

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN TRATAMIENTO SECUNDARIO DE
AGUAS RESIDUALES BASADO EN LA UTILIZACIÓN DE SALVINIA Y
SPIRODELA EN LOS CORREGIMIENTOS DE LA CORCOVA Y EL Km 22
VÍA A CÚCUTA**

**LINDA MARITZA CARDOZO GUZMÁN
SONIA PATRICIA BARAJAS CASILIMAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIARÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN TRATAMIENTO SECUNDARIO DE
AGUAS RESIDUALES BASADO EN LA UTILIZACIÓN DE SALVINIA Y
SPIRODELA EN LOS CORREGIMIENTOS DE LA CORCOVA Y EL Km 22
VÍA A CÚCUTA**

**LINDA MARITZA CARDOZO GUZMÁN
SONIA PATRICIA BARAJAS CASILIMAS**

Proyecto de grado, modalidad investigación

Director de Proyecto: Ing. Mario García

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de esta tesis le ofrecen sus agradecimientos por su colaboración a:

Nuestras familias por su apoyo incondicional.

La Corporación Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, por permitir la realización de este proyecto.

Magíster, director del proyecto Ingeniero Mario García Solano, por su tiempo y dedicación.

La escuela de Ingeniería Civil.

La Universidad de Santander.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ASPECTOS GENERALES.....	17
1.1 LOCALIZACIÓN	17
1.1.1 Localización del corregimiento de La Corcova	18
1.1.2 Localización del corregimiento El 22	19
1.2 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA	20
1.3 MEDIO GEOGRÁFICO	23
1.3.1 Clima.....	23
1.3.2 Hidrografía	23
1.3.3 Geología.....	24
1.4 POBLACIÓN	24
1.5 SERVICIOS PÚBLICOS	25
1.5.1 Servicio de Acueducto urbano.....	25
1.5.2 Servicio de Alcantarillado Urbano	26
1.5.3 Recolección de basuras.....	26
1.5.4 Telefonía y comunicaciones	29
1.5.5 Suministro de Energía Eléctrica	29
1.6 ÁREA DE EXPANSIÓN.....	29
1.7 AMENAZAS NATURALES.....	30
1.8 CONTAMINACIÓN.....	30
2. DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO.....	35
2.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	35
2.1.1 Sólidos Suspendidos:.....	35
2.1.2 Materia orgánica:	36
2.1.3 Nitrógeno orgánico sedimentable:.....	36
2.1.4 Nitrógeno amoniacal:	36
2.1.5 Nitratos:	36
2.1.6 Fósforo:.....	37
2.2 PLANTAS ACUÁTICAS.....	38
2.2.1 TIPOS DE PLANTAS ACUÁTICAS	39

2.2.2	LENTEJAS DE AGUA.....	39
2.2.2.1	Morfología de la lenteja de agua.....	41
2.2.3	Salvinia.....	43
2.2.3.1	Morfología de la Salvinia.....	43
2.3	HUMEDALES.....	44
2.4	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS FLOTANTES....	49
3.	ESTUDIO A PEQUEÑA ESCALA.....	52
3.1	ESTADO ACTUAL.....	52
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	53
3.2.1	<i>Variables</i>	54
3.2.2	<i>Componentes</i>	56
3.2.2.1	Desarenador.....	57
3.2.2.2	Sedimentador.....	58
3.2.2.3	Reactores.....	60
3.2.2.4	Mangueras De Conducción.....	63
3.2.2.5	Reguladores De Caudal.....	63
3.3	SEGUIMIENTO AL TRATAMIENTO.....	66
3.3.1	<i>ETAPA UNO: ADAPTACIÓN DE LAS PLANTAS</i>	66
3.3.2	<i>ETAPA DOS: REMOCIÓN Y EFICIENCIA</i>	70
3.3.2.1	RESULTADOS.....	72
3.3.2.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	77
4.	PROPUESTA.....	86
4.1.	VOLUMEN DE SÓLIDOS.....	88
4.2	DIMENSIONES DEL TANQUE.....	89
4.3	FILTRO.....	91
4.4	DISPOSICIÓN DE LOS LODOS.....	93
4.5	MANTENIMIENTO DEL REACTOR.....	93
4.6	MANTENIMIENTO DEL FILTRO.....	94
4.7	PRESUPUESTO.....	95
5.	OBSERVACIONES.....	96
6.	CONCLUSIONES.....	98
	BIBLIOGRAFIA.....	100
	ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de los municipios Tona y Floridablanca	17
Figura 2. Localización del corregimiento La Corcova	19
Figura 3. Localización del corregimiento El 22.....	20
Figura 4. Descarga de aguas servidas en El 22	31
Figura 5. Detalle de la llegada del agua residual hasta el río.	32
Figura 6. Botadero al lado de la vía. Corregimiento de La Corcova.....	33
Figura 7. Géneros de la lenteja de agua.....	40
Figura 8. Spirodela.....	42
Figura 9. Salvinia	44
Figura 10. Plantas acuáticas comunes	46
Figura 11. Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial (SFS)	48
Figura 12. Tubería tipo utilizada en el desagüe de aguas negras.....	52
Figura 13. Colector de aguas negras provenientes de 3 casas.	53
Figura 14. Captación del fluido	58
Figura 15. Sedimentador con las conexiones a los modelos	60
Figura 16. Detalle del plástico que recubre los modelos.....	62
Figura 17. Detalle del regulador de caudal	64
Figura 18. Sistema en funcionamiento.....	65
Figura 19. Detalle de las raíces desprendidas de la Spirodela depositadas en el fondo de del tanque	69

Figura 20. Estado en el sistema de la Salvinia	69
Figura 21. Gráfico de todos los datos de DQO	77
Figura 22. Gráfico de todos los datos de DBO ₅	78
Figura 23. Gráfico de los datos de DQO	79
Figura 24. Gráfico de porcentajes de remoción de DQO	79
Figura 25. Gráfico de los datos de DBO ₅	80
Figura 26. Gráfico de los porcentajes de remoción de DBO ₅	80
Figura 27. Gráfico de los porcentajes de remoción de Turbiedad.....	81
Figura 28. Gráfico de los datos de sólidos totales	83
Figura 29. Gráfico de datos de los Sólidos Suspendidos.....	83
Figura 30. Gráfico de datos de Nitrógeno Total	84
Figura 32. Vista en Planta del sistema (Unidades en m)	91
Figura 33. Filtro por el que pasa el agua antes de ser entregada al río (Unidades en m)	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Actividades Económicas de los habitantes de La Corcova y El 22	21
Tabla 2. Clases de cultivos presentes en La Corcova	21
Tabla 3. Clases de cultivos presentes en El 22	22
Tabla 4. Especies de cría de animales presentes en La Corcova	22
Tabla 5. Especies de cría de animales presentes en El 22	23
Tabla 6. Población concentrada al nivel de la carretera	25
Tabla 7. Fuentes de Acueductos veredales	26
Tabla 8. Disposición final de los desechos	27
Tabla 9. Disposición final de los residuos sanitarios.....	28
Tabla 10. Disposición final de los desperdicios.....	59
Tabla 11. Dimensiones del sedimentador utilizado en el modelo a pequeña escala	59
Tabla 12. Dimensiones de las reactores con plantas acuáticas del modelo a pequeña escala.....	61
Tabla 13. Caudal necesario para cumplir con el tiempo de retención de los reactores.....	63
Tabla 14. Seguimiento de la adaptación y comportamiento de las plantas .	68
Tabla 15. Resultados del muestreo realizado el 7 de diciembre de 2004....	73
Tabla 16. Resultados del muestreo realizado el 19 de enero de 2005	74
Tabla 17. Resultados del muestreo realizado el 26 de enero de 2005	75

Tabla 18. Resultados del muestreo realizado el 2 de febrero de 2005 76

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de las encuestas realizadas el día 17 de junio del 2004	103
Anexo B. Resultado del muestreo río aguas arriba de las descargas de los corregimientos en estudio	104
Anexo C. Resultado del muestreo del colector de La Corcova	105
Anexo D. Resultado del muestreo del colector de las BBB	106
Anexo E. Resultado del muestreo del río, aguas abajo de las descargas de los corregimientos en estudio	107
Anexo F. Resultados del muestreo de sedimentador 07/Dic/2004	108
Anexo G. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas 07/Dic/2004.....	109
Anexo H. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas 7/Dic/2004.....	110
Anexo I. Resultados del muestreo de sedimentador 19/Ene/2005	111
Anexo J. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas 19/Ene/2005.....	112
Anexo K. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas 19/Ene/2005.....	113
Anexo L. Resultados del muestreo de sedimentador 26/Ene/2005	114

Anexo M. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas 26/Ene/2005.....	115
Anexo N. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas 26/Ene/2005.....	116
Anexo O. Resultados del muestreo de sedimentador 02/Feb/2005.....	117
Anexo P. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas 02/Feb/2005.....	118
Anexo Q. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas 02/Feb/2005.....	119

TÍTULO *ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES BASADO EN LA UTILIZACIÓN DE SALVINIA Y SPIRODELA EN LOS CORREGIMIENTOS DE LA CORCOVA Y EL KM. 22 VÍA A CÚCUTA.

Sonia Patricia Barajas Casilimas
Linda Maritza Cardozo Guzmán**

Aguas Residuales
Plantas Acuáticas
Humedales
Fitodepuración

El objeto de la investigación realizada era el de evaluar la capacidad de adaptación de la Spirodela y la Salvinia y su remoción de nutrientes y sólidos disueltos contenidos en las aguas residuales, bajo las condiciones presentes en la zona.

Las etapas de la investigación fueron 5, que comenzaron con el diseño de un formato para censar y obtener información que diera una idea de la composición de las aguas residuales de los corregimientos. Se procedió a investigar sobre las plantas y los diferentes sistemas de tratamiento que se podían aplicar; se eligió el sistema de humedales de flujo libre y con sus requerimientos se continuó con el diseño y puesta en campo de modelos a pequeña escala, directamente en la zona de estudio recibiendo agua de algunos de los colectores a tratar para observar el comportamiento del sistema en las condiciones climáticas de la zona. Se hizo un seguimiento a la adaptación y crecimiento de las plantas, se retiró la Spirodela, ya que no logró adaptarse y con el sistema estable se realizaron muestreos a los modelos a pequeña escala. Con estos muestreos se evaluó la eficiencia de remoción que tiene la Salvinia con respecto a los nutrientes y sólidos disueltos contenidos en el agua residual.

Por el buen comportamiento de la salvinia se realizó una propuesta de tratamiento de aguas residuales con esta planta. El sistema de tratamiento es muy bueno, porque es descentralizado, económico, de fácil implementación y con muy buenos resultados de remoción.

* Trabajo de investigación

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Ing. Msc Mario García

TITLE: †STUDY OF THE VIABILITY OF A SECONDARY TREATMENT OF WASTEWATER BASED ON THE UTILIZATION OF SALVINIA AND SPIRODELA IN THE TOWNS OF CORCOVA AND THE 22ND KM TO CUCUTA.

Sonia Patricia Barajas Casilimas**
Linda Maritza Cardozo Guzmán

Wastewater
Water Plants
Damps
Fitodepuration

The object of this investigation was to evaluate the capacity of adaptation of the Spirodela and the Salvinia and the removal of nutrients and dissolved solids in the wastewater, under the circumstances present in the zone.

The stages of the investigation were five that started with the design of a format to cense and obtain information that would give an idea of the composition of wastewater in these towns. An investigation on plants and different treatment systems that could be applied was made; and a free flow damp system was chosen and with its requirements the design and the put-in-field of scaled models was continued directly in the zone of study, receiving water from some of the collectors to treat, to observe the behavior of the system in the climatic conditions of the zone. A following of the adaptation and growth of the plants was made, the Spirodela was removed, since it did not accomplished to adapt and with the stable system and a new sampling was made to the scaled models, with them an assessment on the removal efficiency of the Salvinia with respect to the nutrients and dissolved solids contained in wastewater.

Due to the good behavior of the Salvinia, a treatment proposal for wastewater was made with this plant. The treatment system is good since it is decentralized, economic, of easy implementation and with very good removal results.

† *word of investigation*

** *Facultad de ingenierías Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Ing. Msc Mario García*

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son altos contaminantes de los ríos, quebradas y acuíferos y desestabilizadoras de suelos, en donde son arrojadas indiscriminadamente, sin ningún tratamiento previo.

La baja cobertura de tratamiento de aguas servidas en América Latina se debe principalmente a la escasez de recursos económicos para desarrollar proyectos de saneamiento y para usar tecnologías convencionales, pues estas son muy costosas para ser implementadas en zonas marginales, rurales y en zonas de laderas.

Las ciudades están dotadas de un sistema de recolección por tuberías para aguas servidas, el cual conduce el líquido a un tratamiento que remueve un porcentaje significativo de los nutrientes que lo componen. Cuando una comunidad está muy dispersa, no es viable que los residuos líquidos sean conducidos hasta los sectores alejados que poseen alcantarillados y plantas de tratamiento. Para estos casos existen otras alternativas no convencionales, que también pueden resolver el problema del saneamiento, que son de más bajo costo y aplicables a muchas situaciones, como el manejo descentralizado de aguas residuales para la conservación futura del ambiente, la reutilización del agua y el reciclaje de sólidos que también pueden ser incorporados dentro de sistemas descentralizados, asegurándose la protección de la calidad del agua y del ambiente. El desafío está en ser capaz de proveer el nivel de tratamiento exigido con sistemas descentralizados, sujetos a serias limitaciones económicas.

El agua residual es un recurso económico, cuya riqueza radica en dos factores importantes: que contiene energía y contiene nutrientes. De ahí, que dentro del tratamiento de las aguas residuales, se está investigando y experimentando su reutilización, que es posible, básicamente en tres campos como el riego de cultivos, la generación de energía y acuicultura (cría de especies de flora y fauna, propios del ambiente acuático, como peces y camarones).

El manejo descentralizado de aguas residuales que aquí se propone, está compuesto de un tratamiento secundario a base de plantas acuáticas, con una planta de tratamiento de bajo costo tanto de construcción como de operación, que además devuelve el beneficio de aprovechar la biomasa (el exceso de plantas acuáticas) producida en el sistema.

Para el estudio de esta posibilidad se optó por utilizar Spirodela y Salvinia. La primera está siendo utilizada en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Santander, en donde ha arrojado muy buenos resultados en remoción de DBO₅, Nitrógeno y Fósforo y la biomasa producida por el sistema es utilizada como abono para cultivos de frijol. La segunda, es utilizada en fincas autosuficientes en el Departamento de Santander en donde remueve nutrientes de las aguas servidas y la biomasa producida por el sistema es utilizada como alimento para animales.

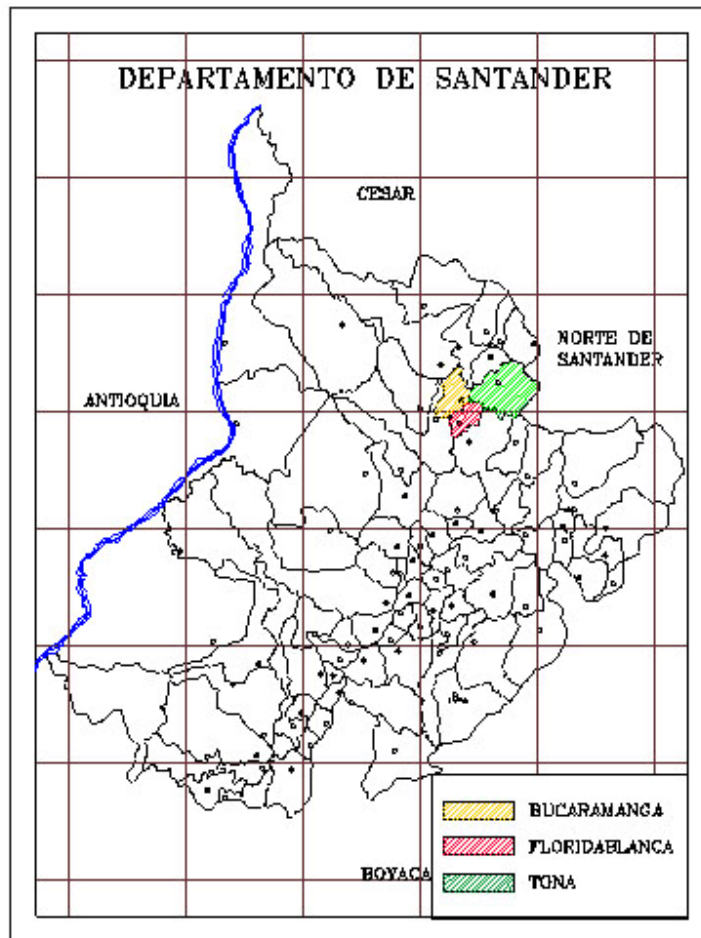
Se espera obtener el mismo desempeño de estas plantas en las condiciones climáticas a las que serán sometidas (temperaturas entre 10 y 20°C). Pensando en que la topografía del terreno, compuesta por pendientes muy fuertes, no permite la construcción de tratamientos de agua residual convencionales y este sistema debe diseñarse de tal modo que no se necesiten grandes extensiones de tierra plana.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 LOCALIZACIÓN

Estos dos corregimientos, La Corcova y El 22, están ubicados en los municipios de Tona y Floridablanca, respectivamente, pertenecientes al Departamento de Santander.

Figura 1. Localización de los municipios Tona y Floridablanca



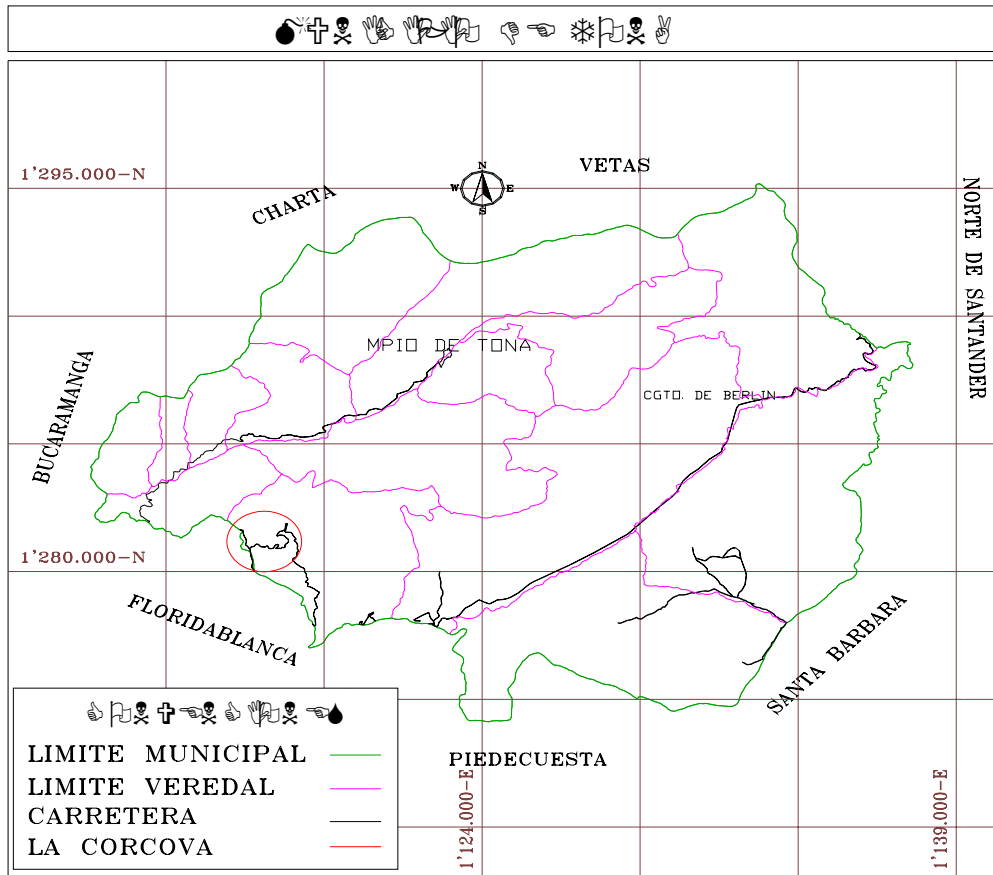
1.1.1 Localización del corregimiento de La Corcova. La Corcova es un corregimiento ubicado en el kilómetro 24 en la vía Bucaramanga – Cúcuta. Pertenece al municipio de Tona.

