

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO
TERRITORIAL**

**CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA
- CORPOURABA -**



**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
REQUERIMIENTO DE LOS PLANES DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE
VERTIMIENTOS (PSMV) A LAS ENTIDADES PRESTADORAS DEL
SERVICIO DE ALCANTARILLADO DE LA JURISDICCIÓN DE
CORPOURABA**

**CUENCA DEL RÍO ATRATO
MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ**

**Unidad de Aguas
Subdirección Gestión y Administración Ambiental
100-09-03-01-003**

AGOSTO DE 2007

GABRIEL CEBALLOS ECHEVERRI
Director General

HAROLD E. TRIANA GUTIÉRREZ
Subdirector de Gestión y Administración Ambiental

JOSÉ DOMINGO NAVARRO ALZATE
Subdirector de Planeación y Ordenamiento Territorial

ARBÉY MOLINA
Subdirector Jurídico y Administrativo

Equipo Técnico

JUAN FERNANDO GOMEZ CATAÑO
Ingeniero Sanitario

ELIZABETH ORTIZ BAQUERO
Bióloga

JUAN DIEGO CORREA RENDÓN
Ecólogo de Zonas Costeras

TABLA DE CONTENIDO

1. SISTEMAS HIDROLOGICOS	3
2. ORDEN DE PRIORIZACIÓN POR MUNICIPIOS	3
3. CLASIFICACIÓN DE USOS REALES Y POTENCIALES.....	3
4. TIPIFICACIÓN DE LA FUENTE, CRITERIOS DE CALIDAD Y CARGAS CONTAMINANTES DE ORIGEN PUNTUAL	3
5. SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA	3
6. CONCLUSIONES	3
7. RECOMENDACIONES	3
8. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	3
9. BIBLIOGRAFÍA.....	3

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.	SISTEMAS HIDROECOLÓGICOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA	3
TABLA 2.	SUBSISTEMAS HIDROLÓGICOS EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA	3
TABLA 3.	ORDEN DE PRIORIDAD POR MUNICIPIO DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	3
TABLA 4.	USOS REALES Y POTENCIALES POR TRAMOS EN LA CUENCA DEL RÍO ATRATO	3
TABLA 5.	TIPIFICACIÓN DE LOS TRAMOS DEL RÍO ATRATO Y FUENTES DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS PUNTUALES.....	3
TABLA 6.	OBJETIVOS DE CALIDAD PARA EL RÍO ATRATO	3
TABLA 7.	CALIDAD DE AGUA EXIGIDA POR LA <i>AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE</i>	3
TABLA 8.	CALIDAD DE AGUAS EXIGIDO POR LA COMISIÓN PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE NUEVA INGLATERRA	3
TABLA 9.	CALIDAD DE AGUAS EXIGIDO POR LAS NORMAS U.S.A.	3
TABLA 10.	CALIDAD DE AGUA EXIGIDA EN COLOMBIA POR EL DECRETO 1594 DE 1984	3
TABLA 11.	MODELO DE SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL TRAMO INICIAL (VIGÍA DEL FUERTE) DEL RÍO ATRATO.....	3
TABLA 12.	MODELO DE SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SEGUNDO TRAMO (MURINDÓ) DEL RÍO ATRATO	3
TABLA 13.	ACCIONES PARA ALCANZAR OBJETIVOS DE CALIDAD EN EL RÍO ATRATO	3
TABLA 14.	NECESIDADES DE REDUCCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA DE ACUERDO CON LA VARIACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL TRAMO INICIAL (VIGÍA DEL FUERTE) DEL RÍO ATRATO	3
TABLA 15.	NECESIDADES DE REDUCCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA DE ACUERDO CON LA VARIACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL SEGUNDO TRAMO (MURINDÓ) DEL RÍO ATRATO	3
TABLA 16.	ACCIONES A REALIZAR EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO EN CADA UNO DE LOS TRAMOS DEL RÍO ATRATO.....	3

LISTADO DE FOTOS

FOTO 1.	CASCO URBANO DE VIGÍA DEL FUERTE Y RÍO ATRATO	3
FOTO 2.	CASCO URBANO DE MURINDÓ Y RÍO ATRATO (BRAZO MURINDÓ)	3

INTRODUCCIÓN

En ejecución de la Política Nacional para el manejo de las aguas residuales municipales y en cumplimiento de lo estipulado por el decreto 3100 de 2003 sobre tasas retributivas, se establecieron los Objetivos de Calidad Mínimos para el río Atrato como fuente receptora de aguas residuales de los centros urbanos de los municipios de Vigía del Fuerte y Murindó.

Este estudio se efectuó buscando que las actividades a desarrollar en los próximos años en cuanto a la recolección, manejo y tratamiento de las aguas residuales, sean viables, socialmente aceptables y sostenibles económica y ambientalmente.

Los objetivos de calidad se trazan con base en las proyecciones de calidad del recurso obtenidas mediante simulación. En este sentido se empleó la metodología simplificada para la fijación de objetivos de calidad (MESOCA) establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Los objetivos de calidad del recurso se requieren para la concertación y el establecimiento de las Metas de reducción de cargas de DBO₅ Y SST, conforme lo determina el Decreto 3100 de 2003. Hasta cuando se lleve a cabo el ordenamiento del recurso hídrico, para la aplicación de los criterios de calidad y normas de vertimiento, se tiene en cuenta la destinación genérica del recurso al momento de vigencia del decreto 1594 de 1984, hecha por la Corporación.

El Capítulo III del Decreto 1594 de 1984, establece los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

- a) Consumo humano y doméstico
- b) Preservación de flora y fauna
- c) Agrícola
- d) Pecuario
- e) Recreativo
- f) Industrial
- g) Transporte

Así mismo se considera que el empleo del agua para la recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo del mismo, se denominará

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

dilución y asimilación; su uso para contribuir a la armonización y embellecimiento del paisaje, se denominará estético.

La fijación de objetivos de calidad de un cuerpo de agua debe considerar las exclusiones y prohibiciones que establece la ley. No todas las fuentes de agua admiten ser utilizadas para verter aguas residuales. Al respecto, el Decreto 1541 establece la siguiente clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos:

Clase I: Cuerpos de aguas que no admiten vertimientos

Clase II: Cuerpos de aguas que admiten vertimiento con algún tratamiento

Pertenece a la clase I:

- 1) Las cabeceras de las fuentes de agua
- 2) Las aguas subterráneas
- 3) Los cuerpos de agua de zonas costeras, utilizadas actualmente para recreación
- 4) Un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable
- 5) Aquellos que se declaren como especialmente protegidos de acuerdo con lo dispuesto por los artículos 70 y 137 del decreto ley 2811 de 1974.

Pertenece a la clase II los demás cuerpos de agua no incluidos en la clase I.

Los cuerpos de agua clase I tienen prelación en su uso y destinación y por lo tanto, al no ser receptores de vertimientos líquidos ni sólidos, resulta superfluo un proceso de concertación de metas de reducción de cargas contaminantes. La meta está fijada por ley y es de cero cargas contaminantes. Mientras no se cuente el ordenamiento del Recurso hídrico, se deben establecer objetivos de calidad respetando la normatividad y considerando los usos genéricos de las aguas establecidos en el decreto 1594 de 1984.

