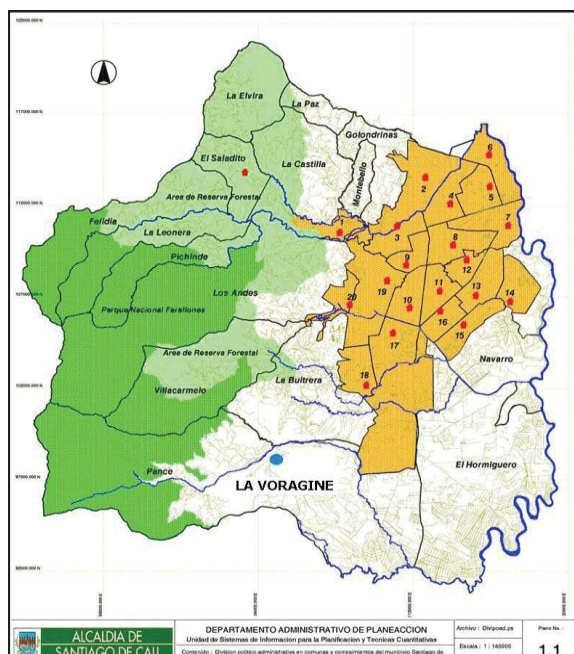
Para comunidades rurales como el caso de La Vorágine que cuentan con pocos ingresos económicos no les es fácil administrar sus propios recursos, y más aún que perduren en el tiempo. Por eso se hace necesario que las comunidades pequeñas cuenten con servicios de saneamiento sencillos, de bajo costo, fáciles de operar por ellos mismos y sobre todo que sean sostenibles en el tiempo para beneficio de todos los usuarios.

#### 4 AREA DE ESTUDIO

La Vorágine hace parte de las trece veredas del corregimiento de Pance del Municipio de Santiago de Cali. Se encuentra a 15 km del área urbana hacia el sur, a una altura de 1.100 msnm y con una temperatura promedio de 24°C. Se extiende desde el Valle Geográfico del Río Cauca (oriente) hasta el Parque Nacional de los Farallones (occidente) (Peña, 2001).

Se localiza en el centro del corregimiento de Pance en las estribaciones de la cordillera occidental y a orillas del río Pance, (Figura 1). Limita al norte con las haciendas el Bosque, el Jordán y la Parcelación Chorro de Plata, al oriente con el Parque de la Salud y el Club del Departamento, al occidente con la localidad de San Francisco y al sur con la hacienda El Refugio y la localidad el Jardín. Las viviendas se encuentran distribuidas a lo largo de la vía que de la Vorágine conduce a la cabecera de Pance (Peña, 2001).

**Figura 1. Localización General de La Vorágine**



Fuente: Cortés (2009)

En ésta localidad se identifican dos tipos de población: La población permanente, conformada por familias que tienen una trayectoria histórica en la localidad y en su

mayoría se identifican como propietarias de los predios que habitan, y la población flotante, compuesta por las personas que transitoriamente llegan a la localidad los fines de semana y festivos con fines recreativos (Cortés, 2009).

En la vereda se encuentran 70 domicilios de los cuales 9 corresponden solo a viviendas de tipo familiar, 50 son locales comerciales y 11 domicilios que no se encuentran conectados al sistema del alcantarillado, ya que por condiciones topográficas y porque cuentan con sus propio sistema de manejo de aguas residuales aprobado previamente por la CVC, que es la entidad encargada de la vigilancia de estos sistemas.

Dada esta característica de turismo en la vereda, ha permitido el emplazamiento de diversos establecimientos comerciales como: discotecas, restaurantes, centros recreativos, entre otros; consolidándose así como epicentro de romería turística de los caleños. El fin de semana el flujo de personas y vehículos es considerable. Se calcula que entre 40.000 y 70.000 personas en busca de descanso y recreación visitan cada fin de semana al río Pance, lo cual tiene, además de los beneficios que todos reconocen, efectos negativos como la contaminación que producen los turistas sin cultura ambiental y las dificultades para el desplazamiento que genera la congestión vehicular (Municipio de Santiago de Cali, Plan de Desarrollo 2004 – 2008, Corregimiento de Pance). La principal fuente de ingresos para los habitantes de la Vorágine está vinculada con el turismo, la mayoría de las familias posee algún tipo de negocio que generalmente es de comidas, en menor escala se encuentra la mano de obra en construcción y como empleados en la ciudad de Cali (Peña, 2001).

## **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LA VORÁGINE**

El sistema de manejo de aguas residuales de la Vorágine comienza desde las viviendas que cuentan con trampa de grasas, la disposición del material retirado es enterrada o dispuesta para que el servicio de aseo lo recoja. Después de las trampas de grasas se tiene la red de alcantarillado simplificado (sistema de transporte de aguas grises y excretas), y por la planta de tratamiento de aguas residuales que a su vez está compuesta por rejas manuales, cámara de distribución de caudal, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y filtro fitopedológico de flujo subsuperficial. Se cuenta con lechos de secados de lodos, que son los generados en los tanques sépticos. La Ptar está ubicada dentro del Club de Empleados del Departamento (Peña, 2001).

Tanto el sistema de alcantarillado como la planta de tratamiento tienen alrededor de 15 años de servicio y es prestado por la empresa ASOVORAGINE. Aunque el diseño original era de alcantarillado condominial las redes han sido cambiadas por convencionales y actualmente funciona como alcantarillado semi-combinado ya que están llegando las aguas lluvias al sistema.

Para el año 2009 tenía 53 suscriptores y una cobertura del 95%. Para el año 2010, cuenta con 59 suscriptores, aumentando así su cobertura. El número de domicilios en la vereda es de 70, sin embargo, hay 11 domicilios que cuentan con su propio sistema de manejo de aguas residuales debido a condiciones topográficas que hace que sea más fácil tener su propio sistema que conectarse al sistema de la comunidad.

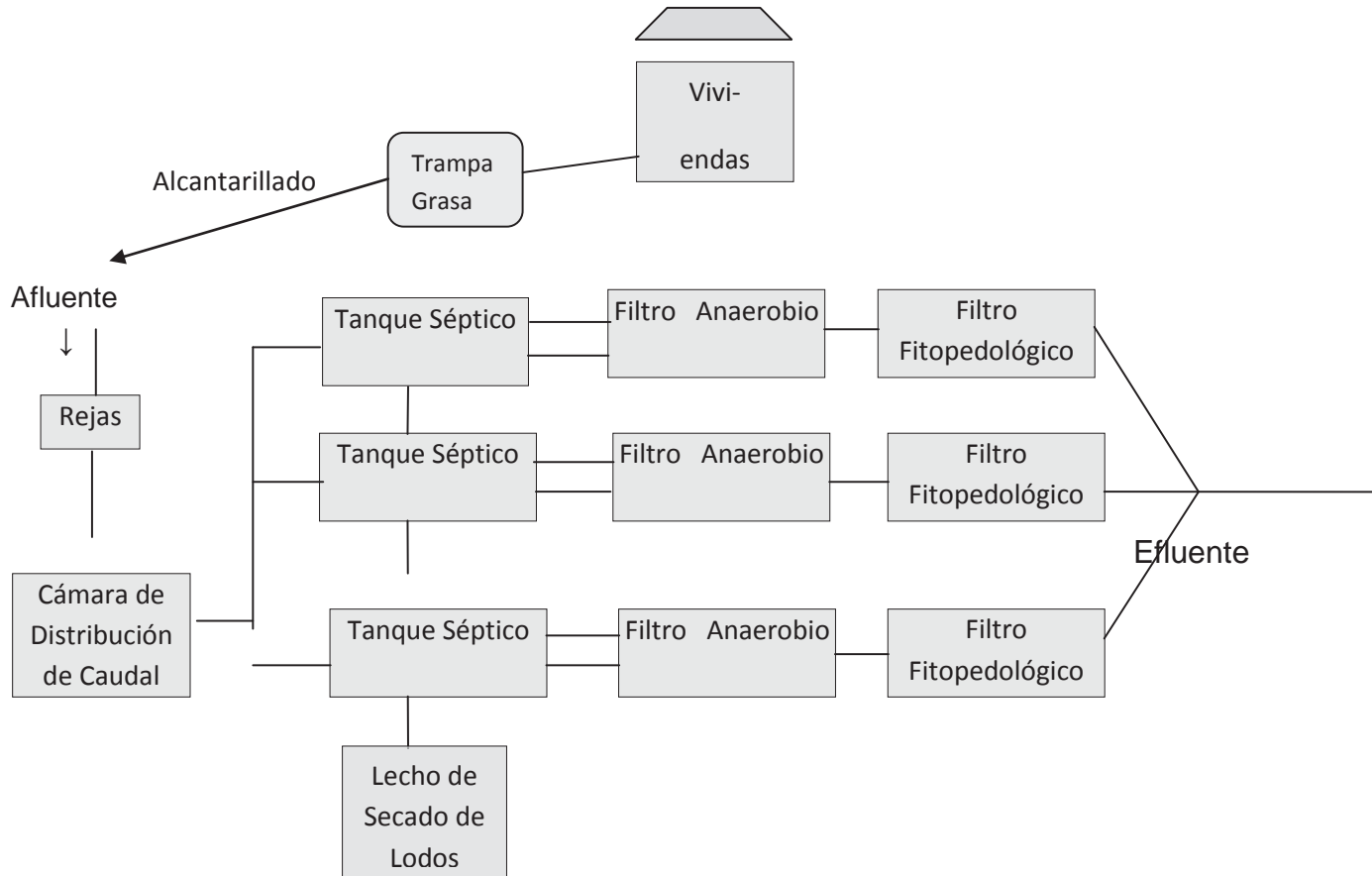
La red de alcantarillado va desde el sector la Playita, incluyendo los balnearios, con una longitud de red aproximada de 1.5 km en PVC de 8" en el primer tramo y de 12" de diámetro, para el siguiente tramo y con 33 cámaras tipo B, y termina dentro del Club del Departamento.

La planta empezó trabajando con un caudal de 2.3 l/s y dos líneas de tratamiento; con el paso del tiempo se han hecho algunas modificaciones y mejoras lo cual han llevado a que la planta, para el año 2010, cuente con una tercera línea de tratamiento y reciba entre 4 y 6 l/s. Como unidad de pretratamiento se tiene cribado (reja manual) donde se retienen los sólidos gruesos, estas rejillas son limpiadas a diario. Luego se encuentra una cámara repartidora de caudal, la cual distribuye a las tres líneas de tratamiento, consistente cada una en tanque séptico, filtro anaerobio y filtro fitopedológico. Los tanques sépticos de las dos líneas construidas en la primer fase, tienen una área de 50 m<sup>2</sup> (10m de largo \* 5 m de ancho y 2.5 m de profundidad; el tanque séptico de la línea más reciente tiene la misma área de 50 m<sup>2</sup> pero 4.5 m de profundidad.

A continuación de los tanques sépticos se encuentran los filtros anaerobios de flujo ascendente, los cuales trabajan para un tiempo de retención de 12 horas, cuentan con canto de río de 4 a 7 cm, y otra capa superior de grava triturada que forman el medio filtrante. Finalizando el tratamiento se tienen filtros fitopedológicos los cuales son de flujo subsuperficial y tienen un tiempo de retención entre 6 a 8 horas, las plantas que tienen sembradas son papiros y cuatro clases diferentes de heliconias.

Para revisar el funcionamiento de la planta de tratamiento, la CVC hace mediciones para evaluar la calidad de agua. Por su parte, instituciones como CINARA, la Secretaría de Salud Municipal y el Comité de Cafeteros del Valle del Cauca, brindan apoyo en la parte técnica de manejo y operación de la planta, asesoramiento al operador y a la junta administradora de la planta, ASOVORAGINE. A continuación se presenta la Gráfica 2, ilustra el diagrama de flujo actual de la planta de La Vorágine después de la construcción de la tercer línea de tratamiento en el año 2009.

**Gráfico 2. Diagrama de flujo de la Ptar La Vorágine (después de la Ampliación)**

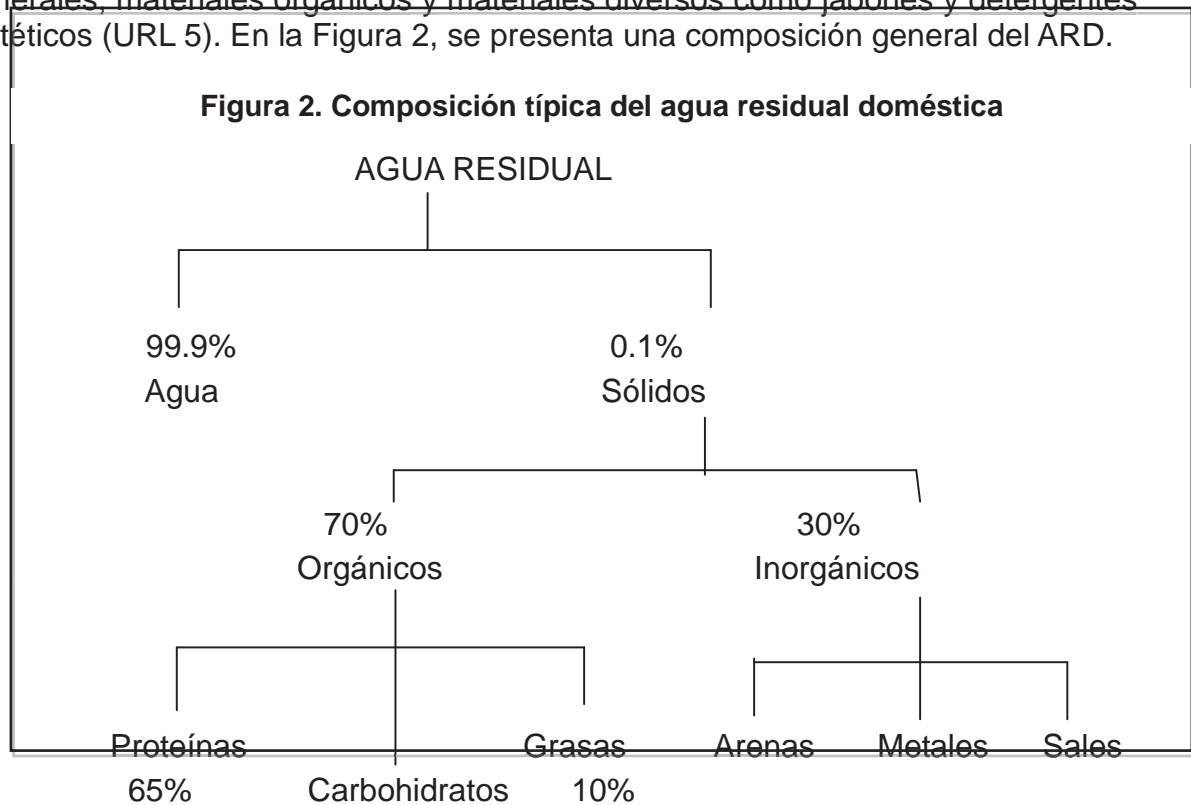


Fuente: Información suministrada por el Sr Villa, operador de la planta en visita realizada en octubre de 2010.

## 5 ESTADO DEL ARTE

Las aguas residuales domésticas son las provenientes del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas (ARD), industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua (Metcalf, 1998). Las ARD son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como el lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. La composición varía según los hábitos de la población que los genera (Orozco, 1985).

Las ARD están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9% y apenas 0,1% de sólidos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos. El agua residual tiene componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos (URL 5). En la Figura 2, se presenta una composición general del ARD.



25%

Fuente: Collazos (2008)

Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del Azufre de las proteínas. Los carbohidratos producen ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina (madera). Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica la insolubilidad en agua. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas, y son altamente indeseables porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción, problemas de mantenimiento, mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, etc. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. Los contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la Tabla 1 (URL 5).