Localización del municipio de Tona dada en el Plan de Ordenamiento Territorial de Floridablanca:

El municipio de Tona se encuentra localizado en el Nororiente de la cuenca superior del río Lebrija, en la provincia de Soto, Departamento de Santander, según coordenadas 7° - 15' de latitud norte y a 73° - 03' de longitud oeste. La cabecera municipal está ubicada a 37 Km. de Bucaramanga. El municipio de Tona limita por el Norte con los municipios de Charta y Vetas, al sur con Santa Bárbara, Piedecuesta y Floridablanca y al occidente con Bucaramanga, al oriente El departamento de Norte de Santander. ¹

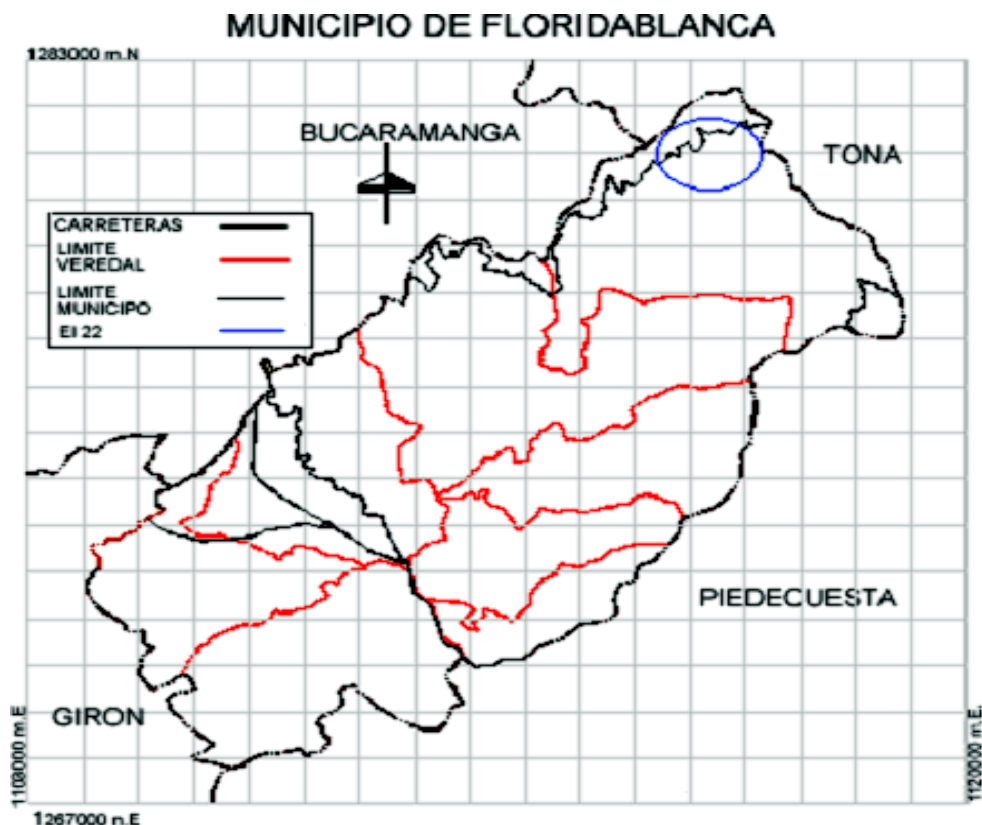
¹ LUNA Máximo. *Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Tona. Tona, Santander, 2003. VOLUMEN 1.*

Figura 2. Localización del corregimiento La Corcova



1.1.2 Localización del corregimiento El 22. El 22 es el corregimiento ubicado en el kilómetro 22 en la vía Bucaramanga – Cúcuta, por esto su nombre. También es conocido también como las BBB. Su altura esta entre los 1900 y los 1930 m.s.n.m. Pertenece al municipio de Floridablanca, más detalladamente en la parte alta de La Vereda Agua Blanca.

Figura 3. Localización del corregimiento El 22.



1.2 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA

Tanto en La Corcova como en el Km. 22 la mayoría de sus habitantes trabajan como jornaleros. Otros tienen pequeños cultivos de plantas aromáticas como frijol, arveja y mora, y en menor cantidad, algunas personas tienen cría animales como cerdos y pollos.

Por la ubicación sobre la vía Bucaramanga – Cúcuta, en estos dos corregimientos algunos de sus habitantes han optado por el comercio, por

medio de locales que se dedican a la venta de artículos de consumo para el pasajero o usuario de la vía.

Según las encuestas realizadas por las autoras de esta tesis, (ver anexo 1), el día 17 del mes de junio del año 2004 sobre las viviendas ubicadas a igual nivel de la carretera, estas son las actividades económicas presentes en estas zonas:

Tabla 1. Actividades Económicas de los habitantes de La Corcova y El 22

Corregimiento	Cultivos	Comercio	Empleo	Cría de Animales	Otros
La Corcova	24%	20%	45%	7%	4%
El 22	44 %	19%	31%	6%	0%

Los habitantes que obtienen el sustento económico de cultivar las tierras aledañas a sus viviendas, tienen las siguientes preferencias de cultivo:

Tabla 2. Clases de cultivos presentes en La Corcova

Tipo de Cultivo	Porcentaje
Apio	14 %
Fríjol	7 %
Ruda	21 %
Mora	44 %
Aromáticas	7 %
otro	7 %

Tabla 3. Clases de cultivos presentes en EI 22

Tipo de Cultivo	Porcentaje
Plantas de Jardín	7 %
Perejil	14 %
Cilantro	7 %
Girasol	7 %
Fríjol	7 %
Arverja	7 %
Mora	44 %
Aromáticas	7 %

Para los habitantes que obtienen el sustento económico de la cría y venta de animales, existen las siguientes preferencias:

Tabla 4. Especies de cría de animales presentes en La Corcova

Especie	Porcentaje
Codorniz	7 %
Caballos	7 %
Pollos	66 %
Cerdos	7 %
Conejos	13 %

Tabla 5 Especies de cría de animales presentes en El 22

Especie	Porcentaje
Pollos	20 %
Cerdos	80 %

1.3 MEDIO GEOGRÁFICO

1.3.1 Clima. Debido a que a lo largo del municipio de Tona el IDEAM no cuenta con estaciones, no se tiene conocimiento de que tipo de precipitación, temperatura y humedad relativa presenta la zona. El clima de estos dos corregimientos esta determinado en el POT de Tona como frío semi húmedo. Por las mediciones hechas en campo la temperatura es baja y aproximadamente está en un intervalo de 10 a 20°C.

1.3.2 Hidrografía. Las microcuencas que hacen parte de la cuenca del río Tona, poseen un importante potencial hídrico, debido a la producción generada por el bosque de La Niebla y demás formaciones vegetales presentes en la zona.

La Corcova está ubicada en la microcuenca Golondrinas, la cual tiene como afluentes las quebradas Golondrinas, Guarumales, La mesa, Montecristo y La plazuela.

El 22 está ubicado en la parte alta de la microcuenca Agua Blanca, perteneciente al municipio de Floridablanca.

La contaminación de las quebradas originada por la actividad agrícola (agroquímicos y pulpa de café), avícola, ganadera y los afluentes de aguas residuales de consumo doméstico (excretas y residuos sólidos no biodegradables) han venido deteriorando la calidad del agua hasta hacerla, en algunos casos, no apta para el consumo humano o el uso agrícola

1.3.3 Geología. Geología del corregimiento La Corcova dada en el Plan de Ordenamiento Territorial de Floridablanca:

Cuarzo Monzonita de La Corcova (JRcl). Cuarzo monzonita gris de grano fino a medio, que forma una masa que se observa en el centro poblado de La Corcova y se extiende en sentido norte-sur, aflora en la vereda Guarumales alto y descendiendo por la Quebrada Golondrinas, adquiere un carácter porfirítico; Esta unidad porfirítica fue cartografiada separadamente como cuarzo monzonita de La Corcova porfirítica (JRclp). Se incluye dentro de este cuerpo intrusivo a un stock que aflora en el sector de Arnania a Montechiquito, ya que esta constituido por una cuarzo monzonita gris de grano medio. Estas rocas están compuestas de 30 a 35% de cuarzo, 25 a 45% de plagioclasa, 30 a 45% de feldespato potásico y un 5% entre biotita y moscovita.²

1.4 POBLACIÓN

En las encuestas realizadas se obtuvo que la población de las personas que tienen sus viviendas ubicadas sobre el nivel de la carretera es:

² LUNA Máximo. *Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Tona. Tona, Santander, 2003. VOLUMEN 1.*

Tabla 6. Población concentrada al nivel de la carretera

CORREGIMIENTO	NÚMERO DE VIVIENDAS	NÚMERO DE PERSONAS
La Corcova	45	232
El 22	18	102

1.5 SERVICIOS PÚBLICOS

1.5.1 Servicio de Acueducto urbano. En la finca La María ubicada en un sitio llamado La Batea se encuentra la fuente de abastecimiento de La Corcova. El agua es conducida por medio de una manguera de tres pulgadas de diámetro, la cual se trae a media ladera y presenta pérdidas por fugas e infiltraciones. De esta manguera el agua se distribuye por gravedad a todos los predios de La Corcova.

Se tiene construido un tanque de almacenamiento, pero a éste no se le hace ningún mantenimiento y el agua no tiene ninguna clase de tratamiento previo. El servicio es irregular y su caudal es insuficiente.

Tabla 7. Fuentes de Acueductos veredales

ACUEDUCTO (vereda)	LA CORCOVA
QUEBRADA	La Batea
CAUDAL (L/seg.)	4.5
SUB CUENCA	Río Frío
COTA DE CAPTACIÓN (msnm)	1950
UBICACIÓN	Km. 21 vía a Cúcuta
CARACTERÍSTICAS	Buena cobertura vegetal

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Tona

En el corregimiento El 22, captan el agua desde un nacimiento y la conducen por medio de una manguera elevada, ya que el agua debe ser transportada de una ladera a la ladera de enfrente. El agua no tiene ningún tratamiento de potabilización.

1.5.2 Servicio de Alcantarillado Urbano. Tanto en el corregimiento La Corcova como en el corregimiento El 22, no existe red de alcantarillado. Las aguas servidas son vertidas a los terrenos adyacentes de estos corregimientos con el peligro de dañar corrientes de aguas subterráneas, provocar mayor contaminación ambiental producida por los malos olores que estas aguas emanan y desestabilizar los taludes.

1.5.3 Recolección de basuras. En La Corcova pasa semanalmente una volqueta encargada de la recolección de la basura; esta recoge las basuras de todo el corregimiento y se encarga de su traslado hasta el relleno sanitario ubicado en la vereda El Salado, sector Aguas Claras. La tarifa se cobra en el impuesto predial. El servicio es irregular. En El 22 no se realiza algún tipo de

recolección de residuos sólidos por lo que sus habitantes se ven obligados a incinerarlos, enterrarlos o en el peor de los casos, arrojarlos al lado de la vía.

Los siguientes datos fueron obtenidos por las encuestas realizadas en día 17 de junio del 2004, por las autoras de esta tesis:

Se entiende como:

- Desechos: todos los materiales inorgánicos que se desechan en los hogares, como el cartón, el vidrio, latas, metales, etc.
- Desperdicios: todos los desechos orgánicos como cáscaras de frutas o verduras, sobras de alimentos, etc.
- Residuos sanitarios: los papeles y demás residuos del baño.

Tabla 8. Disposición final de los desechos

Disposición / Corregimiento	La Corcova	EI 22
Recicla, disposición final: camión de basura	66%	0%
Recicla, disposición final: recicladores	17%	0%
Entierra	0%	6%
Bota por la carretera	0%	19%
Incinerar	17%	75%

Tabla 9. Disposición final de los residuos sanitarios

Disposición / Corregimiento	La Corcova	El 22
Los separa y bota al camión de la basura	65%	0%
Bota por la carretera	10%	24%
Los quema	25%	70%
Entierra	0%	6%

Tabla 10. Disposición final de los desperdicios

Disposición / Corregimiento	La Corcova	El 22
Los separa y guarda para los que tienen cría de animales	78%	60%
Bota por la carretera	9%	17%
Los utiliza como abono	13%	17%
Entierra	0%	6%

En el corregimiento El 22, no hay servicio de recolección de basuras. Los habitantes del sector queman sus residuos sanitarios o los arrojan en lotes o zanjas cerca de su vivienda produciendo malos olores, mal aspecto a la vivienda y son criaderos de insectos que causan enfermedades.

Tanto en La Corcova como en El 22 los habitantes tienen como costumbre guardar los desperdicios para entregarlos a las personas que tienen animales, por lo general cerdos, los cuales se encargan de recogerlos casa por casa.

1.5.4 Telefonía y comunicaciones. En La Corcova, el casco urbano posee servicio de discado directo nacional prestado por parte de agencias indirectas y cuenta con el servicio de parabólica que es manejada por particulares.

En El 22, solo dos casas cuentan con servicio telefónico prestado por Telebucaramanga y reciben solo los canales nacionales.

1.5.5 Suministro de Energía Eléctrica. Los dos corregimientos tienen a nivel urbano y rural una cobertura del 100% del servicio de energía y existe la capacidad instalada para futuras ampliaciones.

1.6 ÁREA DE EXPANSIÓN

Estos corregimientos no tienen una zona que se pueda destinar para construcción de viviendas. Sus habitantes han construido sus casas a lado y lado de la carretera en un terreno que no presenta las condiciones aptas para tal fin, ya que a ambos lados de la carretera las laderas presentan pendientes muy fuertes y esta característica se mantiene constante en todo el terreno en donde no se pueden observar parte planas o con pendiente mediana.

Para el Corregimiento de La Corcova en el Plan de Ordenamiento Territorial de Tona, no se definen áreas de expansión urbana, como tal, considerando las actuales restricciones por amenaza sísmica y la nula existencia de áreas

aledañas adecuadas y dejan claro que queda congelado cualquier tipo de desarrollo urbanístico dentro del perímetro demarcado y sus áreas aledañas. Tampoco permiten ningún tipo de subdivisión predial.

1.7 AMENAZAS NATURALES

Amenazas naturales que presenta La Corcova dadas en el Plan de Ordenamiento Territorial de Floridablanca:

Aunque este centro poblado se encuentra sobre roca (Cuarzo monzonita La Corcova), presenta otros factores como altas pendientes en sus laderas y ubicado sobre un área de Falla con lo cual se podría inferir una susceptibilidad alta a fenómenos de remoción en masa.

Para determinar con precisión el grado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a fenómenos de remoción en masa que presenta el corregimiento La Corcova se debe realizar un estudio detallado que involucre todas las variables que afectan la estabilidad del sector.³

1.8 CONTAMINACIÓN

La contaminación, se puede considerar como un fenómeno que va de la mano del hombre, creciendo a medida que la concentración en los núcleos urbanos aumenta y los conflictos ambientales comienzan a ser evidentes.

³ LUNA Máximo. Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Tona. Tona, Santander, 2003. VOLUMEN 1.

En La Corcova y El 22 se depositan sobre el suelo directamente las aguas servidas provenientes de cada predio (ver figura 4). Cuando es poco el caudal, el agua se infiltra por completo pero en los casos en que se reúnen los afluentes de varias casas el caudal aumenta y se produce una escorrentía de agua residual ladera abajo hasta llegar al río (ver Figura 5).

Figura 4. Descarga de aguas servidas en El 22



Figura 5. Detalle de la llegada del agua residual hasta el río.



Los Residuos Sólidos en La Corcova, son recolectados por el camión de la basura que pasa un día a la semana y son transportados hasta Bucaramanga. En El 22 no hay ningún tipo de recolección de residuos sólidos por lo que sus habitantes optan por quemarlos o arrojarlos por los lados de la vía. En La Corcova cuando hay algún tipo de retraso en la recolección, por ejemplo cuando el camión esta en reparación, los habitantes también arrojan la basura a lados de la vía.

Figura 6. Botadero al lado de la vía. Corregimiento de La Corcova



Los usuarios no poseen una educación ambiental que les permita ser conscientes del manejo de los residuos sólidos, los procesos de selección en

casa, y las consecuencias de adquisición de gran número de empaques, bolsas plásticas y otros residuos de difícil manejo.

El acueducto, en la cabecera municipal no cuenta con una planta de tratamiento completa que permita la potabilización del preciado recurso, igual sucede en los corregimientos de Berlín, y acueductos veredales.

Esto hace necesario la implementación de una adecuada red de servicios y establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales que permita otorgar el manejo adecuado.

2. DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO

En la naturaleza todos los seres que en ella habitan, interactúan constantemente para tratar los agentes extraños que llegan a contaminar el medio ambiente. Las plantas por ejemplo, purifican el aire, fertilizan el suelo y son capaces de descomponer los nutrientes presentes en las aguas residuales. Para realizar este tratamiento se presentan reacciones físicas y químicas de forma simultánea, pues no se puede controlar un proceso independiente de otro como ocurre con los sistemas artificiales.

Con base en el comportamiento que se presentaba naturalmente, se han venido desarrollando técnicas que aprovechan la capacidad de algunas plantas acuáticas emergentes o flotantes para depurar las aguas contaminadas eliminando parte de la carga orgánica y en algunos casos hasta metales pesados.

Inicialmente, su estudio se dio en Europa y en Estados Unidos pero con el tiempo esta técnica se ha venido generalizando por todo el mundo, logrando estudios con diferentes plantas, aplicados a diferentes aguas residuales e interactuando con diversos ambientes y suelos.

2.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.1.1 Sólidos Suspendidos. Para cualquier forma de circulación de agua superficial, la remoción de sólidos suspendidos se realiza principalmente por sedimentación y para las formas subsuperficiales, por medio de infiltración. Teniendo en cuenta estos dos factores es necesario para el diseño óptimo del tratamiento contemplar el fenómeno de taponamiento que pueden

ocasionar los sólidos presentes en el agua, para así controlar las posibles disminuciones de la capacidad de infiltración del suelo en el caso de una laguna o el taponamiento de los sistemas de conducción en el caso de reactores o tanques artificiales.

2.1.2 Materia orgánica. Su remoción se realiza básicamente por degradación microbiana. Los microbios actúan sobre la materia que permite degradación y suelen desarrollarse sobre la superficie del suelo, de la vegetación y sus desechos. Para la mejor utilización de estos microbios es necesario mantener los sistemas de remoción bajo condiciones aerobias, pues son para efectos prácticos, más eficaces y por la gran ventaja de evitar los problemas de los olores.

2.1.3 Nitrógeno orgánico sedimentable. Generalmente se encuentra con las partículas sólidas de la materia orgánica y por lo tanto puede ser eliminado en el proceso de sedimentación. Cuando este proceso se lleva a cabo en una laguna, el nitrógeno orgánico se incorpora al suelo como humus.

2.1.4 Nitrógeno amoniacal. En el proceso de tratamiento de las aguas residuales, el nitrógeno amoniacal es eliminado de diferentes maneras: una de ellas es por evaporación (cerca del 10% se va a la atmósfera) y otra es por la degradación a nitritos y luego a nitratos.

2.1.5 Nitratos. No sufren reacciones de intercambio iónico y por esto es muy importante que las plantas se encarguen de consumirlo. Su eliminación es lenta, ya que las plantas solo asimilan los nitratos en las proximidades de las raíces durante el crecimiento de éstas. Cuando las plantas recogen los

nitratos, deben ser retiradas para que su eliminación sea efectiva porque de lo contrario, se reincorporará al agua como nitrógeno orgánico.

2.1.6 Fósforo. Generalmente se presenta en forma de ortofosfatos y su eliminación se da principalmente porque es adsorbido por minerales arcillosos del suelo aunque las plantas también consumen parte de éste. El suelo es en realidad el que puede lograr la eliminación del fósforo y por eso hay que tener en cuenta estos materiales para el diseño de las lagunas. Cuando se utilizan sistemas artificiales donde el agua no está en contacto directamente con el suelo, la eliminación del fósforo es muy limitada.

2.2 PLANTAS ACUÁTICAS

El crecimiento de las ciudades trae consigo un problema que crece con ellas, que es la contaminación que los humanos producimos diariamente al realizar nuestras actividades cotidianas. Para tratar de controlar la contaminación se deben realizar obras de saneamiento, que por lo general tienen un costo elevado, por lo que en países no desarrollados es difícil realizar la cantidad de obras necesarias para detener la contaminación.

Esta contaminación se presenta en suelos y ríos, donde son depositados residuos sólidos y/o aguas negras, por la falta de control y por el desconocimiento o indiferencia que poseen algunos sectores de la población.