Los cuerpos de agua de las cabeceras urbanas y de los centros poblados del país, tienen una destinación prioritaria para el drenaje de aguas lluvias y el transporte de aguas residuales, por lo tanto su uso principal es el de la asimilación y la dilución.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

En algunos municipios de la Jurisdicción de CORPOURABA aun no existen sistemas de tratamiento de aguas residuales o no operan de forma eficiente. En este caso la metodología MESOCA adopta la asimilación y la dilución como los usos prevalecientes, por lo tanto los objetivos de calidad deben contribuir a minimizar el impacto sobre la salud de las poblaciones cercanas y la estética del espacio urbano. En este sentido la metodología propone priorizar los objetivos de calidad de la siguiente lista:

- 1-Eliminación de olores agresivos de la fuente de agua
- 2-Eliminación de sólidos flotantes desagradables a la vista
- 3-Eliminación de grasas y aceites
- 4-Eliminación de depósitos de lodos orgánicos
- 5-Reducción de la carga orgánica
- 6-Mejorar levemente los niveles de oxígeno disuelto de la fuente en el tramo o sector específico (entre 1 y 4 mg/l)

Generalmente los cuerpos de agua en áreas rurales presentan oxígeno disuelto por encima de los 5,0 mg/l y su DBO₅ es inferior a 2,0 mg/l, valores por debajo o por encima, respectivamente, indican que el agua está contaminada por vertimientos del sector agropecuario o industrial. Ya se indicó que los cuerpos de agua que abastecen los acueductos no deben ser receptores de vertimientos líquidos, por lo tanto sus objetivos de calidad deben mantener sus condiciones de calidad actuales.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

1. SISTEMAS HIDROLOGICOS

En la Jurisdicción de CORPOURABA se priorizaron seis sistemas hidrológicos los cuales se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Sistemas hidroecológicos de la jurisdicción de CORPOURABA

Sistema hidrológico/cuenca	Descripción
1. Río León	Recorre los municipios de Mutatá, Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo, desemboca directamente al golfo de Urabá, sirviendo como vía de salida de la producción bananera al exterior. Presenta restricciones altas para la mayoría de los usos después de la afluencia del río Carepa, la preservación de flora y fauna tiene limitantes por el oxígeno disuelto, el principal obstáculo para los fines agrícolas es el alto contenido de cloruros que pueden propiciar la salinización de los suelos ¹ .
2. Río Sucio	Toma el nombre de río Sucio a partir de la confluencia de los ríos Cañasgordas y La Herradura a unos 800 msnm en la cordillera occidental. El río Cañasgordas nace en las inmediaciones del cerro de las Nutrias, 11 km al sur de la población de la que toma su nombre, en jurisdicción de los municipios de Abriaquí y Giraldo, a unos 3.300 msnm. La cuenca del río Cañasgordas limita con la divisoria de los ríos La Herradura y Tonusco, presentando como cima destacada el cerro de Las Nutrias (aprox. 3.300 msnm); por el Suroriente, con la divisoria del río Tonusco, destacándose el Boquerón de Toyo (Depresión natural 2.200 msnm), los altos Loma Grande (2.700 msnm) y Romero (2.930 msnm); y por el Nororiente con las divisorias de los ríos Cauca y El Chuzá. El río Sucio recorre los municipios de Cañasgordas, Uramita, Dabeiba y Mutatá para desembocar al río Atrato. Recibe las aguas residuales de Cañasgordas, Dabeiba y Uramita.
3. Río San Juan	Nace en la Serranía de Abibe en el alto de Quimarí a una altura de 670 msnm, recorre los municipios de San Pedro de Urabá, Arboletes y San Juan de Urabá donde desemboca directamente al mar Caribe. La cuenca tiene un área de 139.544 ha y el río principal una longitud de 183.38 km. Presenta limitaciones en la oferta debido a las condiciones climáticas donde dominan las bajas precipitaciones. Un factor que incide en la deficiente calidad del agua es la deforestación y pérdida de diversidad de las coberturas vegetales. La contaminación del agua es crítica en la parte media y baja por altos contenidos de materia orgánica y

¹ Tomado de Plan de Manejo Ambiental para el uso de agroquímicos en la agroindustria bananera del Urabá Antioqueño. AUGURA – Universidad de Antioquia. 2002

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Sistema hidrológico/cuenca	Descripción
	sedimentos que no la hacen apta para el consumo humano ni para el desarrollo de actividades recreativas. ² Recibe las aguas residuales domésticas del municipio de San Pedro de Urabá y aguas abajo, cerca de su desembocadura, se encuentra el punto de captación para el abastecimiento de agua del área urbana del municipio de San Juan de Urabá.
4. Río Penderisco	Nace en el cerro Plateado entre los municipios de Urrao, Carmen de Atrato y Betulia, el municipio de Urrao conforma la cuenca del río Penderisco con un área de 255.000 ha, posteriormente se une con el río Jengamecoda para conformar así el río Murrí afluente del Atrato.
5. Litoral	Enmarca todo el caribe antioqueño sobre el Golfo de Urabá, constituido por la zona costera de los municipios de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes alcanzando 420 km e longitud. En el litoral antioqueño se destacan las vertientes de los ríos Atrato y León, adicionalmente se encuentran más de 30 afluentes, entre ellos los ríos Turbo, Guadalito (El Tres) y Currulao. El mayor impacto ambiental y paisajístico lo causa el río Atrato al depositar gran cantidad de sedimentos, residuos sólidos y empalizadas sobre la costa oriental del Golfo.
6. Río Atrato	El río Atrato nace en la Cordillera Occidental en los Altos de la Concordia y los Farallones del Citará a 3.700 msnm en el cerro de Caramanta en el municipio del Carmen de Atrato (Chocó). Es considerado uno de los ríos más caudalosos del mundo (hasta 5000 m ³ /seg), la longitud de su cauce es de 750 Km, tiene una profundidad media de 11 m y un ancho promedio es de 282 m. Recibe más de 150 ríos y 300 quebradas y es navegable durante todo el año en 508 Km por embarcaciones hasta de 200 toneladas. La cuenca se encuentra delimitada al este por la cordillera Occidental y al oeste por las serranías del Baudó y del Darién, al sur se haya la divisoria de aguas con el río San Juan definida por el istmo de Istmina. La desembocadura del río Atrato se encuentra en el Golfo de Urabá, sobre el mar Caribe, donde forma un complejo sistema deltaico. Casi toda la cuenca pertenece al departamento del Chocó y una pequeña parte al departamento de Antioquia. En su recorrido recibe las descargas de aguas residuales domésticas de los diferentes poblados ubicados en sus riberas, entre los que se destacan Quibdó (capital del Chocó), Vigía del Fuerte, Bojayá, Murindó, Carmen del Darién y Riosucio.

Para cada sistema hidroecológico se determinaron los subsistemas que lo componen. En la Tabla 2 se hace una descripción de cada uno.