**Tabla 1. Principales contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales domésticas**

<b>Contaminantes</b>	<b>Parámetro de caracterización</b>	<b>Consecuencias</b>
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales	* Protección de patógenos * Adsorción de contaminantes * Depósito de barro * Problemas estéticos
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	* Problemas de mantenimiento en tuberías * Mal olor
Materia Orgánica Biodegradable	DBO	* Consumo de Oxígeno * Mortalidad de peces * Condiciones sépticas
Patógenos	Coliformes	* Enfermedades transmitidas por el agua
Nutrientes	Nitrógeno Fósforo	* Eutrofización del cuerpo receptor * Toxicidad para los peces * Enfermedades en niños * Contaminación del agua subterránea
Compuestos No Biodegradables	Detergentes Pesticidas	* Toxicidad * Reducción de la transferencia de oxígeno * No biodegradabilidad * Malos olores



Fuente: URL 5

Las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual de cada centro urbano varía de acuerdo con factores externos como: localización, temperatura, origen del agua captada, entre otros; y a factores internos como la población, el desarrollo socioeconómico, el nivel industrial, la dieta alimenticia, el tipo de aparatos sanitarios, las prácticas de uso eficiente de agua, etc. Igualmente los vertimientos varían en su caudal en el tiempo, presentando mayores volúmenes especialmente en horas de comidas y de quehaceres domésticos. Por esta razón, cada asentamiento humano presenta unas características moderadamente variables en sus vertimientos (Minambiente, 2002). A continuación en la Tabla 2, se presenta una caracterización típica de un agua residual doméstica para Colombia de acuerdo al Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

**Tabla 2. Caracterización típica de un agua residual doméstica**

<b>Componente</b>	<b>Concentración (mg/l)</b>		
	Alta	Media	Baja
Sólidos totales	1000	500	200
Sólidos suspendidos	500	300	100
Sólidos sedimentables	12	8	4
DBO <sub>5</sub>	300	200	100
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
Coliformes fecales (NMP / 100 ml)	10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>5</sup>

Fuente: Minambiente (2002)

El alto número de microorganismos presentes en los vertimientos, principalmente los coliformes fecales (indicadores de contaminación bacteriológica) pueden sobrevivir en el ambiente hasta 90 días. Este hecho afecta notablemente la disponibilidad del recurso para consumo humano, ya que cualquier

microorganismo patógeno, que esté presente en los vertimientos es potencialmente peligroso y susceptible de afectar la salud humana si no es controlado (Minambiente, 2002).

Si bien un cuerpo receptor tiene una capacidad de autopurificación, que depende de sus características y las de la descarga (cantidad y composición físico-química y biológica), ésta, puede ser sobrepasada alterando y/o transformando las condiciones ecológicas del medio ambiente acuático (Rivera, 1998). Por tanto, el principal objetivo de la construcción de una Ptar, es modificar las características del agua residual de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la legislación para ser vertido a un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades.

### 5.1 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

El principio básico en el tratamiento de aguas residuales es la separación de líquido de los constituyentes indeseables, o la alteración de sus propiedades físico-químicas o biológicas con el objeto de alcanzar niveles compatibles con los requisitos de descarga. En la mayoría de los casos, los constituyentes son separados en forma de sólidos, por lo que los procesos de tratamiento y disposición de lodos constituyen un aspecto de importancia dado que son parte significativa de los costos iniciales y de operación de las plantas (URL 6). En la Figura 3 se relacionan los principales elementos que intervienen en el tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, las características del agua residual y de la calidad del efluente deseado, dependen del tipo de tratamiento a ser utilizado, sin perder de vista los aspectos técnicos, económicos y ambientales (Rivera, 1998).

**Figura 3. Características del agua residual, tratamiento y calidad del efluente**

<b>Aguas Residuales</b>	Sólidos	→	Sistemas de Tratamiento	<b>Calidad de Efluente</b>	Líquido tratado	Recreación
	Materia Orgánica	→	Primario – Físico		Sólido tratado	Irrigación
	Nutrientes	→	Secundario – Biológico			Acuicultura
	Patógenos	→	Terciario – Químico			Transporte
	Otros	→	Sistemas Naturales			Ecología
	Compuestos	→				Abasto de Agua

Fuente: Rivera (1998)

El tratamiento de las aguas residuales debe estar acorde con el uso planificado para el recurso hídrico receptor de la descarga. El viejo paradigma de depurar las aguas residuales para alcanzar un nivel único de tratamiento sin tener en cuenta el

contexto local, se ha revaluado. Por tanto, siempre es posible alcanzar un nivel de tratamiento deseado por medio de varias alternativas tecnológicas. El desafío entonces es encontrar la mejor alternativa al costo mínimo y que además sea aceptada por los usuarios (Rivera, 1998).

A continuación se definen los tratamientos de las aguas residuales, donde cada categoría representa el grado de remoción de contaminantes que se alcanza a medida que avanzan las operaciones y procesos de tratamiento, siendo las operaciones unitarias un conjunto de tratamientos físicos y los procesos unitarios una mezcla de tratamientos químicos y biológicos (Orozco, 1985). La combinación de los procesos y las operaciones está en función de los constituyentes que se deseen eliminar del agua residual y se pueden generar diferentes combinaciones dadas las necesidades particulares de tratamiento (Metcalf, 1998). Dentro de los tratamientos se tiene:

#### ✓ **Tratamiento preliminar**

El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. Estos tratamientos son: Rejillas, Tamices, Trituradores, Tanques de homogenización o igualación y Desarenadores (Orozco, 1985).

#### ✓ **Tratamiento primario**

El objetivo de este tratamiento es la remoción de la materia orgánica suspendida (Cardona, 2008). Cerca de un 60% de los SS y un 35% de la DBO presentes en el agua residual puede ser removida. Dentro de este tratamiento se encuentra: Pozos Sépticos, Sedimentación Primaria, Filtración, Neutralización, Flotación, Tanque Imhoff (Orozco, 1985).

#### ✓ **Tratamiento secundario**

El objetivo de este tratamiento es remover la DBO soluble que escapa al tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de SS. Esta remoción se efectúa principalmente por medio de procesos biológicos donde se efectúan las mismas reacciones que ocurrirían en un cuerpo receptor, cuando este tiene una capacidad asimilativa. Se puede remover aproximadamente un 85% de la DBO y los SS (Orozco, 1985). Algunos tratamientos son: Lechos Bacterianos, Lodos Activados, Lagunas de Estabilización, Biodiscos, Filtros Percoladores, Reactor de Lodos de flujo ascendente (UASB) (Cardona, 2008).

#### ✓ **Tratamiento terciario**

Cuando los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo secundario no cumplen con ciertos niveles de calidad, es necesario un tratamiento terciario o avanzado para remover compuestos como nitrógeno, fósforo, metales pesados (Orozco, 1985). Como ejemplo de este tratamiento se tiene: Coloración,

Ozonización, Carbón Activado, Intercambio Iónico, Ósmosis Inversa (Cardona, 2008). En este caso se emplea una combinación de operaciones y procesos unitarios específicos para el contaminante que se desea remover (Rivera, 1998).

## **5.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS APLICADOS EN EL SECTOR RURAL DEL VALLE DEL CAUCA**

El río Cauca y sus afluentes han sido receptores de todas las aguas residuales que se generan en las poblaciones e industrias situadas en esta cuenca, lo que ha llevado al deterioro de la calidad de sus aguas por el incremento en la contaminación. Debido a ese deterioro en la calidad de las aguas del río, en 1968, la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), inició el Programa de Control de Aguas Residuales, orientado al control de vertimientos, buscando que no se restringieran los usos de las corrientes receptoras por las descargas (Osorio, 2003).

En 1976 se expidió el Acuerdo 014 de noviembre 23, donde se reglamenta el vertimiento de aguas residuales. A nivel nacional se encuentra vigente el Decreto 3930 de octubre de 2010 reglamentario en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Esto lleva a que se requiera el tratamiento de las aguas residuales de tipo doméstico, por ello se han buscado alternativas que sean sencillas, seguras, económicas en la inversión inicial y en los costos de operación y mantenimiento, con una operación eficaz ante un amplio rango de caudales y cargas que permitan el aprovechamiento de los recursos locales en materiales y personal y además deben producir un efluente con la calidad deseada (Osorio, 2003). Existen trabajos de investigación en los cuales se ha planteado que los sistemas anaeróbicos complementados con sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales son una buena combinación para los pequeños y medianos municipios (Peña, 2003).

En el Valle del Cauca se ha hecho seguimiento de sistemas conformados por tanque séptico, filtro anaerobio y decantador - humedal de flujo subsuperficial. Se han obtenido resultados satisfactorios con remociones superiores al 80% tanto en  $DBO_5$  como en SST. Estos sistemas permiten tratar aguas residuales con una composición y caudales variables además de ser fáciles de operar y mantener con una mínima capacitación. En cuanto al sistema conformado por decantador - humedal de flujo subsuperficial, se han tenido problemas que están siendo remediados y que han permitido ir conociendo una tecnología nueva en nuestro medio (Osorio, 2003). En la Tabla 3 se presentan las características generales del sistema integrado por tanque séptico, filtro anaerobio y decantador - humedal de flujo subsuperficial como sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas aplicado en algunos sectores rurales del Valle del Cauca.

**Tabla 3. Características generales del sistema tanque séptico – filtro anaerobio – humedal de flujo subsuperficial**

Proceso	Tecnología	Tipo	Objetivo	TRH	Observaciones
Anaerobio	Tanque Séptico	Baja Tasa	Remoción DBO <sub>5</sub> Particulada	12 a 24 (h)	Genera poco lodo y digerido
	Filtro Anaerobio	Alta Tasa	Remoción DBO <sub>5</sub> Soluble	8 a 12 (h)	
Natural	Humedal Artificial	Baja Tasa	Remoción DBO <sub>5</sub> Soluble, si es secundario o de Nutrientes (N y P) si es terciario	3 a 8 (días)	La remoción de patógenos es baja. Las plantas usadas se cosechan a fin de mantener la eficiencia del sistema

Fuente: Peña (2003)

Aunque en la mayor parte de las ciudades pobladas la tendencia es usar tecnologías convencionales para el tratamiento de las aguas residuales, para pequeños centros poblados estas tecnologías se vuelven insostenibles, por tanto se considera utilizar mejor tecnologías no convencionales, por lo que procesos anaerobios combinados con procesos naturales son los más usados actualmente, integrando diferentes alternativas tecnológicas que en conjunto producen una solución con costo-beneficio alto (Rivera, 1998).

### 5.3 TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento aerobio fue el primer sistema utilizado para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, sin embargo en las últimas décadas, se han desarrollado los procesos de tratamiento anaerobios que tienen baja producción de lodo altamente estabilizado, generan biogás con posibilidad de reutilización como combustible, y presenta en general bajos costos de operación y mantenimiento, pero sin olvidar que requieren de un tratamiento posterior. Si se comparan las ventajas y desventajas de ambas tecnologías se tendrá que en realidad no son excluyentes sino complementarias.

Las mayores aplicaciones de la digestión anaerobia ha sido la estabilización de los lodos concentrados provenientes de la depuración de las aguas residuales y el tratamiento de algunos residuos industriales. Sin embargo últimamente se ha demostrado que los desechos orgánicos diluidos, como las aguas residuales domésticas también pueden ser digeridas mediante procesos anaerobios (Rivera,

1998). Por otra parte, la digestión anaerobia es un proceso complejo, que requiere cierto control para asegurar su correcto funcionamiento. Un ejemplo de esto es la sensibilidad a las sobrecargas orgánicas que pueden llevar a la desestabilización del proceso. Los costos de implantación son altos comparados con otros sistemas, la generación de lodos es menor, por lo que también se reducen costos en el tratamiento y vertido de los fangos (Ortega, 2006).

La digestión anaerobia es el proceso fermentativo que se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas. La digestión anaerobia es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido. En vista de que no hay oxidación, se tiene que la DQO teórica del metano equivale a la mayor parte de la DQO de la materia orgánica digerida (90 a 97%), una mínima parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%). En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, solo una pequeña parte de la energía libre es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido (URL 7).

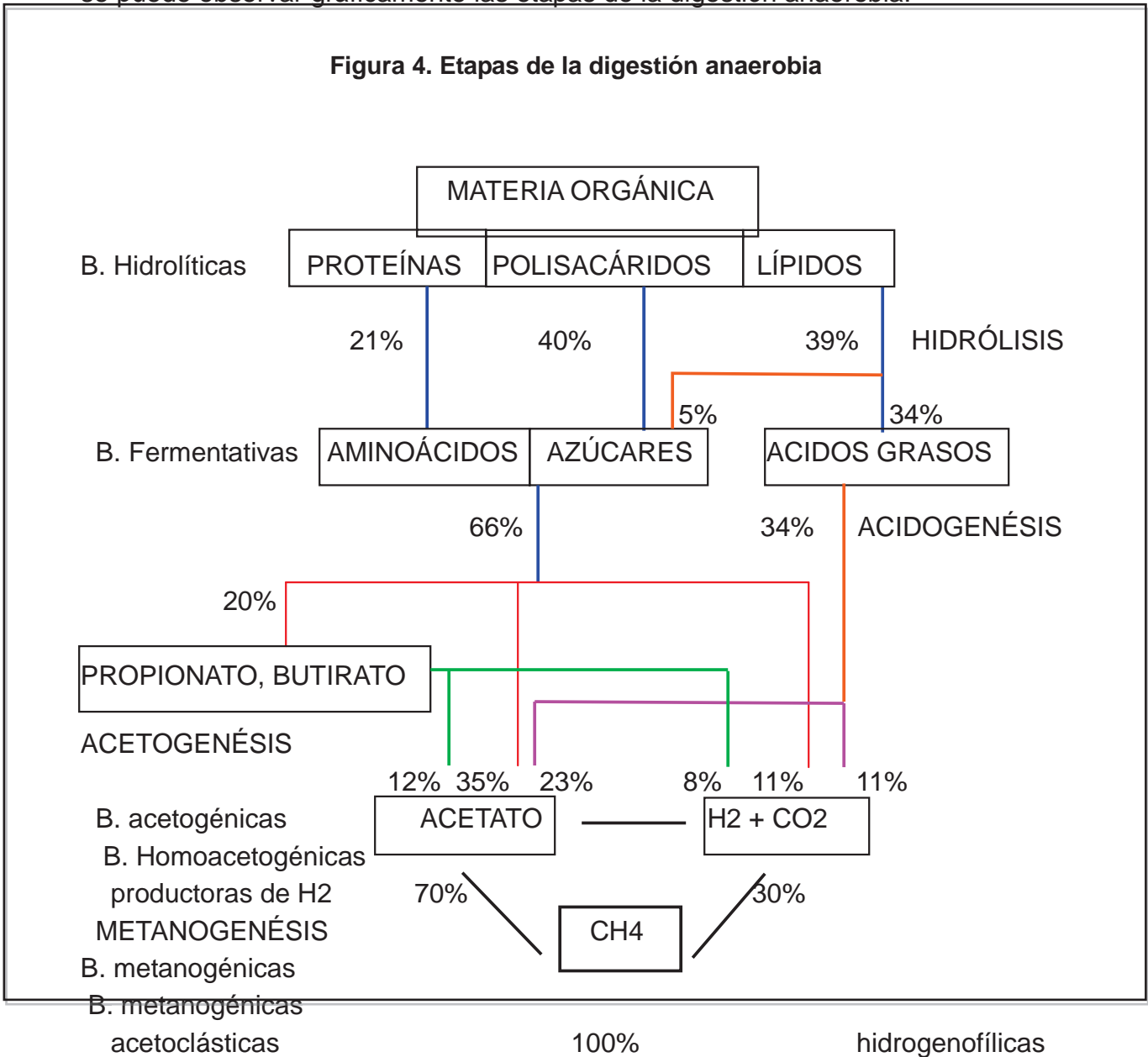
La digestión anaerobia es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora, dividen el proceso de descomposición anaerobia de la materia orgánica en cuatro fases o procesos:

- Hidrólisis
- Fermentativo o acidogénica
- Etapa acetogénica
- Metanogénica

La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, hidratos de carbono y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas. Como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga), estos nuevos compuestos son aptos para ser utilizados por las bacterias como fuente de energía y de carbono celular (Ortega, 2006). En la segunda etapa, un grupo de microorganismos denominados no metanogénicos, incluye bacterias facultativas y anaerobias y se conocen también como formadoras de ácidos o acidogénicas (Calle, 2006). En la tercera fase los ácidos grasos de cadena corta son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, mediante la acción de los microorganismos acetogénicos (Ortega, 2006). En la cuarta fase un grupo de microorganismos se encarga de la conversión del hidrógeno y el ácido acético, en metano (poco soluble en el agua) y dióxido de carbono. Estas bacterias, estrictamente anaerobias, se llaman metanogénicas y

presentan tasas de crecimiento sumamente bajas, determinando la lentitud de los procesos anaerobios de tratamiento (Calle, 2006). A continuación en la Figura 4, se puede observar gráficamente las etapas de la digestión anaerobia.