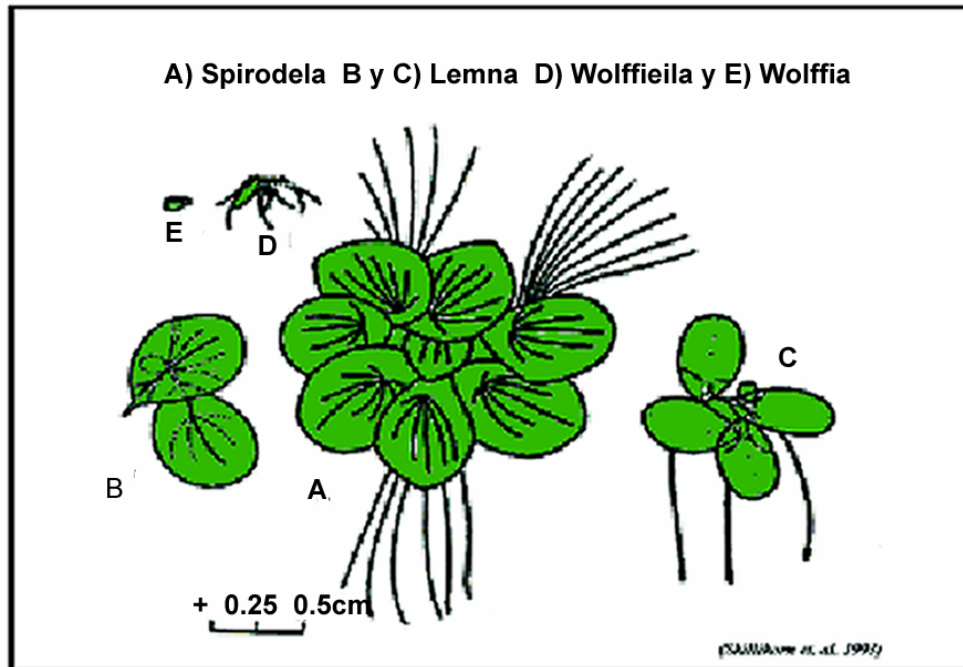
Con la necesidad de proteger los recursos hídricos, en los últimos años se han promovido alternativas de sistemas de descontaminación menos costosas para el tratamiento de las aguas residuales. Una de estas alternativas la constituyen las plantas acuáticas, que por su alta productividad, su valor nutritivo y capacidad de extracción de nutrientes, les dan un gran potencial para fines descontaminantes y de producción de biomasa. Tal material (biomasa) puede usarse como parte del suplemento proteínico de la ración de animales de granja o como abono verde. Mediante este sistema de tratamiento de aguas residuales basado en plantas acuáticas se logra el reciclaje y rescate de recursos renovables.

2.2.1 Tipos de plantas acuáticas. Las plantas acuáticas pueden ser flotantes, sumergidas o emergentes, sus características y utilidades son:

- Las flotantes son aquellas cuyas partes fotosintéticas (hojas), están en la superficie del agua, tomando el dióxido de carbono y oxígeno de la atmósfera, y sus raíces se mantienen sumergidas y libres en el agua, absorbiendo los nutrientes del agua y sirviendo como estabilizadora de la planta. Tienen un buen comportamiento en el tratamiento de aguas residuales, las más usadas son: jacinto de agua, lechuga de agua, lenteja de agua y helechos acuáticos.
- Las sumergidas pueden estar flotando en la superficie o enraizadas en el fondo del estanque. No son muy utilizadas en tratamientos de agua residual, ya que las condiciones que se pueden presentar en el sistema como la poca penetración de la luz solar y el comportamiento anaeróbico, inhiben su crecimiento.
- Las emergentes son las que tienen sus raíces sujetas al fondo del estanque y sus tallos sobresalen con las hojas a la superficie del agua. Utilizadas en el tratamiento de aguas residuales para retirar metales pesados y nutrientes.

2.2.2 Lentejas de agua. Las lentejas de agua, son plantas acuáticas del tipo flotante, de la familia de las Lemnaceae, compuesta de cuatro Géneros, que son: Lemna, Spirodela, Wolffia y Wolffia.

Figura 7. Géneros de la lenteja de agua



Fuente: SKILLICORN Paul, SPIRA William y JOURNEY William. Acuacultivo de Las lentejas de agua. Un nuevo sistema de cultivo acuático para países en vías de desarrollo. El banco mundial. 1993

Esta planta tiene una gran capacidad de crecimiento, aproximadamente la planta puede duplicar su masa en condiciones ideales de disponibilidad nutritiva, luz solar y temperatura en cuestión de días, su estructura es simple y su composición es rica en proteínas

Poseen un alto potencial como agente biológico en el tratamiento de aguas servidas y estancadas. La remoción de las impurezas se da mediante la absorción directa de la planta a través de las raíces, en donde crecen una serie de microorganismos que colaboran en la degradación de la materia orgánica.

Como subproducto de este proceso, se obtiene biomasa, que son los excesos de plantas que van siendo retiradas del sistema. Esta se utiliza

como bioabono o alimento para peces forrajeros, aves de corral y cerdos. Estos excesos deben ser retirados periódicamente para garantizar la productividad y salud de la colonia, ya que si hay sobreproducción las plantas no dispondrían de la misma cantidad de nutrientes, conllevando a la disminución de su tasa de crecimiento y disminuyendo sus defensas, por lo que serían fácilmente atacadas por hongos.

Estos pequeños vegetales se reproducen rápidamente formando un manto verde sobre la superficie de aguas estancadas salobres o frescas. Al formar este manto superficial, las plantas no dejan pasar la luz solar, lo que le permite inhibir la competencia de otras especies como las algas. Por otro lado, impide el golpe del viento, esto hace que el agua se aquiete y las impurezas se sedimenten en un tiempo relativamente corto. Además, la capa formada en la superficie no permite el desprendimiento de malos olores en el sistema.

2.2.2.1 Morfología de la lenteja de agua. Las lentejas de agua son frondas compuestas de la fusión del tallo con las hojas, ya que este no está separado de las hojas. Su tamaño varía dependiendo del género, en orden de menor a mayor tamaño son: Wolffia, Wolffia, Lemna y Spirodela. Las dimensiones de las frondas varían entre 0.1 y 2 cm. de diámetro, pero en condiciones favorables la Spirodela puede aumentar el tamaño de sus hojas a 2 cm. de ancho y 6 cm. de largo, como es el caso del tratamiento de aguas residuales que posee la Universidad Pontificia Bolivariana.

Las frondas forman el material flotante de la planta. Cada fronda tiene largas raíces que están sumergidas y tienen en su extremo final una estructura en forma de funda llamada cofia. La presencia de estas últimas le dan estabilidad a la planta evitando que el viento la voltee. Estas unidades

fotosintéticas se extienden sobre la superficie del agua hasta cubrirla totalmente.

El intercambio de gases con el medio exterior lo realizan con la multitud de estomas que se encuentran tanto en la cara superior como en la cara inferior de las hojas.

Figura 8. Spirodela



Fuente: Pagina de Internet www.biopix.dk

El crecimiento de la planta es acelerado y se produce a partir de la diferenciación de nuevas frondes que aparecen primero como un pequeño bulto verde en el extremo de la fronda mas cercana a la raíz y luego va creciendo y desarrollándose hasta forman una nueva fronda. El proceso se repite y la planta queda con tres frondes. En este instante se produce la

división de la planta en unidades mas pequeñas, de una o dos frondes, con raíces independientes.

2.2.3 Salvinia. La Salvinia es una planta acuática flotante, conocida como helechos acuáticos o hidopteritíneos de la familia Salviniaceae.

Es considerada como una plaga en muchos países en donde estudian la forma de controlar su acelerado crecimiento, ya que en condiciones favorables esta planta se reproduce rápidamente hasta ocupar toda la pantalla de agua.

Es una alternativa mas reciente de tratamiento de aguas residuales. Actualmente se están realizando varios estudios con esta planta para conocer sus capacidades de bioabsorción y bioacumulación de nutrientes y metales pesados. En este proyecto se estudia la capacidad de remoción de nutrientes que esta planta posee en condiciones específicas.

2.2.3.1 Morfología de la Salvinia. Su cono vegetativo es recto o apenas encorvado, sus hojas se distribuyen en numerosos conjuntos que parten de un mismo nivel. Cada conjunto presenta una simetría axial de orden 3, que quiere decir que se repite cada hoja tres veces alrededor del eje, dos de las cuales son aéreas sin divisiones y una acuática reducida a sus nervios los cuales se propagan y forman un manojo de filamentos recubiertos de pelos que hace las veces de órgano absorbente y estabilizador.

La unión entre la hoja y el tallo que la sostiene es muy corta, casi esta inserta sobre el tallo. Las hojas aéreas son redondeadas en forma de corazón, de 1.5 cm. de ancho por 2 cm. de largo, presentan bordes muy doblados hacia arriba, el extremo superior en donde termina la hoja es redondeado y

hendido. Su parte superior es verrugosa y presenta densas vellosidades, con cerdas individuales que se dirigen hacia el frente en hileras uniformes y les permiten mantener húmeda la parte superior que permanece encima del agua.

Figura 9. Salvinia



Fuente: Atlas del Dr. Pez sitio de Internet www.drpez.com

En óptimas condiciones se multiplica rápidamente sobre la superficie.

2.3 HUMEDALES

Los humedales son lagunas artificiales que están saturadas por aguas residuales y que tienen vegetación que permite la formación de comunidades microbianas que tratan el agua biológicamente. Su conformación se hace teniendo en cuenta las características del suelo, gradación del material rocoso y profundidad óptima.

Los humedales proporcionan una solución económica y eficiente al tratamiento de aguas residuales, ya que transforman biológicamente los nutrientes, fijan al suelo los contaminantes y transfieren oxígeno entre la superficie y el fondo de la laguna.

El suelo donde se construye un humedal debe garantizar baja permeabilidad para que el agua que llega no se vaya a infiltrar a fuentes subterráneas de agua, para que se retenga el tiempo suficiente para ser tratada y para garantizar el recorrido del agua a través de las plantas. El substrato debe tener también la capacidad de saturarse para que el agua ocupe el lugar de los vacíos y por lo tanto del oxígeno, creando situaciones anóxicas que facilitan la eliminación de Nitrógeno y metales.

Los humedales no solo tratan aguas residuales, pues se pueden construir para tratar aguas de industrias o minas, ya que algunos tipos de plantas tienen la capacidad de eliminar metales pesados.

Los rendimientos esperados de remoción de DBO, sólidos suspendidos y Nitrógeno en este tipo de tratamiento son altos ya que generalmente superan el 80%. La eliminación de Fósforo es realmente baja en estos sistemas por lo que hay que tomar medidas adicionales en un tratamiento posterior.

La vegetación en el humedal es supremamente importante, ya que transfiere el oxígeno, reduce la velocidad del flujo haciendo que las partículas sedimentables se vayan al fondo de la laguna, sus tallos y raíces dan lugar a la formación de microorganismos y la materia muerta se deposita en el fondo convirtiéndose en restos que sirven como substrato para el crecimiento de la película microbiana que realiza el tratamiento.

Para utilizar los humedales como tratamiento para aguas residuales, hay diversos tipos de plantas que pueden ser utilizadas como las sumergidas, las emergentes y las flotantes.

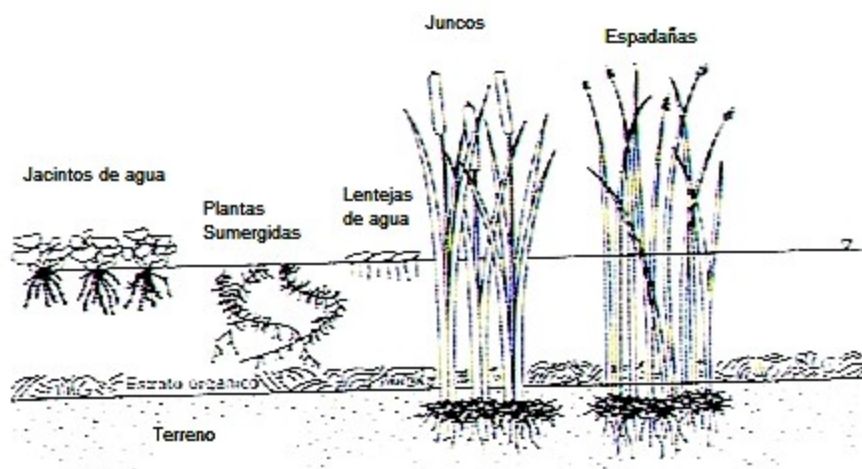
Las plantas acuáticas sumergidas consisten en un tallo largo recubierto por hojas y con una raíz al final de éste. No flotan en la superficie pero tampoco

se van al fondo de la laguna. El agua está en contacto con todo el cuerpo de la planta y por lo tanto es tratada cuando circula a través de ella.

Las plantas acuáticas emergentes son juncos que se fijan con su raíz en el lecho o suelo de la laguna y crecen hasta sobresalir en la superficie. Sus tallos son los que están en contacto permanente con el agua y transportan el oxígeno de la superficie a la raíz. La raíz a su vez realiza el intercambio de nutrientes entre la planta y el suelo.

Las plantas acuáticas flotantes (como la Spirodela y la Salvinia) consisten en un cuerpo de hojas y tallos que flotan en la superficie del agua gracias a las características físicas de las hojas que generalmente están recubiertas de pequeños filamentos en forma de pelos. La raíz de las plantas permanece sumergida y es la que propicia la creación de microorganismos para realizar el tratamiento biológico. Además intercambia oxígeno con la superficie, haciendo que alrededor de ella el tratamiento sea aeróbico.

Figura 10. Plantas acuáticas comunes



Fuente: METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill. Tercera Edición. Madrid. 1998.

Debido a que los humedales tienen gran área superficial y poca profundidad, las condiciones climáticas e hidrológicas lo afectan notablemente pues actúan con la atmósfera intercambiando agua por medio de la lluvia y la evotranspiración.

Los humedales se pueden encontrar también en forma natural, pero generalmente se hacen de forma artificial.

En cuanto a sus características funcionales, los humedales artificiales se clasifican en Sistemas a flujo libre (FWS) y en Sistemas de flujo subsuperficial (SFS).

- **SISTEMAS A FLUJO LIBRE (FWS):** Pueden realizar un tratamiento completo o servir como tratamiento avanzado del agua residual. En el caso de funcionar como tratamiento complementario reciben agua pretratada continuamente. Consisten en canales paralelos con el fondo relativamente impermeable. Su profundidad varía entre 10 y 60 cm y la vegetación se encarga de tratar el agua haciéndola pasar por sus raíces y tallos (en el caso de plantas emergentes). Cuando se utilizan plantas acuáticas flotantes, las profundidades pueden ser mayores (hasta 1,8m).

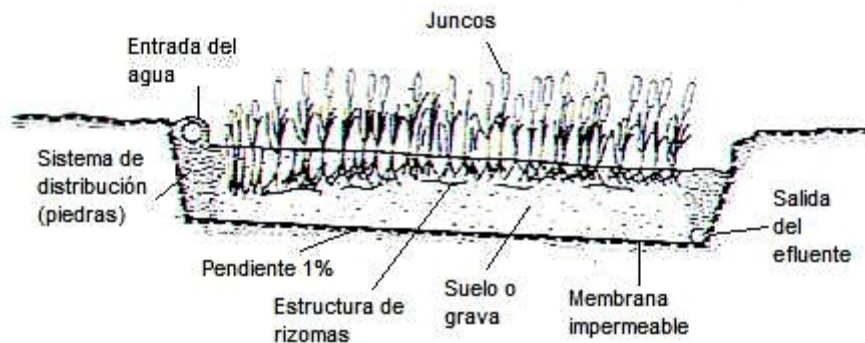
Todo el conjunto forma un ecosistema que propicia la formación de hábitats para aves acuáticas, pero también para el crecimiento de plagas como los mosquitos, que deben ser eliminados o controlados para no generar inconvenientes a la comunidad cercana al humedal.

Por su bajo costo, estos sistemas son ideales para pequeñas comunidades.

- **SISTEMAS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL (SFS):** Son diseñados para realizar tratamiento secundario al agua residual. Su conformación es similar a los sistemas a flujo libre (canales con fondo relativamente impermeable) pero están rellenos de grava o arena. El hecho de que la grava o arena esté en contacto con el agua hace que haya mayor superficie para que se formen películas de microorganismos y por lo tanto, se requiere menor área de laguna. La grava no deja que la superficie del agua esté expuesta y por lo tanto no hay problemas de cría de mosquitos.

Estos sistemas son un poco más costosos que los de flujo libre por la necesidad de disponer material granular.

Figura 11. Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial (SFS)



Fuente: METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill. Tercera Edición. Madrid. 1998.

2.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS FLOTANTES:

Las plantas acuáticas pueden actuar de diferentes formas. Algunas de las principales son:

- **Sistema de Baja carga:** Una de las formas de actuar de las plantas acuáticas es por medio de infiltración en terrenos sembrados para que el agua se vaya tratando a la vez que se va percolando hasta llegar, generalmente, al nivel freático. Este sistema, denominado Sistema de Baja Carga y puede ser de dos clases según su finalidad: Si el objetivo es tratar el agua residual, se considera tipo uno y si el objetivo es reutilizar el agua residual como agua para riego, se considera tipo dos.
- **Terrenos pantanosos o Humedales:** Estos terrenos son áreas con plantas emergentes sembradas en un lecho que alberga cierta cantidad de agua (generalmente una altura no mayor a 60 cm). Las plantas crecen impidiendo que penetre la luz solar y por lo tanto inhiben la proliferación de algas. Estos terrenos poseen una gran capacidad de tratamiento de las aguas residuales que son vertidas en ellos. Algunas veces pueden estar presentes de forma natural en un lugar y es recomendable no alterarlos al intentar aumentar su capacidad de tratamiento porque se puede alterar el ecosistema donde se encuentra.

Cuando los terrenos pantanosos son artificiales, pueden ser con flujo libre (canales con vegetación emergente) o con flujo subsuperficial (canales con lecho de grava donde crece la vegetación emergente).

En el caso de la utilización de plantas acuáticas flotantes, se convierten en sistemas donde las plantas se encuentran en un lecho o cuerpo de agua de mayor profundidad que los terrenos pantanosos con plantas emergentes (de 0,5 a 1,8m) y las plantas que tratan el agua, flotan en la superficie. Hay varias especies que realizan este proceso pero las más comunes son el jacinto de agua y las lentejas de agua. El tratamiento es aerobio y algunas veces es necesario tomar medidas para controlar la presencia de mosquitos.

Las plantas acuáticas realizan un tratamiento biológico a las aguas servidas y por lo tanto es conveniente realizar antes un tratamiento de cribado para evitar que los sólidos presentes dificulten la acción de éstas.

Para realizar un tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas es necesario tener en cuenta que estas deben adaptarse a las condiciones a las que van a estar expuestas. Algunos tipos de plantas son muy sensibles a los cambios climáticos o presencia de grasas, y otros tipos son realmente tolerantes a estos factores. Sin embargo, hay otros detalles que afectan el tratamiento y que tienen que ver directamente con las plantas y por eso es necesario tenerlos en cuenta:

- Todas las plantas deben cumplir unos objetivos de recubrimiento vegetal, donde la superficie de la laguna o tanque de almacenamiento debe estar totalmente recubierta por biomasa.
- Hay que disponer de mecanismos que controlen las corrientes de viento para que las plantas no sean arrastradas dejando superficie de agua descubierta.

- Las plantas que mueran o se encuentren en estado de descomposición, deben ser retiradas para que no se produzcan malos olores y no se sedimenten todos estos residuos. Así se minimiza también el mantenimiento a realizar en el caso de utilizar tanques de almacenamiento artificiales.
- La profundidad del agua que se va a tratar varía de acuerdo al tipo de planta a utilizar ya que depende directamente de la longitud de las raíces (en las raíces es donde se encuentran las bacterias que realizan el tratamiento). En algunas especies como el jacinto de agua, la longitud de las raíces es inversamente proporcional a la cantidad de nutrientes presentes en el agua y por lo tanto es necesario variar la profundidad del agua a lo largo del tratamiento.
- Generalmente las plantas acuáticas flotantes son ricas en contenido proteínico y sirven de alimento para animales (teniendo en cuenta que las plantas no contengan metales pesados) o como compostaje, que se puede realizar con procesos sencillos.

En el caso de la realización de este estudio, se va a analizar el proceso utilizando un sistema a flujo libre con plantas acuáticas flotantes por ser más económico y por lo tanto viable.