² Tomado de Implementación software cuenta física del agua cuencas de los ríos el Oso, Apucarco, el Tambo y San Juan de Urabá, Universidad Nacional, 2004

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Tabla 2. Subsistemas hidrológicos en la jurisdicción de CORPOURABA

Sistema hidrológico/ cuenca	Subsistema/ cuerpo de agua asociado	Descripción
1. Río León	1.1 Río Apartadó	Ubicado en el municipio del mismo nombre y surte el acueducto del casco urbano, nace en la serranía de Abibe en el alto de Carepa a 1089 msnm y desemboca a 3 msnm en el río León, su cuenca tiene un área de 16.353 ha. Una vez ha recibido los vertimientos urbanos, los usos del agua para consumo humano y recreación quedan restringidos por el alto contenido de materia orgánica que disminuye el contenido del oxígeno disuelto. El uso agropecuario se permite hasta la parte media, donde la descarga del río Churidó eleva los parámetros por encima de la normatividad permitida para estos usos. Las condiciones ambientales que garantizan el ecosistema acuático se perturban aguas abajo por la disminución de los niveles de oxígeno ³ .
	1.2 Río Chigorodó	Nace en la vertiente occidental de la Serranía de Abibe a una altura de 1200 msnm y desemboca al río León. Abastece el acueducto del área urbana del municipio de Chigorodó, de uno de sus afluentes en la parte alta se abastece el acueducto del área urbana de Carepa. Su cuenca tiene un área 30.984 ha ⁴ . La calidad del agua se ve afectada en la parte media, quedando restringido su uso para consumo humano y recreativo por el mal manejo de los residuos sólidos y desechos líquidos del municipio. Casi todo el río permite actividades de carácter agropecuario, excepto en la desembocadura por la presencia de mercurio, nitritos y coliformes. La calidad es buena para la preservación de flora y fauna a lo largo de todo su recorrido, excluyendo el tramo final ³ .

³ Tomado de plan de manejo ambiental para el uso de agroquímicos en la agroindustria bananera del Urabá Antioqueño. AUGURA – Universidad de Antioquia. 2002

⁴ Tomado de Implementación software cuenta física del agua en las cuencas de los ríos Chigorodó, Carepa, Apartado y Turbo. Universidad Nacional, 2004.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Sistema hidrológico/ cuenca	Subsistema/ cuerpo de agua asociado	Descripción
	1.3 Río Carepa	Ubicado en el municipio del mismo nombre, nace en el alto de Carepa en la serranía de Abibe, recorre el municipio de oriente a occidente hasta desembocar en el río León. Su cuenca tiene 24.225 ha y su cauce una longitud de 62.6 Km. Para los usos de preservación de flora y fauna, recreación y consumo humano, presenta restricciones severas después de los vertimientos líquidos y sólidos del municipio. Los principales parámetros que limitan el uso son la turbiedad, sedimentos y el oxígeno disuelto. Las actividades agrícolas presentan restricción en el tramo final ³ debido a la calidad del agua.
	1.4. Río Vijagual	Representa el límite entre los municipios de Apartadó y Carepa, nace en la serranía de Abibe y desemboca en el río León. En algunos puntos presenta concentraciones de mercurio, hierro, coliformes, nitritos y déficit de oxígeno disuelto. Ningún tramo del río es apto para consumo humano y recreacional, las condiciones no son propicias para la conservación de flora y fauna por la baja concentración de oxígeno disuelto, el uso permisible es el agrícola, con algunas limitantes por la presencia de coliformes totales, fecales y la alta concentración de hierro ⁵ .
	1.5 Río Grande	Nace en la serranía de Abibe y define el límite entre los municipios de Turbo y Apartadó. El uso para consumo humano y recreacional es permitido sin ninguna restricción en la parte alta, con riesgo en la parte media por contaminación por materia orgánica y completamente restringidos antes de confluir al río León. Las actividades agropecuarias y de preservación de flora y fauna son factibles a lo largo del río, excepto en la desembocadura donde la baja concentración de oxígeno disuelto y la salinidad lo impiden ⁵ .
	1.6 Canales del Casco urbano de Nueva Colonia	En el casco urbano de este corregimiento se encuentra un sistema de canales o caños que drenan las aguas residuales de la población y las aguas lluvias, desembocando en el canal artificial que conduce hacia el río León, en el área de influencia de las barcadillas de las comercializadoras bananeras. Además de la carga orgánica, estos canales transportan gran cantidad de residuos sólidos que se concentran en sus desembocaduras.

⁵ Tomado de plan de manejo ambiental para el uso de agroquímicos en la agroindustria bananera del Urabá Antioqueño. AUGURA – Universidad de Antioquia. 2002

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Sistema hidrológico/ cuenca	Subsistema/ cuerpo de agua asociado	Descripción
2. Río Sucio	2.1 Río Mutatá	Nace en la serranía de Abibe desembocando en el río Sucio a 200 metros del casco urbano de Mutatá, surte el acueducto de este municipio y recibe sus aguas residuales. Presenta caudales aproximados de 5000 l/s en época de menores precipitaciones.
	2.3 Río el Cerro	Se encuentra dentro del complejo hídrico denominado Sistema del Río Sucio que es complementado por los ríos La Herradura, Verde, Nore, Chaquenodá, Carauta, Murri, Quiparadó y Musinga. Este complejo hídrico alimenta dos grandes ríos, El Murri y el Río Sucio que vierten sus aguas en el gran río Atrato.
	2.4 Río La Herradura	Nace en el alto El Junco (Páramo de Frontino) en el municipio de Abriaquí, a unos 3.400 msnm. Desemboca a 800 msnm en el río Cañasgordas o río Sucio, afluente del río Atrato, drenando una cuenca de 431.8 km ² . En total recorre 50 km en dirección predominante sur – norte. En sus cabeceras (zona sur) la cuenca limita con las quebradas Noque (afluente del río Cauca) y Encarnación (afluente del Penderisco). La divisoria alcanza cerros de considerable altura como son: Morro Pelón (3.450 msnm), alto El Junco (3.400 msnm) y el alto El Toro (2.800 msnm).
4. Río Penderisco	4.1 Río Urrao	Abastece el acueducto del municipio de Urrao y hace parte de la cuenca del río Penderisco. Tiene su origen en el sistema lagunar de las sabanas de Puente Largo, en el Páramo del Sol, a una altura de 3.650 msnm, con relieve plano, ligeramente ondulado, circula por un lecho rocoso rodeado de franjas variables de bosque intervenido, potreros y diversidad de cultivos. Desemboca al río Penderisco a una altura de 1.850 msnm, la actividad agropecuaria y la explotación de madera son la base de la economía del municipio, destacándose cultivos de café, granadilla, fríjol, caña, fique, tomate de árbol, espárrago y grandes extensiones de pastos. En el sector pecuario se cuenta con cría de ganado vacuno, porcinos, aves y truchas ⁶ .