**Figura 4. Etapas de la digestión anaerobia**



Fuente: Madigan (1997) y Van Haandel (1994), citados en URL 7

## TIPOS DE SISTEMAS ANAEROBIOS

En el sistema de tratamiento anaerobio se encuentran procesos de baja y alta tasa, y a su vez dentro de cada uno de ellos se tiene:

- Procesos de baja tasa: tanque séptico, tanque imhoff y lagunas anaerobias.
- Procesos de alta tasa: sistemas que se caracteriza por tener un mecanismo de retención de lodos, 1. en medio fijo o en medio suspendido y 2. mediante un sistema de separación líquido- sólido.

Al primer grupo pertenecen el filtro anaerobio de flujo ascendente o descendente, el reactor de lecho expandido y el reactor de lecho fluidificado. Al segundo, el reactor anaerobio de flujo ascendente de manto de lodos (UASB), el reactor anaerobio de lecho fluidificado y el digester de manto de lodo expandido (Rivera, 1998). Para la investigación se documentará el proceso de baja tasa de tanque séptico y el proceso de alta tasa de filtro anaerobio de flujo ascendente.

### ➤ **Tanque Séptico:**

Es un reactor cerrado que recibe las aguas residuales, los sólidos presentes en el agua se sedimentan por la acción de la gravedad y son degradados anaeróticamente en el fondo; a su vez, el material flotante es retenido en la superficie del líquido formando una capa gruesa que ayuda a las condiciones anaerobias (Rivera, 1998). Su función es separar los sólidos del agua, promover la digestión limitada de la materia orgánica, almacenar sólidos sedimentados, permitir la descarga del líquido estabilizado para posterior tratamiento y disposición final (Peña, 2001). El tanque séptico está diseñado de tal forma que las aguas residuales permanezcan el tiempo necesario, con el fin de que se efectúen los procesos biológicos y físicos mediante los cuales las bacterias anaerobias descompongan la materia orgánica convirtiéndola en gases, líquidos y sólidos, que se separan dentro del tanque por procesos físicos de sedimentación, flotación y metabolización por parte de organismos conformando mantos de lodos (CRC, 2005).

El tanque séptico es el inicio de la descomposición anaerobia de la materia orgánica que se lleva a cabo con tiempos hidráulicos de retención del orden de 10 a 12 horas, de tal forma que cerca del 40 a 60% de la materia orgánica combinada es removida (CRC, 2005). El tanque séptico se puede construir de uno, dos o tres compartimentos y en materiales como ladrillo, concreto o material plástico y generalmente son rectangulares (Osorio, 2003).



Dentro de las principales características técnicas se tiene que no requiere energía eléctrica para su funcionamiento. Se debe realizar una inspección que consiste en monitorear que no existan fugas en el cuerpo del tanque y que el agua entre y salga del sistema de manera libre. Hay que extraer periódicamente el lodo que se acumula en el fondo del tanque (CRC, 2005).

➤ ***Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente:***

Es un reactor donde la materia orgánica es estabilizada por la acción de microorganismos que se encuentran adheridos a un medio de soporte (Rivera, 1998). La función del filtro es remover los sólidos no sedimentables que por tener un peso específico menor al del agua, no se removieron en el tanque séptico. De igual manera en el filtro se remueve del 40 al 50% de la materia orgánica biodegradable que entra al sistema (CRC, 2005).

Este tipo de filtro puede estar construido en concreto, ladrillo o en material plástico lleno de piedras u otro material inerte como el polipropileno, que sirve de soporte a los microorganismos, constituyendo un lecho con elevado grado de vacíos (Osorio, 2003). Estos filtros son operados con flujo vertical (ascendente o descendente). En el tratamiento de aguas residuales domésticas se emplea generalmente las unidades de flujo ascendente, ya que tienen una mejor remoción de sólidos suspendidos que los de flujo descendente. Debido a que pueden presentar problemas por taponamiento es necesario realizar labores de limpieza entre una y dos veces por año para mantener la eficiencia y eliminar los sólidos suspendidos atrapados en el medio (Rivera, 1998).

➤ ***Humedal Artificial:***

Es un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza plantas emergentes adaptadas al crecimiento en medio saturado. Los humedales consisten en canales inundados de poca profundidad que en su interior contienen un medio filtrante para permitir el movimiento lento del agua y promover el crecimiento de las plantas.

La remoción de los contaminantes del agua residual se realiza por medio de procesos físicos, químicos y biológicos como son: sedimentación, filtración, transferencia de gases, adsorción, degradación microbiológica, nitrificación, desnitrificación, y fijación de nutrientes. Existen dos tipos de sistemas usados: 1) Sistemas de Flujo Superficial y 2) Sistemas de Flujo Subsuperficial (Rivera, 1998).

***Sistemas de Flujo Subsuperficial:***

Es un sistema de tratamiento natural que simula las condiciones de un humedal

natural. Es un digestor de medio fijo, de flujo en pistón horizontal y elementos fitológicos. Está compuesto por una capa de humus y un lecho de material triturado o grava de 4 a 7 cm (Peña, 2001). El material que cubre el lecho filtrante (material triturado o grava) debe ser rasgado o perforado para permitir la entrada de las raíces de las plantas que serán sembradas sobre el lecho en una capa de tierra vegetal o humus que no debe sobrepasar 10 o 15 cm de espesor (Hernández, 2000).

Durante la construcción del filtro fitopedológico se debe cuidar que al colocar la grava o medio de soporte, ésta no sea compactada durante la construcción. Si la grava se usa como medio de soporte se debe lavar antes de su colocación y requiere ponerle una capa de 10 cm de abono o tierra, por lo menos durante los primeros meses de instalación, posteriormente las plantas obtendrán sus nutrientes del agua residual que pasa por el lecho. Las plantas más recomendadas son aquellas que tienen rizomas y raíces densas y profundas. Son muchas las especies que pueden emplearse, teniendo en cuenta que sean apropiadas para alimentarse con desechos ricos en nutrientes, transportar oxígeno a la zona de raíces y crecer en suelos de altos niveles freáticos (Hernández, 2000).

➤ **Manejo de Lodos:**

Uno de los productos de la biotransformación del agua residual son los lodos, que se pueden agrupar de forma general en lodos primarios, que son materia orgánica particulada, en estado crudo, y lodos secundarios, que son biomasa, conglomerado de bacterias producto y causa del tratamiento del agua. A veces los dos tipos de lodos se mezclan, produciendo un lodo combinado, sin embargo, se recomienda tratarlos separadamente mientras se pueda, ya que sus características físicas, químicas y biológicas son diferentes (Orozco, 2005).

Las características de los lodos que se producen en una planta de tratamiento varían según su procedencia y edad. El tratamiento de los lodos se puede hacer mediante: espesamiento, digestión, deshidratación e incineración. La disposición final de los lodos una vez deshidratados, estabilizados o las cenizas después de la incineración pueden ser llevados a rellenos sanitarios o usados como acondicionadores de suelos o fertilizantes (Orozco, 1985).

Tanto para el tratamiento de las aguas residuales como de los lodos producidos existe una variedad de procesos que pueden ser utilizados. La selección de alternativas dentro de esta gran variedad de procesos ha de considerar aspectos de orden técnico, económico, social y ambiental. (URL 6).

## 5.4 SOSTENIBILIDAD DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Desde los años 70, la participación de la comunidad empezó a ser tema de discusión para solucionar los problemas que la tecnología no había podido resolver. A partir de la Conferencia de Hábitat en Vancouver, en 1976, y de la conferencia de Mar de Plata en Argentina, en 1977, la participación comunitaria se volvió una política. Las primeras iniciativas surgieron en América, el énfasis fue principalmente hacia la movilización de la comunidad para ayudar en la construcción de proyectos planeados e implementados por las autoridades nacionales. Sólo al final de los años 80, entraron procesos más fuertes orientados a involucrar a la comunidad en la toma de decisiones y la planificación. Se considera que este espacio es vital para posibilitar que la gente no se sienta sólo como beneficiaria, sino como gestora y responsable en el desarrollo y sostenimiento de sus sistemas (URL 8).

En Latinoamérica, los procesos de descentralización están colocando en manos de las municipalidades la responsabilidad de la prestación de los servicios públicos, como es el abastecimiento de agua y el saneamiento. Adicionalmente, se están abriendo espacios de participación ciudadana. Estas dos posibilidades facilitan la toma de decisiones en los niveles locales. Sin embargo, esta responsabilidad fue asignada generalmente sin un proceso de transición que fortaleciera a los municipios técnica, administrativa y económicamente. En el caso de Colombia, la situación en la prestación de los servicios empeoró ante la incapacidad de los entes de apoyo para brindarlo oportunamente. La peor parte la llevaron los municipios pequeños y las zonas rurales (Restrepo, 2000).

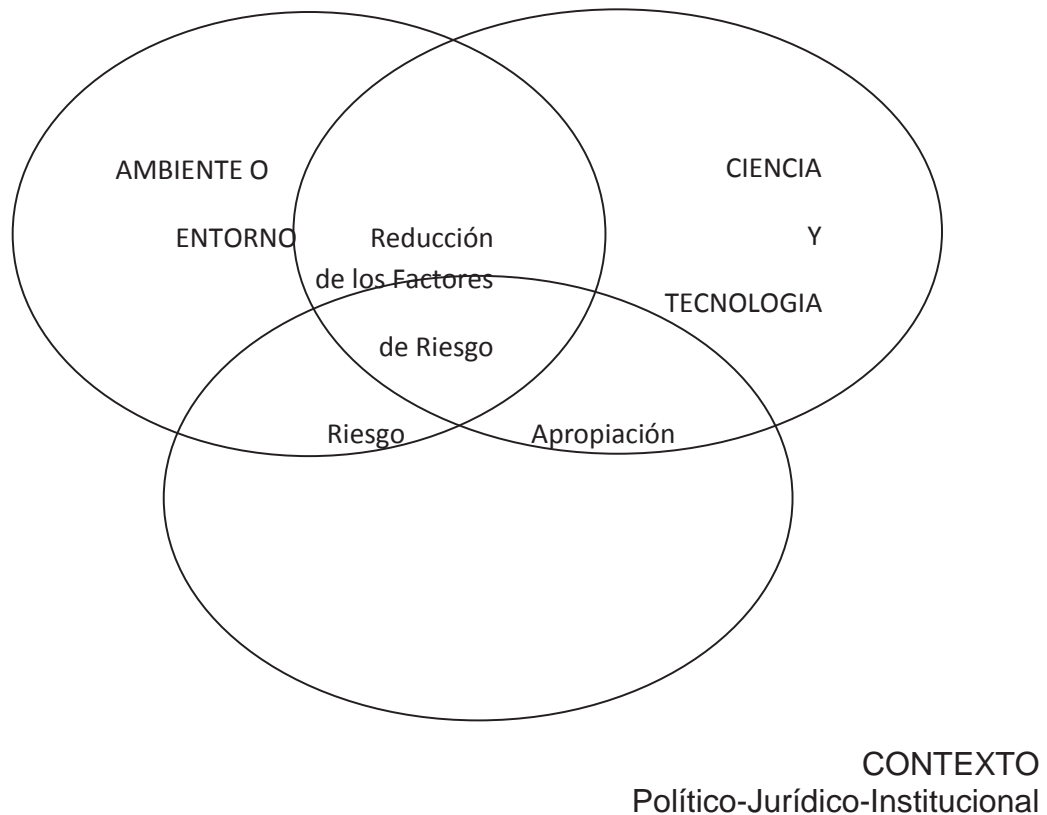
El concepto de sostenibilidad es definido por WASH (1993) como la capacidad de un sistema para continuar desempeñando sus funciones a un nivel aceptable y por un período indefinido de tiempo, utilizando los insumos especificados en el diseño del sistema (Galvis *et al.*, 1996). Sin embargo, Chávez (2007) cita otras definiciones de sostenibilidad, como son:

- Un sistema de agua o saneamiento es sostenible cuando durante todo su periodo de diseño proyectado, suministra el nivel deseado de servicio con criterios de calidad y eficiencia, puede ser financiado o cofinanciado por sus usuarios, con un mínimo razonable de apoyo externo y asistencia técnica, y usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al ambiente (Quiroga *et al.*, 1997).
- Mantenimiento de un nivel aceptable de los servicios durante el periodo de vida diseñado para el sistema (Quinton, 1998).
- Si algo continúa o no trabajando a través del tiempo (Abrams, 1998).
- Mantener o ampliar un nivel predeterminado de beneficios después de la finalización de un proyecto, sin perjudicar el capital físico, social y natural

(Altamirano, 2001).

Por su parte Galvis *et al.* (1996), consideran un sistema sostenible cuando logra desempeñar las funciones para las que fue diseñado, a un nivel aceptable y que brinde los beneficios esperados indefinidamente, o al menos durante toda su vida proyectada, pudiendo ser operado, mantenido y administrado por la comunidad, utilizando el mínimo de recursos externos y preservando el medio ambiente y las condiciones sociales, económicas y culturales de la población. En la Figura 5, se presenta el marco conceptual propuesto por el instituto CINARA, en la búsqueda de la sostenibilidad en programas de agua potable y saneamiento básico, (la comunidad, el ambiente y la tecnología fundamentada en la ciencia, todos dentro del marco jurídico-político e institucional).

**Figura 5. Marco conceptual para ilustrar la búsqueda de soluciones sostenibles en programas de desarrollo en agua y saneamiento.**



Fuente: Restrepo (2000)

La primera dimensión es la comunidad y las instituciones a nivel local que se identifican con un problema, el rol de las instituciones es de apoyo y asesoría, que mediante un trabajo en equipo permite el fortalecimiento de las posibilidades de la

comunidad. La segunda dimensión es el ambiente, o entorno en el cual vive la comunidad. El intercepto entre comunidad y ambiente determina los riesgos existentes o potenciales a trabajar. La tercera dimensión es la ciencia y tecnología que permite a la comunidad disminuir los factores de riesgos ocasionados por el medio ambiente. Y el intercepto entre tecnología y comunidad posibilita la selección de la alternativa para el manejo de los riesgos que se tengan. Sin embargo, se debe lograr que la comunidad se apropie de dicha tecnología (Restrepo, 2000).

La sostenibilidad de los proyectos de saneamiento empieza desde la selección misma de las alternativas de tratamiento y reúso para una situación particular bajo estudio. En este sentido, un estado de sostenibilidad solo será alcanzado si se efectúa una correcta selección del sistema de tratamiento, si en todo el proceso de planificación, diseño, construcción, arranque y funcionamiento del sistema en estado estable se da un verdadero proceso de participación de los usuarios, de tal manera que se genere una verdadera apropiación de la tecnología por parte de la comunidad. Sobra decir que los aspectos de costos (tarifas del servicio) así como la capacitación en las labores de O&M del sistema deben ser ampliamente discutidos y acordados con los usuarios para garantizar el buen funcionamiento de las diferentes unidades de tratamiento y la sostenibilidad técnica y económica del sistema como un todo (Madera *et al.*, 2003).

El interés por incorporar el concepto de saneamiento sostenible como principio para lograr ecológica y económicamente el manejo sostenible de las aguas residuales se ha incrementado a nivel mundial dentro de investigadores, inversionistas, fabricantes, académicos e instituciones de investigación, organizaciones internacionales e instituciones (Banco Mundial, UNICEF, UNESCO), agencias de cooperación internacional de países como Suecia, Alemania, y actualmente Japón (SIDA, GTZ, JICA); y autoridades locales, regionales y nacionales de varios países principalmente en África, Asia y América Latina (URL 3).