3. ESTUDIO A PEQUEÑA ESCALA

3.1 ESTADO ACTUAL

En las casas de los corregimientos La Corcova y El 22, se utilizan como sistemas de evacuación de aguas negras, mangueras o tuberías de PVC sin enterrar. Estas van sobre el terreno, se alejan unos 10 o 20m de las casas y luego vierten las aguas residuales directamente sobre el suelo.

Figura 12. Tubería tipo utilizada en el desagüe de aguas negras



Algunas personas utilizan colectores o cajas negras (ver Figura 7), en donde reúnen las tuberías de varias viviendas y luego conducen el fluido por medio

de una manguera unos metros más. Algunas veces el final de la manguera es enterrado en un sembrado de plátanos o simplemente se deja sobre el terreno.

Figura 13. Colector de aguas negras provenientes de 3 casas.

Corregimiento de La Corcova.



3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para llevar a cabo el estudio de adaptación de la *Salvinia* y la *Spirodela* y la viabilidad de la implementación del tratamiento para las aguas residuales utilizando éstas plantas acuáticas, es necesario conocer de antemano todos los aspectos que intervienen en el proceso afectándolo de cualquier forma.

Estos aspectos van desde las condiciones mismas del lugar hasta el tipo de tratamiento que se debe realizar previo a la reacción biológica.

3.2.1 Variables. Al diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, hay que tener en cuenta diversas variables que afectan cada paso que se sigue. La forma en que éstas intervienen en el proceso debe ser analizada para evitar posibles fuentes de error. Unas de las principales variables a tener en cuenta en el diseño, son:

- **TEMPERATURA:** Los procesos biológicos y el crecimiento de bacterias dependen de la temperatura presente, ya que hay temperaturas que favorecen que éstas se multipliquen. En Colombia no se presentan cambios extremos de temperatura, lo que favorece que los procesos sean más estables. En los lugares de aplicación de este proceso de tratamiento, la temperatura varía entre 10°C y 20°C.
- **NUTRIENTES:** Los nutrientes que contienen las aguas residuales (Carbono, Nitrógeno y Fósforo entre otros) favorecen la reproducción de las bacterias. Hay relaciones óptimas para que la remoción sea adecuada, por ejemplo, para aguas residuales domésticas como ocurre en nuestro caso, la relación DBO/N/P óptima está cerca de 100/17/5, y los valores que obtuvimos de los muestreos que se realizaron en los colectores, ver anexos 3 y 4, estuvieron alrededor de 104/18/2, lo que nos puede dar buenas condiciones, pero como también intervienen otros factores, hay que analizar todo como un conjunto.
- **PH:** Cuando se realizan tratamientos biológicos, la cinética del proceso está controlada por el PH, ya que entre mas neutra sea el agua a tratar hay mayor efectividad en el tratamiento. Según los análisis hechos a las muestras, ver anexos 3 y 4, el PH del agua antes de entrar a los reactores biológicos es en promedio de 7,2 *Unidades de PH*, lo cual es un valor bueno.

- **TIPO DE FLUJO:** Las aguas residuales no tienen una concentración uniforme de nutrientes ya que las descargas son puntuales. Para la mayoría de reacciones de descomposición es recomendable utilizar un flujo tipo pistón sin recirculación. Por esta razón, en el diseño se pusieron unos tabiques en los reactores que dirigen el flujo a lo largo de 159 cm conservando las concentraciones puntuales del agua.
- **TIEMPO DE RETENCIÓN:** Es el tiempo en que el agua va a estar sometida a un proceso, ya sea de sedimentación o de remoción. En cuanto a la sedimentación, los tiempos de retención recomendados varían entre 30 y 150 minutos de la siguiente manera:
 - Tr de 90 a 150 minutos para sedimentadores que se vayan a utilizar como tratamiento único (primario).
 - Tr de 30 a 60 minutos cuando se va a utilizar un tratamiento secundario después de la sedimentación.

En el caso de los reactores, no existe un tiempo de retención determinado de eficiencia, ya que puede variar entre 1 y 20 días dependiendo del tipo de planta, la adaptación que ésta logre, las condiciones climáticas y el tipo de agua servida.

En este estudio se diseñó el sedimentador con un tiempo de retención de 3 horas (180 minutos) con la intención de que el agua saliera con la menor cantidad de sedimentos para que no se taparan las mangueras, ya que para manejar caudales pequeños, se utilizaron conductos desde el sedimentador a los reactores con un área transversal al flujo reducida por pinzas, utilizadas para regular el caudal, quedando una sección útil muy pequeña.

- **CAUDAL A TRATAR:** El agua residual tiene diferentes características dependiendo del origen de ésta. Un agua doméstica tiene alto contenido de materia orgánica, grasas y jabones principalmente; mientras que un agua residual industrial puede contener químicos que requieran un tratamiento especial.

En el diseño del tratamiento de aguas residuales no solo hay que tener en cuenta el origen del agua sino también la cantidad que genera la fuente. En nuestro caso no interviene algún tipo de químico en el sistema, ya que se va a tratar agua del tipo doméstico.

3.2.2 Componentes. El tratamiento de aguas residuales consta de varias etapas y cada una debe realizarse cuidadosamente con el fin de lograr los resultados esperados. Para llevar a cabo el proceso ordenadamente hay que escoger el tipo de herramientas que sean viables desde el punto de vista económico (en este caso) pero que cumplan una buena función.

En La Corcova y en El 22 se presentan pendientes muy fuertes que dificultan la ubicación y limitan las dimensiones de los modelos. Para que el caudal que llegue al recipiente que capta el fluido para conducirlo al modelos siempre fuera mayor que el que el sistema necesita, y con la intención de que la muestra fuera la más representativa, se decidió ubicar el sistema en el colector de aguas residuales de Abel Esparza, perteneciente al corregimiento El 22. Este es un punto que recoge el agua servida de varias casas (aproximadamente 6), y la conduce por medio de una manguera que se suspende a aproximadamente 0.8 m de altura sobre el nivel del terreno, lo cual nos favorece la captación del fluido. Hay espacio para colocar los modelos y no es un sitio que tenga fácil acceso por lo que no hay

posibilidades de que su funcionamiento sea alterado por el paso de personas o animales.

3.2.2.1 Desarenador. Un desarenador de aguas residuales recibe agua con caudales variables en el tiempo llegando a picos muy altos (Horas de la mañana) y a valores muy bajos (horas de la noche), dependiendo de la actividad que realice la vivienda en un momento determinado. Para controlar esta variación de caudal y además eliminar las turbulencias que pudieran afectar la función del sedimentador, se utilizó un balde de almacenamiento de 12 litros que recibía el agua directamente del colector, pero cuya boca u orificio de entrada del agua estaba recubierta con una malla de polipropileno, que impedía que pasaran partículas grandes. Posteriormente se puso una tela que impedía el paso de las partículas mas finas, todo esto con el fin de que los conductos que transportaban el agua, no se obstruyeran con el paso de estas partículas.

Al interior del balde el agua llegaba con solo las partículas finas, permitiendo el libre recorrido del agua por los conductos. El balde se llenaba totalmente con el caudal del colector y garantizaba flujo continuo en el sistema.

Al balde se le adecuó un filtro en forma de tambor hecho con media velada, antepuesto al orificio de salida para evitar que las partículas que habían pasado al balde taponaran la manguera de salida de 3/8”.

Figura 14. Captación del fluido



3.2.2.2 Sedimentador. El sedimentador recibe el agua del desarenador, por lo tanto ya viene solo con partículas muy finas. Como el sistema estaba ubicado en una zona rodeada de mucha vegetación, caían muchas partículas de los árboles, cultivos cercanos y basuras que se alojaban directamente en el sedimentador. Para evitar que estas partículas para las cuales no estaba diseñado el sedimentador afectaran la función de éste, se recubrió toda la superficie con un plástico acetato transparente por donde solo tenía acceso la manguera que llevaba el agua desde el balde desarenador.

El sedimentador contaba con un vertedero lateral de excesos hecho con nueve orificios de 3/8" de diámetro y a su vez tenía dos orificios de salida,

uno para abastecer a cada reactor. Los orificios de salida y las mangueras que llevaban el agua a los reactores eran también de 3/8”.

El diseño del sedimentador obedece a que debe abastecer a los reactores con la suficiente cantidad de agua para que sigan las especificaciones de diseño.

Como se verá posteriormente, los reactores necesitan un caudal de 0.89 ml/s para el tiempo de retención de 1 día y como se va a utilizar un sedimentador para los dos reactores entonces éste debe arrojar un caudal de 1.7 ml/s. Se diseñó el sedimentador para un tiempo de retención de 3 horas, de la siguiente manera:

$$Q = \frac{V}{T_r}$$

Por lo tanto en volumen mínimo requerido para que el sedimentador abastezca a los reactores es de 19.37 litros.

El sedimentador además de tener el volumen adecuado, debe tener las dimensiones adecuadas, fundamentalmente la relación largo: ancho.

Tabla 11. Dimensiones del sedimentador utilizado en el modelo a pequeña escala

Alto Efectivo (cm.)	Largo Efectivo (cm.)	Ancho Efectivo (cm.)	Volumen Mínimo Requerido	Volumen Real
20	60	23	19,37 L	27,6L

Como el volumen obtenido fue mayor que el necesario, el caudal de entrada al sedimentador fue recalculado para que el tiempo de retención fuera de 3 horas y se obtuvo un valor de 2,5 ml/s.

Figura 15. Sedimentador con las conexiones a los modelos



3.2.2.3 Reactores. Para determinar las capacidades de remoción y adaptación de las plantas se hicieron dos prototipos, uno para cada tipo de planta (Spirodela y Salvinia).

Los reactores biológicos donde actuaron las plantas acuáticas para tratar las aguas residuales son tanques de almacenamiento de agua donde ésta cumple con un recorrido tipo flujo pistón y cumple con un tiempo de retención establecido previamente.

Volumen total de cada caja: 77.5 litros

Tabla 12. Dimensiones de las reactores con plantas acuáticas del modelo a pequeña escala

	Longitud Total	Longitud Efectiva
Largo	60 cm.	53 cm.
Ancho	40 cm.	34 cm.
Profundidad	46 cm.	43 cm.

Para evitar excesos en el reactor se le hizo a cada uno un vertedero lateral al cual se le antepuso una malla para que no salieran las plantas de menor tamaño. El vertedero se hizo a 3 cm del borde superior de la caja, quedando una profundidad útil de 43 cm.

Los tanques se hicieron en concreto y para garantizar el flujo a pistón, en cada reactor se pusieron tres tabiques a lo largo del tanque hechos de vidrio calibre #4 (espesor 4mm).

Dimensiones de los tabiques:

Largo: 45 cm

Alto: 46 cm

Número de tabiques por caja: 2

Todo el sistema estaba instalado en un área a campo abierto donde le lluvia caía libremente. Para evitar que la calidad del agua de la lluvia que llegaba a los reactores interviniera con la calidad del agua de éstos y por lo tanto afectara los resultados de remoción, cada reactor fue recubierto con un plástico acetato transparente que permitía el paso de la luz solar y el aire, pero evitaba el paso de aguas lluvias. El plástico estaba elevado 15cm de la

superficie del agua donde se encontraban las plantas por medio de unas bases hechas en madera balsa, por lo tanto los excesos de biomasa podían ser retirados con facilidad.

Figura 16. Detalle del plástico que recubre los modelos



Por los efectos en costos que trae construir tanques con tiempos altos de retención, ya que a mayor retención mayor volumen, y lo que se esta buscando es un solución económica, se realizó el diseño para un día de retención. Con estos valores se halló el caudal según la fórmula:

$$Q = \frac{V}{T_r}$$

Con esto se obtuvo para cada modelo:

Tabla 13. Caudal necesario para cumplir con el tiempo de retención de los reactores

Tiempo de Retención (horas)	Tiempo de Retención (Días)	Caudal (ml/s)
24	1	0.9

3.2.2.4 Mangueras de conducción. Para conducir el agua desde el balde al sedimentador y del sedimentador a los reactores fueron utilizadas mangueras plásticas transparentes flexibles de 3/8". Cuando el agua residual pasaba a través de las mangueras se notó que con el tiempo se iba formando una capa de hongos que las taponaban a mediano plazo (aproximadamente en 5 días) interrumpiendo el flujo continuo de agua y por lo tanto, afectando severamente el proceso.

También se notó que los hongos solo se formaban en las zonas de la manguera que estaban expuestas a la luz solar, por eso para evitar este problema, toda la manguera se pintó en la cara exterior con pintura vinilo color azul oscuro inhibiendo así el crecimiento y la reproducción de los hongos.

Después de tomar esta medida correctiva, las mangueras no se volvieron a tapar y el sistema funcionó correctamente.

3.2.2.5 Reguladores de caudal. Para mantener un caudal regulado y constante permanentemente se utilizaron los reguladores de caudal que

vienen en los equipos de venoclisis para suministrar suero a los pacientes que lo requieren.

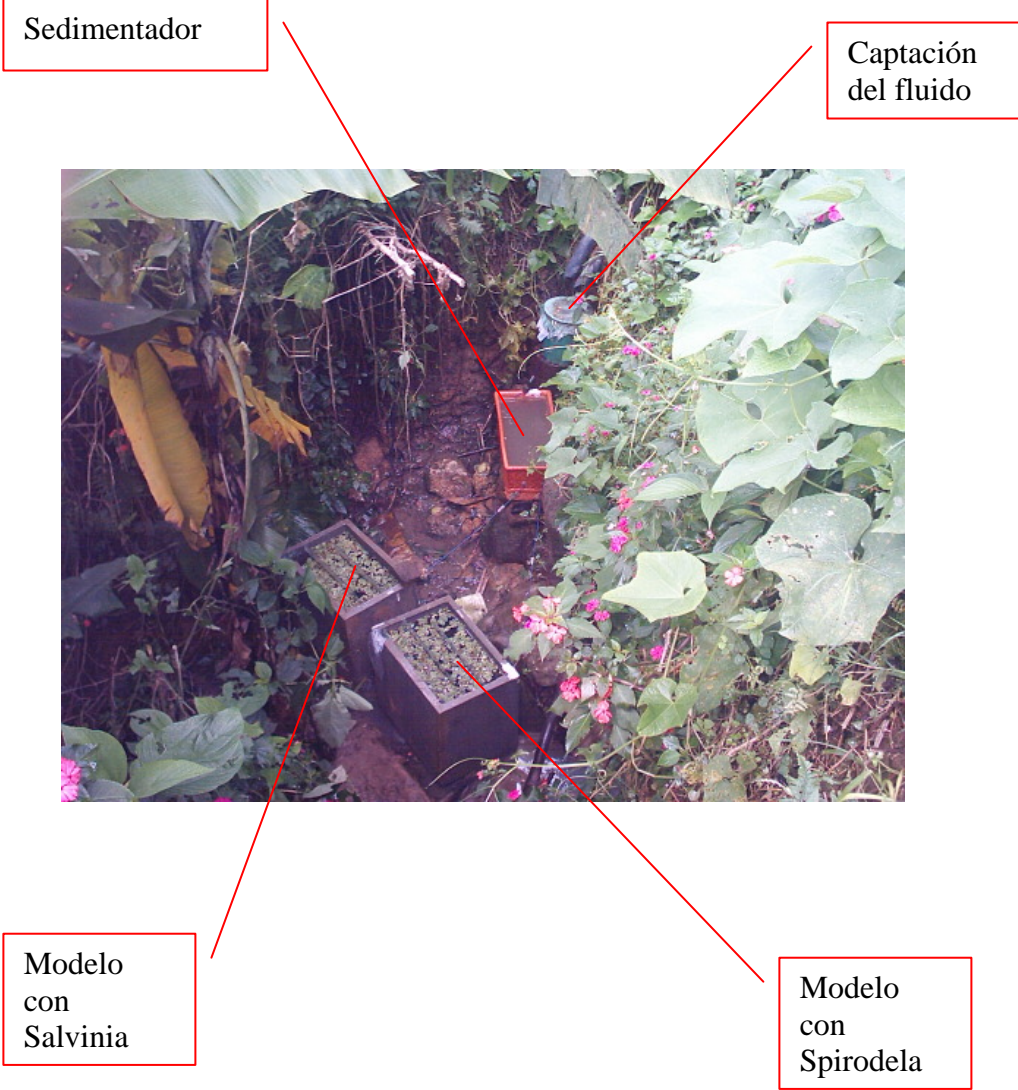
Estos reguladores constan de un soporte plástico con una ranura central donde está apoyada una rueda. A medida que se varía la posición del la rueda en el soporte, ésta va apretando la manguera de forma que dificulta el paso del agua, disminuyendo así el caudal.

Los reguladores fueron calibrados utilizando una probeta y un cronómetro para garantizar que se cumpliera con los caudales de las especificaciones de diseño del sedimentador y de los reactores.

Figura 17. Detalle del regulador de caudal



Figura 18. Sistema en funcionamiento



3.3 SEGUIMIENTO AL TRATAMIENTO

La metodología propuesta para realizar el seguimiento de la eficiencia del proceso de tratamiento de aguas residuales por medio de las plantas acuáticas Spirodela y Salvinia, se dividió en dos etapas principales:

- La primera etapa consta del proceso de adaptación de las plantas de acuerdo a las condiciones climáticas y del agua, a las que estarían sometidas.
- La segunda etapa consta del seguimiento y muestreos de las aguas antes y después del tratamiento para definir un porcentaje de remoción y eficiencia del tratamiento.

3.3.1 ETAPA UNO: ADAPTACIÓN DE LAS PLANTAS

La Salvinia y la Spirodela son plantas que requieren condiciones especiales para poder desarrollarse de una manera adecuada, pero también son muy tolerantes en otros aspectos. Por eso, aunque en este caso las condiciones para que las plantas se reprodujeran no eran óptimas, se recurrió a ponerlas en contacto con el agua directamente para ver si resistían las características propias del lugar.

Inicialmente se instalaron los reactores con el balde y el sedimentador en la zona escogida topográficamente tras inspección visual para este fin.

Esta zona era una pequeña planicie en El 22 después de la caída del colector al que se le tomaron las muestras de agua.

Todo el sistema se ensambló el 31 de octubre de 2004 a una altura de 1930 m.s.n.m. A partir de esa fecha los reactores se pusieron a llenar con el agua que salía del sedimentador como estaba dispuesto, con un caudal de 0.9 ml/s para un tiempo de retención de un día. Después de un día, cuando los reactores ya estaban llenos, se adicionaron las plantas de la siguiente manera:

- REACTOR A: Se dispuso Spirodela con una densidad de masa de 35 gr/dm².
- REACTOR B: Se dispuso Salvinia con una densidad de masa de 35 gr/dm².

En la siguiente tabla se puede resumir el seguimiento que se hizo a la adaptación de las plantas:

Tabla 14. Seguimiento de la adaptación y comportamiento de las plantas

FECHA	ACTIVIDAD	observaciones	
		Salvinia	Spirodela
31/Oct/04	Puesta a llenar de los reactores		
01/Nov/04	Puesta de las plantas		
04/Nov/04	Seguimiento	se reprodujo	disminuyó su masa
08/Nov/04	Seguimiento	Buen estado	Se les desprendieron las raíces. Ver figura 15.
09/Nov/04	Seguimiento	Se retiraron excesos	Se limpió el tanque de las raíces que perdió Se colocó nuevamente otra cantidad de plantas.
16/Nov/04	Seguimiento	Buen estado	está perdiendo nuevamente sus raíces
21/Nov/04	Seguimiento	se reprodujo	La cantidad disminuyó notablemente.
22/Nov/04	Seguimiento	Se retiraron excesos	se puso Spirodela nuevamente
25/Nov/04	Seguimiento	Buen estado	está perdiendo nuevamente sus raíces
29/Nov/04	Seguimiento	Buen estado. Ver figura 16.	Se limpió el tanque totalmente para quitar las raíces depositadas en el fondo y se puso Salvinia en el tanque de la Spirodela.

Figura 19. Detalle de las raíces desprendidas de la Spirodela depositadas en el fondo de del tanque



Como se ve en el proceso de seguimiento de adaptación de las plantas, la Spirodela no resistió las condiciones a las que estaba sometida en el lugar y por lo tanto murió. Por otro lado, la Salvinia se adaptó muy bien y logró reproducirse duplicando su biomasa cada 2 semanas.

