

**APOYO EN LA EVALUACION AMBIENTAL DEL ARROYO COLOMUTO EN
CINCO SECTORES DE LA CIUDAD DE SINCELEJO**

KELLY JOHANA FUNEZ VITOLA

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SINCELEJO
2011**

**APOYO EN LA EVALUACION AMBIENTAL DEL ARROYO COLOMUTO EN
CINCO SECTORES DE LA CIUDAD DE SINCELEJO**

KELLY JOHANA FUNEZ VITOLA

**Trabajo de grado en modalidad de pasantía o proyección social para optar al
título de BIÓLOGO**

**CARLOS RIVADENEIRA BEDOYA
INGENIERO AGRICOLA
DIRECTOR**

**VICENTE VERGARA FLOREZ
INGENIERO AGRICOLA
CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE EDUCACION Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SINCELEJO
2011**

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

Sincelejo, ----- ---- de 2011

DEDICATORIA

El solo hecho de haber alcanzado un logro más en mi vida da muestra de lo importante que soy para ti mi Dios, por eso te agradezco tantas maravillas que permites se hagan en mi y te dedico este logro a ti en primera instancia; una vez más permitiste cumplir los deseos de mi corazón.

Mis padres, Nelly Vitola y Francisco Fúnez nunca podré pagarles todo el sacrificio que han hecho por formarme como persona y por brindarme tanto amor, comprensión y apoyo cuando más lo necesité; a mis hermanos Mary, Nelly y Francisco Carlos porque siempre estuvieron brindándome su apoyo y solidaridad, a mis sobrinos Ricky y Danny por su apoyo y a cada uno de mis profesores que fueron partícipes de mi formación profesional.

KELLY JOHANA FUNEZ VITOLA

AGRADECIMIENTOS

A la ALCALDIA DE SINCELEJO; SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA Y MEDIO AMBIENTE, por la oportunidad brindada.

A DASSSALUD por su colaboración.

A CARSUCRE por su colaboración.

A Tulio Pinilla Chávez por su apoyo, colaboración y por compartir sus conocimientos.

A Jaime Gómez por su colaboración.

A Alcides Sampedro Marín por su colaboración y por compartir sus conocimientos.

A mis compañeros de clase y en especial a ese grupo de Amigos que siempre estuvieron brindándome su apoyo, cariño y conocimientos.

A todas esas personitas que de una u otra forma me ayudaron a culminar esta etapa de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
CAPITULO I.....	11
INFORME CRITICO.....	11
INTRODUCCION.....	11
1 AREA DE ESTUDIO.....	13
1.2 METODOLOGIA.....	16
2. RESULTADOS.....	20
2.1 DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....	20
2.1.1 CONTAMINACION ANTROPICA.....	21
2.1.2.1 CONTAMINACION PUNTUAL.....	23
2.1.2.1 CONTAMINACION DIFUSA.....	23
2.2 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS.....	24
2.2.1 PARAMETROS DE CARÁCTER FISICO.....	24
2.3 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	29
2.4 INVENTARIO DE LA FLORA.....	32
2.5 SENSIBILIZACION Y CONCIENTIZACION CIUDADANA.....	34
3. CONCLUSIONES.....	41
4. RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	45
CAPITULO II.....	48
5. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	48
5.1 AGUAS RESIDUALES.....	48

5.2 IMPORTANCIA SANITARIA DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	49
5.3 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	49
5.4 NORMATIVIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	50
5.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL MUNDIAL.....	51
5.6 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS.....	53
5.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA.....	54
5.8 FUENTES QUE RECIBEN LA DESCARGA DE AGUA RESIDUAL.....	56
5.9 ESTRATEGIAS ADELANTADAS.....	60
6. GESTION AMBIENTAL.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Localización del arroyo Colomuto (área de estudio)	14
Figura 2: Localización de sectores de muestreo (Arroyo Colomuto)	14
Figura 3: Contaminación del arroyo Colomuto, sector 6 de enero	22
Figura 4: Contaminación del arroyo Colomuto; presencia de residuos sólidos.	22
Figura 5: Efluentes directos de contaminación, sector Cielo Azul	23
Figura 6: Coloración parda del sector Unisucre, arroyo Colomuto	25
Figura 7: Coloración verdosa sector Versalles, arroyo Colomuto	25
Figura 8: Redes de alcantarillado dentro del cauce del arroyo	35
Figura 9: Estancamiento de aguas negras. Sector la palma	36
Figura 10: Sector selvático, proliferación de insectos y reptiles	36
Figura 11: Botadero de residuos sólidos Sector Cielo Azul	37
Figura 12: Presencia de animales domésticos	37
Figura 13: Botadero de escombros	38
Figura 14: Erosión del suelo, sector Universidad de Sucre	38
Figura15: Estancamiento de aguas. Sector 6 de enero	39
Figura 16: Sector canalizado, botadero de basuras	39
Figura17: Manjoles dentro del cauce del arroyo, por la erosión del suelo	40

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Análisis Microbiológicos en 5 sectores del arroyo Colomuto	31
Tabla 2: Inventario de las Especies Vegetales existentes en la zona	33

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1: Distintivos del proyecto (escarapelas)	69
ANEXO 2: Test de observaciones para diagnosticar el estado del arroyo Colomuto	70
ANEXO 3: Encuesta ambiental dirigida a la comunidad aledaña al área de influencia del arroyo Colomuto	72
ANEXO 4: Registro de parámetros físicos- químicos del agua del arroyo Colomuto en cinco sectores de la ciudad de Sincelejo	74
ANEXO 5: Registro de parámetros microbiológicos del agua del arroyo Colomuto en cinco sectores de la ciudad de Sincelejo	75
ANEXO 6: Registros fotográficos de las diferentes especies de flora encontradas en los cinco sectores del arroyo Colomuto	80
ANEXO 7: Grupos de trabajos	86
ANEXO 8: Registro fotográfico de las capacitaciones ofrecidas al grupo de trabajo	88
ANEXO 9: Interacción con las comunidades	90

INFORME CRÍTICO

INTRODUCCION

Todo cuerpo de agua natural, es en realidad un sistema complejo e interactivo que contiene sustancias en solución y/o en suspensión. Los intercambios con el aire, el terreno y la vegetación son de suma importancia en la composición fisicoquímica de las aguas, características que a su vez son determinantes de la flora y fauna que puedan albergar. Las actividades humanas en general, alteran los componentes de los ecosistemas fluviales (BOON, 1992), afectando a grandes superficies desde donde se producen. Algunos factores que pueden producir modificaciones son: los cambios en los usos de los suelos, deforestaciones, urbanizaciones, regadíos, canalizaciones, dragado, extracción de áridos, pastoreo excesivo sobre las márgenes, vertido de contaminantes que perturban el régimen hidrológico y las relaciones agua-suelo en las laderas, repercutiendo en los cauces en los términos de aportes totales, carga de sedimentos, erosión transportada hacia los cauces, aportes de nutrientes, cargas orgánicas, etc. Las sustancias orgánicas presentes en el agua se mineralizan a través de diversos organismos, transformándose en nutrientes, que son liberados al medio y soportan la productividad primaria del sistema (RIVEROS, et al., 2008).

La integridad funcional de una cuenca o micro cuenca depende en gran medida de la interrelación de sus componentes biofísicos y socioeconómicos, bajo esta perspectiva, las condiciones ecológicas de los arroyos reflejan muchos de los procesos de alteración que afectan la integridad funcional. Los impactos más

comunes sobre arroyos se pueden subdividir en tres categorías: disturbios en la forma física, cambios en la descarga de aguas e introducción de materia orgánica y sustancias químicas (LINDEGAARD, 1995) ; además de la introducción de especies no nativas, que provocan lo que se denomina como contaminación biológica. En su conjunto estas afectaciones han disminuido la calidad ambiental de estos ecosistemas, en 1996 GIBBSON et al., propusieron que las afectaciones (químicas, físicas y/o biológicas) a los sistemas acuáticos, se reflejan en daños en la condición y el funcionamiento de las comunidades bióticas.

Los modelos prácticos de evaluación y diagnóstico de los ecosistemas fluviales han sido ampliamente desarrollados como herramientas de manejo de las cuencas hidrográficas, donde los atributos físicos (p. ej. sustrato y magnitudes del cuerpo de agua) son empleados como descriptores primarios para la caracterización o estimación del estado de conservación del medio acuático.

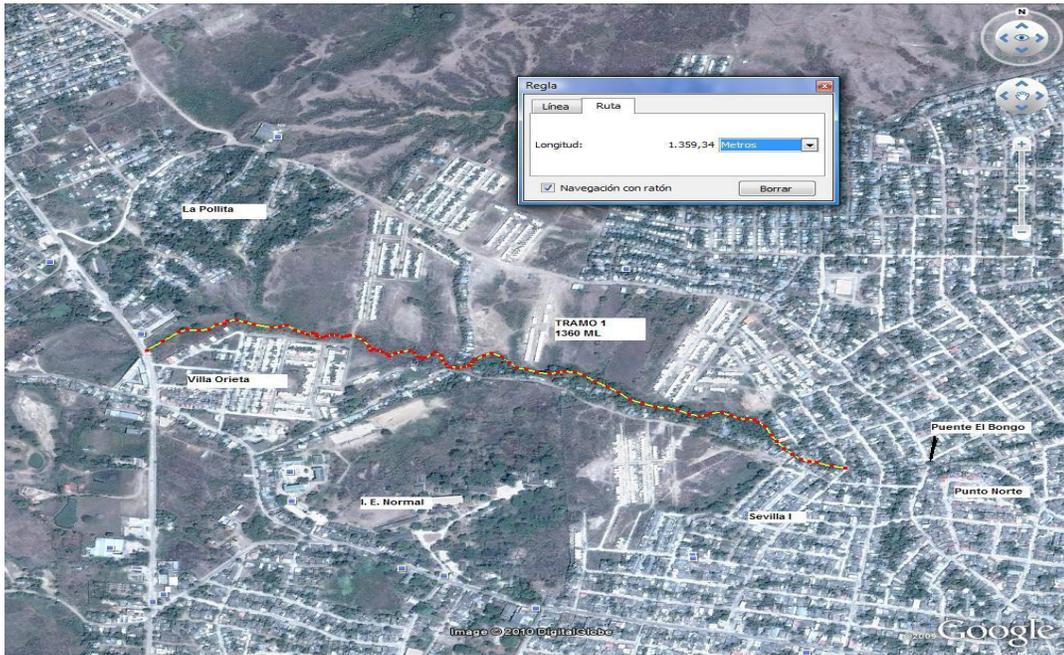
Las propiedades químicas del agua tienen una alta frecuencia de uso en tales evaluaciones, demostrándose en las largas bases de datos con fines de monitoreo disponibles en las agencias gubernamentales. Tales propiedades, usualmente pH, sedimentación, O₂, cationes y aniones, son empleadas para la descripción de ambientes acuáticos (CRESSA, 2003); sin embargo, éstas no predicen necesariamente la permanencia de la biodiversidad asociada o el estado de conservación del ambiente fluvial y ribereño, y a menudo son destinadas para reconocer sólo la potabilidad de las aguas.

La creciente necesidad de tomar decisiones rápidas sobre los sistemas lóticos, surgida de las alteraciones y pérdida de estos recursos, es la que ha conducido hacia el diseño de sistemas de monitoreo sobre estos ambientes.