Este interés se ha reforzado fuertemente debido a las deficiencias o desventajas de los sistemas de gestión de aguas residuales que son convencionalmente centralizados. Las nuevas ideas, conceptos, aproximaciones y sistemas del saneamiento se basan en una visión global de flujos de materia como parte de los sistemas sostenibles ecológica y económicamente de la gestión del agua residual a la medida de las necesidades locales. No se favorece una tecnología específica, pero constituye una nueva filosofía en el manejo de sustancias que hasta ahora simplemente se veían únicamente como aguas residuales y sus desperdicios (URL 3).

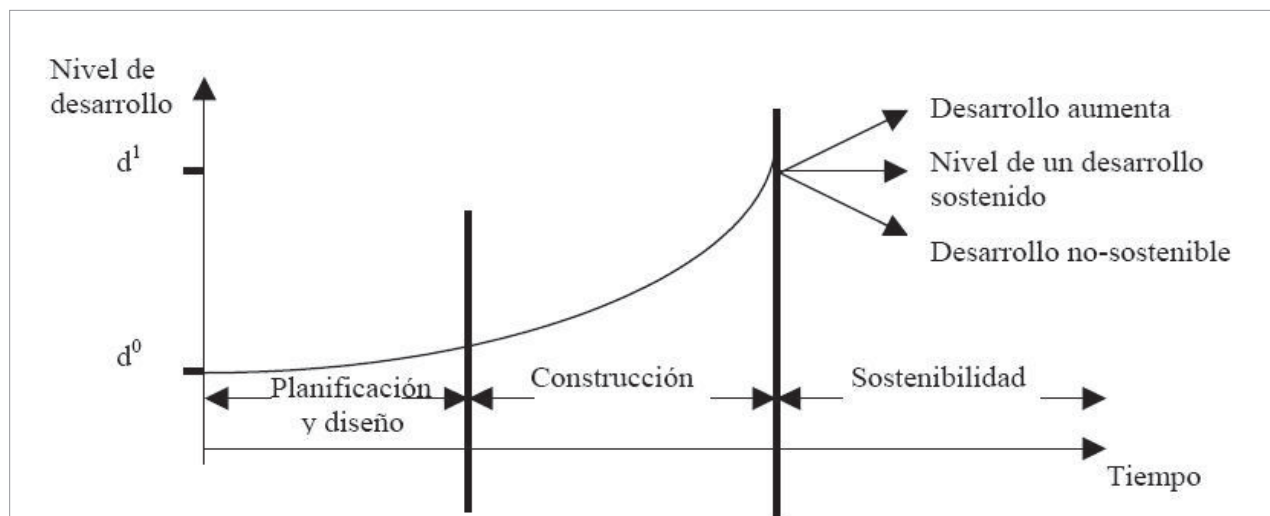
La participación comunitaria va más allá de simplemente informarse acerca de los planes de desarrollo o de tener en cuenta los conocimientos de la comunidad local y sus prioridades. Llevar a cabo una verdadera consulta comunitaria significa que

la comunidad, y los planificadores, celebran un diálogo donde las prioridades y las ideas de la comunidad ayudan a configurar los proyectos. El diseño definitivo de un proyecto refleja las respuestas de la comunidad. Este proceso puede dar lugar a una participación donde la comunidad comparte autoridad y verdadero poder en todo el ciclo de desarrollo, desde las decisiones normativas y la identificación de proyectos, hasta la evaluación final. La participación comunitaria también supone que los sectores sociales que antes no tenían voz en el proceso, como por ejemplo las mujeres, y los grupos indígenas, participen activamente en las conversaciones relativas a la identificación, la concepción, el análisis, la implementación, el control y la evaluación de los proyectos que los pueden afectar. La comunidad ya no es simplemente la meta o el objetivo del desarrollo, sino también un sujeto activo en el proceso (URL 8).

## FACTORES DE SOSTENIBILIDAD

En la Figura 6 puede visualizarse la aplicación del concepto de sostenibilidad, donde muestra el nivel de desarrollo de una comunidad a lo largo de la ejecución de un proyecto de agua potable y saneamiento, en el tiempo.

**Figura 6. Concepto de sostenibilidad**



Fuente: Restrepo (2000)

Una vez detectada la necesidad, existe un nivel de desarrollo  $d^0$ , que es el momento donde empieza el proyecto, con la fase de Planeación. Cuando se finaliza la construcción de la infraestructura en el punto  $d^1$ , se pone a prueba la sostenibilidad y se espera que se mantenga o se aumente el nivel de desarrollo alcanzado, sin embargo cuando el nivel baja se considera que la sostenibilidad está amenazada. La sostenibilidad por tanto es un proceso dinámico que se ha de

construir durante todo el tiempo del proyecto y rebasar los límites de un proyecto en particular y se ha de tornar en un concepto que involucra dimensiones culturales, económicas, sociales y tecnológicas. Algunos de los factores que promueven la sostenibilidad son:

- Planificación integral.
- Gestión, organización y participación comunitaria.
- Selección de tecnología.
- Financiamiento comunitario.
- Operación, mantenimiento y administración de los recursos hídricos.
- Apoyo institucional continuo.

Estos factores deben estar en todas las fases del proyecto, desde la etapa de planeación, diseño y construcción (Restrepo, 2000).

Si bien es cierto que la participación comunitaria ha venido aumentando en los procesos de agua potable y saneamiento básico, aún falta por fortalecer en las comunidades la suficiente capacidad de gestión, que implica asumir los proyectos desde ópticas más amplias, que consideren aspectos como:

- ✓ La integralidad de los proyectos, de tal manera que se dé igual importancia a los aspectos técnicos y a los sociales.
- ✓ Trabajar participativamente en equipos interdisciplinarios.
- ✓ Empezar por construir y fortalecer el concepto de comunidad para que el proyecto se maneje con criterios de solidaridad.
- ✓ Hacer de la participación comunitaria el eje central del proyecto para garantizar que la obra cumpla su fin y se use con criterios de sostenibilidad.
- ✓ Promover estrategias de trabajo que permitan la participación de todos los usuarios del sistema en las decisiones y no solamente los líderes.
- ✓ Trabajar con la comunidad desde su contexto sociocultural específico, lo cual implica el reconocimiento y valoración del saber.
- ✓ Trabajar con el convencimiento de que el proyecto es de la comunidad y no de quien construye, y que será ella la responsable de su sostenimiento.

Las comunidades rurales deben garantizar el funcionamiento y sostenibilidad de los sistemas, más aún cuando son ellas mismas quienes deben asumir la responsabilidad de administrarlos (URL 8). Este trabajo de grado busca evaluar la sostenibilidad de la Ptar de La Vorágine, considerando aspectos técnicos, sociales, ambientales y económicos.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine, Corregimiento de Pance del Municipio de Santiago de Cali.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Caracterizar los componentes físicos y operacionales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda la Vorágine.
- ✓ Identificar las características sociales, económicas y ambientales de la comunidad de la zona objeto de estudio.
- ✓ Evaluar la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine.
- ✓ Proporcionar recomendaciones referentes a la sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine.



## 7 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el objetivo de este proyecto de evaluar la sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de La Vorágine, se realizaron unas actividades de investigación, como fueron:

### ✓ **Revisión bibliográfica, recopilación de información:**

Se buscó información acerca del tratamiento de aguas residuales en las zonas rurales, sistemas de saneamiento no convencionales, información del sistema de alcantarillado en estudio, el estado actual de las estructuras que lo conforman, formas de operación y mantenimiento, tarifas del servicio, inversiones realizadas, personal a cargo, características sociales, económicas, culturales y ambientales de la localidad, organización de la comunidad.

Información que se obtuvo a través de libros, tesis, documentos físicos y artículos, información de internet, consultas a instituciones de apoyo y personal de ASOVORAGINE.

### ✓ **Trabajo de campo:**

Con el objeto de diagnosticar el funcionamiento de la planta y cumplir así con el primer objetivo, se llevaron a cabo labores de reconocimiento de la planta mediante mediciones de las estructuras, aforos del agua antes y después de su paso por la planta y, en las diferentes unidades se hicieron muestreos puntuales donde se evaluaron parámetros como: Caudal, Temperatura, pH, DBO, DQO, SS, Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales y totales. Se entrevistó al operador a cargo del sistema y se recolectó información de ASOVORAGINE E.S.P.

Para desarrollar el segundo objetivo se llevaron a cabo encuestas a una muestra de la zona; teniendo en cuenta la condición turística de la comunidad, se diseñaron dos tipos de encuestas, una para los establecimientos y otra para las viviendas. Los establecimientos conectados al servicio del alcantarillado son 50 de los cuales se encuestaron 12 que representan el 24% del total. Las viviendas en la vereda son 9 las cuales fueron todas encuestadas y representan el 100% de estas.

Esta actividad se realizó con el fin de caracterizar la participación y organización de la comunidad, aspectos socio-económicos; por ejemplo, la capacidad de pago de los usuarios, aspectos ambientales de la zona y aspectos relacionados entre la comunidad y la planta de tratamiento, como la satisfacción con la prestación, continuidad y costo del servicio.

La evaluación de la sostenibilidad definida para el tercer objetivo, se realizó con base en los criterios e indicadores a considerar propuestos por CINARA, para valorar la sostenibilidad de sistemas de saneamiento, (Tabla 4). Se utilizó esta tabla ya que esta investigación hace parte del proyecto Gestión Integral del Recurso Hídrico del instituto CINARA, y es la herramienta que están utilizando para identificar la sostenibilidad en sistemas de saneamiento en la zona rural de la ciudad de Cali.

Se buscó evaluar si la tecnología de saneamiento aplicada en La Vorágine cumple los criterios que definen si un sistema de saneamiento es sostenible. Para completar este trabajo de campo se visitó a diferentes instituciones con el fin de investigar y/o entrevistar personas que estuvieran al tanto del tema y del proyecto.

**Tabla 4. Criterios e indicadores para valorar la sostenibilidad de sistemas de saneamiento**

<b>FACTOR DE SOSTENIBILIDAD</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>META</b>
Planificación integral	Cobertura Alcantarillado = (Número de Usuarios / Número de Viviendas) * 100	100%
Cantidad	Caudal (Ips)	*
	Volumen Mensual (m3/mes)	*
Calidad del Servicio	Cobertura de Medición = (Número de medidores domiciliarios instalados / Número de usuarios)* 100	100%
	Remoción DBO (%)	>= 80
	Remoción Sólidos Suspendidos (%)	>= 80
	Remoción Grasas y Aceites (%)	>= 80
	pH	5.0 - 9.0
Continuidad	Tiempo Diario de Funcionamiento (h/día)	*
	Tiempo Mensual de Funcionamiento (día/mes)	*
Participación y Gestión Comunitaria con enfoque de Género	Gestión Dirigencial: Existe un sistema de organización que permite la participación efectiva de los usuarios en el control y toma de decisiones para el manejo del aguas residual.	Si
	Participación de la Mujer: En la Asociación que está encargada del manejo del agua residual participan mujeres con cargos de toma decisiones.	100%
	Participación de la Comunidad: Asistencia de los usuarios a las reuniones convocadas por la Asociación	100%
	Socialización de los Proyectos: Socialización a los usuarios de los proyectos de saneamiento.	Si
O & M	Daños (# daños/mes)	*
	Tiempo de Respuesta a Daños (días)	*

FACTOR DE SOSTENIBILIDAD	INDICADOR	META
O & M	Índice de Mantenimiento (# componentes con mantenimiento / # total de componentes)	1
	Capacidad Institucional: Existe personal entrenado en la operación y mantenimiento de la planta con equipos y métodos.	Si al menos 1 persona
	Existe la capacidad de realizar o contratar la ejecución de los análisis de laboratorio requeridos para la operación normal de la planta de tratamiento (personal, materiales y equipos).	Si
	Existe la capacidad de realizar o contratar la ejecución de las actividades de mantenimiento de la planta de tratamiento (personal, materiales y equipos).	Si
Estado de la Infraestructura	Índice de Fugas (# de componentes con fugas / # total de componentes)	0
	Tiempo de respuesta a fugas (días)	*
Administración	Índice ingresos/egresos	$\geq 1$
	Índice de O&M (recursos disponibles para O&M / gastos de O&M)	$\geq 1$
	Morosidad (%)	*
	Reuniones con vocales de control (# / mes)	*
	Participación en el establecimiento de la tarifas	100%
	Aceptación del valor de la tarifa	100%
Gestión Integral del Recurso Hídrico	Campañas de uso eficiente del agua: Existen campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso eficiente y el ahorro del agua	Si
	Gestión de recursos hídricos: Existen campañas educativas y de concientización a la comunidad para la gestión de recursos hídricos.	Si
Apoyo institucional continuo	Crédito o financiación de obras: Entidades gubernamentales y no gubernamentales otorgan crédito o financian obras de infraestructura.	Si
	Asesoría o capacitación en la operación de la planta: Entidades gubernamentales y no gubernamentales asesoran y capacitan en la operación, mantenimiento, administración de la planta de tratamiento.	Si
	Vigilancia de la calidad del servicio: Entidades gubernamentales y no gubernamentales vigilan la calidad del servicio prestado por las obras de infraestructura de agua potable y saneamiento	Si
Satisfacción del usuario	Indicadores de calidad	Si
	Quejas (# quejas/mes)	*
	Tiempo de respuesta a quejas (días)	*

\*La meta se define en el ámbito local.

Fuente: Restrepo (2001)

✓ **Procesamiento de la Información:**

Una vez recolectada la información necesaria se pasó al desarrollo y procesamiento de dicha información donde se registraron los resultados, haciendo una discusión de los mismos, y por último se elaboraron unas conclusiones y recomendaciones con el fin de obtener un mayor aprovechamiento y/o mejoramiento del sistema de tratamiento existente y a su vez dando cumplimiento al cuarto objetivo planteado para este proyecto.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Caracterización del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento de las aguas residuales en la vereda La Vorágine empieza en los domicilios que cuentan con trampa grasas, las cuales en la mayoría de los casos les hacen un mantenimiento entre cada 15 o 30 días, y el material retirado es enterrado o dispuesto para que el servicio de aseo lo recoja.

De allí las aguas residuales son conectadas y transportadas por una red de alcantarillado que tiene una longitud de 1.5 km desde el sector la Playita hasta el Club de Empleados, en tubería PVC de 8" de diámetro en el primer tramo, mientras que el siguiente tramo es de 12" de diámetro. A la red se hace una vigilancia casi que diaria, ya que se encuentra en la vía que es el tránsito diario del operador, sin embargo se hace un ingreso una vez al año para observar dentro de ella su estado. Desde el año 2006 se hizo adecuación a la red y a la vía, lo que ha facilitado tanto la inspección como su funcionamiento, ya que la red no ha vuelto a presentar taponamiento, antes de la pavimentación se introducían a la red arenas, piedras, palos, material vegetal, entre otros materiales que no permitían su adecuada operación.

La planta de tratamiento de aguas residuales maneja un caudal promedio de 4 a 6 l/s, cuenta con tres líneas de operación, la tercer línea entró en funcionamiento en el año 2009, a partir de un estudio realizado por el Instituto CINARA, y con financiamiento de la Secretaria de Salud Municipal y el Comité de Cafeteros, quienes finalmente realizaron la obra de construcción. La Ptar funciona 24 horas/día. La planta de tratamiento cuenta con:

#### – Cribado

Se hace a través de rejas que tienen un tamaño de 0.6x1 m, ubicadas dentro de un tanque de 3x1 m. de dimensión. Las rejas se manejan manualmente y a diario se evalúa su funcionamiento y de ser necesario se retira el material sobrante, que se dispone para recolección de la empresa de aseo de Cali.



Foto 1. Cribado



Foto 2. Cadica

– **Cámara de distribución de caudal (Cadica)**

Tiene una dimensión  $1 \times 1 \text{ m}^2$  y de ellas se derivan tres líneas de distribución.

– **Tanque séptico**

Existen tres tanques sépticos trabajando en paralelo. Los dos primeros tanques sépticos tienen profundidades de 2.5 m, y un área de  $50 \text{ m}^2$  (10 m de largo \* 5 m de ancho), cada uno, mientras el tercer tanque tiene una profundidad de 4,5 m. Los tanques son de forma rectangular, y tienen un tiempo de retención de 23 horas aproximadamente, cada uno maneja un caudal de 1 o 2 l/s aproximadamente. Cada 2 años se hace retiro de lodos.