Figura 20. Estado en el sistema de la Salvinia



Según la literatura recopilada, los tiempos de retención para la correcta remoción de las plantas varían entre 1 y 20 días. Como ahora se tienen los dos tanques para una sola planta se decidió trabajar con un tiempo de retención diferente para cada tanque y así determinar si vale la pena invertir en un sistema grande o uno que simplemente tenga un tiempo de retención de un día.

Ahora ambos tanques tienen *Salvinia* dispuesta de la siguiente manera:

- REACTOR A: Se dispuso *Salvinia* con una densidad de masa de 60 gr/dm² y un tiempo de retención de 24 horas (Un día).
- REACTOR B: Se dispuso *Salvinia* con una densidad de masa de 60 gr/dm² y un tiempo de retención de 120 horas (5 días).

Con estos valores se halló el caudal que necesitaba cada reactor para que funcionara de la manera deseada para cada tiempo de retención, según la fórmula:

$$Q = \frac{V}{T_r}$$

Con esto se obtuvo un caudal de 0.9 ml/s para el prototipo A (Tr de 120 horas) y 0.18 ml/s para el prototipo B (Tr de 24 horas).

3.3.2 ETAPA DOS: REMOCIÓN Y EFICIENCIA

En esta etapa la *Salvinia* ya presenta gran estabilidad y se reproduce satisfactoriamente. Los reactores y el sistema en general están funcionando

correctamente sin presentar inconvenientes. Aún así es necesario retirar los lodos depositados en el balde y en el sedimentador debido a la retención.

Para determinar los porcentajes de remoción y la eficiencia del sistema se hicieron cuatro muestreos donde se midieron los mismos parámetros analizados anteriormente en los colectores y en el río, excepto el oxígeno disuelto.

En cada muestreo se tomaron tres muestras: una del agua que salía del sedimentador (antes del tratamiento), otra del agua que salía de el reactor con un tiempo de retención de un día (Reactor A) y otra del agua que salía de el reactor con un tiempo de retención de 5 días (Reactor B).

En el primer muestreo, 7 de diciembre de 2004, los modelos funcionaron tal y como se ha descrito anteriormente, pero los siguientes modelos tienen un factor adicional. Este factor se debió a que como se estaba reteniendo el agua, los insectos aprovecharon el agua estancada para utilizarla como criadero de larvas. Por esta razón se adicionaron peces a los modelos (guppys), lo suficientemente resistentes a las condiciones de aguas servidas, para evitar que esta situación se siguiera presentando. Estos peces de tan solo 3 a 5 cm de longitud se adecuaron a la baja temperatura y sobrevivieron en el agua servida.

Los análisis químicos se hicieron en el Laboratorio de aguas y suelos de la CDMB ubicado en la finca La Esperanza en Floridablanca.

3.3.2.1 Resultados. Las muestras tomadas durante todo el proceso fueron analizadas en varios aspectos para tener una idea general de la calidad del agua. Para poder determinar la verdadera capacidad de remoción de nutrientes de la Salvinia, se compararon los resultados obtenidos del sedimentador y de cada uno de los reactores. Los parámetros analizados fueron:

- PH
- Turbiedad
- DQO
- DBO₅
- Alcalinidad
- Nitrógeno total
- Nitrógeno amoniacal
- Nitritos
- Nitratos
- Fósforo total
- Sólidos totales
- Sólidos suspendidos
- Sólidos suspendidos volátiles
- Sólidos sedimentables
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

En estas tablas de resultados fueron elaboradas con los resultados de los muestreos que se pueden observar en los anexos del 6-18. Se resaltan los valores de mayor interés, La DBO₅ y la DQO, de los cuales se obtuvo una muy buena eficiencia del sistema.

Tabla 15. Resultados del muestreo realizado el 7 de diciembre de 2004

Parámetro	Unidades	Sedimentador	TR= 24H	% Remoción	TR =120H	% Remoción
PH	Und. De PH	7,19	7,91		8,16	
Turbiedad	NTU	26	14	46,15	15	42,31
DQO	mg O2/L	210	86	59,05	73	65,24
DBO5	mg O2/L	84	29	65,48	23	72,62
Alcalinidad	mg CaCO3/l	77	114		131	
Nitrógeno total	mg N/L	21,8	16,1	26,15	17,9	17,89
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L					
Nitritos	mg N/L	0,053	0,012	77,36	0,036	32,08
Nitratos	mg N/L	0,118	0,138	-16,95	0,158	-33,90
Fósforo Total	mg P/l	2,16	1,94	10,19	2,18	-0,93
Sólidos Totales	mg N/L	212	230	-8,49	234	-10,38
Sólidos Suspendidos	mg N/L	62	16	74,19	12	80,65
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg N/L	50	14	72	10	80
Sólidos Sedimentables	mg N/L-hora					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>2400000	>2400000		>2400000	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2400000	>2400000		>2400000	

Nota: El laboratorio omitió la toma de la muestra de nitrógeno amoniacal.

Tabla 16. Resultados del muestreo realizado el 19 de enero de 2005

Parámetro	Unidades	Sedimentador	TR= 24H	% Remoción	TR =120H	% Remoción
PH	Und. De PH	7,36	7,85		8,1	
Turbiedad	NTU	60	5	91,67	7	88,33
DQO	mg O2/L	279	25	91,04	72	74,19
DBO5	mg O2/L	140	3,7	97,36	7,8	94,43
Alcalinidad	mg CaCO3/l	86	98		238	
Nitrógeno total	mg N/L	11,9	7,84	34,12	23	-93,28
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	8,18	6,83	16,50	20,4	-149,39
Nitritos	mg N/L	0,012	1,3	-10733,33	0,067	-458,33
Nitratos	mg N/L	0,56	0,528	5,71	0,16	71,43
Fósforo Total	mg P/l	1,65	1,66	-0,61	2,5	-51,52
Sólidos Totales	mg N/L	352	224	36,36	339	3,69
Sólidos Suspendidos	mg N/L	54	<5		<5	
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg N/L	46	0	100	0	100
Sólidos Sedimentables	mg N/L-hora	0,1	<1		<0,1	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	9200000	2400000	73,91	1600000	82,61
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2400000	2400000	0,00	1600000	33,33

Tabla 17. Resultados del muestreo realizado el 26 de enero de 2005

Parámetro	Unidades	Sedimentador	TR= 24H	% Remoción	TR =120H	% Remoción
PH	Und. De PH	7,58	7,65		7,47	
Turbiedad	NTU	8	4	50,00	4	50,00
DQO	mg O2/L	48	46	4,17	33	31,25
DBO5	mg O2/L	14	7,1	49,29	4,9	65,00
Alcalinidad	mg CaCO3/l	56	90		117	
Nitrógeno total	mg N/L	7,39	10,8	-46,14	11,1	-50,20
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	6,33	9,46	-49,45	9,91	-56,56
Nitritos	mg N/L	0,182	1,33	-630,77	0,74	-306,59
Nitratos	mg N/L	0,232	1,6	-589,66	0,19	18,10
Fósforo Total	mg P/l	1,1	2,17	-97,27	1,53	-39,09
Sólidos Totales	mg N/L	116	212	-82,76	210	-81,03
Sólidos Suspendidos	mg N/L	11	<5		<5	
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg N/L	0	0	0,00	0	0,00
Sólidos Sedimentables	mg N/L-hora	<0,1	<1		<0,1	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2400000	2400000		2400000	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2400000	2400000		2400000	

Tabla 18. Resultados del muestreo realizado el 2 de febrero de 2005

Parámetro	Unidades	Sedimentador	TR= 24H	% Remoción	TR =120H	% Remoción
PH	Und. De PH	7,05	7,52		7,84	
Turbiedad	NTU	23	3	86,96	4	82,61
DQO	mg O2/L	190	33	82,63	47	75,26
DBO5	mg O2/L	89	5	94,38	6	93,26
Alcalinidad	mg CaCO3/l	102	93		281	
Nitrógeno total	mg N/L	19,5	4,09	79,03	11,7	40,00
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	15,5	3,19	79,42	10	35,48
Nitritos	mg N/L	0,021	0,745	-3447,62	1,22	-5709,52
Nitratos	mg N/L	0,118	3,79	-3111,86	1,96	-1561,02
Fósforo Total	mg P/l	2,48	2,52	-1,61	2,2	11,29
Sólidos Totales	mg N/L	226	188	16,81	196	13,27
Sólidos Suspendidos	mg N/L	34	<5		5	85,29
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg N/L	32	0	100,00	0	100,00
Sólidos Sedimentables	mg N/L-hora	<0,1	<1		<0,1	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3500000	920000	73,71	1600000	54,29
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1700000	280000	83,53	1600000	5,88

3.3.2.2 Análisis de los resultados. En el muestreo del día 26 de enero de 2005, los resultados del sedimentador presentaron una inconsistencia muy marcada en relación con los datos de las otras fechas.

En los siguientes gráficos se puede observar que el comportamiento que tienen los valores de los reactores es de una tendencia a disminuir con el tiempo, ya que el sistema va madurando y aumentando su eficiencia. Se puede observar también que en el muestreo del 26 de enero los datos del sedimentador están salidos de la tendencia y aún más, arrojaron valores de agua con bajos niveles de DBO₅ y DQO; conociéndose que esta agua es de los colectores y que hasta ese momento no ha recibido ninguna clase de tratamiento se considera que hubo error en la toma de la muestra del sedimentador ese día.

Figura 21. Gráfico de todos los datos de DQO

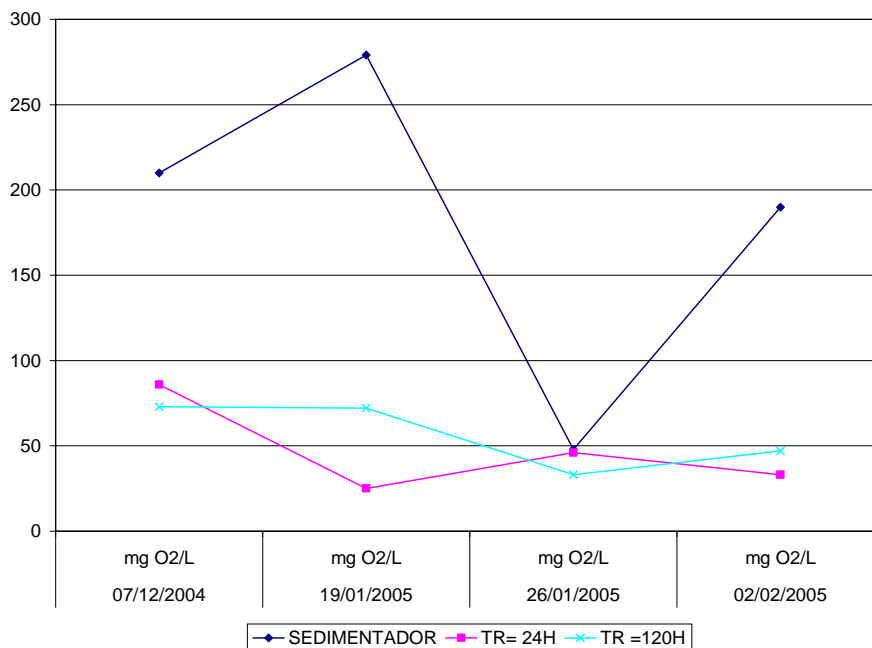
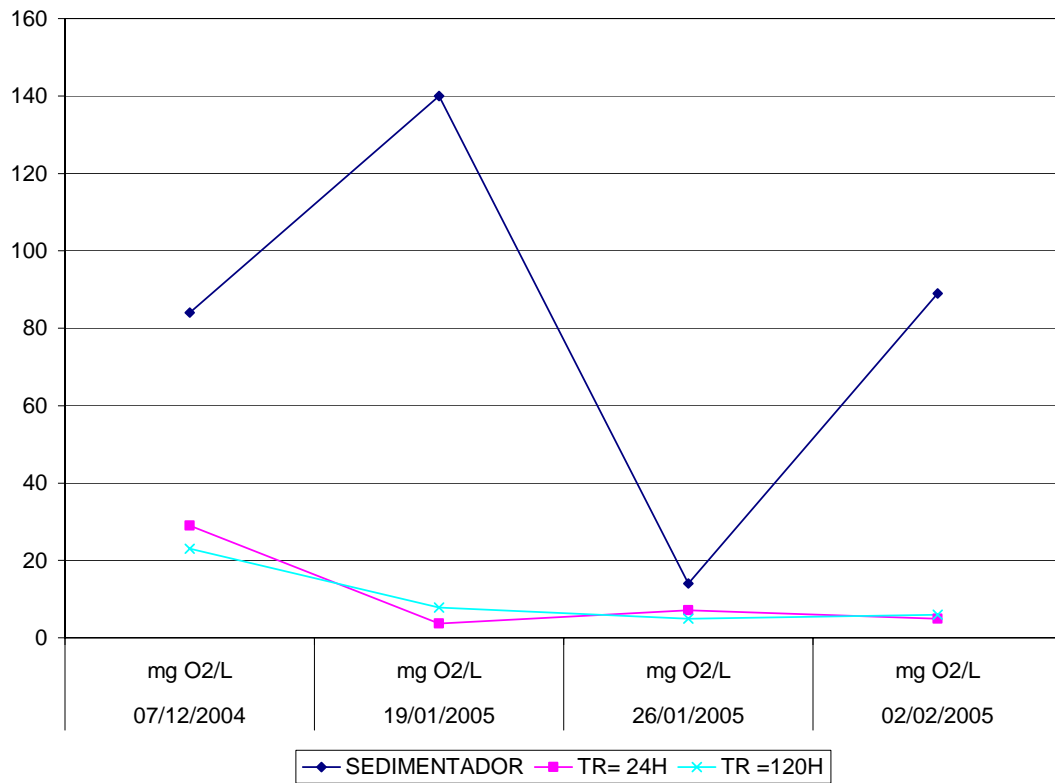


Figura 22. Gráfico de todos los datos de DBO₅



Observando la gran variación que presentan en esta fecha los datos del sedimentador, se considera que este muestreo se vio afectado por factores externos que alteraron los resultados, por lo tanto se decidió no tenerlos en cuenta en el análisis.

Estos son los gráficos de remoción y de DBO₅ y DQO, exceptuando el muestreo afectado.

Figura 23. Gráfico de los datos de DQO

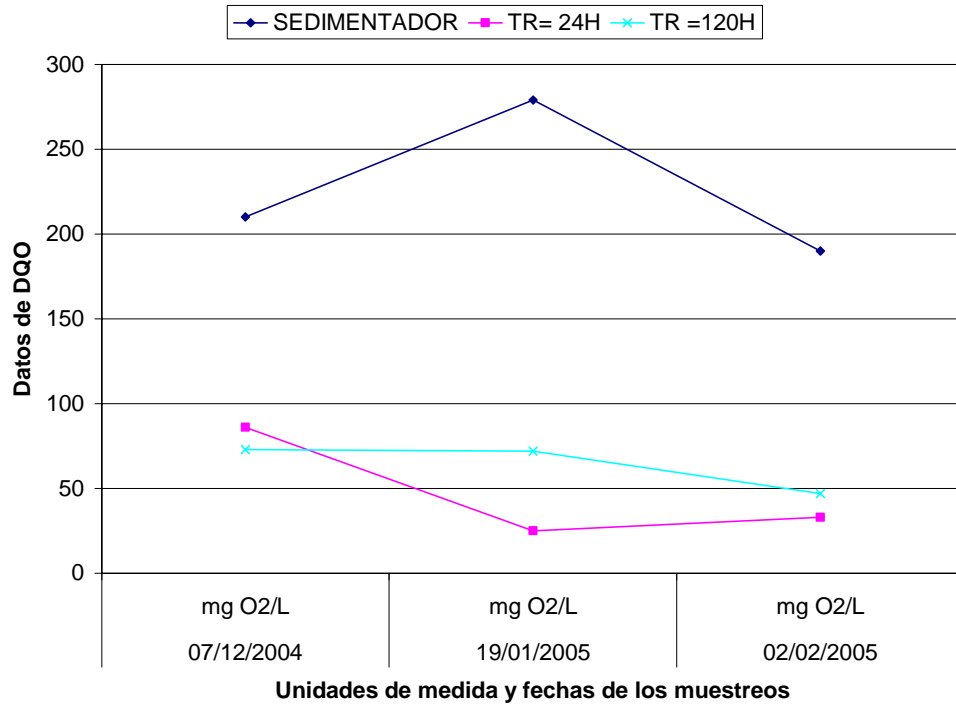


Figura 24. Gráfico de porcentajes de remoción de DQO

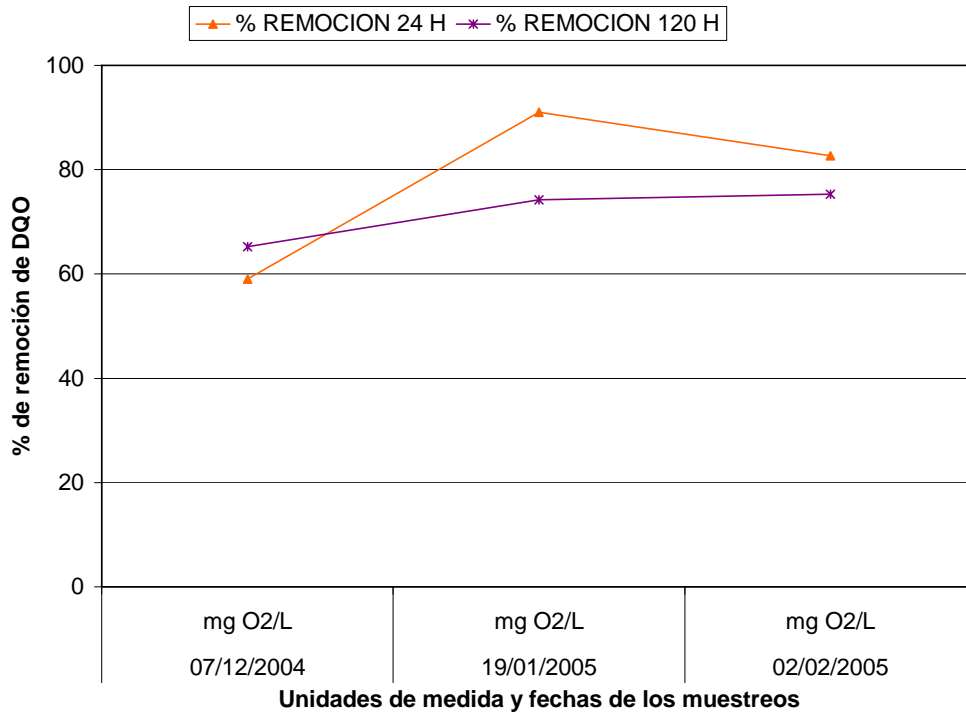


Figura 25. Gráfico de los datos de DBO₅

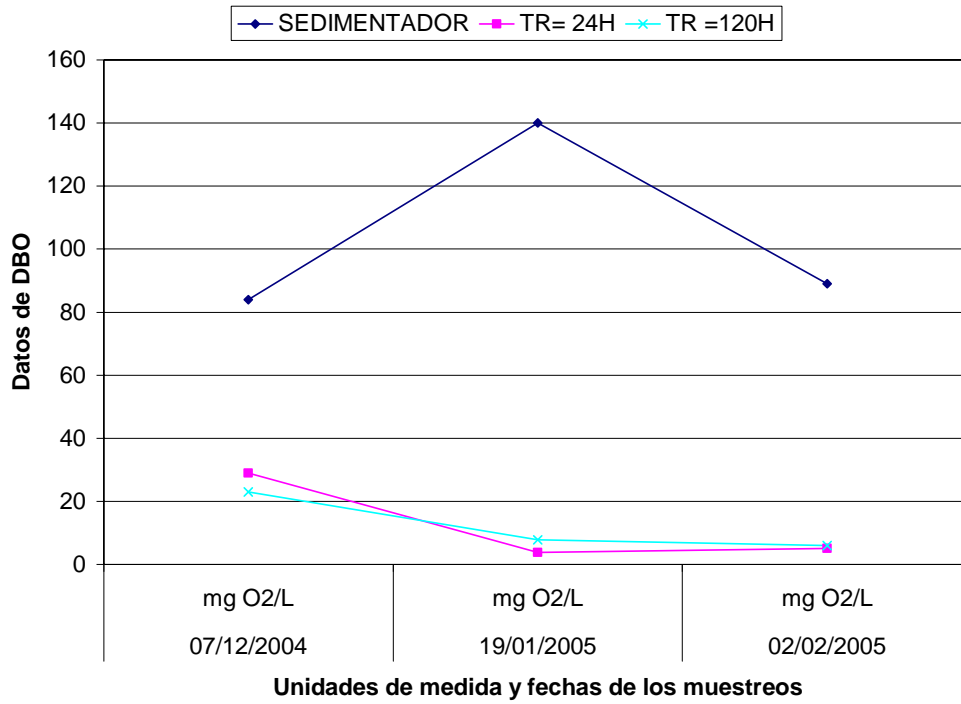
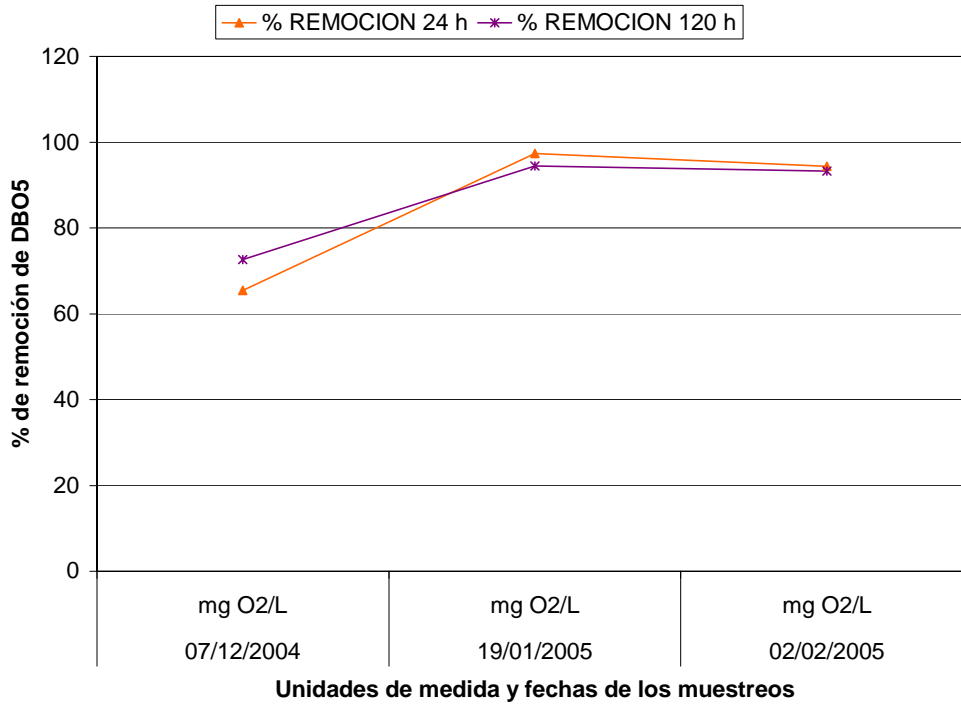