1. ÁREA DE ESTUDIO: ARROYO COLOMUTO

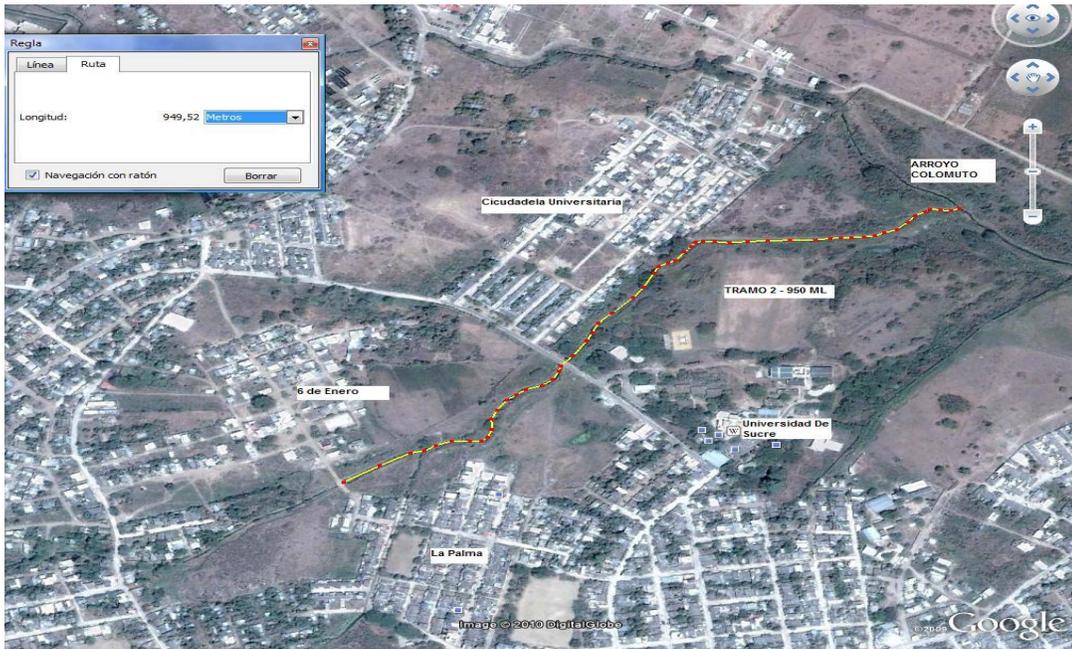
El arroyo Colomuto o Canoaes una corriente superficial que nace en las laderas de las serranías más altas que tiene el Municipio de Sincelejo, esto es sobre los cerros que se encuentran en el sitio llamado la Pollita, a unos 200 metros sobre el nivel del mar. El arroyo se ubica en el costado norte del Municipio de Sincelejo y se extiende en el perímetro urbano de oeste a este en una longitud de 6700 metros antes de descargar sus aguas sobre el arroyo grande de Corozal. Su kilometraje se contabiliza a partir del puente en el cruce que hace el arroyo con la carretera que conduce al Municipio de Tolú, más exactamente en las cercanías del Motel Tahití, y sigue su recorrido por la urbanización Villa Orieta, La Pollita, Barrio Vida (aquí se encuentra canalizado el arroyo en un tramo de unos 200 m aproximadamente), El Bongo, Versalles, El Cabrero (Aquí finaliza una canalización de un kilómetro de arroyo en concreto reforzado), Seis de Enero, predios de la Universidad de Sucre, potreros pertenecientes a fincas y finalmente barrio San Miguel.

Figura 1: Localización del arroyo Colomuto (área de estudio)



Fuente: Secretaría de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

Figura 2: Localización de sectores de muestreo (Arroyo Colomuto).



Fuente: Secretaria de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

Los dos arroyos principales el Colomuto y el Pintao realizan el recorrido en forma de anillo, recibiendo los distintos afluentes, además unen el sistema vial radial de la ciudad, en los puntos donde se localizan los 300 puentes aproximadamente vehiculares y peatonales, improvisados estos últimos por las comunidades. El sistema de alcantarillado de la ciudad que cubre el 74%, sigue su recorrido paralelo a los arroyos principales, Pintao y Colomuto, donde drenan 119 barrios aproximadamente en el primero, y en el segundo 97 barrios. Sincelejo por su topografía presenta las dos vertientes antes mencionadas, que se configuran en la avenida de las Peñitas, una hacia el sur que recoge el 60% de aguas servidas que se vierten al colector caimán y la vertiente de las Peñitas hacia el norte que recoge el 40% restante, vertidas al colector Colomuto. Estos vertimientos generan problemas de mal olor en la ciudad, impregnándose el suelo de agentes químicos y de materias orgánicas; a esto se suma la deforestación por personas que aun utilizan la madera como leña para cocinar, o también el corte de la maleza, desnudando el suelo para sembrar, o sitio de corral para ordeñar las vacas, además del vertimiento de basuras. Este uso y manejo indebido de estos espacios, es realizada por las personas que se ubican en la rivera de los arroyos, que en su mayoría son invasores o desplazados, lo que provoca aterramiento de los caudales, disminuyendo su capacidad de evacuación, con las consecuentes inundaciones en las zonas aledañas en época invernal.

La ALCALDIA MUNICIPAL y CARSUCRE definieron una franja de 20 m a lado y lado del borde superior de los arroyos no canalizados en el caso específico del área urbana, para los canalizados la franja se reduce a 10 m; esta franja debe ser recuperada para ser incorporada a la estructura pública ambiental. El ancho de dicha área de protección está totalmente de acuerdo con lo especificado por el Decreto 1541 de 1918, en su Artículo 14, esta área tiene un total de 102.57 hectáreas de extensión, que corresponden al 4.77% del área urbana de Sincelejo.

1.2 METODOLOGIA

El arroyo Colomuto en su trayecto recorre muchos sectores de la ciudad lo que lo hace vulnerable a recibir toda cantidad de contaminantes; entre los que encontramos residuos sólidos, aguas residuales domésticas y materia orgánica, entre otros; estos agentes son producto en su mayoría de contaminantes antrópicos, difusos y puntuales, lo cual está generando un gran índice de contaminación en todos los niveles. Por ello se hace necesario determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos que ayuden a diagnosticar un poco el estado actual en el que se encuentra esta cuenca hidrográfica.

DETERMINACION DE LOS SECTORES CRITICOS DEL ARROYO COLOMUTO.

Para la determinación de los sectores que presentan mayor contaminación se llevó a cabo: 1) Una visita de inspección a nivel general en cada uno de los sectores por donde atraviesa el arroyo y se tomaron fotos para evidencias. 2) Se realizó un test de observaciones a nivel del arroyo para diagnosticar el estado ambiental del mismo y una encuesta a la comunidad aledaña (anexo 2 y 3), con ayuda de estudiantes de instituciones educativas cercanas al arroyo, a cada estudiante se le dio un distintivo que lo identificaba (anexo 1) y 3). Se tabularon los datos y se diagnosticaron los sectores críticos por donde atraviesa el arroyo.

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS.

Se registraron in situ los parámetros físicos- químicos (pH, temperatura, color, olor, oxígeno disuelto y % de saturación), del agua con el equipo MULTILINE-P4 (marca WTW), las mediciones se llevaron a cabo un solo día, tomando muestras de agua en cada uno de los sectores: Cielo Azul (C 4 # 16-105 B), Puente El Cabrero (k 24 #9-31), La Palma (C 14# 24-09B), Universidad de Sucre y Puente San Miguel calle 25. La alcalinidad, la DBO₅ y la DQO fueron analizados en el laboratorio de CARSUCRE.

IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS.

Para la adecuada toma de muestra se tuvo en cuenta la siguiente metodología: Las botellas para este propósito, limpias y esterilizadas, el tapón recubierto por una pieza de lámina metálica, inmediatamente antes del muestreo la lámina y el tapón, deben ser removidos de la botella evitando contaminarlos. Se llenó la botella sin enjuagar y el tapón se colocó inmediatamente. Las muestras se tomaron, sosteniendo la botella por la base y zambulléndola hacia abajo, a una profundidad de 15 a 20 cm de la superficie. La boca de la botella se sumergió hacia la dirección del flujo de modo que los puntos del cuello quedaron hacia arriba aproximadamente 45°. Después de haber tomado la muestra se refrigeró a 4°C y se ocultó de la luz. Es necesario que al refrigerarse las muestras, se tomen las precauciones y medidas necesarias para prevenir cualquier contaminación proveniente del hielo derretido.

La identificación de microorganismos se llevó a cabo en el laboratorio de DASSALUD, a través de la Técnica Filtro de Membrana o Filtración por Membrana; es un método altamente reproducible, puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y se obtienen resultados en menor tiempo que el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones. También se encuentra entre los métodos standards (PAEZ, L. 2008). Las muestras de agua se hacen pasar mediante vacío por un filtro de celulosa de 0.45 micras de tamaño de poro, para que queden retenidas en él, las bacterias de tipo coliformes. El filtro es puesto en un medio de cultivo específico para lo que se desea determinar en la muestra (coliformes totales, coliformes fecales, etc.) incubando a $35 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 18 a 20 horas (PALMA, 1999).

INVENTARIO DE FLORA.

La identificación de las especies vegetales se realizó tomando una muestra de cada especie con cada una de sus partes (flor, fruto, tallo, hojas, raíz) y se comparó con la literatura consultada (MAHECHA, 2004; FAJARDO et al., 2004). La recolección del material se llevó a cabo en cada uno de los sectores, en un tramo de 30m en línea recta, al material recolectado se le hicieron registros fotográficos, se envolvieron en papel periódico y se guardaron en bolsas herméticas. Todo el material antes de ser llevado al laboratorio fue desinfectado con alcohol para quitar cualquier tipo de plaga o insecto que pudiese dañarlo, se separó cuidadosamente, se envolvieron en papel periódico y se prensaron, posteriormente todo el material se metió al horno a una temperatura de 72°C durante 72 horas.

SENSIBILIZACION Y CONCIENTIZACION CIUDADANA

Se involucró a las comunidades aledañas y a las entidades comprometidas con el manejo y cuidado del medio ambiente como son CARSUCRE, Gobernación de Sucre (parte ambiental), Unidad Ambiental Alcaldía, Universidad de Sucre e Instituciones Educativas (Institución Educativa Normal Superior, Institución Educativa Altos del Rosario, Institución Educativa José Ignacio López e Institución Educativa Dulce Nombre de Jesús), con ellos se realizaron encuestas (anexo 2 y 3) a las comunidades aledañas, y se llevaron a cabo campañas de sensibilización y concientización ciudadana utilizando plegables y los conocimientos de cada estudiante.

2. RESULTADOS Y DISCUSION

2.1 DIAGNOSTICO AMBIENTAL

La calidad ambiental es definida como las características cualitativas y cuantitativas de algún factor ambiental o del ambiente en general y que son susceptibles de ser modificados (ESCOBAR, 2002) y la del agua el conjunto de características organolépticas, físicas químicas y microbiológicas propias del agua que determinan su composición, grado de alteración y su utilidad a los seres humanos y el medio ambiente (ALVARADO, 1998).

El manejo integral de los recursos hídricos requiere el conocimiento de los factores que influyen en la calidad de dicho recurso, teniendo muy en cuenta sus usos. La evaluación de dicha calidad es realizada a través de la medición de diferentes variables físicas, químicas y sanitarias (CASANOVA, 1997).

La calidad del agua sean estas continentales o subterráneas, es alterada por la actividad del hombre, implica que esta ha sido contaminada, a diferencia de las aguas naturales, cuya calidad puede no cumplir los requerimientos establecidos para un determinado uso, sin que para ello haya intervenido el hombre (ZAMBRANA, 2009).

La visita de inspección dejó como resultado una fuerte evidencia de la contaminación a la que es sometido el cauce del arroyo Colomuto, no solamente se encuentra

materia orgánica, hay un sin número de contaminantes antrópicos, difusos y puntuales que están alterando el buen funcionamiento de este ecosistema.