Foto 3. Tanque séptico tercer línea

– **Filtro anaerobio de flujo ascendente**

Igualmente se tiene tres filtros de flujo ascendente, cada uno trata un caudal de 1 o 2 l/s aproximadamente, tienen un tiempo de retención de 12 horas, cuentan con canto de río 4 a 7 cm y otra capa superior de grava triturada que forman el medio filtrante y rosetas plásticas. Diariamente se verifica que no haya taponamiento ni materiales extraños.



**Foto 4. Rosetas plásticas de filtro anaerobio**

– **Filtro fitopedológico**

Se tienen 5 unidades de filtro fitopedológico, que son de flujo subsuperficial y tienen un tiempo de retención de 6 a 8 horas, con un volumen de 21m<sup>3</sup> de largo, 1m de ancho y 1,5m de profundidad cada uno y entre las especies que tienen son papiros y cuatro especies diferentes de heliconias.



**Foto 5. Papiros de filtro fitopedológico**



**Foto 6. Heliconias de filtro fitopedológico**

A continuación en la Tabla 5, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de los vertimientos de la Ptar del año 2008, elaborado dentro de un estudio hecho por Aponte (2008). En el 2010 ejecutados por parte del laboratorio ambiental de la CVC, que es la entidad encargada de la vigilancia y control de la Ptar, y un muestreo puntual realizado en el mes de mayo de 2011 dentro de esta investigación, para este año 2011, se presenta además en la Tabla 6, el resultado fisicoquímico y microbiológico. Los lodos que son generados en los tanques sépticos no se les realizó muestreo dentro de esta investigación. En los anexos 1 y 2, se presentan los resultados completos de los muestreos de los años 2010 y 2011. Para el año 2009 no se tienen registros de caracterización de la Ptar, ya que es el año en que se realiza la ampliación.

**Tabla 5. Caracterización de vertimientos líquidos en los años 2008, 2010 y 2011 en la Ptar La Vorágine.**

PARÁMETROS	UND	2008		2010		2011	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
pH	Un	6,1	6,7	6,9	6,9	7,2	6,9
Temperatura	°C	22,0	22,0	25,4	26,0	25,0	25,0
DBO	mg O/l	70,0	21,0	286,0	18,0	114,0	21,0
DQO	mg O/l	192,0		473,0	360,0	626,0	459,0
Sólidos Suspendidos Totales	Mg SST/l	44,0	58,0	325,0	16,0	151,0	14,0
Grasas y Aceites	mg grasas/l	150,0		32,2	14,7	----	----



**Tabla 6. Análisis de la calidad de agua del sistema de tratamiento de agua residual existente en La Vorágine.**

Sitio de muestreo	Entrada Ptar	Salida Tanque Séptico	Salida Filtro Anaerobio	Salida Filtro Fitopedológico	Descarga
T (°C)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Ph (unidades)	7,2	6,7	6,8	7,0	6,9
DQO (mg DQO/L)	626,0	492,0	476,0	459,0	459,0
DBO (mgDBO/L)	114,0	54,0	36,0	48,0	21,0
SST (mg/L)	151,0	42,	14,0	8,0	14,0
E. Coli (UFC/1000ml)	30000,0	50000,0	70000,0	1500,0	1300,0
Coliformes Totales	14000000,0	3100000,0	10100000,0	85000,0	140,0
Coliformes Fecales	2650000,0	2320000,0	178000,0	4000,0	3000,0

En la tabla 7, se presenta los resultados de la carga contaminante para los años 2010 y 2011 de acuerdo a las concentraciones obtenidas en respectivos años.

**Tabla 7. Carga contaminante**

Parámetro	2010		2011	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Caudal medio (l/s)	7,48	7,48	7,23	7,23
Carga DBO (Kg/día)	185	11,6	71,2	13,1
Carga DQO (Kg/día)	306	23	391	28,6
Carga SST (Kg/día)	210	10,1	94,3	8,74

En la tabla 8, se presenta los porcentajes de remoción de DBO, DQO y SST, para los años 2010 y 2011 de acuerdo a las concentraciones obtenidas en respectivos años.

**Tabla 8. Porcentaje de remoción**

Parámetro	2010	2011
DBO (%)	93,71	81,58
DQO (%)	92,48	92,67
SST (%)	95,19	90,73

## **8.2 Identificación de las características de la comunidad de la vereda de La Vorágine**

A continuación se presentan los resultados de la realización de dos tipos de encuesta, la primera realizada a los restaurantes, establecimientos y/o negocios de comidas que son los más usuales en la zona y una segunda encuesta a las familias que no tienen ninguno de estos negocios. Estas encuestas se realizaron con el fin de conocer las características económicas, ambientales, participativas y de percepción del sistema del alcantarillado. El total de establecimientos son 50 de los cuales 12 fueron encuestados y representan el 24%, de los que se diferencia entre establecimientos grandes cuando cuentan con más de 5 empleados y establecimientos pequeños ya que cuentan con 5 o menos empleados. En el Anexo 3, se presentan los formatos usados para las encuestas a los establecimientos.

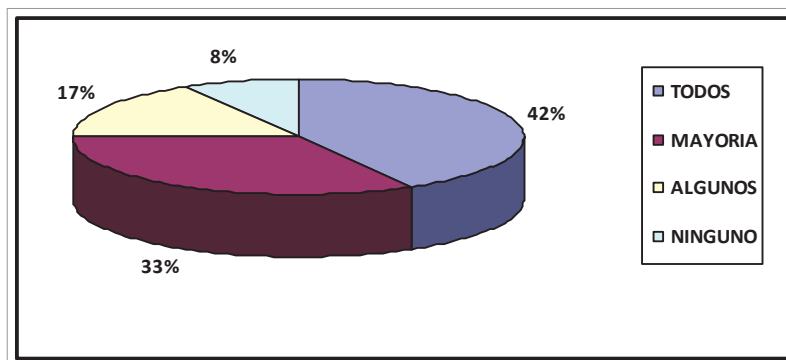
### **a- Generalidades de quien responde la encuesta**

El 83,33% de quienes respondieron a las encuestas son propietarios de los establecimientos y el 16,67% son empleados. El 25% cursaron la primaria, 58,33% son bachilleres o cursaron algún grado de bachillerato, el 8,33% son técnicos y el 8,33% son universitarios.

### **b- Aspectos generales de los establecimientos**

El 33,33% de los establecimientos cuenta con más de 5 empleados, mientras el 66,67% con 5 o menos empleados. De los establecimientos encuestados el 41,67% dicen que todos sus empleados son de la vereda, el 33,33% la mayoría de sus empleados son de la zona, el 16,66% algunos y el 8,33% ninguno de sus empleados son de la vereda, en la gráfica 3 se presentan estos porcentajes. El 83,33% de los establecimientos atienden todos los días, mientras el 16,67% solo abren los fines de semana, siendo el día de mayor número de visitantes es el domingo, y pueden atender entre 100 y 500 personas por establecimiento aproximadamente los fines de semana.

**Gráfico 3. Empleados de los establecimientos que son de la vereda**



### c- Aspectos higiénicos relacionados con el sistema de alcantarillado

Ninguno de los establecimientos encuestados cuenta con almacenamiento de agua. El 100% de los establecimientos se abastecen del acueducto de la vereda y le dan como uso la preparación de alimentos y aseo del lugar. El 50% de los establecimientos usan agua del río para riego de plantas y/o aseo, el 41,67% no utilizan agua del río y el 8,33% solo le dan algún uso cuando el servicio de acueducto es suspendido. El 91,67% de los establecimientos que utilizan agua del río no le realizan ningún tratamiento al agua. Y ninguno de los establecimientos le da uso al agua lluvia.

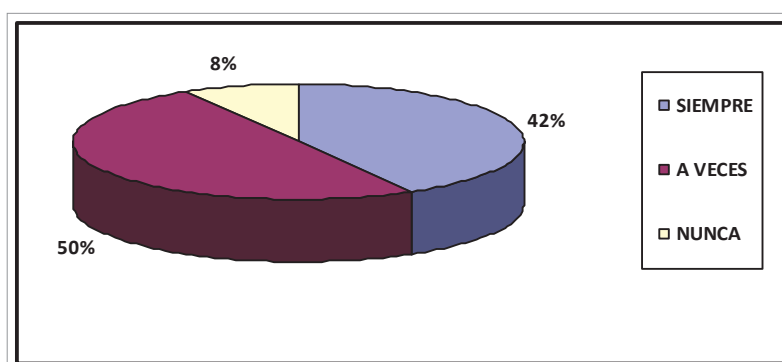
En el 75% de los establecimientos encuestados no se han presentado problemas del alcantarillado dentro ni fuera del mismo, sin embargo el 25% de los establecimientos han tenido problemas del alcantarillado debido a taponamientos dentro de los establecimientos. El 75% de los establecimientos no tienen ningún problema asociado al sistema de alcantarillado, mientras el 25% presentan problemas de malos olores y/o cucarachas y roedores. En ninguno de los establecimientos ha presentado enfermedades relacionadas con el agua en sus empleados en los últimos tres meses.

El 83,33% de los establecimientos tienen como sistema de evacuación de excretas el aparato sanitario convencional y el 16,67% cuentan con aparatos sanitarios de bajo consumo. De los establecimientos encuestados el 75% tienen entre 2 y 5 aparatos sanitarios y el 16,67% cuentan entre 5 y 10 y el 8,33% tiene 50 aparatos. La frecuencia de mantenimiento del sistema de evacuación de excretas en el 50% de los establecimientos es diaria y en el otro 50% el mantenimiento es semanal. El 91,67% de los establecimientos cuentan con trampa grasas entre 2 y 4, y el mantenimiento es entre cada 15 y 30 días, el 8,33% no cuentan con trampa grasas. Para el 100% de los establecimientos el sistema de evacuación de excretas está en buen estado y funciona.

#### d- Aspectos administrativos del sistema de alcantarillado

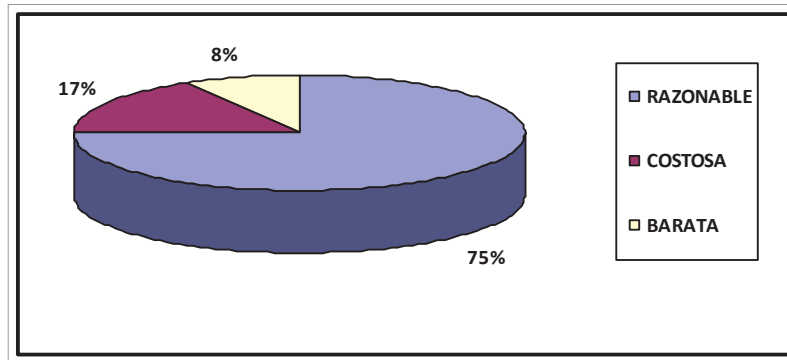
El 50% de quienes respondieron la encuesta afirman que Asovorágine es quien administra el servicio de alcantarillado, mientras para el otro 50% afirma que el Sr. Villa. El 83,33% afirma que el Sr. Villa es quien hace el mantenimiento al sistema de alcantarillado y el 16,67% afirma que es Asovorágine quien hace el mantenimiento. El 100% de los establecimientos afirma que se entera de las asambleas convocadas por la junta administradora, de los cuales el 41,67% siempre participa de dichas asambleas, el 50% solo a veces y el 8,33% nunca participa, en la gráfica 4 se muestra el porcentaje de participación en las asambleas convocadas por la junta.

**Gráfico 4. Asistencia a las asambleas por parte de los establecimientos**



El 100% de los encuestados afirman que la junta administradora del sistema de alcantarillado informa de daños y/o reparaciones a realizar, y el 91,67% sabe quién hace las reparaciones, el 8,33% no sabe quién las realiza. El 83,33% no participa ni como vocal ni como veedor en la junta administradora del sistema. El 66,67% afirma que saben del manejo financiero de la junta administradora y el 33,33% no tienen información. Para el 75% de los establecimientos la tarifa del servicio de alcantarillado le parece razonable, el 16,67% la considera costosa y el 8,33% afirma que es barata. En la gráfica 5, se puede apreciar detalladamente la opinión sobre la tarifa del sistema.

**Gráfico 5. Apreciación de la tarifa del servicio de alcantarillado en los establecimientos**



De quienes respondieron a la encuesta, el 41,67% afirman que han participado en campañas de uso eficiente del agua y en campañas de gestión de recursos hídricos y el 58,33% no ha participado en ningún tipo de campaña. El 83,33% de los establecimientos afirman que comunican sus quejas y/o reclamos al fontanero o a la junta administradora y 16,67% no han tenido queja alguna. El tiempo en que reciben las respuestas es en horas para el 66,67%, el 16,67% en días y el 16,67% no aplica este tiempo ya que no han tenido quejas.

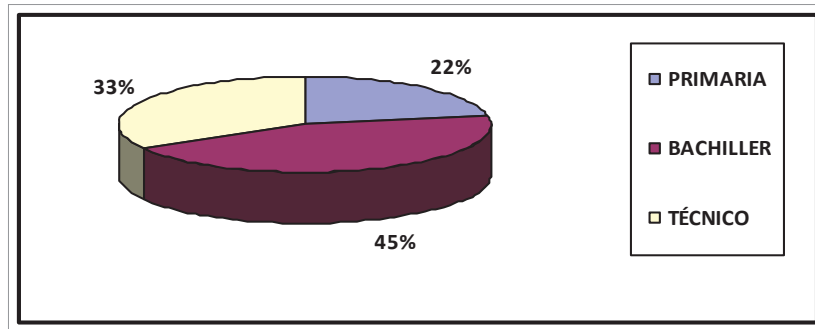
Para el 100% de los establecimientos piensan que es importante la participación comunitaria y la participación de la mujer en el manejo y administración del sistema de alcantarillado. Este 100% saben y conocen donde está ubicada la planta de tratamiento y quién la maneja y el 50% sabe de qué unidades está compuesta la Ptar, sin embargo el otro 50% no lo sabe. Para el 100% de los establecimientos encuestados tienen una percepción buena de la calidad del servicio de alcantarillado.

Para las viviendas se utilizó un formato de encuesta similar al de los establecimientos, adaptado a las condiciones domésticas. En el anexo 4 se presenta el formato usado. Las viviendas encuestadas fueron 9. Las casas no tienen ningún tipo de identificación.

a- Generalidades de la persona quien responde la encuesta

El 66,67% de quienes respondieron a la encuesta son mujeres, mientras el 33,33% fueron hombres, entre las ocupaciones que desarrollan se encuentran amas de casa 44,44%, entre comerciantes, vendedores e independientes el 33,33%, trabajadores dependientes el 11,11% y estudiantes 11,11%. El 22,22% tienen un nivel de escolaridad de primaria, el 44,44% bachiller y el 33,33% un nivel técnico. Y son cabeza de familia el 22,22%. En la gráfica 6, se presenta el nivel de escolaridad entre los habitantes de la vereda.

**Gráfico 6. Nivel de escolaridad entre los habitantes de la vereda**

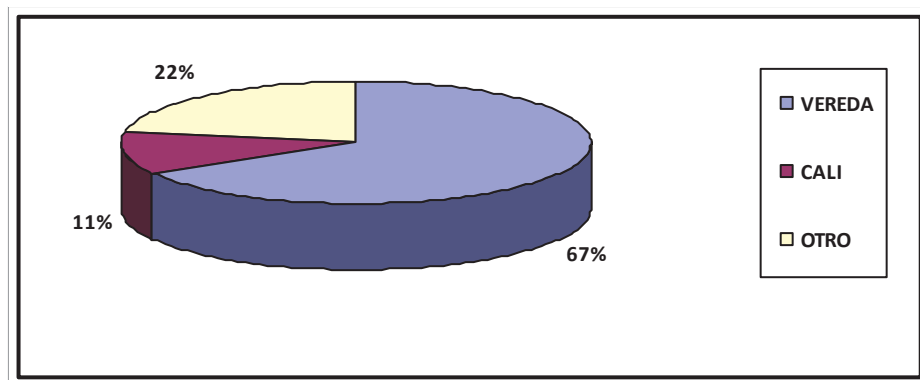


**b- Aspectos generales de la comunidad**

El 66,67% de la comunidad es de origen de la vereda, el 11,11% tiene como origen la ciudad de Cali, mientras el 22,22% es de otro lugar. El 44,44% de los encuestados la vivienda donde residen es propia y el 55,55% vive en casa alquilada. De las viviendas encuestadas el 33,33% tienen hasta 3 habitantes por vivienda, el 44,44% tienen entre 4 y 5 habitantes y el 22,22% tiene más de 6 habitantes. En su mayoría la familia está constituida por padre, madre, hijos, y en algunas ocasiones se tienen sobrinos y abuelos.