⁶ Caracterización limnológica de la cuenca del río Urrao. 1998

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Sistema hidrológico/ cuenca	Subsistema/ cuerpo de agua asociado	Descripción
5. Litoral	5.1 Río Turbo	La cuenca del río Turbo se encuentra localizada en su totalidad en la zona norte del municipio; posee una superficie aproximada de 150 km ² y una longitud de 42.5 km. La cuenca se encuentra limitada al occidente por el golfo de Urabá, al oriente por la parte alta de la serranía de Abibe, al sur por la cuenca del río Guadalito y al norte por la cuenca del río Mulatos. Vierte sus aguas sobre el río Turbo las quebradas los Indios, La Playona, las Mercedes, San Felipe, las Cañas, la Pedregosa, Santa Bárbara y Aguas Frías ⁷ .
	5.2 Río Currulao	Tiene su división natural al oriente con la cuenca del río Mulatos (en la línea aproximada a los 800 msnm), al noroeste con la cuenca del río Grande y al occidente con la cuenca del río Apartadó (en línea aproximada a los 1.000 msnm). Posee un área de 239 km ² y cubre una superficie aproximada de 178 km ² (74% del área total) dentro de la jurisdicción del municipio. El río sigue su curso sur-norte dentro del municipio para luego descender al golfo de Urabá con un viraje en sentido oriente-occidente, regando la zona bananera del municipio de Turbo.
	5.3 Río Guadalito	Esta cuenca se encuentra completamente dentro de la jurisdicción de Turbo, su cuenca tiene un área aproximada de 121 km ² . El caudal promedio multianual en la estación El Tres para el río Guadalito es de 2.73 m ³ /s. Se presenta en los meses de febrero y marzo un caudal mínimo de 1 m ³ /s y caudales en el período lluvioso que varían entre 3 y 5 m ³ /s a excepción del pequeño veranillo en el mes de septiembre en el cual los caudales se reducen a 2.5 m ³ /s.

⁷ Tomado del POT del municipio de Turbo

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Sistema hidrológico/ cuenca	Subsistema/ cuerpo de agua asociado	Descripción
	5.4 Caños Veranillo, Puerto Tranca y Bahía de Turbo	<p>Los caños Varanillo y Puerto Tranca constituyen las principales vías de evacuación de las aguas residuales que no son objeto de tratamiento en el casco urbano de Turbo. Ambos caños se caracterizan por su escaso caudal en época seca y desbordamiento durante las lluvias intensas. Ambos caños desembocan en el muelle el Waffe, donde se concentran la materia orgánica y los residuos sólidos transportados, los cuales son retenidos o desalojados por efectos de la marea o por las lluvias, constituyendo un foco de dispersión de contaminantes hacia la bahía Turbo y el Golfo de Urabá.</p> <p>La bahía Turbo está formada por la proyección norte sur de la Punta de las Vacas al oeste del casco urbano de este municipio. La bahía es importante para el transporte marítimo y la pesca artesanal, constituye un sistema estuarino donde hay mezcla del agua marina del Golfo y de los aportes continentales.</p>

Sobre cada sistema hidrológico se han identificado las principales fuentes puntuales de contaminación y los cuerpos de agua afectados por estos vertimientos, exceptuando los ríos San Juan y Atrato, donde no se presentan subsistemas de interés, por lo tanto no se incluyen en la tabla 2. En total se han identificado 14 subsistemas, sobre los cuales se debe desarrollar el procedimiento para establecer los objetivos de calidad de acuerdo con la metodología MESOCA.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

2. ORDEN DE PRIORIZACIÓN POR MUNICIPIOS

A continuación se establece el orden de prioridad por municipio en la jurisdicción de CORPOURABA, para dar tratamiento a las aguas residuales municipales domésticas, teniendo en cuenta el impacto ambiental generado por los vertimientos, el tamaño de la población, la longitud de la corriente de agua receptora, porcentaje de cobertura de acueducto y alcantarillado y la relación entre ambas (Tabla 3).

Los municipios de Vigía del Fuerte y Murindó ocupan el decimoséptimo y decimoctavo puesto respectivamente, entre los 19 municipios de la jurisdicción. También se encuentran en los puestos 107 y 109 entre los 125 municipios del Departamento de Antioquia, así como en el 838 y 869 entre los 1084 municipios del País. En este contexto, las inversiones en sistemas de tratamiento de aguas residuales en estos municipios se deben desarrollar en el largo plazo pues existen otras prioridades relacionadas con el abastecimiento de agua potable y la recolección de aguas residuales y residuos sólidos.

Tabla 3. Orden de prioridad por municipio de la jurisdicción de CORPOURABA para el manejo de aguas residuales domésticas

Ítem	Municipio	Prioridad a nivel Nacional	% cobertura acueducto	% cobertura alcantarillado	Relación cobertura acueducto y alcantarillado
1	Apartadó	150	100	62.1	37.9
2	Urrao	158	100	87.6	12.4
3	Cañasgordas	166	96	88	8.0
4	Carepa	168	86.7	76.5	10.2
5	Chigorodó	171	54	68.2	-14.2
6	San Pedro de Urabá	225	95	93.7	1.3
7	Frontino	317	97	87.8	9.2
8	Dabeiba	427	95	86.8	8.2
9	Turbo	522	56.21	36.60	19.61
10	San Juan de Urabá	560	82	8.5	73.5
11	Giraldo	605	86	84	2.0
12	Peque	690	96	95.3	0.7
13	Abriaquí	718	100	92.4	7.6
14	Arboletes	727	70	74.9	-4.9
15	Mutatá	774	97.38	77	20.4
16	Necoclí	834	88	23.3	64.7
17	Vigía del Fuerte	838	80	0.2	79.8
18	Murindó	869	90	0	90.0
19	Uramita	978	88	74.9	13.1

Fuente: Plan Nacional de Manejo de Aguas Municipales

3. CLASIFICACIÓN DE USOS REALES Y POTENCIALES

Los criterios técnicos asumidos por la unidad de aguas de la Corporación para la clasificación de usos reales y potenciales de los tramos del río Atrato donde se asientan los cascos urbanos de los municipios de Vigía del Fuerte y Murindó, son los siguientes:

- Desde su cuenca alta hasta su desembocadura en el Golfo de Urabá, el río Atrato recibe los vertimientos de aguas residuales domésticas de diferentes asentamientos humanos, incluyendo a Quibdó (capital del Chocó), las cabeceras de los municipios de Bojayá, Vigía del Fuerte, Murindó, Carmen del Darién y Riosucio.
- El casco urbano de Vigía del Fuerte se abastece con el agua del río Atrato, la cual es bombeada a un tanque elevado y luego se distribuye por gravedad, por lo que se ha establecido este uso como el predominante para el tramo correspondiente. Las aguas residuales son vertidas directamente al río Atrato o en pequeños caños que conducen al mismo, sin ser objeto de recolección y tratamiento.
- En el casco urbano del municipio de Murindó se capta el agua para el consumo doméstico del río Murindó y las aguas residuales son vertidas al río Atrato sin ser objeto de tratamiento para la reducción de la carga contaminante.
- El río Atrato constituye la vía de comunicación más importante para los habitantes de la región, siendo navegable casi en su totalidad. En toda su extensión se desarrolla la pesca artesanal por parte de pescadores que generalmente se desplazan en pequeñas embarcaciones.
- Para los fines de este documento se distinguen dos (2) tramos de análisis:

T1 (Vigía del Fuerte): El tramo inicia aguas arriba del casco urbano del municipio de Vigía del Fuerte (Foto 1), incluyendo además el casco urbano del municipio de Bojayá en el departamento del Chocó que se encuentra muy próximo en la ribera contraria. El tramo se extiende hasta la bifurcación del río Atrato donde se forman los brazos Montaña y Murindó, alcanzando una longitud aproximada de 25 Km. En sus

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

márgenes se encuentran áreas en rastrojo bajo, rastrojo alto y bosque, con algunas zonas dedicadas a la agricultura de subsistencia.