2.1.1 Contaminación antropica. Es el tipo de contaminación generada por las actividades que realiza el hombre, ya sean industriales, residenciales, agrícolas y ganaderas. En la figura 3 y 4 se puede observar la contaminación que presenta el arroyo, desde botellas plásticas, llantas, icopor, escombros, bolsas plásticas, latas, hasta paños desechables y material de hierro, cada uno de estos contaminantes demora muchísimo tiempo para degradarse por completo, mientras ese proceso se va llevando a cabo, se van evidenciando una serie de reacciones que van en contra del buen funcionamiento del ecosistema en el cual han sido arrojados; se hacen insoportable la producción de malos olores, proliferación de insectos, microorganismos, virus, bacterias, roedores, reptiles; esto desencadena una serie de infecciones respiratorias y cutáneas que afectan a las comunidades aledañas, los animales (ganado, perros, gatos, mosquitos, moscas, etc.) que suelen habitar esta zona son en muchos casos los transmisores de estas enfermedades; además la alteración de los parámetros físicos- químicos y la erosión de la infraestructura del cauce.

Figura 3: Contaminación del arroyo Colomuto, sector 6 de enero.



Fuente: Secretaria de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

Figura 4: Contaminación del arroyo Colomuto; presencia de residuos sólidos.



Fuente: Secretaria de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

2.1.2 Contaminación Puntual. Este tipo de contaminación es generado por los vertidos y vertederos que van a dar directamente al cauce del arroyo, en cada sector se evidenció la presencia de estos efluentes (fig. 5).

Figura 5: Efluentes directos de contaminación, sector Cielo Azul.



Fuente: Propia.

2.1.2.1 Contaminación Difusa. La contaminación difusa puede ser definida como la introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o sistema de agua subterráneo, a través de vías indirectas, como el lavado de contaminantes a través del suelo, o desde fuentes que no es posible establecer con exactitud en un lugar o sitio específico.

2.2 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS

Una de las clasificaciones que se pueden utilizar para el estudio de los diferentes parámetros de contaminación o calidad de las aguas, es según la naturaleza de la propiedad o especie que se determina (GRENBERG, 1998; MARIN, 2001). Estas se pueden dividir en:

2.2.1 Parámetros de Carácter Físico. Incluyen lo que son características organolépticas, turbidez y sólidos en suspensión, temperatura y conductividad. Es conocido que el color, olor y sabor forman parte del conjunto de variables que caracterizan la calidad de un cuerpo de agua. El conjunto de esas variables se les denomina propiedades organolépticas (ZAMBRANA, 2009). El color de un agua se debe, fundamentalmente, a diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella. En aguas naturales el color proviene de las numerosas materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloración amarillenta). Otras veces el color procede de la oxidación de las propias conducciones de aguas de consumo público, que si son de cobre provocan coloraciones verdosas y azuladas (GALVIN, 2003). El color predominante en los sectores por donde atraviesa el arroyo Colomuto es pardo y se debe a la presencia de las hojas y la turba que se forma, (fig. 6); en algunos tramos del arroyo se pudo apreciar una coloración verdosa debido a la gran cantidad de fitoplancton y clorofíceas (fig. 7). Esta apreciación fue hecha de manera subjetiva.

Figura 6: Coloración parda del sector Unisucre, arroyo Colomuto.



Fuente: Secretaría de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

Figura 7: Coloración verdosa sector Versalles, arroyo Colomuto.



Fuente: Secretaria de Desarrollo- Alcaldía de Sincelejo

El olor puede ser mucho más específico (ZAMBRANA, 2009). Las fuentes de olores en el agua responden a dos orígenes; naturales y artificiales. Respecto a los primeros incluyen gases, sales, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y compuestos procedentes de la actividad vital de los organismos acuáticos. Los compuestos productores de olor de origen artificial pueden ser también orgánicos e inorgánicos y están probablemente definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema (GALVIN, 2003). Entre los olores percibidos se destacaron los de aguas residuales, heces fecales, huevo podrido, el cual se genera debido a la presencia de H_2S en altas concentraciones y a moho pantano en bajas concentraciones entre otros, se suele detectar en aguas poco oxigenadas. Asimismo, la mayoría de las sales y minerales producen olor salado o metálico en un agua, siendo el umbral de percepción tremendamente subjetivo (GALVIN, 2003).

La Temperatura es una variable física que influye notablemente en la calidad del agua. Afecta a parámetros o características tales como la solubilidad de gases y sales, la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, el desplazamiento de los equilibrios químicos, la tensión superficial y el desarrollo de organismos presentes en el agua. La influencia más marcada de la temperatura es la disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y la aceleración de los procesos de putrefacción (ZAMBRANA, 2009). Esta aceleración de los procesos de putrefacción de la materia orgánica es la que está generando el aumento de los malos olores y los cambios de color del cauce. El arroyo Colomuto no está cumpliendo su función principal de servir como esorrentía de aguas naturales, ya que a su cauce se vierte mayor cantidad de agua residual y domestica que aguas lluvias , por este motivo los valores obtenidos en cada muestra son comparados con los de aguas vertidas a un cauce que están establecidos en el decreto 1594 de 1984 Usos del agua y residuos líquidos; en el artículo 72 hace referencia que la temperatura de las aguas vertidas a un cauce

deben estar en un rango $< 40^{\circ}\text{C}$, los resultados obtenidos se registraron en un intervalo de 31°C y 32.8°C , en periodos de tiempo diferentes, con un promedio de temperatura de 31.96°C , según el decreto. La temperatura de un efluente a un cauce natural puede afectar drásticamente su biología y microbiología induciendo cambios dramáticos de poblaciones bacterianas y organismos superiores (GALVIN, 2003).

Los valores registrados de pH en cada sector se encuentran en un rango de 6.89 en el sitio U y 8.22 en el sitio V (anexo 4), estos valores tienden a ser más básicos que ácidos lo que da indicio de que el agua que recorre por el cauce puede aumentar su acidez o basicidad, debido a la gran contaminación a la que es sometido este cuerpo de agua por procesos naturales o por la intervención antropogénica. Como la mayor parte de las formas de vida ecológica son sensibles a los cambios de pH, es importante que el impacto antropogénico (las descargas de efluentes) sea minimizado.

El oxígeno disuelto es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida biológica. Las concentraciones de oxígeno fluctuaron entre 1.05 mg/L sitio C y 6.34 mg/L sitio V (anexo 4), este último sector presenta mayor O.D que los demás debido a que está canalizado, la cantidad de agua que circula no es muy elevada y es mínima la cantidad de materia orgánica arrojada, en los 4 sitios restante fue todo lo contrario mayor cantidad de agua, mayor presencia de materia orgánica y no están canalizados; las aguas superficiales limpias normalmente están saturadas con OD, pero la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos puede consumirlo rápidamente (ZAMBRANA, 2009).

El oxígeno disuelto se encuentra en un rango normal de 6.5 a 8 mg/L., 5mg/L es el valor mínimo de concentración para la manutención del equilibrio en los ecosistemas acuáticos. Se considera un nivel crítico a <3.0 mg/L y es un indicador de la eutrofización. A esa concentración se esperan daños ecológicos a los estuarios y zonas costeras (CARDENAS, 1999; BELFORE, 2003). Los niveles de saturación de oxígeno fueron bajos, se encontraron en un intervalo menor al 90%, el valor mínimo se obtuvo en el sitio C con 14.40mg/L y el máximo en el sitio V con 88.40mg/L, cada sector por donde atraviesa el arroyo está cubierto de una gran capa vegetal, que genera contaminación orgánica, la presencia de muchos microorganismos, la temperatura y la elevación del sitio donde se toma la muestra de agua (ZAMBRANA, 2009) son posibles indicadores de la disminución del porcentaje de saturación del oxígeno.

En cuanto a la demanda química de oxígeno;es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20 °C, en un periodo de 5 días. Mide sin dificultad el carbono orgánico biodegradable (GERARD, 2008). En los resultados obtenidos (anexo 4 parámetros químicos), se puede observar que las muestras tienen valores muy por encima del valor permisible 1mg/l (GERARD, 2008), lo que indica calidad de agua deficiente desde el punto de vista fisicoquímico, ubicándola como agua de calidad pésima por su alto contenido de materia orgánica que presenta en su trayecto. Los sectores aguas arriba presentan una mayor contaminación de materia orgánica, esto se evidencio en la muestra P tomada en el sector La Palma, donde se registró un valor de DBO₅ de 49mg/l, cantidad de materia orgánica que el cauce no pudo diluir; este sector es habitado por comunidades invasoras o desplazados y hasta la fecha de toma de muestras (20-5/2010) no contaban con el servicio de aseo y alcantarillado, por lo que todos los contaminantes generados iban a parar al arroyo, a esto se suma el mal estado del cauce que está lleno de grandes rocas y un alto nivel de vegetación lo que impide

que el agua siga su trayecto de forma continua, propiciando así que el valor máximo de DBO_5 de las cinco muestras se registre en este sector.

La relación entre DBO_5/DQO fue > 0.5 , en los sectores La Palma y Cielo Azul, lo que implica que el material contaminante es de tipo orgánico (KORBUT, 2009; ESTRUPLAN, 2009) y es un efluente fácilmente biodegradable, caso contrario se evidencio en los sectores de La Universidad de Sucre y Puente San Miguel, donde la relación DBO_5/DQO dio cero (0), este resultado es inferior al valor permisible 0.2mg/L lo cual indica que el efluente será escasamente biodegradable.

2.3 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

Las características microbiológicas de un agua vienen regidas por la población de microorganismos acuáticos que albergan y que afectan de un modo muy importante su calidad. Algunos de estos microorganismos pueden dañar la salud humana, ha de tenerse en cuenta, además, que existe una aportación insustituible de los microorganismos acuáticos sobre los grandes ciclos de nutrientes (carbono, nitrógeno, azufre, etc.) que se dan a nivel planetario en general, y en medio acuático en particular, posibilitando el tránsito de materia imprescindible para la vida en nuestro planeta (GALVIN, 2003). Casi todos los desechos orgánicos contienen grandes cantidades de microorganismos; el agua residual contiene más de 10^6 / ml, pero los números reales presentes regularmente no se determinan. Después del tratamiento convencional del agua el efluente contiene una gran cantidad de microorganismos, al igual que muchas aguas superficiales naturales (DUKES, 2005). Por otro lado el contenido microbiológico de un agua puede afectar el desarrollo de olores y sabores de esa agua e incluso promover o favorecer la corrosión en tuberías de distribución de aguas y depósitos de

almacenamientos, así como también en las canalizaciones de evacuación de aguas residuales domésticas o industriales (GALVIN, 2003).

La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos- bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebre tifoidea, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación (FIGUERAS, 1996; GRANT, 2001).

Los indicadores de contaminación fecal han demostrado ser una buena alternativa frente a la dificultad que representa identificar y cuantificar los patógenos causantes de enfermedades de origen hídrico. En el caso de las bacterias se han utilizado varios indicadores. Entre ellos los más comúnmente utilizados y que representan algunos de los pocos parámetros que exigen la gran mayoría de las normativas a nivel mundial, son el grupo de los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* para el control de aguas potables, residuales y de uso recreativo. De igual forma se ha propuesto el uso de *Clostridium perfringens* como indicador de contaminación fecal lejana, en el caso de aguas subterráneas y como posible indicador de presencia de quistes de protozoos (PAYMENT et al., 1993; FERGUSON et al., 1996). Las bacterias como *E. coli*, que viven normalmente en los intestinos de los animales de sangre caliente y se excretan con las heces, se utilizan como bacterias indicadoras. Si están presentes en una muestra de agua, indican que ha habido contaminación del agua y en consecuencia que existe presencia potencial de patógenos.

El coliformes dominante en climas moderados es *E. coli*, pero no así en climas tropicales. En estos últimos se usa el ensayo de coliformes totales. Si se sospecha una contaminación animal, una medida de su significación está en la relación de 4.0, se considera que la contaminación es humana. Si es < 0,7, se considera que es de residuos de animales, ya que los Estreptococos fecales son más comunes en los animales (HENRY et al., 1989).