Figura 26. Gráfico de los porcentajes de remoción de DBO₅

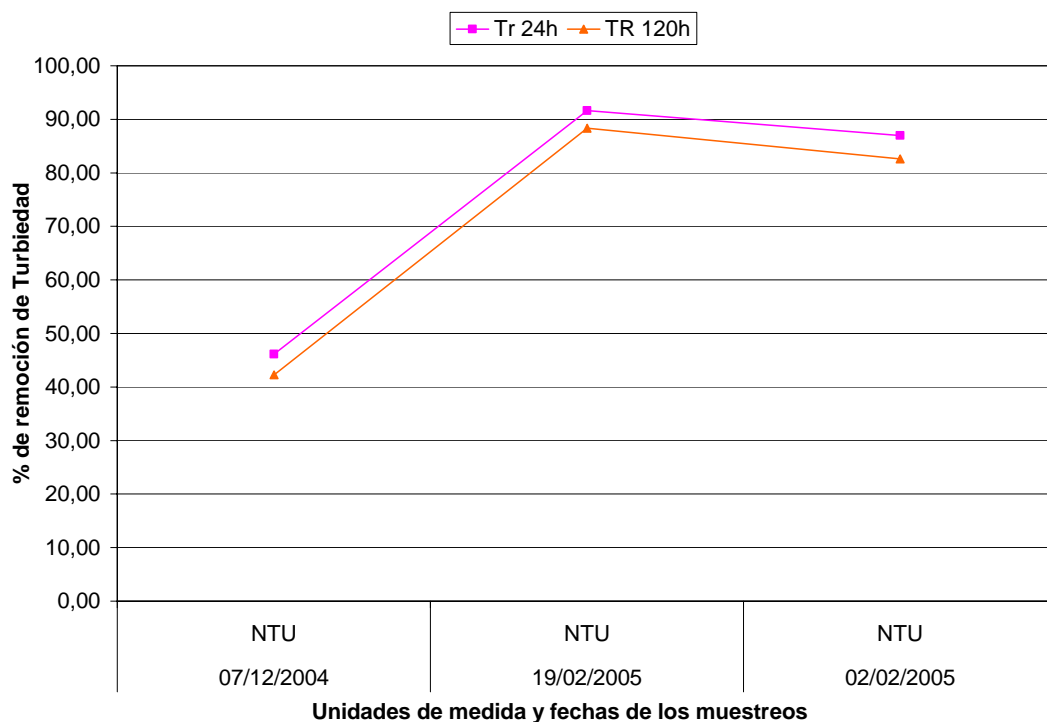


En estos datos se ve la consistencia en los valores de DBO₅ y DQO, pruebas que se encargan de medir la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica, una por medio biológico y la otra por medio químico, respectivamente.

La remoción de materia orgánica que se presenta en el sistema es alta, más del 90 % de remoción, cumpliendo a cabalidad con las expectativas de este proyecto. Se puede ver que el sistema va madurando y mejorando su eficiencia.

A continuación se presentan los demás resultados:

Figura 27. Gráfico de los porcentajes de remoción de Turbiedad



El color del agua que sale de los reactores es mas claro que el del agua que entra a estos, los porcentajes de remoción arriba expuestos lo confirman.

Estos porcentajes aumentan con el tiempo, al mismo tiempo que las plantas van madurando y sus raíces van creciendo.

El agua que pasa a las cajas que contienen la *Salvinia*, ha sido tratada primero por una malla que retira los sólidos de gran tamaño, los sedimentos que logran atravesarla son retenidos en el balde y solo los sólidos mas pequeños llegan hasta el sedimentador, donde se retienen, así que las cajas que contienen las plantas no cumplen la función de retener sólidos ya que estos han sido retirados con anterioridad. Esto no sucede porque el sistema no lo permita, sino porque en el modelo a pequeña escala se realizó con el fin de evitar la acumulación de sólidos en las cajas, disminuyendo el volumen de éstas.

Las muestras de agua son tomadas de la siguiente manera: una antes de que el agua entre a las cajas con *Salvinia*, es decir, del agua que sale del sedimentador, y las otras a la salida de cada caja. Por esto mismo no se observa una gran cantidad de sólidos retenidos.

Figura 28. Gráfico de los datos de sólidos totales

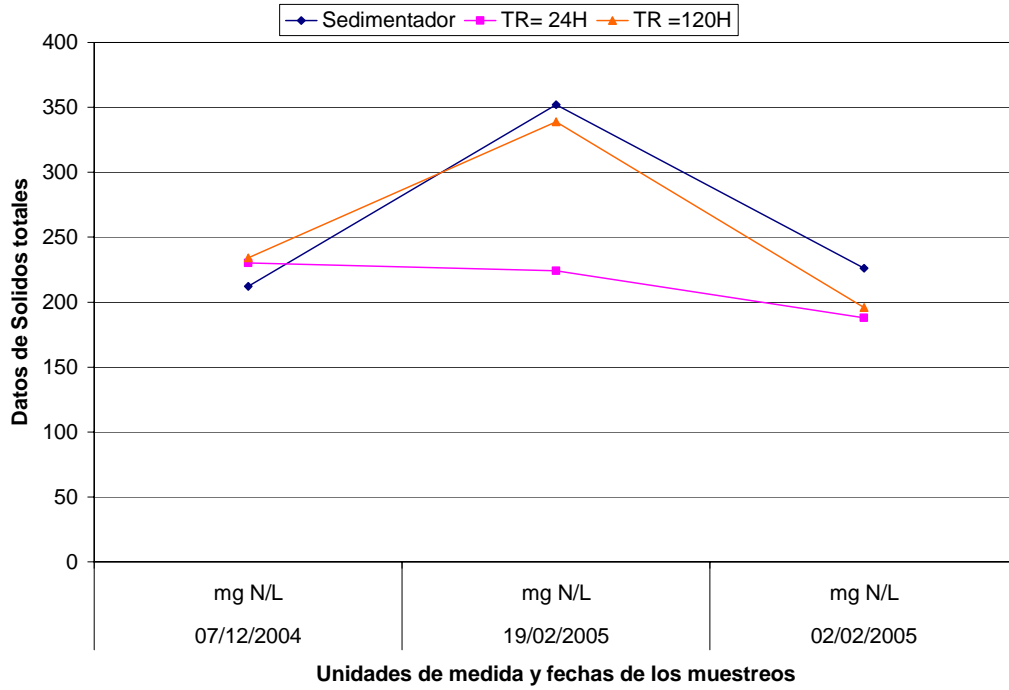
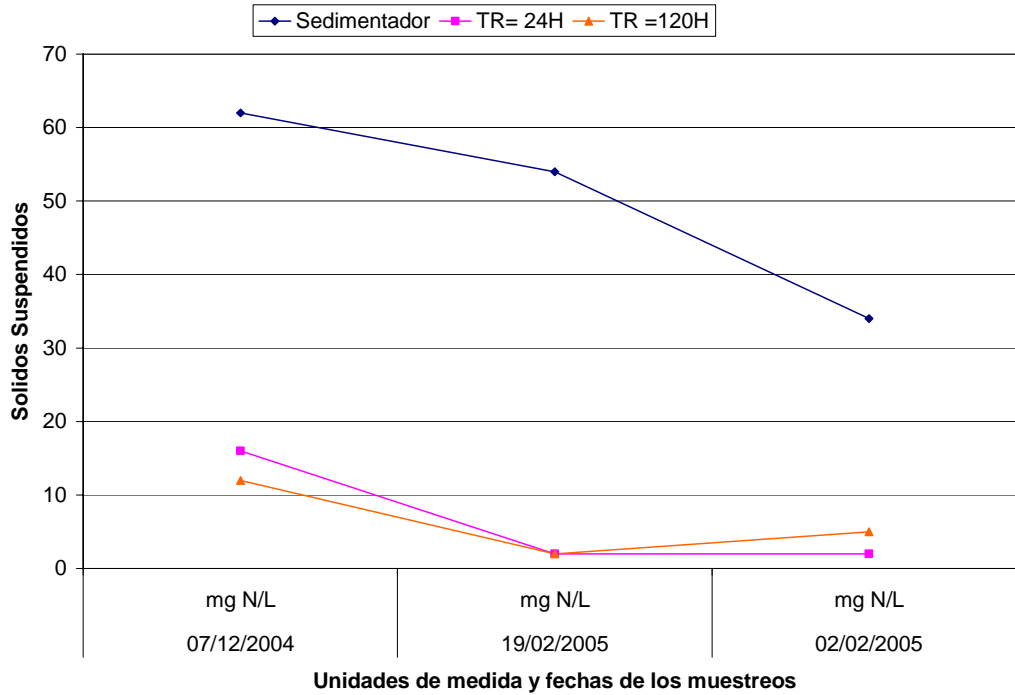


Figura 29. Gráfico de datos de los Sólidos Suspendedos



En la etapa del tratamiento de las plantas acuáticas, el sistema desprende una cantidad apreciable de sólidos debido a las raíces que se van desprendiendo, plantas muertas y demás residuos que pueden ocasionar las plantas, por ello es indispensable que al salir de esta etapa haya un sistema de clarificación, para retener estos sólidos.

Figura 30. Gráfico de datos de Nitrógeno Total

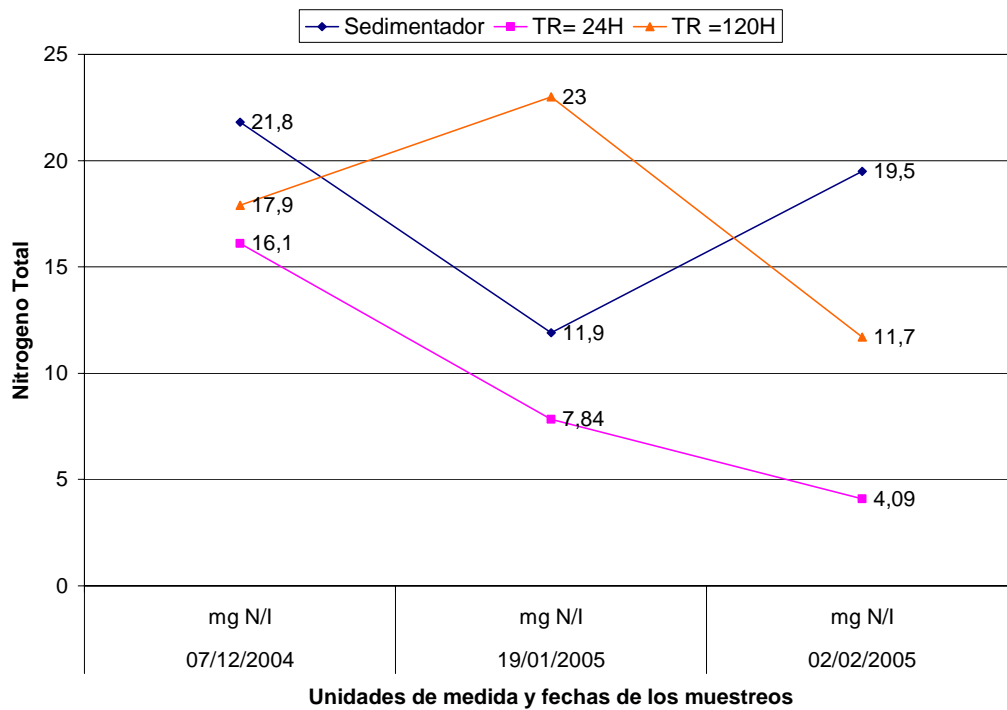
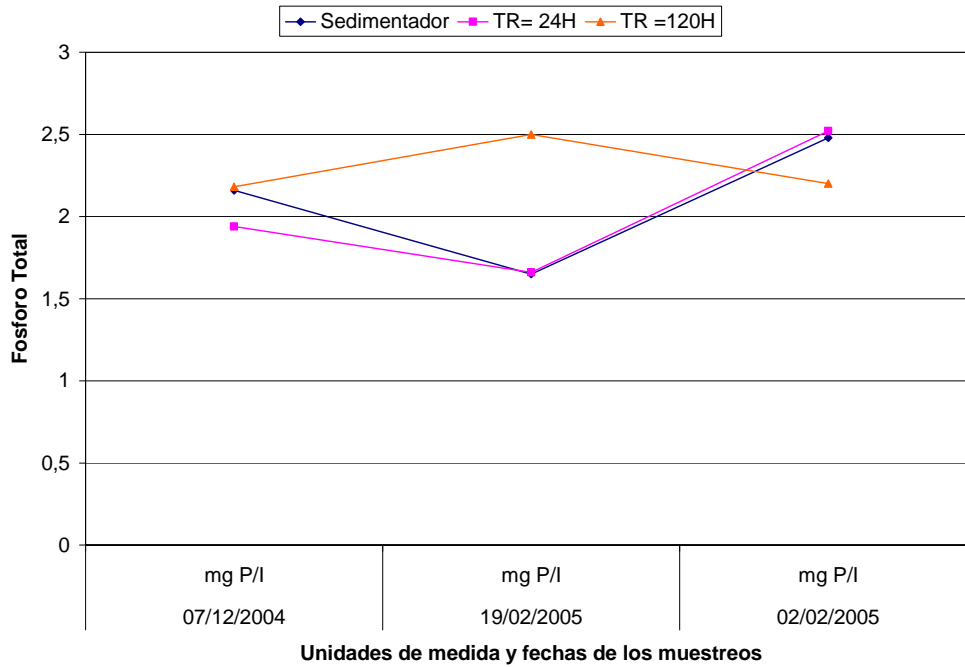


Figura 31. Gráfico de los datos de Fósforo Total



Se puede observar que se presenta un pequeño aumento ocasional en los valores de nitrógeno y fósforo para el tiempo de retención de 120 Horas. Se piensa que es ocasionado por los residuos de los peces (guppys), que fueron adicionados al sistema para el control de la cría de mosquitos. Esto puede confirmarse observando que en el reactor donde el agua se retiene por 5 días los niveles de Nitrógeno y Fósforo son superiores a los valores del sedimentador; mientras que en el reactor con tiempo de retención de un día los valores no superan a los del sedimentador y se presenta una remoción significativa de nitrógeno.

4. PROPUESTA

Los taludes en los que están ubicados los corregimientos por sus fuertes pendientes, son delicados y debe tenerse muy en cuenta:

- No cambiar la cobertura natural de sus terrenos, con la tala del bosque natural o la adecuación de estos para cultivos. En las partes en donde es retirada la cobertura natural, el terreno queda expuesto a la acción del agua, agente erosivo que poco a poco se va infiltrando y va desestabilizando la ladera.
- Estas son zonas que poseen una gran riqueza de fuentes de agua. Los ríos que por ahí pasan son fuente de abastecimiento de los acueductos de Bucaramanga y Floridablanca y hay varios nacimientos de agua. Por esta razón se debe mantener la calidad de estas aguas que se ven afectadas por la imprudencia de los habitantes que arrojan sus basuras sobre ellas, el deterioro del bosque natural, la descarga de agua residual, la cría de truchas, etc.
- Evitar que el agua residual se siga descargando directamente sobre el terreno. Este hecho causa una escorrentía permanente hasta el río y en los sitios en donde es enterrada la manguera, la infiltración de esta agua en el talud puede causar un fenómeno de remoción en masa y además la contaminación de las aguas subterráneas.

Con los resultados arrojados en la investigación realizada, se optó por recomendar el tratamiento del agua residual del sector con la ayuda de las plantas acuáticas ya que este tratamiento arroja un buen porcentaje de remoción de materia orgánica en las condiciones propias de la zona.

Teniendo en cuenta la conservación de los taludes, se propone un conjunto de pequeños sistemas de tratamiento para grupos de 6 casas.

Los reactores con la Salvinia se ubicarían en la parte baja de los taludes en un área plana. La topografía de la zona es difícil de manejar pero existen zonas cercanas al río donde las pendientes se reducen notablemente. En este caso la conducción sería mucho mas larga pero se garantizaría la estabilidad del talud al no alterarlo.

Para el tratamiento biológico se hará un tanque con tabiques para que el flujo se comporte como flujo a pistón, destinando un volumen para retener sólidos.

Por último se adecuaría un filtro de grava que retenga los sólidos que se desprenden del tratamiento con plantas acuáticas, raíces y hojas secas.

Asumiendo un consumo por persona de 200 Lts/día (0,0023 lps), un tiempo de retención de 24 horas para el tanque con plantas acuáticas y un aproximado de 6 habitantes por casa (haciendo un promedio de los habitantes por casa según las encuestas realizadas), se tiene:

Número de personas por tanque: $6 * 6 = 36$

Caudal de las 36 personas: $0,0023 * 36 = 0,0833$ lps

Volumen necesario de tanque para tratar el caudal de las 36 personas:

$$Q = \frac{V}{T_r} \quad \text{Por lo tanto} \quad V = 7,2 \text{ m}^3$$

4.1. Volumen de sólidos

Como el agua no recibe un tratamiento previo, lleva consigo sólidos que se van a sedimentar en los tanques, por esto, se debe destinar un volumen para que al acumularse sólidos en el sistema no disminuyan el volumen calculado para el tiempo de retención de 1 día. Este volumen permite la acumulación de sólidos en periodos hasta de 1 año y cumplido este periodo se tendrán que retirar los sólidos retenidos en el sistema.

Según los muestreos realizados directamente en el colector de La Corcova y en el de El Km. 22, las concentraciones de sólidos totales eran de 410 y 624 mg/l respectivamente. Para calcular la cantidad de sólidos que se acumulan en un período de un año se utilizó el dato de 625 mg/l.

Caudal de las 6 personas: 0.083 lps

Vol de agua arrojado en un año: $0.083 \text{ lps} * 3600\text{s} * 24\text{h} * 30 \text{ días} * 12 \text{ meses}$
 $= 2'581632 \text{ litros}$

Sólidos contenidos en ese volumen: $2'581632 \text{ litros} * 0.625\text{g/litro}$
 $= 1613520 \text{ gr.} = 1614 \text{ Kg.}$

Densidad de los sólidos: 1.05 Kg./l

Volumen de los sólidos: $1614 \text{ Kg.} / 1050 \text{ Kg./m}^3 = 1.54\text{m}^3$

Por lo tanto, en un año se acumularán 1.54 m^3 de sólidos totales.