Foto 1. Casco urbano de Vigía del Fuerte y río Atrato

T2 (Murindó): Este tramo corresponde a la extensión del brazo Murindó desde la bifurcación del río Atrato que lo origina hasta un punto aguas abajo del casco urbano de Murindó (Foto 2). El tramo tiene una longitud aproximada de 50 Km. y en sus márgenes se encuentran áreas en rastrojo bajo, rastrojo alto y bosque, con algunas zonas dedicadas a la agricultura de subsistencia.



Foto 2. Casco urbano de Murindó y río Atrato (brazo Murindó)

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

En la Tabla 4 se indican los usos reales y potenciales en los dos tramos evaluados del río Atrato, de acuerdo con el análisis de la unidad de aguas de la Corporación.

Tabla 4. Usos reales y potenciales por tramos en la cuenca del río Atrato

Tramo	Usos de los recursos hídricos	Real	Potencial
T1 Vigía del Fuerte	1. Doméstico	P	P
	2. Contacto primario	X	X
	3. Contacto secundario	X	X
	4. Transporte fluvial	X	X
	5. Recreativo	X	X
	6. Preservación y reproducción de flora y fauna	X	X
	7. Pesca artesanal, deportiva e industrial	X	X
	8. Riego		
	9. Agroindustrial		
	10. Paisajístico	X	X
	11. Transporte de aguas residuales y asimilación	X	X
T2 Murindó	1. Doméstico		
	2. Contacto primario	X	X
	3. Contacto secundario	X	X
	4. Transporte fluvial	X	X
	5. Recreativo	X	X
	6. Preservación y reproducción de flora y fauna	X	X
	7. Pesca artesanal, deportiva e industrial	X	X
	8. Riego		
	9. Agroindustrial		
	10. Paisajístico	X	P
	11. Transporte de aguas residuales y asimilación	P	X

P= Predominante

4. TIPIFICACIÓN DE LA FUENTE, CRITERIOS DE CALIDAD Y CARGAS CONTAMINANTES DE ORIGEN PUNTUAL

Los datos de la calidad del río Atrato corresponden a información obtenida en junio de 2006. Los datos del caudal corresponden al valor mínimo del promedio mensual registrado en la época de estiaje en el periodo 1996-2002, sobre estaciones limnimétricas de la red del IDEAM ubicadas en la zona de interés.

Se analizaron variables como temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales y coliformes totales y fecales. Los datos poblacionales fueron tomados de la Carta de Generalidades de Antioquia 2003-2004.

En la Tabla 5 se presenta la información correspondiente a la calidad del agua en los tramos analizados sobre del río Atrato.

Tabla 5. Tipificación de los tramos del **río Atrato** y fuentes de vertimientos líquidos puntuales

SISTEMA: Río Atrato											
Número de habitantes								4.100			
Factor per cápita de concentración doméstica								DBO		0,05	
								SST		0,04	
Descripción del vertimiento		La carga doméstica corresponde al vertimiento de las aguas residuales generadas por los habitantes de los cascos urbanos de los municipios de Vigía del Fuerte, Bojayá y Murindó. En todos los casos las aguas residuales domésticas llegan al río Atrato sin ser sometidas a tratamiento para la disminución de su carga orgánica contaminante.									
Carga doméstica vertida (Kg/día)											
DBO (Kg/día)					SST (Kg/día)						
205					164						
Calidad del vertimiento											
Tramo	Q (m ³ /s)	Longitud (Km)	T °C	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	CTS (NMP 100ml)	CFS (NMP 100ml)		
T1	1160	30	22,6	7,4	5,83	0,89	62	500	230		
T2	600	40	23,0	7,2	5,10	1,02	71	550	298		

El gran caudal del río Atrato permite la dilución de la carga orgánica y microbiológica contaminante vertida por los habitantes de los cascos urbanos de Vigía del Fuerte, Bojayá y Murindó. Los coliformes fecales como indicadores de contaminación por materia fecal exhiben bajos valores, por lo que en este aspecto el agua cumple los criterios calidad para uso doméstico (Figura 1), sin embargo es conveniente reducirlos.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

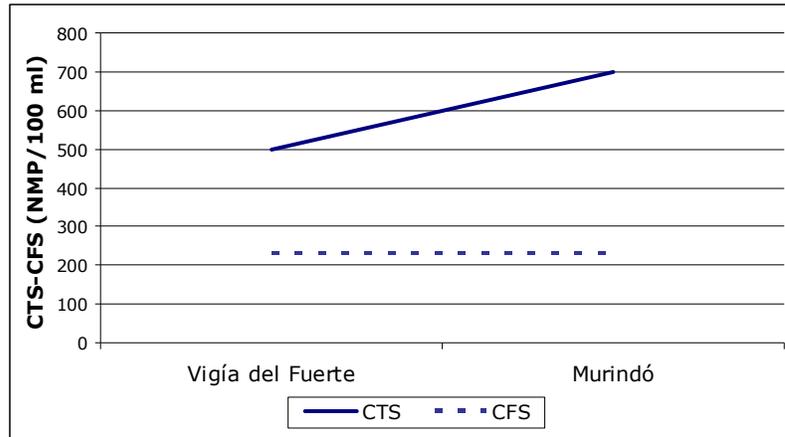


Figura 1. Variación de los coliformes totales (CTS) y fecales (CFS) en el río Atrato

Los centros urbanos mencionados tienen un tamaño poblacional reducido y se encuentran lo suficientemente distantes para que se desarrollen los procesos de oxidación de la materia orgánica que es vertida por cada uno de ellos. Esto se refleja en las buenas concentraciones de oxígeno disuelto (>5 mg/l) y los bajos valores de DBO (<2 mg/l) encontrados (Figura 2). No obstante, es necesario adelantar acciones para reducir los vertimientos al río para conservar la buena calidad del agua y que de esta manera otras comunidades que habitan en las riberas puedan usar el recurso como lo han hecho tradicionalmente.

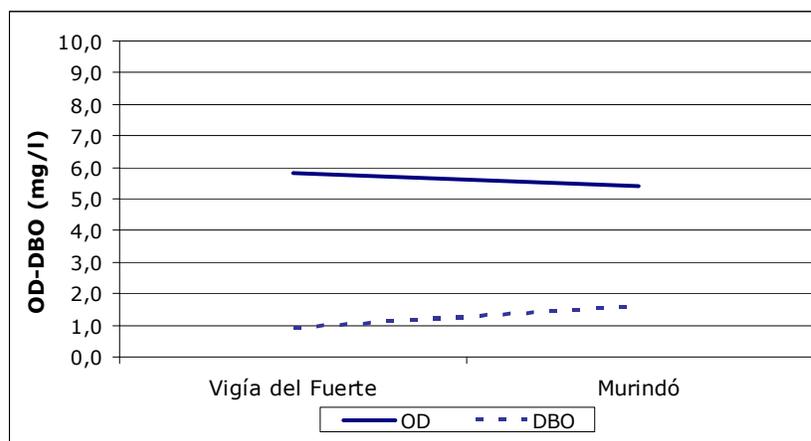


Figura 2. Variaciones del oxígeno disuelto (OD) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el río Atrato

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Las concentraciones de los sólidos suspendidos totales son altas (Figura 3) si se considera el gran caudal del río, estos hacen parte de los materiales generados por los procesos erosivos en la cuenca y los vertimientos de aguas residuales domésticas. Por otro lado, los valores del pH se encuentran próximos a 7 unidades tendiendo a la basicidad (Figura 3. Variaciones de los sólidos suspendidos totales en el río Atrato).