En la tabla 1 se muestran las cantidades de coliformes totales y coliformes fecales obtenidas en las muestras tomadas en cada sector del arroyo, las cuales aumentaron aguas abajo. Las coliformes totales se encontraron en un rango de 9500 a 88000 UFC/100ml y las coliformes fecales (*E.coli*) de 0 a 75000 UFC/100ml, son cifras que demuestran la gran contaminación a la que es sometido el arroyo a nivel bacteriológico; esto se debe a la presencia de productos de la contaminación de los desechos fecales tanto de los animales (ganado, cerdos, caballos, perros, etc.) como del ser humano, que se basan en la presencia de tuberías del alcantarillado público que en muchas ocasiones desembocan directamente al cauce del arroyo o que lo atraviesan y al no presentar buenas condiciones liberan pequeñas descargas a este, otro punto es que hay sectores que no cuentan con servicios de alcantarillado, por lo tanto la comunidad recurre a la fabricación de posas sépticas o simplemente arrojan los desechos fecales al arroyo, lo cual incita a qué sede la proliferación de estos microorganismos

Tabla 1: Análisis Microbiológicos en 5 sectores del Arroyo Colomuto.

Sector	Parámetros-Coliformes Totales	<i>E. coli</i>
Cielo Azul	95x10 ²	0
El Cabrero	14x10 ³	10x10 ³
La Palma	14x10 ³	12x10 ³
Unisucre	86x10 ³	75x10 ³
Puente San Miguel	88x10 ³	17x10 ³

2.4 INVENTARIO DE LA FLORA

El ecosistema vegetativo del arroyo está comprendido por la presencia de árboles maderables, árboles frutales, rastrojos y pastizales. En la tabla 2 se establece un inventario de las especies vegetales existentes en la zona:

Tabla 2: Inventario de las especies vegetales existentes en la zona.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia	Uso
almendro	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	Frutal
Anamú	<i>Petiveria alliacea</i>	Phytolaccaceae	Hierba
balsamina	<i>Mimordica charantia</i>	Cucurbitaceae	Medicinal
bellísima-cadena de amor	<i>Antigonon leptopus</i>	Polygonaceae	
bejuco de chivo-frijolillo- pitico	<i>Centrosema pubescens</i>	Fabaceae	
Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	
Bonga	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Maderable
cadillo de bolso	<i>Priva lappulacea</i>	Verbenaceae	
cadillo- chisacá	<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae	Maleza
camajón	<i>Sterculia apetala</i>	Sterculiaceae	Maderable
campano	<i>Pithecelobium saman</i>	Mimosaceae	Maderable
ceiba blanca	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	Maderable
coquito	<i>Panicum maximum</i>	Gramínea	Pasto
Dividivi	<i>Caesalpinia coriarea</i>	Caesalpinaceae	Maderable

dormidera	<i>Mimosa púdica</i>	Mimosaceae	Rastrojo
escobilla	<i>Sida rhombifolia</i>	Fabácea	Maleza
guayaba dulce	<i>Psidium guajaba</i>	Myrtaceae	Frutal
guayacán	<i>Guaiacum officinale</i>	Zigofillaceae	Maderable
hierba limón	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	pasto
lambe-lambe	<i>Desmodium sp.</i>	Fabaceae	
leche-leche	<i>Euphoria hirta</i>	Euphorbiaceae	
limón común	Citrus limón	Rutaceae	Frutal
majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Bombacaceae	Árbol
Mamón	<i>Malicocca bijuga</i>	Sapindaceae	Frutal
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Frutal
mata ratón	<i>Glirisdia sepium</i>	Fabaceae	Árbol
naranjita	<i>Crotolaria pallida</i>		
Orejero	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	Musaceae	
pega- pega	<i>Desmodium tortuosum</i>	Fabaceae	Hierba
piri-piri	<i>Cyperus articulatus</i>	Cyperaceae	Hierba
pringamoza	<i>Cnidoscolus</i>	Euphorbiaceae	
rabo de alacrán	<i>Heliotropium indicum</i>	Boraginaceae	
roble-flor morado	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Maderable
Teca	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	Maderable
Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae	Frutal
uvito	<i>Cordia dentada</i>	Boraginaceae	Maderable
verdolaga	<i>Portolaca oleraceae</i>	Portulacaceae	

En el anexo 6 se observan los registros fotografías de varias especies de plantas encontradas en el arroyo Colomuto.

2.5 SENSIBILIZACION Y CONCIENTIZACION CIUDADANA

La ciudad de Sincelejo se encuentra atravesada por dos grandes arroyos que son el Pintao y el Colomuto, estos son sometidos a diario a múltiples descargas de efluentes domésticos, residuales y contaminantes antrópicos, por lo que se dificulta el manejo de estas corrientes superficiales, sumado esto a la falta de un plan adecuado de canalización y la falta de limpiezas continuas, lo que incrementa la problemática ambiental y desencadena la proliferación de enfermedades, producción de olores, presencia de roedores, insectos, reptiles y animales domésticos. Se involucró a las entidades comprometidas con el manejo y cuidado de los recursos naturales de la ciudad, para que adquieran mayor compromiso con el medio ambiente, cada entidad fue partícipe en la realización de campañas de concientización y sensibilización ciudadana; se tuvo un gran compromiso por parte de las instituciones educativas cercanas al arroyo (anexo 7), lo que facilitó en gran manera abarcar vivienda por vivienda y dejar la inquietud a la comunidad para que esta tome conciencia de la falta de cultura y compromiso que tienen con la ciudad. Los habitantes de los diferentes sectores fueron directos y manifestaron un sin número de factores que influyen a que los residuos que generan a diario vayan a parar directamente al cauce del arroyo (anexo 9), en primera instancia la falta de cultura ciudadana, no cuentan con el servicio de aseo, debido al mal estado de las calles, el mal estado y la mala ubicación de las conexiones hidráulicas permiten que el agua residual y doméstica vayan a parar directamente al cauce, las limpiezas que se hacen al cauce no son continuas, no hay presencia de contenedores cercanos a las zonas por donde no circula el carro recolector de basuras y la falta de compromiso de las entidades ambientales. Los

factores mencionados anteriormente por la comunidad fueron evidenciados y considerados como alteraciones al medio ambiente (figura 8 hasta la 17).

Figura 8: estancamiento de aguas negras.



Fuente: Propia.

Figura 9: estancamiento de aguasnegras.



Fuente: Propia.

Figura 10: sector selvático, proliferación de insectos y reptiles.



Fuente: Propia.

Figura 11: botadero de residuos sólidos Sector Cielo Azul.



Fuente: Propia.

Figura12: Presencia de animales domésticos.



Fuente: Propia.

Figura 13: Botadero de escombros en la zona.



Fuente: Propia.

Figura 14: Erosión del suelo, sector Universidad de Sucre.



Fuente: Secretaría de desarrollo Alcaldía de Sincelejo.

Figura15: Estancamiento de aguas. Sector 6 de enero.



Fuente: Secretaria de Desarrollo Alcaldía de Sincelejo.

Figura 16: Sector canalizado, botadero de basuras.



Fuente: Secretaria de Desarrollo Alcaldía de Sincelejo.

Figura17: Manjoles dentro del cauce del Arroyo, por la erosión del suelo.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Alcaldía de Sincelejo.

3. CONCLUSIONES

- Los sectores que generan mayor contaminación al cauce principal del arroyo Colomuto, son los que se ubican en las riberas de este que en su mayoría corresponden a comunidades invasoras o desplazadas.
- Los valores de pH obtenidos se encuentran ubicados en el rango de aceptación para que haya el desarrollo de la fauna acuática y vegetativa.
- La DBO₅ presenta valores considerables, debido a la alta carga de materia orgánica que se encuentra en el cauce del arroyo.
- El taponamiento del cauce principal por contaminantes antrópicos, difusos y puntuales y la falta de limpieza continua contribuyen al desbordamiento del arroyo e inundaciones.
- La mala ubicación de los sistemas de alcantarillado permiten el vertimiento directo de aguas residuales y domésticas al cauce del arroyo, lo que lo convierte en foco de infecciones, generador de olores desagradables y deterioro del paisaje.
- La presencia de bacterias E. coli en altas concentraciones registradas en los cinco sectores son un indicador del riesgo sanitario al cual se puede ver

afectada la población aledaña al arroyo, estas aguas son utilizadas en su mayoría como riego de hortalizas, cultivos de pancoger, abastecimiento a la ganadería y baño a la población infantil, lo que es causa principal de enfermedades contagiosas, cutáneas y respiratorias, entre otras.

- La ribera del arroyo se encuentra en su mayoría poblada por la presencia de especies vegetales de tipo maderable, frutales, rastrojos y malezas que ayudan a evitar la erosión del suelo.
- La falta de cultura ciudadana y el poco compromiso por parte de las entidades municipales empeoran el estado de conservación de estos cuerpos de agua.

4. RECOMENDACIONES

- La Secretaría de Desarrollo y Planeación Municipal debe realizar mínimo cada tres meses limpieza a los arroyos, para evitar la acumulación de contaminantes antrópicos, difusos y puntuales.
- Aguas de la Sabana, debe hacer mantenimiento regular a las alcantarillas y conexiones hidráulicas que desembocan directamente al cauce principal del arroyo.
- Coordinación Inter Aseo con la Alcaldía Municipal, en la ubicación de contenedores en sitios estratégicos por donde no transita el carro recolector de basuras, y que puedan ser desocupados en un tiempo determinado.
- CARSUCRE debe hacer valer el Decreto 1541 de 1918, en su Artículo 14, el cual hace referencia a los parámetros de distancia establecidos, para la construcción de viviendas cercanas a la franja de los arroyos.
- Involucrar y orientar a la población en general, a través de la formación de una conciencia de uso racional en cuanto al manejo de recursos hídricos con programas de protección y recuperación.

- Las entidades estatales deben implementar políticas que garanticen el cumplimiento de la protección y conservación de las fuentes hidrográficas.
- CARSUCRE debe incentivar y contribuir a incrementar la vegetación con especies nativas de la ribera del arroyo.
- CARSUCRE debe realizar un monitoreo sistemático de la calidad ambiental y del agua del arroyo en particular.

BIBLIOGRAFIA

ALVARADO D. Calidad sanitaria de las aguas de playa en costa Rica. En: revista Costarricense de salud pública, 1998. 7:13

BELFORE S. The growth of integrated Coastal management and the role of indicators in integrated Coastal management: introduction to the special issue. Ocean and coastal management. 2003. 46: 225-34

CARDENAS Fidel. Química y Ambiente. Segunda edición. McGraw Hill. Bogotá.1999

CASANOVA. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el Pacífico Colombia. CCCP, Bol. Científico.1997. 6: 29-44. Tumaco.

CRESSA, C. Caracterización físico-química de diferentes ríos de los estados Lara y Falcón. En: Libro de Resúmenes del V Congreso Venezolano de Ecología. Isla de Margarita, Venezuela. 3-7 noviembre de 2003, p. 67.

DUKES J, et al. Responses of grassland production to sige and multiple global environmental changes. PLOS Biology. 2005

ESCOBAR J. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y mar. CEPAL. Santiago de Chile.2002

ESTRUCPLAN. Contaminantes y Fuentes de Contaminación. Contaminantes químicos. 2009

FAJARDO M. y AGUILERA O. Diagnóstico ambiental de la micro cuenca arroyo Buenos Aires zona rural del municipio de Lorica- Córdoba. Universidad de Sucre. 2004

FIGUERAS M. J, et al. A fast method for the confirmation of fecal Streptococci from M- Enterococcus médium. Applied and Environmental Microbiology. 1996

GALVIN R. Marin. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid. 2003

GIBBSON G. et al. Biological criteria: Technical guidance for streams and small rivers. U. S. Environmental Protection Agency. Washington, D. C. 1996

GRANT S. et al. Generation of enterococci bacteria in a coastal salwater marsh and its impact on surf zone water quality. Environmental Science and Technology. 2001

HENRY J. G. y G.W. HEINKE (eds). Environmental science and engineering, prentice-hall, Englewood cliffs. New Jersey. 1989

KORBUT Q. S. Contaminación en agua. 2010 Disponible en:
www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf.