En la gráfica 7, se presenta el origen de los habitantes de la vereda.

**Gráfico 7. Origen de los habitantes de la vereda**



Solo en el 22,22% de las viviendas encuestadas tienen niños menores de 5 años y la persona cabeza de familia en un 44,44% es la madre, mientras en un 55,55% es el padre, entre las ocupaciones de la persona cabeza de familia se encuentra ama de casa, pensionados, independientes, vendedores. Aparte de la persona cabeza de familia en el 55,55% de las viviendas encuestas hay entre una y dos personas que trabajan, el 22,22% solo la persona cabeza de familia trabaja, el

11,11% todos trabajan y el 11,11% la mayoría de los habitantes de la familia trabaja y el tipo de actividad que llevan a cabo en general son independientes y algunos otros trabajadores en la zona.

#### c- Aspectos higiénicos relacionados con el sistema de alcantarillado

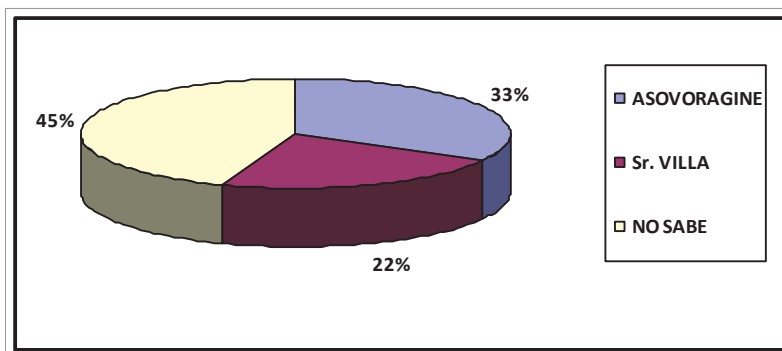
En el 77,78% de las viviendas encuestadas no se ha presentado ningún problema del alcantarillado dentro o fuera de la vivienda, ni ningún problema asociado al sistema, mientras en el 22,22% si se han presentado problemas de taponamiento dentro de la vivienda y/o problemas asociados al sistema.

En ninguna de las viviendas se ha presentado enfermedades relacionadas con el agua en niños menores de 5 años en los últimos 3 meses. En todas las viviendas encuestadas el uso que le dan al agua es para consumo del hogar, higiene y aseo del hogar y preparación de alimentos. En ninguna de las viviendas cuentan con almacenamiento de agua. En el 100% de las viviendas el sistema de evacuación de excretas es el aparato sanitario convencional. El 44,44% de las viviendas le realizan un mantenimiento diario a la unidad sanitaria, mientras el 44,44% lo hacen cada tres días y el 11,11% semanal. El 88,89% de las unidades sanitarias se encuentran dentro de las viviendas y el 11,11% fuera de ellas, para el 100% de las viviendas las unidades sanitarias funcionan y están en buen estado.

#### d- Aspectos administrativos del sistema de alcantarillado

De la población encuestada el 44,44% no sabe quién administra el sistema de alcantarillado, mientras el 33,33% afirma que lo hace el Sr Villa, y el 22,22% dice que lo administra Asovorágine, esto se puede apreciar gráficamente en la gráfica 8. De quién hace el mantenimiento al sistema de alcantarillado el 88,88% asegura que lo hace el Sr Villa y el 22,22% no sabe quién realiza las labores de mantenimiento. De los encuestados el 88,89% se dan cuentan de las asambleas convocadas y la forma de enterarse es por medio de volantes, por el operador de la planta, los vecinos o comunicados, mientras el 11,11% no se enteran de las asambleas, y el 55,55% solo a veces asiste a las asambleas y el 44,45% nunca asiste.

**Gráfico 8. Quien administra el sistema del alcantarillado en la vereda**



El 77,78% de las viviendas encuestadas asegura que la junta administradora del sistema de alcantarillado si informa de daños y/o reparaciones a realizar, mientras el 22,22% afirma que no se informa a la comunidad y el 66,67% sabe quién realiza las reparaciones, sin embargo el 33,33% no sabe. Ninguno de los que respondieron a la encuesta participa como vocal o veedor de la junta administradora y solo el 11,11% tiene información del manejo financiero y la forma de enterarse es en las asambleas, sin embargo el 88,89% no tiene ninguna información. Para el 55,56% le parece costosa la tarifa del servicio del alcantarillado, el 33,33% tiene una apreciación razonable de la tarifa.

Por parte de la junta administradora del sistema, el 88,89% no ha participado en campañas de uso eficiente del agua y gestión de recursos hídricos, el 11,11% afirma que si ha participado en las campañas. El 66,67% de los encuestados comunican sus quejas y/o reclamos al fontanero y el tiempo en que reciben las respuestas es en horas, de igual forma que el tiempo en que se da respuesta ante daños en el sistema de alcantarillado y el 33,33% afirma no haber tenido ninguna queja o reclamo. De que si es importante la participación comunitaria y de la mujer en el manejo y administración del sistema de alcantarillado, el 88,89% opinan que si es importante, sin embargo para el 11,11% no le parece importante. El 77,78% sabe y conoce dónde está ubicada la planta de tratamiento pero el 22,22% no lo sabe.

El 22,22% de los encuestados sabe del manejo y operación de la Ptar, el 77,78% no lo sabe y de las unidades que la componen, lo sabe el 11,11% contrario al 88,89% que no sabe qué unidades componen el sistema de alcantarillado y el 88,89% sabe quién maneja la Ptar y el 100% tiene una percepción buena de la calidad del servicio de alcantarillado.



### 8.3 Evaluación de la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine

La evaluación de la sostenibilidad de la Ptar de La Vorágine se realizó teniendo como guía la propuesta de CINARA de criterios e indicadores para la evaluación de un sistema de saneamiento sostenible, (Tabla 4).

**Tabla 4. Valoración de la sostenibilidad del sistema de manejo de aguas residuales de La Vorágine.**

FACTOR DE SOSTENIBILIDAD	INDICADOR		META
	IDENTIFICACIÓN	VALORACION	
Planificación integral	Cobertura Alcantarillado = (Número de Usuarios / Número de Viviendas) * 100	85,29%	100%
Cantidad	Caudal (lps)	7,23	*
	Volumen Mensual (m3/mes)		*
Calidad del Servicio	Cobertura de Medición = (Número de medidores domiciliarios instalados / Número de usuarios) * 100.	-----	100%
	Remoción DBO (%)	81,58	>= 80%
	Remoción Sólidos Suspendidos (%)	92,67	>= 80%
	Remoción Grasas y Aceites (%)	90,73	>= 80%
	pH	7,29	5.0 - 9.0
Continuidad	Tiempo Diario de Funcionamiento (h/día)	24	*
	Tiempo Mensual de Funcionamiento (día/mes)	30	*
Participación y Gestión Comunitaria con enfoque de Género	Gestión Dirigencial: Existe un sistema de organización que permite la participación efectiva de los usuarios en el control y toma de decisiones para el manejo del aguas residual.	No	Si
	Participación de la Mujer: En la Asociación que está encargada del manejo del agua residual participan mujeres que toman decisiones.	0%	100%
	Participación de la Comunidad: Asistencia de los usuarios a las reuniones convocadas por la Asociación.	70 - 80%	100%
	Socialización de los Proyectos: Socialización a los usuarios de los proyectos de saneamiento.	Si	Si
O & M	Daños (# daños/mes)	0	*
	Tiempo de Respuesta a Daños (días)	Pocas horas	*
	Índice de Mantenimiento (# componentes con mantenimiento / # total de componentes)	1	1
	Capacidad Institucional: Existe personal entrenado en la operación y mantenimiento de la planta con equipos y métodos.	1 persona	Si al menos 1 persona

FACTOR DE SOSTENIBILIDAD	INDICADOR		META
	IDENTIFICACION	VALORACION	
O & M	Existe la capacidad de realizar o contratar la ejecución de los análisis de laboratorio requeridos para la operación normal de la planta de tratamiento (personal, materiales y equipos).	Si	Si
	Existe la capacidad de realizar o contratar la ejecución de las actividades de mantenimiento de la planta de tratamiento (personal, materiales y equipos).	Si	Si
Estado de la Infraestructura	Índice de Fugas (# de componentes con fugas / # total de componentes)	0	0
	Tiempo de respuesta a fugas (días)	Pocas horas	*
Administración	Índice ingresos / egresos	S.I	>= 1
	Índice de O&M (recursos disponibles para O&M / gastos de O&M)	S.I	>= 1
	Morosidad (%)	2,94%	*
	Reuniones con vocales de control (#/ mes)	S.I	*
	Participación en el establecimiento de la tarifas	0	100%
	Aceptación del valor de la tarifa	44,44%	100%
Gestión Integral del Recurso Hídrico	Campañas de uso eficiente del agua: Existen campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso eficiente y el ahorro del agua.	Si	Si
	Gestión de recursos hídricos: Existen campañas educativas y de concientización a la comunidad para la gestión de recursos hídricos.	Si	Si
Apoyo institucional continuo	Crédito o financiación de obras: Entidades gubernamentales y no gubernamentales otorgan crédito o financian obras de infraestructura.	Si	Si
	Asesoría o capacitación en la operación de la planta: Entidades gubernamentales y no gubernamentales asesoran y capacitan en la operación, mantenimiento, administración de la planta de tratamiento.	Si	Si
	Vigilancia de la calidad del servicio: Entidades gubernamentales y no gubernamentales vigilan la calidad del servicio prestado por las obras de infraestructura de agua potable y saneamiento.	Si	Si
Satisfacción del usuario	Indicadores de calidad	Si	Si
	Quejas (# quejas / mes)	0	*
	Tiempo de respuesta a quejas (días)	Pocas horas	*

\*La meta se define en el ámbito local.

\*S.I: Sin Información

## **9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **9.1 Caracterización de la Ptar**

De las diferentes visitas realizadas a la planta en el transcurso de esta investigación y del resultado de laboratorio obtenido del muestreo que se hizo, se puede asegurar que el sistema de alcantarillado de La Vorágine desde el aspecto técnico es sostenible, ya que cumple con lo exigido por la norma colombiana en los valores de remoción de parámetros de DBO que es 81,58%, de DQO el 92,67% y SST el 90,73. En cuanto a continuidad del servicio es el esperado de 24 h/día, y 30 días/mes. Y la cobertura se puede asegurar que es buena ya que es 85,29% de toda la comunidad.

Las unidades de tratamiento se observaron en buen estado y buen funcionamiento, el mantenimiento que se realiza a la Ptar, que es diario, ayuda a la prevención de daños y deterioro del sistema, también se debe tener en cuenta que la persona encargada del mantenimiento está capacitada y al tanto de los requerimientos de la Ptar y cuenta con el apoyo de diferentes instituciones como CINARA, la CVC y el Comité de Cafeteros.

Se debe tener en cuenta el manejo de las aguas lluvias, ya que están ingresando al tratamiento y diluyen las aguas residuales, lo que afecta todo el tratamiento. Y las aguas lluvias pueden ser aprovechadas por ejemplo, en los establecimientos para riego de plantas, aseo del lugar.

Es necesario que haya otra persona capacitada en las labores de operación y mantenimiento del sistema, ya que depender de una sola persona que además de estas funciones tiene que atender más tareas, hace que el sistema se ponga en riesgo.

### **9.2 Identificación de las características de la vereda La Vorágine**

Hay una variedad de ocupaciones en la vereda, como por ejemplo se encuentran amas de casa, comerciantes, vendedores e independientes trabajadores dependientes y estudiantes, actividades que se desarrollan en la propia vereda. Se tiene un nivel de escolaridad promedio de bachiller en la vereda, que es alto en comparación con las zonas rurales de Colombia.

Dentro de los aspectos sociales de la comunidad de acuerdo a las encuestas se puede observar que la mayoría de las personas son de la vereda, y su familia es nucleada aunque se presentan casos de familias extensas. La persona cabeza de familia generalmente es el padre, en contraposición con los datos nacionales

que reportan un 30% de familias con mujer como cabeza de hogar. En los establecimientos se tiene de igual forma que la mayoría de sus empleados son oriundos de la vereda y el día de mayor número de visitantes es el domingo.

En cuanto a los aspectos higiénicos relacionados con el sistema de alcantarillado, ninguno de los establecimientos ni de las viviendas encuestadas cuentan con almacenamiento de agua ni manejo de aguas lluvias, por lo que buena parte del agua lluvia que cae va al alcantarillado. Toda la comunidad se abastece del acueducto de la vereda y le dan como uso la preparación de alimentos y aseo del lugar. Tanto en los establecimientos como en las viviendas encuestadas no se han presentado problemas del alcantarillado ni dentro ni fuera del mismo, sin embargo los problemas que se han presentado ha sido debido a taponamientos, afirma el Sr Villa, operador de la Ptar.

Tanto en los establecimientos como en las viviendas el sistema de evacuación de excretas es en general el aparato sanitario convencional, las unidades sanitarias funcionan y están en buen estado, los establecimientos además cuentan con trampa grasa lo que ayuda a mejorar el funcionamiento de todo el sistema.

Dentro de los encuestados se pudo observar que no tienen claro quien administra el sistema de alcantarillado, mientras si tienen seguro que la persona encargada de la labor de mantenimiento es el Sr Villa. En todos los establecimientos y en la mayoría de las viviendas se dan cuenta de las asambleas convocadas por Asovorágine y la forma de enterarse es por medio de volantes, por el operador de la planta o los vecinos. La participación de los establecimientos en las asambleas es total, mientras por parte de las viviendas es buena, sin embargo, la junta administradora del sistema de alcantarillado debe promover una mayor participación de la comunidad dentro de la junta y sobre todo la participación de la mujer, Asovorágine debe integrar a la mujer como miembro activo de la junta.

En los establecimientos consideran razonable la tarifa del servicio, sin embargo, para las viviendas la apreciación es que es costosa. Esto se debe por una parte a que la determinación de las tarifas del servicio se hizo sin tener en cuenta la participación de la comunidad, lo propuso y estableció la junta y de otro lado a que la tarifa del alcantarillado no hace diferencia entre servicio residencial o comercial, lo cual debería tenerse en cuenta para establecer equitativamente las tarifas en toda la comunidad.

La mayoría de los encuestados afirma no haber participado en campañas de uso eficiente del agua y de gestión de recursos hídricos, por lo que es necesario que Asovorágine programe este tipo de campañas dado la importancia que tienen los proyectos de saneamiento sobre los recursos naturales y más una vereda que su economía depende en gran parte de dichos recursos, que son amenazados por la gran cantidad de visitantes que puede recibir un fin de semana. Sin embargo las

personas tienen conciencia de la importancia del uso eficiente del agua y de la gestión del recurso hídrico.

En cuanto a las quejas o reclamos los encuestados afirman que reciben respuesta casi inmediata, esto gracias a que el operador de la Ptar es de la zona y mantiene vigilante ante cualquier irregularidad en el funcionamiento del sistema de alcantarillado.

Para todos los encuestados la calidad del servicio es buena y no tienen ninguna queja o sugerencia que hacer para su funcionamiento. También consideran que el operador de la planta es la persona apropiada dado a su buen desempeño en las labores de mantenimiento y ya que es la persona que recibe cualquier comentario del servicio por parte de la comunidad, la junta administradora debe organizarse más en su desarrollo, pues se observa que el operador de la planta cumple a la vez varias funciones que no le corresponden, como es la función de secretario y otras actividades.