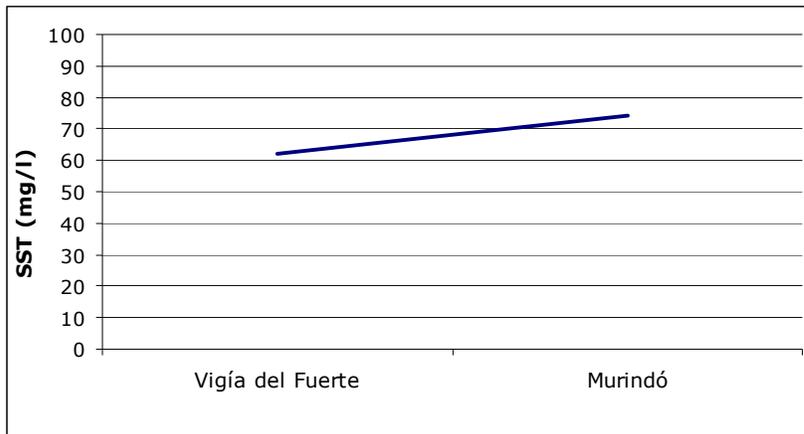


Figura 3. Variaciones de los sólidos suspendidos totales en el río Atrato

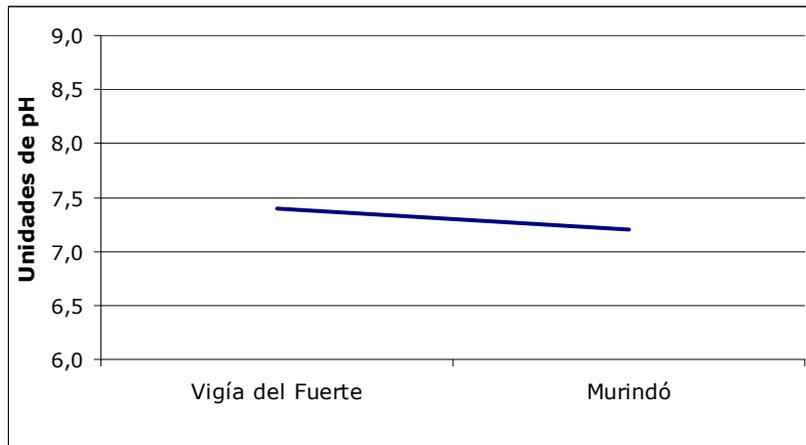


Figura 4. Variaciones del pH en el río Atrato

5. USOS, CRITERIOS Y OBJETIVOS DE CALIDAD

Se desarrollaron y establecieron los objetivos de calidad en los dos tramos del río Atrato que son receptores de los vertimientos de los cascos urbanos de Vigía del Fuerte y Murindó, en jurisdicción de CORPOURABA. En los tramos evaluados se deben garantizar niveles mínimos de oxígeno disuelto, de manera que se aseguren los procesos depurativos de la materia orgánica y el desarrollo de los recursos hidrobiológicos. Concentraciones de oxígeno disuelto entre 2 y 4 mg/l evitan procesos anaeróbicos generadores de olores ofensivos a causa del desprendimiento de gases como el ácido sulfhídrico y el metano. Por otro lado, algunos peces tienen mayores requerimientos de oxígeno que otros, por lo que una concentración entre 2 y 4 mg/l es adecuada para el desarrollo de las diferentes especies que se encuentran en estas corrientes.

En cuanto a las condiciones del pH, técnicamente se requiere para cualquier uso evitar aguas ácidas o básicas, por lo que en general se desean valores próximos a la neutralidad (5,0 – 9,0).

La contaminación microbiológica del agua merece especial atención cuando el recurso es destinado al consumo humano, la norma colombiana (Decreto 1594/84) indica que los coliformes fecales no deben superar 2000 NMP/100ml cuando el agua es sometida a tratamiento convencional.

El uso predominante en el tramo que corresponde a Vigía del Fuerte es el doméstico, mientras que en Murindó el uso es la asimilación y transporte de aguas residuales. En el primero, los objetivos de calidad deben propender al mantenimiento de la calidad requerida para el consumo doméstico, mientras que en el segundo caso deben contribuir a minimizar el impacto sobre la salud de la población y a la estética del paisaje. En ambos casos se han definido objetivos de calidad tendientes a evitar olores ofensivos mediante el mantenimiento de los niveles de oxígeno disuelto, la reducción de la carga de DBO₅ y de los sólidos suspendidos totales.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Tabla 6. Objetivos de calidad para el río Atrato

Parámetro	Índice			Objetivo de calidad
	Actual	Nivel técnico o normativo	Deseado (técnica/ factible)	
TRAMO			T1 (Vigía del Fuerte)	
USO POTENCIAL PREDOMINANTE			Doméstico	
OD (mg/l)	5,83	≥4	≥4	≥5,0
DBO₅ (mg/l)	0,89	DBO ₅ ≤ 5,0	≤5	DBO ₅ ≤2,0
SST (mg/l)	62	0 ≤ SST ≤ 20	0 ≤ SST ≤ 20	60
pH (unidad pH)	7,4	5,0 – 9,0	5,0 -9,0	5,0 – 9,0
T (°C)	22,6	±5 °C temp. Amb	±5 °C temp. amb	±5 °C temp. ambiente
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	230	CF ≤ 2.000	CF ≤ 2.000	≤ 500
Olores ofensivos	Ausentes	Ausencia	Ausencia	Ausentes
Grasas y aceites (mg/l)	Presentes	Ausencia	Ausencia	Ausentes
Material flotante (Perceptible a la vista)	Presente	Ausencia	Ausencia	Ausente
TRAMO			T2 (Murindó)	
USO POTENCIAL PREDOMINANTE			Paisajístico	
OD (mg/l)	5,1	≥4,0	≥4,0	≥5,0
DBO₅ (mg/l)	1,02	DBO ₅ ≤5,0	DBO ₅ ≤5,0	DBO ₅ ≤2,0
SST (mg/l)	71	0 ≤ SST ≤ 20	0 ≤ SST ≤ 20	60
pH (unidad pH)	7,2	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0
T (°C)	23	± 5°C temp. ambiente	± 5°C temp. ambiente	± 5°C temp. ambiente
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	298	≤ 5.000	≤ 5.000	≤ 500
Olores ofensivos	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Grasas y aceites (mg/l)	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Material flotante (Perceptible a la vista)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

5. SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Para aplicar el modelo de simulación se tuvieron en cuenta los resultados del monitoreo realizado en el río Atrato en junio de 2006. Se considera también la literatura disponible sobre la calidad del agua exigida dependiendo de los usos del agua proyectados, estos se mencionan a continuación:

Tabla 7. Calidad de agua exigida por la *American Petroleum Institute*

Parámetro	Unidad	Límites para los diferentes usos			
		Recreación	Vida acuática tolerante	Ganado y vida silvestre	Riego
Temperatura	°C	35	34	35	35
Oxígeno disuelto	mg/l	-	4	algo	algo
pH	Und. de pH	5-9	6-9	5-9	5-9
Coliformes	N/100 ml	10	-	-	-
Color, Olor, Turbidez, Sólidos en suspensión		No perceptibles	No perceptibles	No perceptibles	No perceptibles