LINDEGAARD C. Chironomidae (Diptera) of European Cold Springs and Factors Influencing their Distribution. Jour. Of the Kansas Entomol. Soc. 1995

MAHECHA G, et al. Vegetación del territorio Car. Editorial Panamericana. Bogotá. 2004

MARIN B. Establecimiento de la escala conceptual indicativa del grado de contaminación, como base para la formulación de normativas de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR- COLCIENCIA. 2001

PAEZ SANABRIA, Lilian. Validación secundaria del método de filtración por membrana para la detección de Coliformes totales y Escherichia coli en muestras de agua para consumo analizadas en el laboratorio de salud pública del Huila. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, D.C. 2008. p 28-29.

PALMA RUTH, Marien. Análisis de agua para consumo humano. Instituto Nacional de Salud. Bogotá, D.C. 1999

ZAMBRANA B, Marín. (2009). Manual de química del agua. Teoría y práctica. Universidad del Magdalena. Editorial Unimagdalena. Water and wastewater. 20 th ed. APHA/AWWA/WEF, Washington, D.C. 2009. p 1230

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRAFICA

5. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

5.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. En general se consideran aguas residuales domésticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan aguas residuales municipales los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llaman aguas residuales industriales las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura. También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógenos y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, a portantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas excluyendo las de los inodoros. Aunque el precio del agua es un factor de gran incidencia en el consumo, la cantidad de agua de consumo doméstico no debería superar los 200L/c.d con un promedio de 60 a 70% para baño, lavandería, cocina y aseo, y un 30 a 40% para arrastre sanitario de excrementos y orina. Sin embargo, este último porcentaje puede disminuirse con el fomento de los inodoros de volumen pequeño más eficientes (ROMERO, 2000).

5.2 IMPORTANCIA SANITARIA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas servidas pueden causar la muerte de la fauna, especialmente peces, cuando son descargadas en fuentes de agua debido a que consumen oxígeno, (SAWYER, 2001; ROMERO, 2000). También es peligrosa su descarga en las aguas marinas continentales puesto que pueden contaminar los mariscos, especialmente a aquellos que se alimentan por filtración del agua, tales como choros (mejillones) y almejas. Es especialmente peligroso el uso de las aguas residuales para el cultivo de vegetales destinados al consumo humano, tales como hortalizas que crecen a ras de tierra y se consumen habitualmente crudas, de las cuales son ejemplo la lechuga, el repollo, el perejil, el apio y los cebollines (MARIN, 2009). Los estudios microbiológicos revelan la presencia de bacterias, virus y parásitos humanos. Por tanto, si son descargadas a ríos y otras fuentes de agua para consumo humano pueden producirse epidemias graves (SALAS, 2000).

5.3 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Aunque normalmente se considera el agua como H_2O , todas las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones que fluctúan de unos cuantos miligramos por litro en agua de lluvia a cerca de 35000 ml/l en agua de mar. Por lo general, las aguas residuales contienen la mayoría de los constituyentes del agua suministrada más las impurezas adicionales provenientes del proceso productor de desechos. Así, como el hombre produce 6 mg de cloro por día, con un consumo de agua de 200l/persona/día, el agua residual contiene 30 ml/l mas de cloro que el agua doméstica. El agua residual cruda promedio contiene alrededor de 1000ml/l de sólidos en solución y

suspensión, o sea que cerca del 99.9% es agua pura. Claro que medir simplemente el contenido total de sólidos de una muestra es insuficiente para especificar su condición ya que el agua subterránea, clara y brillante, puede tener el mismo contenido total de sólidos que el agua residual cruda. Para tener una imagen verdadera de la naturaleza de una muestra en particular, es necesario cuantificar diferentes propiedades mediante un análisis que determine sus características físicas, químicas y biológicas (TEBBUTT, 1990).

5.4 NORMATIVIDAD DE AGUAS RESIDUALES

El Decreto 1594 de 1984, que reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos, en su artículo 4, establece que los criterios de calidad del decreto, son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso. El capítulo III, del mismo decreto, trata de la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas, estuarias y servidas, en su artículo 29, define la destinación de los usos del agua como: consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna; agrícola; pecuario; recreativo; industrial y de transporte. El Capítulo IV, define los criterios de calidad para destinación del recurso. Adicional a lo anterior cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales que se vaya a implementar en Colombia debe seguir el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, donde se fijan los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos desde la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado (RAS, 2000).

5.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL MUNDIAL

A nivel mundial en las grandes ciudades se han implementado variados sistemas de tratamiento de aguas residuales con éxito, teniendo en cuenta aspectos como las condiciones topográficas y climáticas de la zona, características de los líquidos a tratar, costos, la cultura y las costumbres de los habitantes de la zona en estudio. Así mismo frente a lo complejo de las grandes ciudades, en países como Estados Unidos, país muy avanzado en el manejo de las aguas residuales, con 25% de la población localizada en asentamientos dispersos, se siguen construyendo sistemas sencillos de tratamiento de aguas residuales domésticas tales como lagunas de estabilización y oxidación con buenos resultados (EPM, 1988). En 1980 existían en Estados Unidos 11.800 lagunas, de las cuales 6.200 eran domésticas y 5.600 eran industriales (BURBANO, 1985).

En América Latina y el Caribe las primeras lagunas de estabilización fueron diseñadas en Costa Rica en 1957. En 1980 existían 1300 lagunas de estabilización de las cuales 600 eran para uso doméstico y 700 para uso industrial; para esa época ciudades como Buenos Aires vertían sus aguas residuales directamente al Río de La Plata y Caracas al Río Guaire, en Lima se vertían al Océano Pacífico y el Río Rímac, en ciudad de México se utilizaban para irrigación previamente mezcladas con agua de los ríos, en Rio de Janeiro se vertían al mar mediante lanzamiento submarino y en Santiago de Chile se llevaban al Río Mapocho. Sin embargo en las últimas décadas los gobiernos han realizados grandes esfuerzos e inversiones en programas de saneamiento, pero aún existen una brecha de siglos de contaminación difícil de cerrar que a tomar soluciones para trabajar al mismo tiempo en los problemas del subdesarrollo y el control de los impactos que las actividades del desarrollo generan en el ambiente. A pesar de que América Latina está en condiciones de cumplir con los Objetivos de Desarrollo

del Milenio de la ONU en relación a cobertura de agua y saneamiento, la calidad de los servicios es muy deficiente, y la región se encuentra muy atrasada en el tratamiento de las aguas residuales. 85 millones de personas carecen de conexiones de agua en sus hogares y 115 millones no cuentan con servicios de saneamiento. Muchos de aquellos que tienen acceso al agua sólo la reciben por pocas horas al día (HERRERA, 2009).

El tratamiento y reciclaje de aguas residuales domésticas constituyen un reto y a la vez una oportunidad en América Latina. Un reto porque alrededor del 80% de las aguas residuales son dispuestas sin tratamiento en el ambiente o usadas para fines agrícolas, lo que constituye un problema sanitario de envergadura en muchas localidades. Una oportunidad porque estas aguas representan un recurso valioso desde el punto de vista económico y ecológico (CATHALAC, 2010). Según informe del International Development Research Centre en Ottawa, Canadá solamente el 5% de las viviendas en Latinoamérica y el Caribe están conectados a sistemas de tratamiento de aguas negras (REYNOLDS, 2002), La gran mayoría de estos sistemas de tratamiento solamente emplean deposición primaria para eliminar los sólidos suspendidos. Hoy día aunque existen muchos métodos para el tratamiento de las aguas residuales, desafortunadamente muchos son desconocidos o mal operados. Cuando un sistema séptico no funciona adecuadamente puede causar efectos adversos en el medio ambiente y a la salud (GONZÁLEZ, 1990).

En Colombia de acuerdo a estudios realizados se considera que el volumen de aguas residuales generadas es aproximadamente un 70-80% del volumen consumido como agua potable, lo que configura el grave problema que se causa por descargas incontroladas de aguas residuales o de aquellas que teniendo sistemas de tratamiento no son funcionales teniendo como causa principal la falta

de mantenimiento adecuado de los mismos, siendo así más grave la solución que el problema inicial, si se considera que se han invertido recursos y un gran esfuerzo por parte de los actores involucrados. Los tanques sépticos convencionales están diseñados para funcionar indefinidamente si se realizan correctamente las actividades de mantenimiento. Sin embargo, debido a que la mayoría de los sistemas domésticos no reciben un mantenimiento adecuado la vida útil de operación de los tanques sépticos es generalmente igual o menor a 20 años y un sistema diseñado y mantenido correctamente puede durar más de veinte años (EPA, 1999).

5.6 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS

La información disponible sobre los sistemas de tratamiento de las aguas servidas en los países de la región es muy limitada. En 1962, se estimó que en los países más avanzados en esta temática, sólo alrededor del 10% de los sistemas de alcantarillado disponían de instalaciones de tratamiento de las aguas servidas (OPS, 1990). En general, puede decirse que desde entonces, salvo algunos casos aislados, entre los cuales se destaca por su envergadura y avance, el plan de saneamiento hídrico de Chile, la situación no ha cambiado significativamente en términos regionales, debido principalmente a los altos costos de las instalaciones de tratamiento de las aguas servidas y el desfinanciamiento crónico del sector. Entre otros países que han avanzado en la expansión de los sistemas de tratamiento de las aguas servidas, se puede mencionar a Argentina, Brasil, Colombia, México y Venezuela.

Se estima que en la actualidad solamente el 13,7% de las aguas servidas procedentes de 241 millones de habitantes, cuyas viviendas están conectadas a

redes de alcantarillado, recibe algún grado de tratamiento. Asumiendo que cada habitante urbano con conexión domiciliar de agua potable y alcantarillado genera en promedio 200 litros de aguas servidas por día, 229,6 millones de personas producirían unos 530 metros cúbicos por segundo, de los cuales sólo 70 recibirían algún grado de tratamiento(OPS, 1990).

Los habitantes urbanos que tienen conexiones domiciliarias de agua potable pero no las de alcantarillado (87,0 millones), a razón de 50 litros de aguas servidas por persona por día, producirían 50 metros cúbicos por segundo más de aguas servidas. Estas estimaciones sugieren que las áreas urbanas de los países de la región generan aproximadamente 510 metros cúbicos por segundo de aguas servidas que se descargan al ambiente sin tratamiento previo. La situación se vuelve aún más preocupante teniendo en cuenta que un gran número de plantas de tratamiento está abandonado o funcionando precariamente. Como resultado de ello, muchos cuerpos de agua cercanos a las áreas urbanas son poco más que alcantarillas abiertas y es habitual que los cursos de agua que cruzan las grandes ciudades sean anaeróbicos debido a la elevada carga de aguas cloacales. Cabe agregar que si se llegara a universalizar el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado a la población urbana (por ejemplo, en 2010 o 2015), se duplicarían tanto por el incremento de la cobertura como por el crecimiento de la población urbana, los niveles actuales de descargas de las aguas servidas (OPS, 2001a).