### **9.3 Evaluación de la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine**

En cuanto al factor de sostenibilidad de planificación integral que se refiere a cobertura del alcantarillado, se puede decir que el sistema sostenible, aunque la meta es del 100%, para la vereda de La Vorágine se tiene una cobertura del 85,29%, la cual es una buena cobertura del servicio, además se debe tener en cuenta que tanto la comunidad como Asovorágine saben de la importancia que toda la comunidad esté conectada al servicio.

Para los factores de calidad y continuidad en el servicio de alcantarillado es sostenible, ya que para los criterios de calidad cumple con la norma que es remociones mayores o iguales al 80% en parámetros de DBO, DQO y SST, y para parámetros como pH que la norma exige entre 5,0 y 9,0 en la planta se encontró un valor de 7 unidades. La continuidad del servicio es de 24 horas/día, 30 días/mes.

En el factor de participación comunitaria y enfoque de género hace que en el sistema se coloque en riesgo la sostenibilidad ya que en las asambleas o reuniones convocadas por Asovorágine aunque la asistencia es entre 70% y 80%, la participación no es efectiva pues no se tiene en cuenta a la comunidad en la toma de decisiones por lo cual es necesario convocar a una mayor participación de la comunidad en el control y manejo del sistema de alcantarillado y que

Asovorágine tenga en cuenta las decisiones tomadas por la comunidad, también se debe promover y convocar la participación de la mujer dentro de la junta administradora ya que no hay mujeres en esta junta. Sin embargo se tiene un aspecto positivo en la participación y es que Asovorágine si socializa los proyectos de saneamiento a realizar en la vereda.

Teniendo en cuenta el factor de operación y mantenimiento hay indicadores como la capacidad institucional que indica que si existe una persona capacitada y entrenada en la operación y mantenimiento de la Ptar con los equipos y métodos necesarios para llevar a cabo sus labores que aunque en la tabla 4, usada para definir la sostenibilidad de un sistema de saneamiento tiene en este indicador como meta al menos una persona, se reconoce que deben haber al menos dos personas, ya que el sistema actual depende en gran parte del operador de la planta lo que puede poner en riesgo la sostenibilidad del sistema cuando es una sola persona la encargada de esta labor además de otras.

A partir de este año la planta está en las condiciones de contratar los análisis de laboratorio requeridos para la vigilancia de la calidad del servicio, ya que se ajustaron las tarifas del servicio de alcantarillado e incluyeron en la tarifa los costos de los análisis. Lo cual es bueno para el sostenimiento de la planta, ya que la administración del sistema se hace más independiente de las instituciones que brindan el apoyo a Asovorágine.

El estado de la infraestructura es bueno, se hace una inspección diaria a las unidades que componen la Ptar y una inspección al año a la red del alcantarillado, sin embargo se presta atención casi inmediata ante cualquier irregularidad en el funcionamiento de la planta. Por lo que para el factor del estado de la infraestructura en la planta, se puede decir que es sostenible en el tiempo.

En cuanto al factor de administración del sistema no se obtuvo información financiera de ingresos y egresos, sin embargo la información de la tasa de morosidad, es muy baja, siendo del 2,94% y la aceptación de la tarifa es del 44,44%, apreciándose más el desacuerdo en las viviendas que en los establecimientos con las tarifas del servicio. Este factor pone en riesgo la sostenibilidad de la planta, Asovorágine debe diferenciar los usos de los domicilios y debe convocar a la comunidad en la participación del establecimiento de las tarifas.

Aunque Asovorágine afirma que realiza campañas de uso eficiente del agua y gestión de recursos hídricos, la comunidad afirma que no ha participado en dichas campañas, por lo que se hace necesario realizar estas campañas con la participación de toda la comunidad, dado no solo a la importancia del recurso hídrico sino también a la importancia de la vereda en prestar servicios de recreación para el municipio de Cali.

El sistema de alcantarillado cuenta con apoyo institucional continuo, la financiación de obras se hace a través de la transferencia de fondos del gobierno nacional, por medio de la Secretaria de Salud Pública Municipal, y para obras de menor cuantía lo hace con recursos propios, aunque hay otras instituciones que también apoyan la financiación de obras. Entidades como el SENA, la CVC, SSPM, han brindado capacitación al operador de la planta y el Instituto CINARA apoya también con el asesoramiento a la junta administradora y a la comunidad. La entidad encargada de la vigilancia de la calidad del agua es la CVC, quien realiza un muestreo anual al sistema, evaluando su funcionamiento y tomando las muestras para ser analizados en el laboratorio y verificando que cumplan con los parámetros establecidos en la norma de vertimientos.

El factor de satisfacción del usuario, en general se observa una buena aceptación del sistema de alcantarillado por parte de los usuarios, no tienen quejas ni reclamos que hacer o que no se les haya brindado respuesta alguna.

En general para definir un sistema sostenible se deben tener en cuenta diferentes factores que están relacionados entre sí y que no se puede juzgar la sostenibilidad por uno solo, sin encontrar aspectos positivos y a su vez aspectos que no favorecen, por lo cual se debe centrarse en apoyar a las comunidades a que mejoren esos factores que colocan en riesgo la sostenibilidad de sus sistemas de saneamiento.

En cuanto al uso de la tabla 4, para evaluar si un sistema de saneamiento es sostenible, se debe trabajar con la junta administradora y con la comunidad y que sean ellos quienes integren esta herramienta y evalúen y definan que parámetros y a que metas consideran que deben llegar, en cuales deben mejorar o cuales no aplican para sus condiciones, teniendo en cuenta que cada comunidad tiene sus particularidades.

## 10 CONCLUSIONES

- ❖ La planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda La Vorágine cumple con el objetivo de tratar agua residual. Maneja un caudal aproximado de 4 a 6 l/s, con una continuidad de servicio de 24 h/día, 30 días/mes. La remoción de DBO es 81,58%, de DQO es 92,67% y SST de 90,73%, con lo que cumple lo exigido por el gobierno en el decreto 3930 de octubre de 2010, para tratar agua residual doméstica.
- ❖ Entre los factores de la sostenibilidad se encontró aspectos positivos como: la planificación integral, la cantidad, calidad y continuidad del servicio, el estado de la infraestructura, el apoyo institucional y la satisfacción del usuario.
- ❖ En cuanto a la operación y mantenimiento de la planta se concluye que se está haciendo un buen manejo y operación, ya que se cuenta con una persona idónea para realizar dicho trabajo, también se cuenta con el apoyo de instituciones que ayudan y facilitan la operación de la planta. Actualmente Asovorágine cuenta con la capacidad de realizar o contratar los análisis de laboratorio requeridos para la operación, además cuenta con la competencia para contratar actividades de mantenimiento externo en caso de ser necesario.
- ❖ El estado de la infraestructura es bueno, las unidades de tratamiento se encuentran en muy buen estado, el que se realice un mantenimiento diario ayuda a que el índice de fugas sea cero, y que el tiempo de respuesta ante cualquier fuga o daño sea casi inmediato.
- ❖ Sin embargo, se encontraron aspectos limitantes en los factores de sostenibilidad como en: la baja participación y gestión comunitaria con enfoque de género, la operación y mantenimiento dependiente de una sola persona, la participación de la comunidad y el incumplimiento de funciones por parte de los directivos de la administración.
- ❖ En la administración del sistema de alcantarillado se observó una muy baja tasa de morosidad por parte de los usuarios del servicio, pues es solo del 2,94%, pero se debe integrar a la comunidad a participar de manera activa en el manejo del sistema de saneamiento y en el establecimiento de las tarifas, ya que no hay una diferencia entre uso domiciliar y uso comercial y los más afectados son las viviendas.



## 11 RECOMENDACIONES

Una vez procesada la información recolectada y los resultados del trabajo de campo realizado, algunas de las recomendaciones que se pueden realizar para garantizar la sostenibilidad de la planta de aguas residuales de la Vorágine son:

- ✓ Realizar campañas de uso eficiente del agua y de gestión del recurso hídrico con la participación de toda la comunidad.
- ✓ Promover un sistema de participación efectiva de los usuarios en el control y toma de decisiones para el manejo del sistema del alcantarillado.
- ✓ Convocar a la participación de la mujer en la junta administradora del sistema de alcantarillado.
- ✓ Promover una apropiación mayor por parte de los usuarios del servicio de alcantarillado. Invitar a que la comunidad conozca la planta de tratamiento de aguas residuales de la vereda, mostrándoles y explicándoles sus unidades y funcionamiento.
- ✓ Ajustar las tarifas del servicio del alcantarillado diferenciando entre uso comercial y residencial.
- ✓ Hacer campañas del buen manejo de los sistemas individuales de evacuación de excretas tanto en viviendas como en los establecimientos y a los turistas.
- ✓ Evaluar el estado de las trampas de grasas, su operación, mantenimiento y disposición final de desechos y enseñar a los usuarios estas labores.
- ✓ Dar a conocer a la comunidad y a Asovorágine la herramienta usada para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento y que definan que factores y que metas desean alcanzar en el sistema de saneamiento, que se aplique esta herramienta al menos cada 6 meses.
- ✓ Es necesario que Asovorágine organice sus actividades de acuerdo al número de personas que pertenecen a la junta y asigne funciones.

## 12 TEMAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

- Manejo de aguas lluvias en la vereda la Vorágine, ya que estas aguas están ingresando al sistema de tratamiento y aumentan el caudal a tratar y diluyen las aguas residuales lo que puede afectar el tratamiento.
- Participación de la mujer en la administración del sistema del manejo de las aguas residuales, como miembro activo con poder y decisión en la toma de decisiones.
- Evaluación de cada una de las unidades de la planta de tratamiento desde la parte técnica de operación.
- Diagnóstico de los lodos generados en los tanques sépticos.

## 13 BIBLIOGRAFIA

Bados, V. F. Propuesta Técnica Para el Seguimiento Comunitario de la Prestación del Servicio de Alcantarillado Caso La Vorágine, Trabajo de Grado, Ingeniería Civil. Universidad del Valle Facultad de Ingenierías, Santiago de Cali, 2001.

Calle Ordóñez P., Martínez Gavilanes J. Saneamiento Integral de las Comunidades Rurales "Flor y Selva" y "San Miguel del Azuay" del Cantón Cuenca-Ecuador Mediante el Uso de Tecnologías No Convencionales, [en línea] Ecuador 2006. Disponible en:

http:

[www.prueba2.aguapedia.org/master/presencial/pfm/proyecto.../tesis.pdf](http://www.prueba2.aguapedia.org/master/presencial/pfm/proyecto.../tesis.pdf).

(Consultado noviembre 2010).

Cardona, J., García, L.A. Evaluación del Efecto de los Microorganismos Eficaces Sobre la Calidad de un Agua Residual Domestica. Trabajo de grado, Microbiología Industrial. Universidad Javeriana Facultad de Ciencias, Bogotá 2008. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/>. Consultado noviembre 2010.

Chávez, C. A. Análisis de la Sostenibilidad de un Sistema de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. Caso: Corregimiento San Joaquin y el Carmelo. Municipio de Candelaria. Trabajo de Grado, Ingeniería Sanitaria. Universidad del Valle Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, 2007.

Collazos, J. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Catedra Internacional. Tratamiento de Aguas Residuales, [en línea] Bogotá, 2008. Disponible en <http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/.../ing.../Tema9Introduccion-Definiciones.pdf>

(Consultado noviembre 2010).

CRC, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Manual de Operación y Mantenimiento Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, 2005.

Cortés, M. Reposición Tramo Final Alcantarillado Sanitario La Vorágine. Informe Técnico. Comité de Cafeteros del Valle del Cauca, 2009.

Galvis, A., Duque R., Restrepo, I. Gestión para la Sostenibilidad de Programas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Concepto de Sostenibilidad. 1996.

Garavito J, Pinto M. E., Valencia J. A., Participación Comunitaria en Proyectos de Saneamiento para Localidades Rurales y Urbano Marginales de Cali: La Vorágine y Altos de Menga. En: Curso Internacional Sistemas de Alcantarillado. Santiago de Cali: CINARA ,1996.

Hernández, H. Guías Básicas: Manejo y Disposición de Residuos Líquidos y Sólidos, 2000. Disponible en <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc12630/doc12630.htm> (Consultado septiembre 2010)

Madera, C. A. Sistemas de Recolección Transporte y Tratamiento de Aguas Residuales de Bajo Costo: Caso La Vorágine, Cali, Colombia. En: Seminario Taller de Infraestructura en Asentamientos Informales y Formales con Énfasis en Alcantarillados Condominiales. Santiago de Cali: CINARA, 2000

Madera, C. A., Silva, J. P. y Peña, M. R. Sistemas Combinados de Tratamiento de Aguas Residuales Basados en Tanque Séptico - Filtro Anaerobio - Humedales: Una Alternativa Sostenible en Pequeñas Comunidades de Países Tropicales. En: Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Santiago de Cali: CINARA, 2003.

Metcalf y Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tercera edición volumen I, 1998.

Minambiente, Ministerio del Medio Ambiente. Guía para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de las Aguas Residuales Municipales. 2002

Municipio de Santiago de Cali, Plan de Desarrollo 2004 – 2008, Corregimiento de Pance.

Osorio, P. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Empleados Por La CVC En El Sector Rural del Departamento del Valle del Cauca – Colombia. En: Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Santiago de Cali: CINARA, 2003.

Orozco, A. Tratamiento biológico de las aguas residuales, 1985.

Orozco, A. Bioingeniería de Aguas Residuales. Teoría y Diseño, 2005.

Ortega, N. M. Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process. Florida – USA. Disponible en: [www.bookpump.com/dps/pdf-b/1123329b.pdf](http://www.bookpump.com/dps/pdf-b/1123329b.pdf). Consultado enero 2011.

Peña, M.R. Pequeños Sistemas para el Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. En: Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Santiago de Cali: CINARA, 2003.

Peña, S. A., Rodríguez, C. F. Valoración Económica del Impacto Ambiental de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de La Vorágine – Municipio de Santiago de Cali: Viabilidad de Internalizar los Costos Ambientales a los Usuarios. Trabajo de Grado, Economía. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Sociales y Economía, 2001.

Restrepo, I., Concepto de Sostenibilidad. En: Seminario Taller Internacional en Asentamientos Formales e Informales Con Énfasis en Alcantarillados Condominiales. Santiago de Cali: CINARA, 2000.

Rivera, G. C., Evaluación del Tratamiento de Agua Residual Domestica en un Sistema Integrado. Un Caso con Tanque Séptico, Filtro Anaerobio y Filtro Fitopedológico. Trabajo de Postgrado, Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, 1998.

### **Sitios de internet:**

URL1: <http://go.worldbank.org/H10WS468Z0>. El Banco Mundial Y El Suministro de Agua y Saneamiento en América Latina y el Caribe. Consultado Octubre 2010.

URL2: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/NEWSSP/ANISH/0,,contentMDK:21694676~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:1074568,00.html> <http://go.worldbank.org/CPFI4GTE90>. Banco Mundial. Consultado noviembre 2010.

URL3: <http://centrodelaqua.org/index.php>. Por Dr. Miguel Ángel López Zavala. Saneamiento sostenible. Consultado noviembre, 2010.

URL4: <http://go.worldbank.org/HS9MY43I21>. Consultado enero 2011.

URL5: [www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema\\_9.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf). Aguas Residuales y Tratamiento de Efluentes Cloacales. G.E.I.A. – U.T.N. [PDF]. Consultado octubre, 2010.

URL6: [www.cepis.org.pe](http://www.cepis.org.pe). Criterios Para La Selección De Procesos De Tratamiento De Aguas Residuales. Yáñez, F. Consultado Octubre 2010.

URL7: [www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf).

Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. Rodríguez, J. A. Universidad el Valle Cali Colombia. Disponible en: Consultado Diciembre 2010.

URL8: <http://www.oei.es/salactsi/osorio2.htm> Participación comunitaria en los problemas del agua Universidad del Valle, Colombia Tomado de: Curso a Distancia Enfoque CTS Módulo 1A. Osorio, C., Espinosa, S. Consultado enero 2011.

## **14 ANEXOS**

### **ANEXO 1. Resultados caracterización de las aguas residuales en la ptar La Vorágine en el año 2010.**



Corporación Autónoma  
Regional del Valle del Cauca

V-053  
3-4/10  
ca

Santiago de Cali, 2 de noviembre de 2010

711 -14906 - 2010

Señor  
**JAVIER RUIZ**  
Presidente  
**ASOVORAGINE E.S.P**  
Vereda la Vorágine - Corregimiento de Pance.  
Santiago de Cali.