Tabla 8. Calidad de aguas exigido por la Comisión para el control de la Contaminación del Agua de Nueva Inglaterra

Parámetro	Unidad	Límites para los diferentes usos			
		Abastecimiento de Agua	Vida acuática	Animales	Riego
Temperatura	°C	Temperatura natural	Incremento que no exceda el límite recomendable	Incremento que no exceda el límite recomendable	Incremento que no exceda el límite recomendable
Oxígeno disuelto	mg/l	> 5	>5	>3	>5
pH	Und. de pH	Valor natural	6.5-8.0	6.0-8.5	6.5-8.0
Coliformes	NMP/100 ml	100 en 100ml	No puede exceder una mediana de 1000 ml.	Ninguna que pueda impedir su utilización.	No puede exceder una mediana de 1000 ml.
Color, Olor, Turbidez, Sólidos en Suspensión	Ninguna	No perceptibles	Ninguna que pueda impedir su utilización	Ninguna que pueda impedir su utilización	Ninguna que pueda impedir su utilización

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Tabla 9. Calidad de aguas exigido por las normas U.S.A.

Parámetro	Unidad	Límites para los diferentes usos			
		Abastecimiento de Agua	Vida acuática	Animales	Riego
Temperatura	°C	< 29	28-35	-	13-29
Oxígeno disuelto	mg/l	> 3	Fondo Aeróbico	-	-
pH	Und. de pH	5.0-8.5	7.0-9.2	6.0-8.5	4.5-9.0
Coliformes Fecales	N/100 ml	2.000	-	-	4.000

Tabla 10. Calidad de agua exigida en Colombia por el Decreto 1594 de 1984

Parámetro	Unidad	Límites para los diferentes usos			
		Abastecimiento de Agua con tratamiento	Contacto primario	Preservación de flora y fauna	Agrícola
Temperatura	°C	-	-	-	-
Oxígeno disuelto	mg/l	-	70% de la concentración de saturación	4.0	-
pH	Und. De pH	5.0-9.0	5.0-9.0	4.5-9.0	4.5-9.0
Coliformes totales y Fecales	N/100 ml	20.000	1.000 y 200 respectivamente	-	5.000 y 1.000 respectiva/
Grasas y aceites	% de sólidos secos	Ausentes	Ausentes	0.01 CL ₉₆ , 50	-

En la simulación de la capacidad de carga de cada tramo se corrió el modelo simplificado MESOCA, ajustando las variables al caudal y temperatura de la corriente en época de estiaje.

El modelo simplificado para corrientes de agua es aplicable de manera expedita para todos los subsistemas evaluados, siguiendo los procedimientos y las constantes indicadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

A continuación se presenta la información correspondiente a la simulación de la capacidad de carga de los dos tramos analizados del río Atrato (Tabla 11 y 12).

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Tabla 11. Modelo de simulación de la capacidad de carga del **tramo inicial (Vigía del Fuerte) del río Atrato**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Tramo	Inicial T1: Vigía del Fuerte		
Caudal del río	m ³ /seg	1.160	Medido en campo
Caudal del río	m ³ /h	4.176.000	Modificación de unidades
Oxígeno Disuelto (Ca)	mg/L	5,83	Medido en campo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,89	Evaluada en laboratorio
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	62	Evaluados en laboratorio
Coliformes Fecales	NMP/100ml	230	Evaluados en laboratorio
Coliformes Totales	NMP/100ml	5 00	Evaluados en laboratorio
pH	Unid de PH	7,40	Evaluado en laboratorio
Temperatura	°C	22,6	Medida en campo
CÁLCULOS SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA DEL TRAMO			
C_s concentración de saturación de oxígeno	mg/L	8,7	Corregido teniendo en cuenta la temperatura medida en campo (Tabla 2, Modelos simplificados de calidad de aguas)
C_c concentración mínima aceptable de oxígeno disuelto	mg/L	5	Deseado según criterios técnicos para proyectarlo en el tramo
Da déficit inicial de Oxígeno disuelto	mg/L	2,87	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto aguas arriba
Dc déficit de saturación O ₂ final	mg/L	3,7	Saturación de oxígeno menos Oxígeno Disuelto deseado
Da/Dc	adimensional	0,78	Cociente entre el déficit inicial de Oxígeno Disuelto y el Déficit de Saturación de Oxígeno
K_r Tasa de remoción de la DBO	K ₁ tabla	0,80	Dato de la tabla 5, sobre tasa de remoción de la DBO a 20 °C, para caudales inferiores a 20 m ³ /s, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas
K_r Tasa de remoción de la DBO (Ajustada a la temperatura)	K ₁	0,89	Corrección por temperatura ($k_1=(k_1)_{20}*\theta^{T-20}$). θ tiene un rango entre 1.01 y 1.075, se utilizó el dato medio (1.043)

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
K₂ Tasa de reoxigenación	K ₂ tabla	0,36	Dato de la tabla 4, sobre tasa la tasa de reaireación del agua a 20 °C, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas
K₂ Tasa de reoxigenación (Ajustada a la temperatura)	K ₂	0,38	Corrección por temperatura ($k_2=(k_2)_{20}*\theta^{T-20}$). θ tiene un rango entre 1.024 y 1.028, se empleo el dato medio (1.026)
f constante de auto purificación del cuerpo de agua	adimensional	0,43	Cociente entre la constante de reoxigenación (k_2) y la constante de remoción de la DBO (k_r)
La/Dc		1	Del monograma carga admisible para aguas receptoras de vertimientos, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas. Cociente entre la DBO en el punto de descarga y el déficit de Saturación de Oxígeno final
La concentración de DBOu inmediatamente después del punto de descarga	mg/L	3,7	Despeje de la formula
DBOu máxima carga orgánica admisible por unidad de tiempo	Kg/h	11.734,56	DBO a los 20 días, se obtiene el dato mediante calculo matemático, es de un 70 a 80% mayor que la DBO ₅
DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	Kg/h	8.800,92	La DBO5 es aproximadamente el 75% de la DBOu
DBO₅ (Máx permisible)	Kg/día	211.222,08	Conversión de la DBO a días
Factor Per Capita (DBO ₅)	Kg/persona/día	0,05	Utilizado por CORPOURABA en los procesos de tasas retributivas
Carga equivalente	personas	4.224.441,60	Cociente entre la DBO ₅ Kg/día y el factor per cápita
Población actual	Personas	3.000	Población estimada para este tramo del río
Carga de DBO ₅ equivalente a la población actual	Kg/día	150	Este es la carga que genera la población actual del tramo (3000 personas), se observa que la máxima carga que puede asimilar es de 211222,08 Kg/d, la cual es una carga aportada por 4224441,6 personas
Saturación capacidad de carga del río	%	0%	Porcentaje de saturación de la capacidad de carga del tramo respecto a la población actual

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Tiempo en años para alcanzar población limite	Años	262,7	De acuerdo con el crecimiento de la población y las condiciones actuales de este tramo del río, pueden transcurrir 262,7 años para alcanzar el punto de saturación para las condiciones deseadas