5.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA

Gran parte de los municipios del país deberían contar con plantas de tratamiento que permitan disminuir el impacto del vertimiento de aguas residuales a las fuentes

de agua. Sin embargo, los entes territoriales deben evaluar la necesidad de contar con una planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta las normas técnicas establecidas en el Reglamento del Sector (RAS, 2000). En el país, los vertimientos de aguas residuales provenientes del sector agrícola son las que más aportan contaminantes y material orgánico. A este tipo de descargas les siguen las realizadas por los mayores centros urbanos como Bogotá, Cali, Medellín, Cartagena y Barranquilla, entre otros, y las descargas realizadas por el sector industrial, entre las que se destacan los productores de alimentos y de licores. Del total de planes de desarrollo analizados, solo la tercera parte (336) hace un diagnóstico sobre la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), mientras que los 672 municipios restantes no incluyen el tema en sus planes. De los 336 municipios que informan sobre la PTAR, solo 84, es decir el 23%, tiene una planta para mitigar el impacto de las aguas residuales en el ambiente, de las cuales la mayoría cubre solo la producción del área urbana.

Menos de la cuarta parte de los municipios de 21 departamentos, cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales. Además, en 5 departamentos Antioquia, Cundinamarca, Casanare, Cauca y Tolima entre el 25% y el 50% de los municipios tienen un sistema de tratamiento de aguas residuales. Entre el 50% y el 75% de los municipios de Bolívar, Córdoba y Quindío tienen una planta para tratar aguas residuales, mientras que según la información encontrada en los planes de desarrollo, en Arauca y Guajira, más del 75% de los municipios tiene una planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en 13 departamentos Amazonas, Bolívar, Caquetá, Casanare, Cesar, Chocó, Córdoba, Guainía, Guaviare, Magdalena, Nariño y Vichada menos del 25% de los municipios incluyen en su plan de desarrollo un diagnóstico sobre el sistema utilizado para tratar las aguas residuales. Esto significa que la información encontrada en esos departamentos no es representativa y por lo tanto no refleja la situación de todo el departamento. El panorama que se desprende de lo informado en los planes de

desarrollo municipales es grave. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos agroindustriales están contaminando las fuentes superficiales, subterráneas, humedales y represas de agua, causando daño al ambiente y a la salud humana (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2004-2007).

5.8 FUENTES QUE RECIBEN LA DESCARGA DE AGUA RESIDUAL

Como hemos visto, en el país existen una gran cantidad de municipios que vierten las aguas residuales a las fuentes de agua más cercanas sin hacerles ningún tipo de tratamiento que disminuya el impacto ambiental. Esto representa una amenaza para la salud de la población, en especial de los municipios que obtienen el agua para consumo humano de las mismas fuentes donde se descargan aguas residuales. El problema es mucho más grave cuando los vertimientos de aguas residuales se hacen en fuentes de agua con baja capacidad de asimilación, como quebradas, ríos de bajo caudal y humedales, entre otros. De los 1.008 planes municipales analizados, 469 (46%) no hacen referencia a la fuente donde realizan la descarga de aguas residuales generadas en la zona urbana. De los municipios que las especifican, 317 descargan estas aguas en ríos, los cuales pueden tener una capacidad de asimilación entre media y alta, dependiendo del caudal y el tamaño. Sin embargo, 241 municipios vierten sus aguas residuales en quebradas, con un impacto ambiental mucho mayor debido a la baja capacidad de asimilación que pueden tener las fuentes de agua más pequeñas y menos caudalosas. Además, 9 de los municipios que reportan información para este tema en sus planes de desarrollo Palmar de Varela en Atlántico; Santa Rosa del Sur y Magangué en Bolívar; Chiriguana y Tamalameque en el Cesar; Montería y Purísima en Córdoba; Pijiño del Carmen en Magdalena y Coveñas en Sucre, reseñan que hacen este tipo de descargas en una ciénaga, mientras que 108

municipios descargan en otros lugares, como caños, humedales y las calles. Así mismo, existen municipios que hacen descargas de aguas residuales en más de una fuente al mismo tiempo, lo cual genera un impacto ambiental y en la salud de la población mayor. 403 municipios (75% de los que hacen un diagnóstico completo sobre este tema) hacen la descarga de aguas residuales en una sola fuente de agua, 136 municipios realizan estos vertimientos a dos o más fuentes de agua cercanas. La ausencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales trae contaminación de fuentes superficiales y cuerpos de agua. Los sistemas utilizados en las plantas de tratamiento existentes no son eficientes a la hora de recibir descargas industriales, pues no pueden procesar las materias químicas y contaminantes que estas suelen arrojar. Las entidades ambientales deben vigilar a las industrias que generan directamente sus vertimientos a las fuentes hídricas superficiales sin ningún tipo de tratamiento (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2004-2007). Ejemplo de los impactos económicos de la contaminación del río Bogotá- Colombia, causada por descargas de aguas servidas sin tratamiento:

Impactos sobre el valor de la tierra: Unos 61 millones de dólares al año. Corresponde a la plusvalía del suelo ligada a la reducción de malos olores, mejora en la calidad de aguas freáticas y otros efectos ligados a la descontaminación del agua. Esta plusvalía se relaciona con la posibilidad de realizar usos más intensivos y rentables del suelo.

Impactos sobre la producción agropecuaria: Unos 35 millones de dólares al año. El uso de las aguas contaminadas del río y de sus tributarios para riego de pastos, hortalizas y otros cultivos similares tiene impactos negativos importantes sobre la calidad de los alimentos producidos. Si se dispusiera de agua de calidad aceptable, se podría ampliar la cobertura del riego y, además, mejorar la calidad

de los productos agrícolas en las áreas actualmente regadas con aguas contaminadas.

Impactos sobre la salud de la población directamente expuesta: Unos 4 millones de dólares al año. Las poblaciones que viven cerca del río y de la parte baja de sus tributarios urbanos, están expuestas a los contaminantes de origen hídrico a través de una gran variedad de mecanismos: (i) el consumo de agua no tratada; (ii) el consumo de alimentos producidos con agua de riego contaminada o provenientes de ganaderías que toman dicha agua; (iii) el contacto físico directo en actividades de recreación, baño o trabajo; y (iv) las aguas negras son un medio ideal para el desarrollo de moscas y mosquitos, los cuales, al entrar en contacto con los utensilios y alimentos de las personas que viven o trabajan en áreas cercanas al río, los contaminan con microorganismos patógenos.

Impactos sobre los servicios públicos municipales: Unos 9 millones de dólares al año. El agua del río Bogotá no es apta para consumo humano con tratamiento convencional, ni para usos que impliquen contacto directo con las personas. La mejora de la calidad de las aguas del río podría permitir a algunas comunidades el uso del río como fuente de agua para sus acueductos. El beneficio sería entonces igual a la reducción en el costo de obtención del agua para el sistema de suministro de la comunidad, y a la disminución de los racionamientos y de los costos del tratamiento de las aguas del río que deben hacer algunas comunidades.

Impactos sobre la sedimentación de los lechos fluviales y lacustres: Aproximadamente 1 millón de dólares al año. La descarga de las aguas residuales de la ciudad en los lechos del río Bogotá y del embalse del Muña genera una sedimentación de los mismos, a causa de los procesos de sedimentación de los sólidos presentes en las aguas y de los lentos procesos de degradación biológica

que se llevan a cabo en su interior. Esto incrementa los costos de dragado del río y del embalse y, además, impide el drenaje natural de las aguas hacia el río, toda vez que el nivel del lecho de este último, gracias a su sedimentación paulatina, se ha elevado, lo cual ha creado, además, la necesidad de construir jarillones a lo largo del río. Las dificultades del drenaje incrementan las molestias y los problemas de salud pública de la población cercana al río, así como los costos del aprovechamiento de las aguas.

Impactos sobre la pesca: Menores a 1 millón de dólares al año. Uno de los componentes bióticos mayormente afectados por la contaminación del río es la ictiofauna. En el pasado, el curso del río Bogotá y sus afluentes eran ricos en peces. Con la creciente contaminación, los peces desaparecieron en el curso medio e inferior del río, y sólo se mantienen en los sectores altos y tormentosos, libres de contaminación, y en algunos embalses y lagunas.

En resumen, el valor total anual de los daños atribuibles a la contaminación del río Bogotá en la región de influencia directa se pueden estimar en cerca de unos 110 millones de dólares. Es importante señalar que no ha sido posible estimar, por falta de información o dificultades metodológicas, algunos de los daños causados por la contaminación, entre ellos: (i) los impactos sobre la salud de la población indirectamente expuesta; (ii) los impactos sobre los costos de operación y mantenimiento de las centrales hidroeléctricas de la cadena del río Bogotá (mayores costos por bombeo de aguas negras y por corrosión de equipos electromecánicos); (iii) los impactos sobre la biodiversidad bentónica y de la avifauna; y (iv) los impactos sobre el paisaje y los olores en las cercanías del río (FOSTER, 2001).

5.9 ESTRATEGIAS ADELANTADAS

Teniendo en cuenta la necesidad de avanzar en el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y el impacto generado por la aplicación simultánea de los instrumentos económicos de la política ambiental (tasa retributiva) y la estrategia financiera definida para el sector de agua potable y saneamiento básico, se consideró importante articular los diferentes instrumentos de política con el fin de avanzar en el logro de los objetivos propuestos por ambos sectores (CONPES, 2002).

A. Estrategias en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: El Gobierno Nacional ha desarrollado las siguientes estrategias: i) aumento de coberturas de los servicios de acueducto y alcantarillado, ii) ampliación del tratamiento de aguas residuales, y iii) desarrollo de esquemas tarifarios que permitan financiar los costos de inversión y operación de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

1. Aumento de la cobertura de los servicios: Frente a los rezagos en la cobertura de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, en la política definida para el sector de agua potable y saneamiento básico⁹, en 1998, se planteó un crecimiento de la misma en la zona urbana, entre los años 1999 y 2002, de 94% a 96% en acueducto y de 82% a 86% en alcantarillado. En la zona rural se planteó pasar de 42% a 49% en acueducto y de 17% a 30% en alcantarillado. Para el logro de estas metas, entre 1998 y 2002, el Gobierno Nacional ha realizado inversiones que ascienden a \$3.5 billones (pesos de 2001).

2. Ampliación del tratamiento de aguas residuales.

Con el fin de avanzar en la descontaminación del recurso hídrico, el MMA conjuntamente con las Autoridades Ambientales Regionales -AAR- (Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones para el Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos) ha venido apoyando la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad existen 237 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas¹⁰ construidas en 235 municipios, que tratan cerca del 8% de los vertimientos producidos por éstos. Sin embargo, gran parte de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales presentan deficiencias en cuanto a su capacidad y no cumplen con el proceso completo de tratamiento. Así mismo, aunque la Ley 142 de 1994 contempla la recuperación de los costos de operación y mantenimiento, en la mayoría de los casos estos no fueron incluidos en la estructura de costos de los prestadores, y a la fecha no ha sido posible garantizar la sostenibilidad de dichas inversiones. Las Empresas de Servicios Públicos (ESP), especialmente de las grandes ciudades han realizado inversiones en tratamiento de aguas residuales, incluida la construcción de colectores e interceptores para recolectarlas.

3. Desarrollo de esquemas tarifarios

La política de agua potable y saneamiento básico contempla una estrategia financiera orientada a que los costos eficientes de inversión, operación y administración de los servicios se recuperen fundamentalmente a través del cobro de tarifas a los usuarios de los mismos. Cada uno según cálculos realizados por el MDE, dotar con sistemas de tratamiento de aguas residuales a 300 municipios que cumplen las condiciones técnicas previstas, tendría un costo cercano a los US\$2.600 millones, e inversiones adicionales por unos US\$800 millones para completar las redes de colectores e interceptores. De acuerdo con estimaciones presentadas en el Estudio “Plan Decenal de Aguas Residuales” contratado por el Ministerio de Medio Ambiente, los recursos disponibles en las diferentes fuentes

podrían financiar aproximadamente el 12% de los requerimientos de inversión. No obstante, si se tiene en cuenta el monto histórico asignado por las ESP para las inversiones en tratamiento (US\$300 millones), dicho porcentaje aumentaría al 20%. Sin embargo, el déficit de inversión seguiría siendo muy alto, cercano a US\$2.700 millones.