La profundidad de agua en la zona de retención de sólidos del tanque es de 1m, 10cm más que en el resto del tanque. El agua pasa de la zona de sólidos hacia la zona de reacción biológica a través del vertedero 2 que tienen una altura de 10cm. El muro divisorio donde se encuentra este vertedero separa el sedimentador del reactor biológico limitando la limpieza del tanque solo a la parte de acumulación de sólidos.

4.2 Dimensionamiento del tanque

Para que el flujo se comporte como flujo a pistón, se harán 3 tabiques en ladrillo tolete macizo ($e = 0.12\text{m}$) recubiertos con friso ($e = 0.02\text{m}$) quedando muros de 0.16m de ancho por 2.08m de largo y 1m de altura.

Como la profundidad del agua en el tanque para la zona de reacción biológica es de $0,9\text{m}$ y el volumen necesario de 7.2 m^3 , el área superficial requerida es de 8m^2 . Inicialmente el tanque se diseñó de $2,5\text{m} \times 4\text{m}$ pero con el volumen ocupado por los muros internos, el tiempo de retención se vio reducido y se fueron cambiando las dimensiones hasta que quedó un tanque de $4,46\text{m} \times 3,1\text{m}$ entre caras externas.

Para cumplir con el tiempo de retención de 24 horas en la zona biológica se destinan las áreas definidas por los tabiques (muros de $2,08\text{m}$ de largo y 1m de alto) que dejan 4 celdas de 2.82m de largo de las cuales 3 son de 0.73m y una de 0.75m de ancho. (Este es un caso ilustrativo ya que en caso de que la topografía no lo permita, se cambiarán las dimensiones).

Para retener los sólidos se destina la primera celda del reactor, de dimensiones $0.6\text{m} \times 2.82\text{m} \times 1\text{m}$ (profundidad) con un volumen de $1.69\text{m}^3 > 1.54\text{m}^3$ que era lo requerido.

Las divisiones o tabiques reducen el volumen del tanque. Como los muros son de 16cm de espesor y teniendo en cuenta que son 3 tabiques de $2,08\text{m}$ de largo y la profundidad de esta zona del tanque es de $0,9\text{m}$, el volumen útil del tanque es:

Volumen del tanque sin zona de sólidos⁴ = 3.43m * 2.82m * 0.9m = 8.7 m³

Volumen de los tabiques = 3 * 2,08m * 0,16m * 0,9m = 0.9m³

Volumen del filtro + muro = 0.75m* 0.66m* 0.9m = 0.45 m³

Volumen útil del tanque = 8.7m³ – 0.9 m³ -0.45m³= 7.36 m³ > 7.2m³

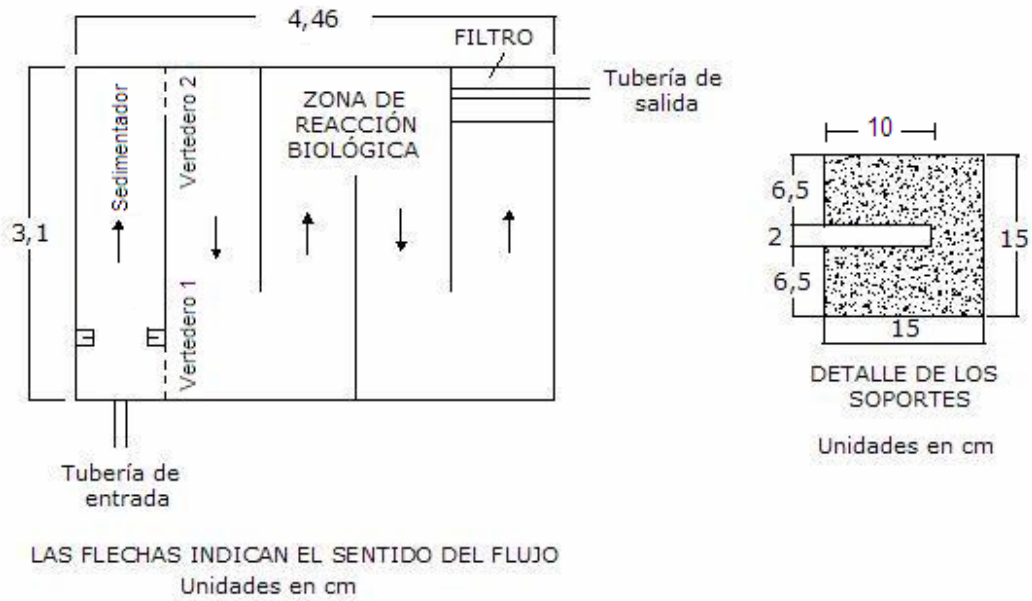
El volumen útil del sistema con los tabiques es mayor que el calculado inicialmente. Con este volumen y teniendo en cuenta que la zona de retención de sólidos también estará cubierta por plantas, el tiempo de retención se aumenta a 29 horas e irá disminuyendo hasta 24 horas a medida que se sature la zona de retención de sólidos.

Para efectos de minimizar costos las paredes del tanque se construirán en ladrillo temosa macizo e=0.12m. Todos los bordes superiores estarán por encima del nivel del agua 10cm y las paredes internas del tanque se impermeabilizarán con una capa de mortero con impermeabilizante Sika 1, e=0.02m.

Por último, en la zona de sedimentación se pondrán dos soportes en forma de columnas de concreto de 0.15m x 0.15m con una ranura de 2 cm de ancho por 10cm de largo cada una para que se ponga una tabla que interrumpa el flujo cuando se vaya a hacer el mantenimiento. Los soportes irán a lado y lado de los muros y tendrán 1.1m de altura (Ver detalle en la figura 32).

⁴ Tomando en cuenta el espesor del friso de e=0.02m y de muros de 0.12m

Figura 32. Vista en Planta del sistema (Unidades en m)

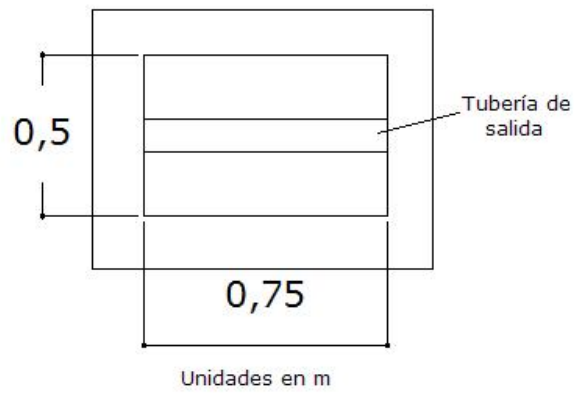


4.3 Filtro

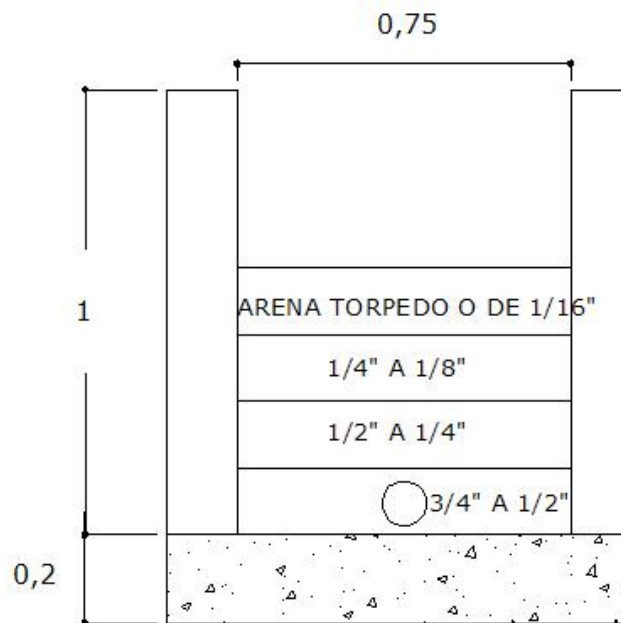
Antes de entregar el agua al río, ésta debe pasar por un filtro, pues el sistema produce sólidos durante el proceso (debido al desprendimiento de raíces). Este Filtro consta de una cámara con cuatro capas de grava de gradación variada (3/4", 1/2", 1/4", 1/8") y arena gruesa (Arena torpedo o 1/16"). Cada capa es de 15 centímetros de espesor y cuando el agua las atraviesa todas, cae sobre una tubería perforada cubierta con geotextil que la conduce finalmente hasta el río.

Aunque las capas de material granular ocupan tan solo 60 cm, el filtro tiene la misma altura que los tanques de reacción biológica para garantizar una altura de agua que presione al agua a salir por la tubería.

Figura 33. Filtro por el que pasa el agua antes de ser entregada al río (Unidades en m)



PLANTA



- La tubería es perforada, forrada con geotextil y de 4" de diámetro
- Todas las capas de material granular tienen 15 cm de espesor

PERFIL

4.4 Disposición de los lodos

Los lodos producidos serán enterrados en la zona donde sea posible realizar esta operación o ser utilizados posteriormente como abono.

4.5 Mantenimiento del reactor

Se debe hacer la limpieza de la zona destinada a retener sólidos cada año o antes si se observa una disminución muy significativa del volumen.

Para realizar esta operación primero se debe poner una tabla entre los soportes de concreto que están dentro del sedimentador para interrumpir el paso del agua hacia esta zona y desviarla hacia la zona de reacción biológica haciendo que pase por el vertedero 1 que está 5cm más alto que el vertedero 2 que es por donde pasa el agua normalmente. Mientras el sedimentador se encuentra sin recibir caudal se retira el agua y por medio manual una persona deberá retirar con una pala los sólidos del sistema y enterrarlos. Según el diseño del tanque los sólidos solo se almacenarán en la primera celda y por lo tanto a las otras no se les tiene que hacer este tipo de mantenimiento.

En cuanto a las plantas acuáticas se recomienda retirar los excesos de biomasa cada 2 semanas, dejando una capa densa sobre la superficie que no deje espacios donde quede expuesta la superficie de agua. La masa retirada será dispuesta como abono sobre el terreno. Se debe tener en cuenta que esta planta no debe caer a las fuentes de agua, ya que por su gran capacidad de reproducción puede convertirse en un problema ambiental.

4.6 Mantenimiento del filtro

Al filtro que se encuentra a la salida del tanque con plantas acuáticas se le debe hacer mantenimiento, ya que la capa superior del filtro que es la capa de arena, está retirando la mayor cantidad de sólidos que salen del sistema y llegará a saturarse por éstos en algún momento.

El mantenimiento se realiza quitando una capa de aproximadamente 2cm de espesor de la parte superior de la capa de arena. Este volumen retirado se someterá a un lavado con ayuda de un tamiz y se volverá a colocar sobre la capa existente.

4.7 Presupuesto

PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS EN LA CORCOVA Y EL Km 22 VÍA A CÚCUTA

ITEM	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR PARCIAL
1 Replanteo	m2	\$ 290	14.65	\$ 4,248
2 Excavación en material común	m3	\$ 11,000	19.04	\$ 209,459
3 Placa de concreto reforzado con aceros de 3/8" y resistencia de 3000 P.S.I. e = 0.2m recubierta con mortero impermeabilizado e=0.02m	m3	\$ 281,334	2.93	\$ 824,168
4 Muro de mampostería e = 0.12m incluye costos de materiales, mano de obra, herramientas y friso con mortero impermeabilizado e=0.02m para las caras internas del tanque	m2	\$ 42,670	24.34	\$ 1,038,547
5 Columnas en concreto con acero de refuerzo 3/8", formaleta, estribos de 1/4", mano de obra y herramientas	m3	\$ 505,348	0.27	\$ 138,491
6 Material granular de diferente gradación requerido para el filtro	m3	\$ 38,000	0.225	\$ 8,550
7 Tubería perforada de 4" forrada con geotextil para el filtro	ml	\$ 35,000	1	\$ 35,000
8 Polisombra instalada	m2	\$ 6,000	15	\$ 90,000
9 Transporte de materiales desde Bucaramanga a la zona (2 viajes)	Km.	\$ 11,500	44	\$ 506,000
10 Soportes en concreto de 3000 psi	m3	\$ 174,200	0.05	\$ 8,450
11 Tabla en madera zapán e = 0.015	Unid.	\$ 10,000	1	\$ 10,000
Total costos directos				\$ 2,872,913
A.I.U				\$ 718,228
Costo total				\$ 3,591,141
Costo por vivienda:				\$ 598,524

5. OBSERVACIONES

En las conducciones entre el colector y los tanques del modelo a pequeña escala, se presentó el crecimiento de hongos que impedían el paso del agua. Para evitar esto se pintaron las mangueras de conducción con color oscuro con el fin de no permitir el paso de la luz solar y con esto inhibir el crecimiento de los hongos.

En los modelos, el agua pasó por un sedimentador con un tiempo de retención de tres horas para después medir la capacidad de remoción únicamente de las plantas, pero a escala real el proceso debe realizarse sin tratamiento previo, ya que los tanques donde van a estar almacenadas las plantas sirven de sedimentador por su distribución y por tener un tiempo de retención alto.

Los datos del muestreo realizado el 26 de enero de 2005 no fueron congruentes con los demás datos, por lo tanto se eliminaron asumiendo que hubo una alteración de la muestra que pudo haber ocurrido durante la toma o el transporte de ésta.

El sistema a base de plantas acuáticas produce sólidos, debido a que las plantas desprenden raíces y hojas muertas.

Los tanques manejan un tiempo de retención alto y por lo tanto una velocidad de flujo lenta, lo cual favorece la cría de mosquitos. Para eliminar este problema en el modelo a pequeña escala se agregaron peces (*Guppys*) a los tanques después del primer muestreo con el fin de que acabaran con las larvas de zancudos.

Al adicionar *Guppys* al sistema se vieron afectados los porcentajes de remoción de nitrógeno y fósforo, sobre todo en el reactor con tiempo de retención de 120 horas.

Se observó que si se mantiene la superficie totalmente ocupada por plantas, el sistema no presenta mosquitos, pero las plantas deben permanecer en forma densa en la superficie.

La *Salvinia* tuvo una mejor reproducción y crecimiento cuando fue colocado el plástico a los modelos. Se piensa que es debido a que estos proporcionan un poco de sombra.

En los dos últimos muestreos la remoción de DBO fue mayor del 90% por lo que se puede esperar esta remoción al aplicar el tratamiento cuando el sistema se estabilice al implementar la solución a escala real.

Los resultados de los muestreos del tiempo de retención de 120 Horas, tienen una variación del 7% aprox., con respecto a los muestreos del tiempo de retención de 24 Horas. En algunos casos las remociones fueron mayores en el tiempo de retención de 24 Horas.

6. CONCLUSIONES

La Spirodela no soportó las condiciones del clima y del agua residual a las que fue sometida. Se puso varias veces en el reactor pero no fue posible lograr que sobreviviera.

La Salvinia logró adaptarse satisfactoriamente logrando remover materia orgánica y algunos nutrientes que estaban presentes en el agua residual.

El Tiempo de retención de cinco días obtuvo resultados de remoción muy similares a los de un día, por lo tanto no se justifica ni es viable económicamente construir un tanque cinco veces más grande para una diferencia tan pequeña (alrededor del 7% en la DBO).

La Salvinia removi6 en promedio a las 24 horas el 86% de DBO, el 78% de DQO y el 46% de nitr6geno total de los nutrientes que estaban presentes en el agua, seg6n los muestreos realizados.

Seg6n la literatura recopilada y los resultados obtenidos, este sistema de tratamiento de aguas residuales no es eficiente para remover el f6sforo presente.

El proceso de tratamiento del nitr6geno total lo descompone en nitritos y despu6s en nitratos, por lo tanto la presencia de nitr6geno total disminuy6 pero los nitratos, que eran el resultado final, no fueron eliminados, por lo tanto se recomienda hacer un proceso de desnitrificaci6n despu6s de la salida del agua de los reactores.

El sistema debe tener polisombra cubriendo las plantas puesto que se observó que las plantas se desarrollan mejor si tienen un poco de sombra.

La densidad óptima de plantas que se debe mantener en el sistema para evitar la proliferación de mosquitos, sin necesidad de agregar *guppys* es de 60 gr./dm² en peso húmedo.

Es necesario que después del tratamiento con plantas acuáticas se haga pasar el agua por un filtro que retenga los sólidos, raíces y hojas secas, que produce el sistema.

Se deja para una próxima investigación, el estudio del incremento de nitrógeno y fósforo que pueden producir los *Guppys* en el agua.

El sistema de tratamiento es muy bueno, porque es descentralizado, económico, de fácil implementación y con muy buenos resultados de remoción.

BIBLIOGRAFIA

AGENCIA UNIVERSITARIA DE PERIODISMO CIENTÍFICO, AUPEC. 14- 05- 1998. Agua Sana, Planeta Saludable. Universidad del valle, Cali Colombia. Disponible en <http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo98/sanear.html>

AGENCIA UNIVERSITARIA DE PERIODISMO CIENTÍFICO, AUPEC. Planta Para las Aguas Residuales. Universidad del valle, Cali Colombia. Disponible en Internet <http://aupec.univalle.edu.co/informes/julio98/lenteja.html>

CENTRO DE ESTUDIOS REGIONALES. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan De Ordenamiento Territorial De Floridablanca 2000- 2009. Formulación Territorial. Bucaramanga, Noviembre De 2000

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Volumen 13.

COLCIENCIAS. 2001. República de Colombia. Bogotá D.C. Tratamiento Biológico de aguas, Agua que no has de beber. Disponible en Internet <http://www.colciencias.gov.co/agenda/pn49.html>. Última actualización: martes 7 de enero de 2003

LUNA Máximo. Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Tona. Tona, Santander, 2003. VOLUMEN 1.

METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill. Tercera Edición. Madrid. 1998.

QUINTERO HIGUERA Oscar, RUEDA VILLAMIZAR Fredy Raimundo y AGUILAR Maria Fernanda. Evaluación de un modelo piloto integrado para el postratamiento del efluente del factor anaerobio de flujo a pistón de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, utilizando Spirodela SP. Bucaramanga, 2003. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Ambiental.