**Referencia.** Caracterización de las aguas residuales generadas en el corregimiento de la Vorágine.

En relación con el asunto de la referencia, nos permitimos comunicarle que de acuerdo con caracterización realizada por el laboratorio ambiental de la CVC el día 6 de agosto de 2010, se pudo determinar que el sistema de tratamiento cumple con lo establecido en el decreto 1594 de 1984, generando las siguientes remociones: DBO5: 93.71 %, DQO: 92.48 % y SST: 95.19 %.

ANEXO: Informe de muestreo.

Dado lo anterior la invitación es a que se continúe con los procesos tendientes a mantener el funcionamiento del sistema de tratamiento.

Por otra parte de acuerdo con el decreto 3930 de 2008, se debe iniciar el trámite del permiso de vertimientos líquidos, para lo cual se fija un plazo máximo de un (1) mes contado a partir del recibo del presente oficio.

La CVC continuara realizando control y seguimiento a esta situación.

Cordialmente.

**MARCO LEÓN VILLEGAS VELASQUEZ**  
Director Territorial  
Dirección Ambiental Regional Suroccidente.

Proyectó: Ing. Jorge Eliécer Ortiz Dussan - Profesional Especializado.

Revisó: Carlos Dario Rodriguez Guzmán - Coordinador Admón. de los Recursos Naturales y Uso de Territorio.

Expediente No. V-053 - Cali



Carrera 56 N° 11-36 · PBX 620 66 00 · Cali, Valle  
Fax. (2) 339 94 09 www.cvc.gov.co





14 906

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
DIRECCIÓN TÉCNICA AMBIENTAL

**LABORATORIO AMBIENTAL**

**CARACTERIZACIÓN DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS**

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO : **ASOVORAGINE E.S.P.**

LOCALIDAD : Cali

FUNCIONARIOS : Henry González y Gildardo Tabares

FECHA DE MUESTREO : 06/08/2010

MUESTRA No. 1156 : Entrada PTAR

MUESTRA No. 1157 : Salida final PTAR

Hora:

07:30-13:30

07:30-13:30

Vertimiento Horas/Día : 24


Vertimiento Dias/Mes : 30

PARAMETROS	un	1156	1157
pH	Un	6,91 - 7,017	6,94 - 7,29
Temperatura	°C	25,2 - 27,1	25,7 - 26,4
Sólidos Suspendidos Totales	mg SST/l	325	15,7
DBO	mg O/l	286	18,0
DQO	mg O/l	473	35,6
Grasas y/o Aceites	mg Grasas/l	32,2	14,7
Hora Grasas		12:00	12:30
Oxígeno Disuelto	mg O/l	---	---

**CARGA DE CONTAMINANTES (Kg/día)**

	1156	1157
Caudal Medio (l/s)	7,48	7,48
Carga D.B.O.	185	11,6
Carga D.Q.O.	306	23,0
Carga S.S.T.	210	10,1

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

  
Luisa Marina Baena A.  
Laboratorio Ambiental



**ANEXO 2. Resultados caracterización de las aguas residuales en la ptar La  
Vorágine en el año 2011.**

Santiago de Cali, Junio 17 de 2011

Señora  
**Luz Angela Bustos**

La Ciudad

**Asunto: Análisis fisicoquímico y microbiológico puntual de la calidad del agua realizado en la planta de la Voragine.**

Estimada Señora Bustos,

Acorde con el muestreo realizado el pasado 13 de Mayo de 2011, en la Tabla 1 se presentan los resultados de los análisis del asunto. Este muestreo realizado por usted en los siguientes puntos de muestreo: entrada de la planta, salida del tanque, salida del filtro anaerobio, salida del filtro fitopedológico y en la descarga final. Los resultados de los análisis para el muestreo puntual se presentan en la Tabla 1

**Tabla 1. Análisis de la calidad del agua del sistema de tratamiento de agua residual existente en la Voragine.**  
**Muestreador: Luz Angela Bustos. Analista: Jimena Pino y Sindy Tello Fecha de muestreo: 13/05/2011 Hora de Muestreo: 11:08 am Código de Muestra: 110513**

Sitio de Muestreo	Método	Entrada Planta	Salida Tanque	Salida Filtro Anaerobio	Salida Filtro Fitopedológico	Descargas
Temperatura promedio (°C)	Celcius	25	25	25	25	25
pH (Unidades)	Potenciométrico	7,23	6,67	6,79	6,97	6,87
Demanda Química de Oxígeno (mg DQO/L)	Reflujo Cerrado	626	492	476	459	459
Demanda Biológica de Oxígeno (mg DQO/L)	Winkler	114	54	36	48	21
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	Gravimétrico	151	42	14	8	14
Grasas y/o Aceites (mg/L)	Extraccion , Soxhlet					
E. coli (UFC/100ml)	Filtración x membrana	30000	50000	70000	1500	1300
Coliformes Totales(UFC/100ml)	Filtración x membrana	14000000	3100000	10100000	85000	140
Coliformes Fecales(UFC/100ml)	Filtración x membrana	2650000	2320000	178000	4000	3000
Huevos de Helmintos (numero/L)	Bailenger	67	33	0	133	0
Oxígeno disuelto						
Caudal						

Cordialmente,

**Noel Muñoz Soto**  
**MSc. Esp. Lic. Bioquímico**

Copia Lina María Burbano. Ingeniera Sanitaria, Cinara  
Clara Inés González. Coordinadora Admón. Estación Investigación Cinara

### ANEXO 3. Formato encuesta para el análisis de la sostenibilidad de la Ptar La VoráGINE realizada a los restaurantes y/o establecimientos

Fecha:

Identificación del establecimiento:

a. Generalidades de persona quien responde la encuesta

Nombre:

Cargo:

Nivel de escolaridad:

b. Aspectos generales del establecimiento

1. Cuántos empleados trabajan

- Hasta 5	_____	- 10 a 15	_____
- 5 a 10	_____	- más de 15	_____

2. Los empleados son de la vereda

- Todos	_____	- Algunos	_____
- La mayoría	_____	- Ninguno	_____

3. Cuántos días a la semana funciona el establecimiento

- 3 a 4 días	_____	- 5 a 6 días	_____
- 4 a 5 días	_____	- Todos los días	_____

4.Cuál es el día de mayor número de visitantes en el establecimiento

- \_\_\_\_\_

5. Aproximadamente cuántas personas llegan al establecimiento el día de mayor concentración

- \_\_\_\_\_

c. Aspectos higiénicos relacionados con el sistema de alcantarillado

6. Cuentan con almacenamiento de agua

- Si \_\_\_\_\_

- No \_\_\_\_\_

7. El agua de la que se abastece el establecimiento es de

- Acueducto
- Agua del río
- Agua lluvia

8. Usos del agua del acueducto

- |                            |                          |            |                          |
|----------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| - Preparación de alimentos | <input type="checkbox"/> | - Piscinas | <input type="checkbox"/> |
| - Aseo                     | <input type="checkbox"/> | - Riego    | <input type="checkbox"/> |
| - Actividades pecuarias    | <input type="checkbox"/> | - Animales | <input type="checkbox"/> |

9. Usos del agua del río

- |                            |                          |            |                          |
|----------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| - Preparación de alimentos | <input type="checkbox"/> | - Piscinas | <input type="checkbox"/> |
| - Aseo                     | <input type="checkbox"/> | - Riego    | <input type="checkbox"/> |
| - Actividades pecuarias    | <input type="checkbox"/> | - Animales | <input type="checkbox"/> |

10. Usos del agua lluvia

- |                            |                          |            |                          |
|----------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| - Preparación de alimentos | <input type="checkbox"/> | - Piscinas | <input type="checkbox"/> |
| - Aseo                     | <input type="checkbox"/> | - Riego    | <input type="checkbox"/> |
| - Actividades pecuarias    | <input type="checkbox"/> | - Animales | <input type="checkbox"/> |

11. Al agua que toman del río le hacen algún tratamiento

- Si  cuál \_\_\_\_\_
- No

12. Se han presentado problemas del alcantarillado dentro y/o fuera del establecimiento

- Si
- No

13. Hay problemas asociados al sistema como

- |                           |                          |           |                          |
|---------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| - Malos olores            | <input type="checkbox"/> | - Otros   | <input type="checkbox"/> |
| - Proliferación de moscas | <input type="checkbox"/> | - Ninguno | <input type="checkbox"/> |

14. Se han presentado enfermedades relacionadas con el agua en empleados, ejemplo: diarrea, gastroenteritis. En los últimos 3 meses

- Si
- No

15. Cómo es el sistema de evacuación de excretas

- Aparato sanitario convencional \_\_\_\_\_
- Aparato sanitario de bajo consumo \_\_\_\_\_
- Taza sanitaria \_\_\_\_\_
- Letrinas \_\_\_\_\_

16. Con cuántos sistemas de evacuación de excretas cuenta el establecimiento

- \_\_\_\_\_

17. El establecimiento cuenta con

- Trampa grasas \_\_\_\_\_
- Tanque séptico \_\_\_\_\_

18. Frecuencia de mantenimiento del sistema de evacuación de excretas

- Diaria \_\_\_\_\_
- Cada tres días \_\_\_\_\_
- Semanal \_\_\_\_\_

19. Funcionamiento del sistema de evacuación de excretas

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_

20. Estado del sistema de evacuación de excretas

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_

d. Aspectos de administración del sistema de alcantarillado

21. Sabe quién administra el servicio de alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_ quién \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

22. Sabe quién hace el mantenimiento al servicio de alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_ quién \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

23. Se da cuenta de las asambleas convocadas por la junta administradora  
 - Si  cómo se da cuenta  
 - No
24. Asiste a las asambleas convocadas por la junta administradora  
 - Siempre   
 - A veces   
 - Nunca
25. La junta administradora del sistema de alcantarillado informa de daños y/o reparaciones a realizar  
 - Si   
 - No
26. Sabe quién repara los daños en el sistema  
 - Si   
 - No
27. Participa como vocal o veedor cuando el sistema lo requiere  
 - Si   
 - No
28. Tiene información del manejo financiero de la junta administradora  
 - Si   
 - No
29. Qué apreciación tiene de la tarifa del servicio de alcantarillado  
 - Barata   
 - Razonable   
 - Justa   
 - Costosa
30. Por parte de la junta administradora le han participado de campañas de uso eficiente del agua  
 - Si   
 - No

31. Por parte de la junta administradora le han participado de campañas de gestión de recursos hídricos

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

32. A quién le comunica sus quejas, reclamos y/o sugerencias

- Fontanero \_\_\_\_\_
- Junta administradora \_\_\_\_\_
- Asamblea general \_\_\_\_\_

33. Tiempo en que recibe respuesta de sus quejas y/o reclamos

- Horas \_\_\_\_\_
- Días \_\_\_\_\_
- Semanas \_\_\_\_\_
- No recibe respuesta \_\_\_\_\_

34. Tiempo de respuesta ante daños en el sistema de alcantarillado

- Horas \_\_\_\_\_
- Días \_\_\_\_\_
- Semanas \_\_\_\_\_
- No recibe respuesta \_\_\_\_\_

35. Piensa que es importante la participación comunitaria en el manejo y administración del sistema alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_ - No \_\_\_\_\_

36. Piensa que es importante la participación de la mujer en el manejo y administración del sistema alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

37. Sabe y conoce donde está ubicado la PTAR de La Vorágine

- Si \_\_\_\_\_ Dónde \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

38. Sabe del manejo y operación de la PTAR de La Vorágine



- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

39. Sabe de qué unidades está compuesta la PTAR

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

40. Sabe quién maneja la PTAR

- Si \_\_\_\_\_ Quién \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

41. Percepción general de la calidad del servicio de alcantarillado

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_

#### **ANEXO 4. Formato encuesta realizada a las viviendas.**

##### a. Aspectos generales de la comunidad

###### 1. La familia es de origen

- La vereda \_\_\_\_\_
- Cali \_\_\_\_\_
- Valle del Cauca \_\_\_\_\_
- Otro lugar \_\_\_\_\_

###### 2. Datos de vivienda

- Propietarios \_\_\_\_\_
- Inquilinos \_\_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_\_

###### 3. Constitución de la familia

- Padre \_\_\_\_\_
- Madre \_\_\_\_\_
- Hijos \_\_\_\_\_
- Niños menores de 5 años \_\_\_\_\_
- Abuelos \_\_\_\_\_
- Otros \_\_\_\_\_

###### 4. Forma de ingresos económicos

- Restaurante \_\_\_\_\_
- Venta de comida \_\_\_\_\_
- Independientes \_\_\_\_\_
- Trabajadores en la zona \_\_\_\_\_
- Trabajadores en Cali \_\_\_\_\_

##### b. Aspectos higiénicos relacionados con el sistema de alcantarillado

###### 5. Se han presentado problemas del alcantarillado dentro y/o fuera de la vivienda

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

6. Hay problemas asociados al sistema como

- Malos olores \_\_\_\_\_
- Proliferación de moscas \_\_\_\_\_
- Ninguno \_\_\_\_\_

7. Se han presentado enfermedades relacionadas con el agua, ejemplo:  
diarrea, gastroenteritis

- Si \_\_\_\_\_ - No \_\_\_\_\_

8. Usos del agua

- Consumo \_\_\_\_\_
- Higiene \_\_\_\_\_
- Preparación de alimentos \_\_\_\_\_
- Aseo \_\_\_\_\_

9. Cuentan con almacenamiento de agua

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

10. Frecuencia de mantenimiento de la unidad sanitaria

- Diaria \_\_\_\_\_
- Cada tres días \_\_\_\_\_
- Semanal \_\_\_\_\_

11. La unidad sanitaria se encuentra dentro de la vivienda

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

12. Funcionamiento de la unidad sanitaria

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_

13. Estado de la unidad sanitaria

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_

c. Aspectos de administración del sistema de alcantarillado

14. Sabe quién administra el servicio de alcantarillado

- Si  quién \_\_\_\_\_
- No

15. Sabe quién hace el mantenimiento al servicio de alcantarillado

- Si  quién \_\_\_\_\_
- No

16. Se da cuenta de las asambleas convocadas por la junta administradora

- Si  como se da cuenta
- No

17. Asiste a las asambleas convocadas por la junta administradora

- Siempre
- A veces
- Nunca

18. La junta administradora del sistema de alcantarillado informa de daños y/o reparaciones a realizar

- Si
- No

19. Sabe quién repara los daños en el sistema

- Si
- No

20. Participa como vocal o veedor cuando el sistema lo requiere

- Si
- No

21. Tiene información del manejo financiero de la junta administradora

- Si
- No

22. Qué apreciación tiene de la tarifa del servicio de alcantarillado

- Barata \_\_\_\_\_
- Razonable \_\_\_\_\_
- Justa \_\_\_\_\_
- Costosa \_\_\_\_\_

23. Por parte de la junta administradora le han participado de campañas de uso eficiente del agua

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

24. Por parte de la junta administradora le han participado de campañas de gestión de recursos hídricos

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

25. A quién le comunica sus quejas, reclamos y/o sugerencias

- Fontanero \_\_\_\_\_
- Junta administradora \_\_\_\_\_
- Asamblea general \_\_\_\_\_

26. Tiempo en que recibe respuesta de sus quejas y/o reclamos

- Horas \_\_\_\_\_
- Días \_\_\_\_\_
- Semanas \_\_\_\_\_
- No recibe respuesta \_\_\_\_\_

27. Tiempo de respuesta ante daños en el sistema de alcantarillado

- Horas \_\_\_\_\_
- Días \_\_\_\_\_
- Semanas \_\_\_\_\_
- No recibe respuesta \_\_\_\_\_

28. Piensa que es importante la participación comunitaria en el manejo y administración del sistema alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

29. Piensa que es importante la participación de la mujer en el manejo y administración del sistema alcantarillado

- Si \_\_\_\_\_
- No \_\_\_\_\_

30. Percepción general de la calidad del servicio de alcantarillado

- Bueno \_\_\_\_\_
- Regular \_\_\_\_\_
- Malo \_\_\_\_\_