B. Estrategias Ambientales

1. Programas de producción más limpia.

De acuerdo con la Política Nacional de Producción Más Limpia del Ministerio del Medio Ambiente, las AAR establecieron los lineamientos para que a nivel regional se iniciarán los procesos de acercamiento, concertación e implementación de tecnologías y programas de Producción Más Limpia en los sectores productivos más contaminantes. En algunos casos este hecho favorece la reducción de la contaminación de los vertimientos industriales a los alcantarillados de los centros urbanos para ser tratados en plantas de tratamiento municipal.

2. Instrumentos para el control de la contaminación hídrica y el manejo de aguas residuales.

El Ministerio de Salud expidió en 1984 el Decreto 1594 mediante el cual reglamentó parcialmente lo relacionado con los usos del agua y los residuos líquidos. Este decreto establece límites permisibles para las descargas de aguas residuales, basados en la remoción en porcentaje de carga de contaminantes como DBO, SST, grasas y aceites. Este criterio ha generado inequidades entre los diferentes usuarios, por ser menos restrictivo con los mayores contaminadores. Así mismo, fija plazos muy bajos para la implementación de proyectos de tratamiento, los cuales han sido incumplidos.

Aunque la norma contempla varios contaminantes, después de 15 años de su expedición, no se ha logrado una disminución significativa de la contaminación vertida, aun cuando muchos grandes industriales han realizado inversiones importantes para alcanzar el cumplimiento de dicha norma. Así mismo, la legislación colombiana contempla algunos instrumentos económicos para el control de la contaminación, incorporando temas como el de las tasas ambientales y los incentivos tributarios. En cuanto a estos últimos, durante 1996, se introdujeron a la legislación algunas exenciones tributarias, las cuales han constituido una variable importante para la realización de inversiones ambientalmente sanas frente a aquellas que deterioran al medio ambiente. Igualmente dichas exenciones disminuyen los costos de ejecución de inversiones como los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En cuanto a la tasa retributiva establecida en primera instancia por el Código de los Recursos Naturales, ésta actuaba sobre usuarios ambientales dedicados a la realización de actividades lucrativas, dejando por fuera grandes contaminadores y usuarios como los entes territoriales. Por esta razón la Ley 99 de 1993 modificó el esquema de tasas, quedando sujetos al pago de las mismas todos los usuarios de los recursos naturales renovables, independientemente de que ejerzan actividades lucrativas o no.

De acuerdo con la nueva reglamentación (Decreto 901 de 1997), la Tasa Retributiva por Contaminación Hídrica es un cobro por la utilización directa o indirecta de las fuentes de agua como receptoras de vertimientos puntuales y sus consecuencias nocivas para el medio ambiente. El nuevo sistema y método estableció una tasa que depende de la fijación de una meta regional de descontaminación, y se encuentra en función directa de una tarifa mínima (fijada por el MMA y que puede ser ajustada por las AAR) y de un factor regional.

Este factor empieza con un valor igual a uno y se incrementa en 0.5 cada semestre si no se cumple dicha meta (CONPES, 2002).

6. GESTIÓN INSTITUCIONAL

Las entidades públicas involucradas en la gestión del sector de aguas residuales pertenecen a tres tipos de niveles: Nacional, Regional y Local. A nivel nacional, las entidades responsables de la gestión en el tema de aguas residuales son el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Ministerio de Desarrollo Económico (MDE), el Ministerio de Salud Pública (MSP) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Dos entidades adicionales de carácter nacional son responsables de la gestión en el tema de aguas residuales: la Comisión de Regulación de Agua Potable (CRA), adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, y la Superintendencia de Servicios Públicos (SSP), adscrita al DNP (BARRERA, 2005).

A nivel regional distintas entidades son importantes en la gestión en aguas residuales. Se destacan las Corporaciones Autónomas Regionales y los Departamentos (Gobernaciones). A nivel local, la entidad pública más importante en la gestión de aguas residuales es el municipio. La Ley 142/94 establece que es el principal responsable de la gestión en aguas residuales a nivel local y está encargado de garantizar la prestación del servicio.

La propuesta para la coordinación de las entidades a nivel nacional, pretende compatibilizar e integrar los objetivos de estas entidades. La metodología para ello consiste en seleccionar unas cuencas/municipios críticos según criterios ambientales y de salud pública. Una vez establecidas estas cuencas/municipios críticos, estos deberán convertirse en la primera prioridad de las entidades encargadas del sector de saneamiento básico del país, para el desarrollo de toda infraestructura necesaria que lleve a la construcción de la PTAR. Para tal fin, se

propone utilizar la metodología establecida por el Ministerio de Desarrollo Económico en el RAS/2000 donde, teniendo en cuenta consideraciones como la cobertura de otros servicios públicos y la capacidad financiera e institucional de municipio, podrá priorizarse y dar viabilidad a los proyectos de planta de tratamiento ubicadas en los municipios críticos y/o cuencas críticas. Para solucionar la divergencia entre los criterios de priorización de los Ministerios acerca de la capacidad económica de los usuarios, deberá aplicarse una salvedad contemplada en el RAS, que permite que el proyecto adopte un nivel de complejidad más alto, lo que reduce los requerimientos sobre la cobertura de otros servicios públicos, y facilita la aprobación de la construcción de la planta. Esta metodología propuesta permite que los tres Ministerios (Medio Ambiente, Desarrollo Económico y Salud Pública) cumplan de manera simultánea sus objetivos en el proceso de priorización de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (BARRERA, 2005).

BIBLIOGRAFIA

BARRERA S. et al. Aplicación de un modelo numérico para la priorización de la inversión en tratamiento de aguas residual en Colombia. Universidad de los Andes.2005

BURBANO J. Recomendaciones para una política en el sector de agua negras EN: Acodal.1985. Vol. 28 No.124 p.5-17.

CATHALAC. Tratamiento de Aguas Residuales. 2010. Disponible en: www.cathalac.org/Programas-Viejo/Agua-y-Saneamiento/Tratamiento-de-Aguas-Residuales.

CONPES. Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan de manejo de aguas residuales. Dpto. Nacional de Planeación, Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Desarrollo Económico. República de Colombia. 2002. p: 4, 10-12

PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIALDEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION, SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS Y FONDO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INFANCIA – UNICEF. El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales.Bogotá- Colombia. 2004- 2007. p: 46-49

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. Sistemas elementales para el manejo de aguas residuales sector rural y semi-rural. EN: Revista Empresas Públicas de Medellín. Vol.19 No.2 Abril – Junio 1988 p.12-29 y p.48-66.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY.WASTEWATER MANAGEMENT.Sistemas descentralizados, Tanque séptico - sistemas de absorción al suelo. 2009. Disponible en: www.epa.gov/OWM/mtb/cs-99-075.pdf.

FOSTER INGENIERIA LIMITADA. Impactos socioeconómicos de la contaminación del río Bogotá. Escenarios de financiación futura y desarrollo del proyecto de descontaminación del río Bogotá, Bogotana de Aguas y Saneamiento (comps.).2001

GONZÁLEZ C. El peligro de un sistema séptico en mal funcionamiento. 2009. Disponible en: www.academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-229/stemaseptico.pdf.

HERRERA S. El agua en problemas en América Latina y el Caribe.2009. Disponible en: www.emisordigital.bligoo.com/content/view/664000/El-agua-en-problemas-en-America-Latina-y-el-Caribe.html#content-top

OPS. Informe regional sobre la evaluación en la región de las Américas: agua potable saneamiento, estado actual y perspectivas, Washington, D.C.2001. Disponible en Internet http://www.col.opsoms.org/centenario/libro/OPS_y_estado_colombiano_100.doc).

OPS.Situación del abastecimiento de agua potable y del saneamiento en la región de las Américas al finalizarse el decenio 1981-1990, y perspectivas para el futuro. Volumen 1, Washington, D.C.

RAS. Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico; Ministerio de Desarrollo Económico. República de Colombia.2000

ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. Primera edición. Santafé de Bogotá: Editorial escuela colombiana de ingeniería.2000. P 17-18.

SALA H. Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad de agua en el medio marino. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS).2000. P 25.

SAWYER CLAIR, et al. Química para ingeniería ambiental. Colombia. 4ta. Edición: Mc Graw-Hill. 2001

TEBBUTT T. Fundamentos de control de la calidad del agua. Editorial Limusa. Dpto. de Ingeniería Civil. Universidad de Birmingham. 1990. p.19-21

ZAMBRANA B, Marín. Manual de química del agua. Teoría y práctica. Universidad del Magdalena. Editorial Unimagdalena.Water and wastewater. 20 th ed. APHA/AWWA/WEF, Washington, D.C. 2009. p.1230.

ANEXOS

ANEXO 1: Distintivos del proyecto (escarapelas).

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTIA

ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACION DE LOS ARROYOS DE SINCELEJO

PARTICIPANTE

ENTIDAD: _____



CONVENIO
UNIVERSIDAD DE SUCRE-ALCALDIA



ANEXO 2: Test de observaciones para diagnosticar el estado del arroyo Colomuto.

FECHA_____ HORA_____ DIRECCION_____
BARRIO_____ COMUNA_____ OBSERVADOR_____

OBSERVACIONES

El estado de conservación del arroyo es:

Deficiente_____Malo_____Regular_____Bu
eno_____Excelente_____

Presencia de aguas negras:

SI_____ NO_____

Presencia de animales vivos:

SI_____ NO_____

La fauna asociada al arroyo corresponde a:

Peces_____Reptiles_____Aves_____Mamiferos_____Insectos_____

Presencia de animales muertos:

SI_____ NO_____

Presencia de residuos sólidos:

SI_____ NO_____

A qué tipo de residuos corresponde:

Plásticos_____ Escombros_____ Vidrios _____ Latas _____
Material Orgánico_____ Cartón _____Icopor_____

La abundancia de residuos en el área es:

Alta_____ Poca_____ Baja_____

Percepción de olores desagradables:

SI_____ NO_____

La flora asociada al arroyo corresponde a:

Frutales_____ Maderables_____ Maleza_____ Rastrojos_____ Medicinales_____

El estado de conservación de la flora asociada al arroyo es:

Deficiente_____Malo_____Regular_____ Bueno _____ Excelente_____

Presencia de contenedores para la disposición de los residuos sólidos:

SI _____ NO _____

El arroyo esta canalizado:

SI _____ NO _____ Solo en un tramo _____ Completamente _____

El arroyo atraviesa el sector de manera subterránea:

SI _____ NO _____

La zona es de difícil acceso para que transite el carro recolector de residuos sólidos:

SI _____ NO _____

Existen viviendas cercanas al arroyo:

SI _____ NO _____

Se observa quema de residuos sólidos en el área del arroyo:

SI _____ NO _____

ANEXO 3: Encuesta ambiental dirigida a la comunidad aledaña al área de influencia del arroyo Colomuto.

- **OBJETIVO:** Indagar sobre el problema de residuos sólidos en el arroyo Colomuto desde el punto de vista de las personas de las localidades aledañas a este.

Fecha _____ Barrio _____
Dirección _____ Evaluador _____
PREGUNTAS

1. Cuál cree usted que es el principal problema de vivir en un área cercana a un arroyo: Malos olores Si _____ No _____

Inundaciones Si _____ No _____

Plagas Si _____ No _____

2. Cuál cree usted que es el principal problema de contaminación que presenta el arroyo que atraviesa la comunidad.

Presencia y estancamiento de aguas negras Si _____ No _____

Disposición final de residuos sólidos Si _____ No _____

Plagas y animales muertos. Si _____ No _____

Alta vegetación Si _____ No _____

3. Cuál cree usted que es la causa de la contaminación del arroyo:

La falta de cultura ciudadana

La baja frecuencia con la que transita el carro recolector de basuras.