SKILLICORN Paul, SPIRA William y JOURNEY William. Acuacultivo de Las lentejas de agua. Un nuevo sistema de cultivo acuático para países en vías de desarrollo. El banco mundial. 1993

ZARZA TEMATICA EDUCATIVA DE CATALUÑA. Estudio De La Morfología De La Lenteja De Agua (Lemna minor). Disponible en Internet <<http://www.xtec.es/~jsanfeli/concurs/castella/morfolog.htm>>

ANEXOS

Anexo A. Formato de las encuestas realizadas el día 17 de junio del 2004

ENCUESTA DE DIAGNÓSTICO PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO
Sectores las Tres B y La Corcova, Municipios de Floridablanca y Tona



Fecha: _____ Dirección: _____

Nombre del encuestado: _____ C.C: _____

Firma del encuestado: _____

Nombre del Encuestador: _____ Firma: _____

1. Tipo de generador: Domiciliario _____ Comercial _____ institucional _____ Otro _____

2. Estrato _____

3. N° de personas que habitan permanentemente en el hogar: _____

4. ¿Qué actividad económica es la que deriva su sustento diario?: _____

5. Si es agropecuaria describa o cuantifique dicha actividad _____

6. ¿En su vivienda habitan animales, qué clase? _____ Cuántos? _____

7. ¿Su vivienda tiene pozo séptico? Si _____ desde hace cuanto funciona _____

No _____ dónde deposita sus aguas residuales _____

8. ¿Cuenta con la prestación de servicios de acueducto? _____ Se encuentra satisfecho? _____

9. ¿Considera que es necesario construir una planta para el tratamiento de aguas residuales en el sector? Si o no y por qué _____

10. ¿Qué hace usted con sus desechos? _____

11. ¿Qué hace usted con sus desperdicios? _____


12. ¿Qué hace usted con sus residuos sanitarios? _____

13. ¿Cómo es el recipiente donde almacena sus residuos sólidos? _____

14. ¿Cuál es la frecuencia de recolección? _____

15. ¿Estaría dispuesto a separar sus residuos sólidos en tres recipientes distintos para facilitar su recolección? Si o no y por qué _____

Anexo B. Resultado del muestreo río aguas arriba de las descargas de los corregimientos en estudio

 <p>CDMB Compañía de Estudios y Diagnóstico para la Defensa de la Reserva de Biosfera</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Sep 28/04 No. 0059
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		Rev. 0 Page 1 de 1


Entidad a: _____ Muestreo realizado por: _____ Sitio de muestreo: _____ Punto: _____ Fecha de realización de los análisis: _____ N° muestra Lab. _____	Coordinación de Seguimiento y monitoreo Ing. Luz Nelly Bésame Las Tres B (Río Frio) Pante alta la Conca Septiembre 14 a Septiembre 16 /04 912	Fecha muestreo: Septiembre 14/04 Fecha recepción: Septiembre 14/04
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH (muestra A)	7.56	Unid de PH	Potenciométrico
pH (muestra B)	7.49	Unid de PH	Potenciométrico
pH (muestra C)	7.57	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	4	NTU	Nelométrico
Oxígeno disuelto(muestra A)	7.8	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto(muestra B)	7.7	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto(muestra C)	7.6	mg O ₂ /L	Winkler
DOO	<15.7	mg O ₂ /L	Redujo cerrado, Titulométrico
DSO ₅	1.9	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	22.8	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitros (mg/l)	0.04	(mg/l)	Codimétrico
Nitrato (mg N/l)	0.464	(mg/l)	Codimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	0.08	(mgP/l)	Digestion-Color, Ac. Ascórbico
Sólidos totales	70	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	ml/hora	como imhof
Coil.totales (muestra A)	2.200	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.Fecales (muestra A)	790	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.totales (muestra B)	2.400	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.Fecales (muestra B)	330	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.totales (muestra C)	>24000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.Fecales (muestra C)	2.800	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA MARÍA HIGUERA
 Quím., Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio

Anexo C. Resultado del muestreo del colector de La Corcova

 <p>CDMB Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Gestión de Recursos Hídricos</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hetechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Septiembre 14/04
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 0055 Rev. 0 Pag. 1 de 1


Entendido a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra (Lab)	Coordinación de Seguimiento y monitoreo Ing. Luz Nelly Belarzo La Corcova Colector Agosto 28 a Agosto 31/08 594	Fecha muestreo: Agosto 28/04 Fecha recepción: Agosto 28/04
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH (muestra A)	7.70	Und de PH	Potenciométrico
pH (muestra B)	7.75	Und de PH	Potenciométrico
pH (muestra C)	7.55	Und de PH	Potenciométrico
Turbiedad	89	NTU	Nefelométrico
Oxígeno disuelto(muestra A)	7.0	mg O ₂ L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra B)	6.6	mg O ₂ L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra C)	3.4	mg O ₂ L	Winkler
DBO ₅	320	mg O ₂ L	Refugio cerrado, Titulométrico
Alcalinidad	201	mg CaCO ₃ L	DBO cinco días
Nitritos (mg/l)	86.4	mgCaCO ₃ L	titulación Potenciométrica
Nitratos (mg N/l)	0.051	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitrógeno Total (mgP/l)	1.49	(mgP/l)	Colorimétrico
Sólidos totales	410	mg/L	Digestión-Color. Ac. Ascórnico
Sólidos suspendidos	58	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	46	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos sedimentables	<0.1	ml/hora	Calentado a 550 °C como imhd
Coil totales (muestra A)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil Fecales (muestra A)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil totales (muestra B)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil Fecales (muestra B)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil totales (muestra C)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil Fecales (muestra C)	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)


 ROSA MARÍA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados ignorados corresponden a muestras recibidas y analizadas en otro laboratorio.

Anexo D. Resultado del muestreo del colector de El 22

 <p>CDMB Centro de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental de la Universidad de la Manizales de Boyacá</p>	<p align="center">LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS</p> <p align="center">Finca La Esperanza, Vereda Hetebata, Florida Blanca, Santander</p> <p align="center">Teléfono 6484898</p> <p align="center">RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS</p>		Fecha de emisión: Agosto 24, 2014 No. 0043 Rev: 0 Pag: 1 de 1
	Flujos de muestreo: El Colector Julio 14 a Julio 19 de 2014		Fecha recepción: Julio 14/14


Entidad a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Coordinación de Seguimiento y monitoreo: Ing. Luz Neivy Beltrano Las Tiras B El Colector Julio 14 a Julio 19 de 2014 435	Fordulencia (Santander)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH (muestra A)	7.15	Unid. de pH	Potenciométrico
pH (muestra B)	7.11	Unid. de pH	Potenciométrico
pH (muestra C)	8.94	Unid. de pH	Potenciométrico
Turbiedad	95	NTU	Nefelométrico
Oxígeno disuelto (muestra A)	1.5	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra B)	0.0	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra C)	0.5	mg O ₂ /L	Winkler
DOO	440	mg O ₂ /L	Reloj cerrado Titulométrico
DBO ₅	248	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	178	mg CaCO ₃ /l	Titulación Potenciométrica
Nitratos (mg/l)	<0.002	(mg/N)	Colorimétrico
Nitrosos (mg N/l)	0.104	(mg/N)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	3.10	(mg/P)	Colorimétrico
Sólidos totales	624	mg/L	Digestión-Color. Ac. Ascético
Sólidos suspendidos	88	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	76	mg/L	Calentado a 553 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	mg/litro	gama infra
Col. totales (muestra A)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)
Col. Fecales (muestra A)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)
Col. Totales (muestra B)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)
Col. Fecales (muestra B)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)
Col. Totales (muestra C)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)
Col. Fecales (muestra C)	>2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M. C. Fluocult)


 ROSA MARÍA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado

NOTA: LOS RESULTADOS REPORTADOS CORRESPONDEN A LA TERCERA RECORIDA Y SE ENVIARON AL SIGUIENTE DOMICILIO.

Anexo E. Resultado del muestreo del río, aguas abajo de las descargas de los corregimientos en estudio

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la reserva de bioclima</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hielhales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898 RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		Fecha de emisión: Agosto 31/04 No. 0051 / Rev. 0 / Pág. 1 de 1
	Coordinador de Seguimiento y monitoreo Ing. Luz Nely Bejarano Las Tres B Rio Frio Agosto 24 a Agosto 31/03 659		Fecha muestreo: Agosto 24/04 Fecha recepción: Agosto 24/04

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO USADO
pH (muestra A)	7.63	Und de PH	Polarométrico
pH (muestra B)	7.59	Und de PH	Polarométrico
pH (muestra C)	7.67	Und de PH	Polarométrico
Turbiedad	4	NTU	Nephelómetro
Oxígeno disuelto(muestra A)	7.6	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra B)	7.7	mg O ₂ /L	Winkler
Oxígeno disuelto (muestra C)	7.6	mg O ₂ /L	Winkler
DOO	<15.7	mg O ₂ /L	Redujo cerrado Titulométrico
DBO ₅	<1.3	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	22	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitritos (mg N/l)	0,017	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0,514	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	0,59	(mgP/l)	Digestor-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	68	mg/L	Secados a 105-108°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 105-108°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Caloración a 550 °C
Sólidos sedimentables		ml/hora	cono imhoff
Coliformes (muestra A)	1.790	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)
Coliformes (muestra A)	7C	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)
Coliformes (muestra B)	5.200	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)
Coliformes (muestra B)	790	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)
Coliformes (muestra C)	1.100	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)
Coliformes (muestra C)	230	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorant)


 ROSA MARÍA NICUERRA A.
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra tomada y analizada en esta ocasión.



LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
 Finca La Esperanza, Vereda Helcales, Floridablanca, Santander
 Teléfono 6484898
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Fecha de emisión: Enero 1905

No. 0089

Rev. 0

Pag. 1 de 1


Empleado a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recurso Naturales Linda Cardozo Las Treas B Sedimentador (Muestra A) Dic. 7 al 19 de 2004 906	Floridablanca (Santander)	Fecha muestreo: Dic. 7/04 Fecha recepción: Dic. 7/04
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	---------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7,19	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	28	NTU	Nefelométrico
DOC	210	mg O ₂ /L	Reflejo cerrado. Turbidimétrico
DBO ₅	84	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	77	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	21,8	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal	0,053	mg N/L	Densificación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0,118	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	2,16	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	2,12	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	62	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	50	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calentación a 550 °C
Sólidos sedimentables		ml/h-hora	como imhof
Coil. totales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil. Fecales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)

Rosa María Higuera
 ROSA MARIA HIGUERA
 Quím., Profesional Especializado


Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo G. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas
07/Dic/2004

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Florida Blanca, Santander Teléfono 6484898 Tr. 24 Horas (Muestra B) Dic. 7 al 19 de 2004		Fecha de emisión: Enero 19/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 0090 Rev. 0 Pág. 1 de 1


Entendido a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recurso: Naturales Linda Cardezo Las Tiras B Tr. 24 Horas (Muestra B) Dic. 7 al 19 de 2004 907	Florida Blanca (Santander)	Fecha muestreo: Dic 7/04 Fecha recepción: Dic 7/04
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.91	Und de PH	Potenciométrico
Turbiedad	14	NTU	Nefelométrico
DOO	86	mg O ₂ -L	Reflujo cerrado, Titulométrico
DBO ₅	29	mg O ₂ -L	DBO cinco días
Alcalinidad	114	mgCaCO ₃ -l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	16.1	mg N-L	Digestión - Titulacion
Nitrogeno amoniacal			Destilación (colorimétrico/Nessler)
Nitritos (mg/l)	0.012	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0.138	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	1.94	(mgP/l)	Digestión-Concn. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	230	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	16	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	14	mg/L	Calcificación a 550 °C
Sólidos sedimentables		ml-hora	cono Imhoff
Coil. totales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C. Fluocult)
Coil. Fecales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C. Fluocult)


 ROSA MARIA HIGÜERA A.
 Quím. Profesional Especializado

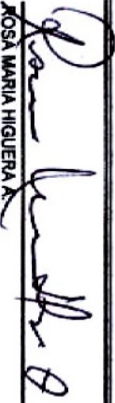
NOTA: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo H. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas
7/Dic/2004

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la costa de Bucaramanga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Enero 19/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 0091 Rev. 0 Pág. 1 de 1

Entidad a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis N° muestra Lab.	Recurso Naturales Linda Cardozo Las Trece B Tr. 120 Horas (Muestra C) Dec. 7 al 19 de 2004 906	Floridablanca (Santander)	Fecha muestreo: Dec. 7/04 Fecha recepción: Dec. 7/04
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	---------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	8,18	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	15	NTU	Nefelométrico
DOO	73	mg O ₂ /L	Refugio ornato. Titulométrico
DBO ₅	23	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	131	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	17,9	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal		mg N/L	Destilación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0,036	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0,158	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	2,18	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	234	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	12	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	10	mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables		ml/hora	cono Imhof
Coil.totales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.Fecales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


ROSA MARÍA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en esta laboratoro



LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
 Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Florida Blanca, Santander
 Teléfono 6484898

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Fecha de emisión: Enero 19/05
 No. 0090
 Rev. 0
 Pag. 1 de 1

Entidad a: Recurso Naturales
 Muestreo realizado por: Linda Cardozo
 Sitio de muestreo: Las Ties B
 Punto: Tr. 24 Horas (Muestra B)
 Fecha de realización de los análisis: Dic. 7 al 19 de 2004
 N° muestra Lab: 907

Fecha muestreo: Dic 7/04
 Fecha recepción: Dic 7/04


PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO USADO
pH	7.91	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	14	NTU	Nefelométrico
DOO	86	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado Titulométrico
DBO ₅	29	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	114	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	16.1	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal	0.012	mg N/L	Destilación (colorimétrica/Nessler)
Nitritos (mg N/l)	0.138	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	1.94	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	230	mg/L	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	16	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	14	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables		ml/hora	cono imhof
Coil. totales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil. Fecales	>2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)

ROSA MARIA HIGUERA A.
 Quím., Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo J. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas

19/Ene/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la mesta de bucarananga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Enero 31/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 001 Rev 0 Pág. 1 de 1


Envío a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recursion Naturales Linda Cardozo Las Tres B Primer día Enero 19 a Enero 25 de 2005 001	Floridablanca (Santander) Muestra 1	Fecha muestreo: Enero 19/05 Fecha recepción: Enero 19/05
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.85	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	5	NTU	Nelométrico
DOO	25	mg O ₂ /L	Relujo aerado. Titulométrico
DBO ₅	3.7	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	98	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	7.84	mg. N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal	6.83	mg N/L	Destilación Colorimétrica(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	1.300	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0.528	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	1.66	(mgP/l)	Digestión-Colon. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	224	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	<0.1	mg/L	Calentación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	ml/hora	cono Imhof
Coil. totales	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil. Fecales	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA MARÍA HIGUERA A.
 Quím., Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo K. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas
19/Ene/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Buzaramanga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hecchales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Enero 31/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 002 Rev. 0 Pág. 1 de 1

Entido a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis N° muestra Lab.	Recurso Naturales Linda Cardozo Las Tres B Quinto día Enero 19 a Enero 25 de 2005 002	Fondablanca (Santander) Muestra 2	Fecha muestreo: Enero 19/05 Fecha recepción: Enero 19/05
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------------------------------


PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	8,10	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	7	NTU	Nefelométrico
DOO	72	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado, Tefalométrico
DBO ₅	7,8	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	238	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrógeno total Kjeldahl	23,0	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrógeno amoniacal	20,4	mg N/L	Destilación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mg N/l)	0,067	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0,190	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	2,50	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	339	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	<5	mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0,1	ml/hora	como Imhof
Coil. totales	1.800.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)
Coil. Fecales	1.800.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluoruit)

Nota: El NTK y amoniacal fueron confirmados realizando otra vez los análisis por duplicado al igual que el fósforo


ROSA MARIA HIGUERA-K
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en esta laboratorio

Anexo L. Resultados del muestreo de sedimentador 26/Ene/2005

 <p>CDMB Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucarananga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hebechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Feb 2005
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 005 Rev. 0 Pág. 1 de 1


Entido a: Muestra realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recursion Naturales Linda Cardozo Las Tres B Sedimentador Enero 26 a febrero 1 de 2005 012	Floridablanca (Santander) Muestra 3	Fecha muestreo: Enero 19/05 Fecha recepción: Enero 19/05
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.58	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	8	NTU	Nefelométrico
DOO	48	mg O ₂ /L	Rehujío cerrado Titulométrico
DBO ₅	14	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	56	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	7.39	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal	6.33	mg N/L	Destilación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0.182	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0.232	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	1.10	(mgP/l)	Digestion-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	116	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	11	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcificación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	mil-hora	cono anhof
Coli: totales	2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coli: Fecales	2 400 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA-MARIA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo M. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas
26/Ene/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la masa de Bucaramanga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Feb 2/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 006 Rev. 0 Pág. 1 de 1


Empleado a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recursos Naturales Linda Cardozo Las Trás B Primer día Enero 26 a febrero 1 de 2005 013	Fondablanca (Santander) Muestra 2	Fecha muestreo: Enero 19/05 Fecha recepción: Enero 19/05
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.55	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	4	NTU	Nefelométrico
ODO	48	mg O ₂ /L	Refugio cerrado, Titulométrico
DBO ₅	7.1	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	90	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrógeno total Kjeldahl	10.8	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrógeno amoniacal	9.46	mg N/L	Destilación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	1.33	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	1.800	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	2.17	(mgP/l)	Digestión-Colori. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	212	mg/L	Sacados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Sacados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	ml/hora	como imhd
Coll. totales	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coll. Fecales	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA MARÍA HIGUERA A.
 Quím., Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio

Anexo N. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas
26/Ene/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucananija</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Feb 2/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 007 Rev. 0 Pág. 1 de 1


Emisión a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recreacion Neaurises Linda Cardozo Las Tres B Quinto día Enero 26 a febrero 1 de 2005 014	Floridablanca (Santander) Muestra 3	Fecha muestreo: Enero 19/05 Fecha recepción: Enero 19/05
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.47	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	4	NTU	Nefelométrico
DOO	33	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado, Titulométrico
DBO ₅	4.9	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	117	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrógeno total Kjeldahl	11.1	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrógeno amoniacal	9.91	mg N/L	Destilación - colorimétrico (Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0.74	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	0.190	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	1.53	(mgP/l)	Digestión-Catal. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	210	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcinación a 550 °C
Coil: totales	<0.1	ml/hora	cono Imhoff
Coil: fecales	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
	2.400.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA MARIA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado


Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio.

Anexo O. Resultados del muestreo de sedimentador 02/Feb/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucrmananga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helechales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Feb 9/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 008 Rev. 0 Pag 1 de 1

Emitido a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: Nº muestra Lab.	Recursion Naturales Linda Cardozo Las Tres B Sedimentador Febrero 2 a Febrero 9 de 2005 092	Fondabianca (Santander) Muestra 3	Fecha muestreo: Febrero 2/05 Fecha recepción: Febrero 2/05
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.05	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	23	NTU	Nefelométrico
DOO	190	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado, Titulométrico
DBO ₅	89.0	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	102	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrógeno total Kjeldahl	19.5	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrógeno amoniacal	15.5	mg N/L	Digestión-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0.021	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitrosos (mg N/l)	0.118	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	2.48	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	226	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	34	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	32	mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	ml/hora	como Imhof
Coil.totales	3.500.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil.Fecales	1.700.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


 ROSA MARIA HIGUERA
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en esta laboratoro.

Anexo P. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 24 horas
02/Feb/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucraramanga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Hecchales, Floridablanca, Santander Teléfono 6484898		Fecha de emisión: Feb 9/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 009 Rev. 0 Pag. 1 de 1


Empleado a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recurso Naturales Linda Cardozo Las Tres B Primer día Febrero 2 a Febrero 9 de 2005 033	Floridablanca (Santander) Muestra 2	Fecha muestreo: Febrero 2/05 Fecha recepción: Febrero 2/05
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------------------------------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7.52	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	3	NTU	Nefelométrico
DOO	33	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado, Taulométrico
DBO ₅	5	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	93	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrogeno total Kjeldahl	4.09	mg N/L	Digestión - Titulación
Nitrogeno amoniacal	3.19	mg N/L	Destilación-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	0.745	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	3.79	(mgN/l)	Colorimétrico
Fosforo Total (mgP/l)	2.52	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	188	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	<5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles		mg/L	Calcínación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0.1	mil-hora	como imhoff
Coil. totales	920 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)
Coil. Fecales	290 000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluocult)


ROSA MARÍA HIGUERA
 Quím., Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio

Anexo Q. Resultados del muestreo del reactor con tiempo de retención de 120 horas
02/Feb/2005

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucarananga</p>	LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS Finca La Esperanza, Vereda Helérbates, Floridablanca, Santander Teléfono 648-4898		Fecha de emisión: Feb 9/05
	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		No. 010 Rev. 0 Pág. 1 de 1

Emitido a: Muestreo realizado por: Sitio de muestreo: Punto: Fecha de realización de los análisis: N° muestra Lab.	Recursos Neaurias Linda Cardozo Las Traa B Cuarto día Febrero 2 a Febrero 9 de 2005 034	Floridablanca (Santander) Muestra 3	Fecha muestreo: Febrero 2/05 Fecha recepción: Febrero 2/05
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------------------------------------------

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO USADO
pH	7,84	Unid de PH	Potenciométrico
Turbiedad	4	NTU	Nefelométrico
DOO	47	mg O ₂ /L	Reflejo cerrado, Turbidimétrico
DBO ₅	6	mg O ₂ /L	DBO cinco días
Alcalinidad	281	mgCaCO ₃ /l	titulación Potenciométrica
Nitrógeno total Kjeldahl	11,7	mg N/L	Digestión + Titulación
Nitrógeno amoniacal	10	mg N/L	Deshidrógeno-Colorimétrico(Nessler)
Nitritos (mgN/l)	1,22	(mgN/l)	Colorimétrico
Nitratos (mg N/l)	1,96	(mgN/l)	Colorimétrico
Fósforo Total (mgP/l)	2,20	(mgP/l)	Digestión-Color. Ac. Ascórbico
Sólidos totales	196	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	5	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos Volátiles	—	mg/L	Calcinación a 550 °C
Sólidos sedimentables	<0,1	ml/hora	como limulor
Coll. totales	1.600.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorocit)
Coll. Fecales	1.600.000	NMP/100 ml	Tubos múltiples (M.C Fluorocit)


 ROSA MARIA HIGUERA A.
 Quím. Profesional Especializado

Nota: Los resultados reportados corresponden a la muestra recibida y analizada en este laboratorio