La falta de vías de acceso a la zona para transitar el carro recolector.

La falta de contenedores para la disposición final de los residuos.

4. A quien le atribuye la responsabilidad de generar la contaminación del arroyo.

Las mismas personas que habitan en el sector incluyéndose usted.

Las mismas personas que habitan en el sector pero no se incluye usted.

Personas de barrios vecinos.

5. De qué manera contribuye a la solución de los problemas que presenta el arroyo.

Realizando limpieza

Colocando letreros

Informando a las entidades encargadas

No arrojando residuos al arroyo y evitando que otros lo hagan.

6. Cuantas veces transita el carro recolector de basuras por el área:

- Diario
- 2 veces por semana
- Semanal
- Quincenal

7. Cuál cree usted que es la causa de la contaminación del arroyo.

- La falta de cultura de la comunidad
- La baja frecuencia con la que transita el carro recolector de basuras.
- La falta de vías de acceso a la zona para transitar el carro recolector.
- Falta de contenedores para la disposición final de los residuos.

8. Cuál de las siguientes acciones estaría dispuesto (a) a realizar en su vida cotidiana para el manejo de las basuras que genera:

- Hacer lo mismo que hace ahora SI _____ NO _____
- Separar la basura en la casa para que después sea reciclada SI__ NO__
- Quemar la basura en el patio SI _____ NO _____
- Llevarla hasta un contenedor de basura en el barrio SI _____ NO _____

9. Como quisiera usted que en el futuro se manejaran los residuos sólidos que genera?

- Igual que en el actual sistema, que considera solo disposición final de los residuos SI _____ NO _____
- Con un programa para minimizar la cantidad de residuos que se generan. SI _____ NO _____
- Con un relleno sanitario adecuado que no afecte la calidad de vida de las personas. SI _____ NO _____
- Que existiera un sistema municipal que promoviera la separación de los residuos. SI _____ NO _____

10. Cree usted que es necesario desarrollar un proceso de sensibilización y capacitación con su comunidad para mejorar el estado de conservación del arroyo.

SI _____ NO _____

11. Esta usted dispuesto a contribuir a la solución de los problemas que presenta el arroyo cercano a su vivienda haciendo parte de un proceso de sensibilización y capacitación.

SI _____ NO _____

Anexo 4: Registro de parámetros físicos- químicos del agua del arroyo Colomuto en cinco sectores de la ciudad de Sincelejo.

Nombre de la estación	Código	Fecha	Hora	T °C ambiente.	T °C muestra	pH	O.D mg/L	% Sat.
Cielo Azul	C	20/05/2010	12:55 am	31.7	32	7.57	1.05	14.4
Versalles	V	20/05/2010	12:41 am	32.8	30.4	8.22	6.34	88.4
La Palma	P	20/05/2010	10:58 am	31	31.7	8.11	3.91	55.4
Unisucre	U	20/05/2010	12:22 am	31.9	30	6.89	1.67	23.5
San Miguel	S	20/05/2010	12:04 am	31	32	7.33	2.11	29.1

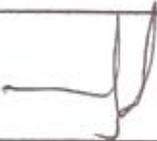
Parámetros Químicos

Nombre de la estación	DBO₅ mg/L	DQO mg/L
Cielo Azul	46.5	90.2
Versalles	42	99
La Palma	49	93.1
Unisucre	32.5	
San Miguel	43	

ANEXO 5: Registro de parámetros microbiológicos del agua del arroyo Colomuto en cinco sectores de la ciudad de Sincelejo.

DASSSALUD				
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA				
DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE				
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	RADICACION	MUESTRA No	
SUCRE	SINCELEJO	0030	30	
MUESTRA TOMADA POR		CARGO		
KELLY FÚNEZ VITOLA		Estudiante Programa Biología U de Sucre		
LOCALIDAD O VEREDA		CODIGO DANE		
0		0		
NOMBRE DE LA EMPRESA		NUIR		
0		0		
TIPO DE IDENTIDAD		LUGAR TOMA DE MUESTRA		
0		ARROYO COLOMUTO		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		DIRECCIÓN		
ARROYO		CL 4 N° 16-105 B Cielo Azul detrás Cárcel		
TIPO AG RED	FUENTE	CLORO RESIDUAL PPM		
FECHA DE TOMA		FECHA DE RECIBO		
JULIO 14/10 6:20 AM		JULIO 14/10 9:00 AM		
Parametros	Resultado	Potable	Segura	Diagnostico/Parametro
Aerobios Mesofilos				
Coliformes Totales	95 X 10 ²	= 0	= 0	
E. Coli	0	= 0	= 0	
DIAGNOSTICO				
 <hr/> MARY STELLA GOMEZ MULETT BACTERIOLOGA LSP				

Sector Cielo Azul

DASSALUD				
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA				
DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE				
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	RADICACION	MUESTRA No	
SUCRE	SINCELEJO	0031	31	
MUESTRA TOMADA POR		CARGO		
KELLY FÚNEZ VITOLA		Estudiante Programa Biología U de Sucre		
LOCALIDAD O VEREDA		CODIGO DANE		
0		0		
NOMBRE DE LA EMPRESA		NUIR		
0		0		
TIPO DE IDENTIDAD		LUGAR TOMA DE MUESTRA		
0		ARROYO COLOMUTO		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		DIRECCIÓN		
ARROYO		K 24 N° 9-31 EL CABRERO (PUENTE)		
TIPO AG RED		FUENTE	CLORO RESIDUAL PPM	
FECHA DE TOMA		FECHA DE RECIBO		
JULIO 14/10 6:29 AM		JULIO 14/10 9:00 AM		
Parametros	Resultado	Potable	Segura	Diagnostico/Parametro
Aerobios Mesofilos				
Coliformes Totales	14 X 10 ³	= 0	= 0	
E. Coli	10 X 10 ³	= 0	= 0	
DIAGNOSTICO				
				
<hr/> MARY STELLA GOMEZ MULETT BACTERIOLOGA LSP				

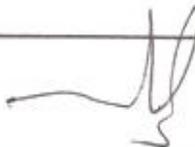
Sector El Cabrero

<p style="text-align: center;">DASS LUD LABORATORIO DE SALUD PUBLICA DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA</p>				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	RADICACION	MUESTRA No	
SUCRE	SINCELEJO	0032	32	
MUESTRA TOMADA POR		CARGO		
KELLY FÚNEZ VITOLA		Estudiante Programa biología U de Sucre		
LOCALIDAD O VEREDA		CODIGO DANE		
0		0		
NOMBRE DE LA EMPRESA		NUIR		
0		0		
TIPO DE IDENTIDAD		LUGAR TOMA DE MUESTRA		
0		ARROYO COLOMUTO		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		DIRECCIÓN		
ARROYO		C14 N° 24-09 B La Palma(detrás colegio)		
TIPO AG RED	FUENTE	CLORO RESIDUAL PPM		
FECHA DE TOMA		FECHA DE RECIBO		
JULIO 14/10 6:35AM		JULIO 14/10 9.00 AM		
Parametros	Resultado	Potable	Segura	Diagnostico/Parametro
Aerobios Mesofilos				
Coliformes Totales	14 X 10 ³	= 0	= 0	
E. Coli	12 X 10 ³	= 0	= 0	
DIAGNOSTICO				
 <hr/> MARY STELLA GÓMEZ MUELETT BACTERIOLOGA LSP				

Sector La Palma

DASSSALUD				
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA				
DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE				
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	RADICACION	MUESTRA No	
SUCRE	SINCELEJO	0034	34	
MUESTRA TOMADA POR		CARGO		
KELLY FUNEZ VITOLA		Estudiante Programa Biología U de Sucre		
LOCALIDAD O VEREDA		CODIGO DANE		
0		0		
NOMBRE DE LA EMPRESA		NUIR		
0		0		
TIPO DE IDENTIDAD		LUGAR TOMA DE MUESTRA		
0		ARROYO COLOMUTO		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		DIRECCIÓN		
ARROYO		CALLE 25 PUENTE SAN MIGUEL		
TIPO AG RED	FUENTE	CLORO RESIDUAL PPM		
FECHA DE TOMA		FECHA DE RECIBO		
JULIO 14/10 7:03 AM		JULIO 14/10 9:00 AM		
Parametros	Resultado	Potable	Segura	Diagnostico/Parametro
Aerobios Mesofilos				
Coliformes Totales	88 X 10 ³	= 0	= 0	
E. Coli	17 X 10 ³	= 0	= 0	
DIAGNOSTICO				
 <hr/> MARY STELLA GOMEZ MULETT BACTERIOLOGA LSP				

Sector Puente San Miguel

DASSSALUD				
LABORATORIO DE SALUD PUBLICA				
DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE				
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	RADICACION	MUESTRA No	
SUCRE	SINCELEJO	0033	33	
MUESTRA TOMADA POR		CARGO		
KELLY FÚNEZ VITOLA		Estudiante Programa Biología U de Sucre		
LOCALIDAD O VEREDA		CODIGO DANE		
0		0		
NOMBRE DE LA EMPRESA		NUIR		
0		0		
TIPO DE IDENTIDAD		LUGAR TOMA DE MUESTRA		
0		ARROYO COLOMUTO		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		DIRECCIÓN		
ARROYO		UNIVERSIDAD DE SUCRE		
TIPO AG RED	FUENTE	CLORO RESIDUAL PPM		
0	0			
FECHA DE TOMA		FECHA DE RECIBO		
JULIO 14/10 6:49 AM		JULIO 14/10 9:00 AM		
Parametros	Resultado	Potable	Segura	Diagnostico/Parametro
Aerobios Mesofilos				
Coliformes Totales	86 X 10 ³	= 0	= 0	
E. Coli	75 X 10 ³	= 0	= 0	
DIAGNOSTICO				
				
<hr/> MARY STELLA GOMEZ MULETT BACTERIOLOGA LSP				

Sector Universidad De Sucre

ANEXO 6: Registros fotográficos de varias especies de flora encontradas en los cinco sectores del arroyo Colomuto.



Antigonon leptopus- Bellísima Fuente: Propia.



Mimosa *púdica*- dormidera. Fuente: Propia.



Heliotropium *indicum*-rabo de alacrán Fuente: Propia.



Priva *lappulacea*- cadillo de bolsa.Fuente: Propia.



***Musa paradisiaca*- plátano Fuente: Propia.**



***Sida rhobifolia*- escobilla. Fuente: Propia.**



Amaranthus *hybridus*- Bledo. Fuente: Propia.



Mimordica *charantia* –Balsamina.Fuente: Propia.



***Euphorbia hirta*- Leche Leche.Fuente: Propia.**



Fuente: Propia.



Hura *crepitans*-Ceiba blanca. Fuente: Propia.

ANEXO 7: Grupo de trabajos



Institución Educativa José Ignacio López. Fuente: Propia.



Institución Educativa Dulce Nombre de Jesús. Fuente: Propia.



Institución Educativa Altos del Rosario. Fuente: Propia.



Institución Educativa Normal Superior. Fuente: Propia.

ANEXO 8: Registro fotográfico de las capacitaciones ofrecidas al grupo de
t **).**



b) Capacitación: Liderazgo. Participativo. Fuente: Propia.



c) Presentación del proyecto. Fuente: Propia.



***e) Aceptación del proyecto por parte de las instituciones educativas y las entidades encargadas del cuidado y protección del medio ambiente.
Fuente: Propia.***

ANEXO 9: Interacción con la comunidad. Fuente: Propia.