Tabla 12. Modelo de simulación de la capacidad de carga del **segundo tramo (Murindó) del río Atrato**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Tramo	Segundo T2: Murindó		
Caudal del río	m ³ /seg	600	Medido en campo
Caudal del río	m ³ /h	2.160.000	Modificación de unidades
Oxígeno Disuelto (Ca)	mg/L	5,1	Medido en campo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1,02	Evaluada en laboratorio
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	71	Evaluados en laboratorio
Coliformes Fecales	NMP/100ml	298	Evaluados en laboratorio
Coliformes Totales	NMP/100ml	550	Evaluados en laboratorio
pH	Unid de PH	7,20	Evaluado en laboratorio
Temperatura	°C	23	Medida en campo
CÁLCULOS SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA DEL TRAMO			
Cs concentración de saturación de oxígeno	mg/L	8,7	Dato de la tabla 2, sobre saturación de oxígeno disuelto, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, corregido teniendo en cuenta la temperatura medida en campo
Cc concentración mínima aceptable de oxígeno disuelto	mg/L	5	Deseado según criterios técnicos para proyectarlo en el tramo
Da déficit inicial de Oxígeno disuelto	mg/L	3,6	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto aguas arriba
Dc déficit de saturación O ₂ final	mg/L	3,7	Saturación de oxígeno menos Oxígeno Disuelto deseado
Da/Dc	adimensional	0,45	Cociente entre el déficit inicial de Oxígeno Disuelto y el Déficit de Saturación de Oxígeno

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
K_r Tasa de remoción de la DBO	K ₁ tabla	0,80	Dato de la tabla 5, sobre tasa de remoción de la DBO a 20 °C, para caudales inferiores a 20 m ³ /s, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas
K_r Tasa de remoción de la DBO (Ajustada a la temperatura)	K ₁	0,91	Corrección por temperatura ($k_1=(k_1)_{20}*\theta^{T-20}$) . θ tiene un rango entre 1.01 y 1.075, se utilizó el dato medio (1.043)
K₂ Tasa de reoxigenación	K ₂ tabla	0,36	Dato de la tabla 4, sobre tasa la tasa de reaireación del agua a 20 °C, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas
K₂ Tasa de reoxigenación (Ajustada a la temperatura)	K ₂	0,39	Corrección por temperatura ($k_2=(k_2)_{20}*\theta^{T-20}$). θ tiene un rango entre 1.024 y 1.028, se empleo el dato medio (1.026)
f constante de auto purificación del cuerpo de agua	adimensional	0,43	Cociente entre la constante de reoxigenación (k ₂) y la constante de remoción de la DBO (k _r)
La/Dc		1,45	Del monograma carga admisible para aguas receptoras de vertimientos, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas. Cociente entre la DBO en el punto de descarga y el déficit de Saturación de Oxígeno final
La concentración de DBOu inmediateamente después del punto de descarga	mg/L	5,365	Despeje de la formula
DBOu máxima carga orgánica admisible por unidad de tiempo	Kg./h	9.385,20	DBO a los 20 días, se obtiene el dato mediante calculo matemático, es de un 70 a 80% mayor que la DBO ₅
DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	Kg./h	7.038,90	La DBO5 es aproximadamente el 75% de la DBOu
DBO₅ (Máx permisible)	k/día	168.933,60	Conversión de la DBO a días
Factor Per Capita (DBO ₅)	Kg./ persona/día	0,05	Utilizado por CORPOURABA en los procesos de tasas retributivas
Carga equivalente	personas	3.378.672,00	Cociente entre la DBO ₅ Kg/día y el factor per cápita

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Población actual	Personas	1.100	Población estimada para este tramo del río
Carga de DBO ₅ equivalente a la población actual	Kg./día	55	Este es la carga que genera la población actual del tramo (1.100 personas), se observa que la máxima carga que puede asimilar es de 168.933,6 Kg/d, la cual es una carga aportada por 3.378.672 personas
Saturación capacidad de carga del río	%	0%	Porcentaje de saturación de la capacidad de carga del tramo respecto a la población actual
Tiempo en años para alcanzar población limite	Años	290,9	De acuerdo con el crecimiento de la población y las condiciones actuales de este tramo del río, pueden transcurrir 290,9 años para alcanzar el punto de saturación para las condiciones deseadas

7. ACCIONES REQUERIDAS PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD PROPUESTOS

De acuerdo con el estado actual del río Atrato, su capacidad de asimilación de la carga contaminante y los resultados del modelo de simulación, se deben realizar diversas acciones para alcanzar los objetivos de calidad planteados para los dos tramos evaluados (Tabla 13). Es preciso recordar que estas acciones se deben proyectar en el largo plazo siguiendo los lineamientos del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico en cuanto a las prioridades de inversión.

Tabla 13. Acciones para alcanzar objetivos de calidad en el río Atrato

Meta	Acciones requeridas para lograrlo	Resultado de calidad esperado
Reducir olores ofensivos en la corriente de agua (generación de ácido sulfhídrico H ₂ S).	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar sólidos flotantes. • Eliminar grasas y aceites orgánicos. • Eliminar depósitos de lodos orgánicos. • Colectar e interceptar la carga orgánica, llevarla por fuera del área de influencia del tramo evaluado. • Reducir el 80% de los sólidos suspendidos totales y la DBO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de los olores ofensivos. • Concentración de oxígeno disuelto superior a 5 mg/l en periodo seco. • Reducción de la carga de DBO vertida.
Eliminar los sólidos flotantes desagradables a la vista, tales como grasas, materia fecal, natas y residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de colectores, interceptores, hasta sitios predeterminados para su posterior tratamiento. • Construcción de sistemas de pretratamiento de aguas residuales. • Procesos de educación continuada a la comunidad • Limpieza periódica de las orillas del río con adecuada disposición de los residuos recolectados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de los sólidos flotantes en la corriente de agua. • Reducción de la carga orgánica aportada a la fuente. • Mantenimiento del oxígeno disuelto en la corriente de agua. • Mejoramiento paisajístico, estético y visual de la corriente de agua.
Mantener y elevar los niveles de oxígeno disuelto en el río.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección y pretratamiento de los vertimientos de aguas residuales domésticas. • Adecuado manejo y disposición final de lodos resultantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de los niveles de oxígeno en la corriente de agua. • Reducción en un 50% de la carga de DBO₅ en los tramos del río.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Meta	Acciones requeridas para lograrlo	Resultado de calidad esperado
Reducción del número de coliformes totales y fecales presentes en la corriente de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de colectores e interceptores y sistema de tratamiento primario y secundario. • Conservación de áreas de retiro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de los niveles de contaminación microbiológica en la corriente de agua.

Para definir los escenarios de metas de reducción de cargas contaminantes, se utilizó el modelo de simulación (MESOCA) con valores de oxígeno predeterminados, se establecieron los niveles de carga contaminante admisible y las necesidades de reducción para cada tramo analizado en las corrientes de agua.

Como se puede apreciar en las Tabla 14 y 15, la carga de DBO que es vertida actualmente en los tramos analizados, no sobrepasa sus capacidades de depuración para mantener las condiciones deseadas de oxígeno disuelto (5 mg/l). Por tal motivo no existen necesidades de reducción de la carga de DBO que es vertida (el modelo de simulación presenta porcentajes de reducción negativos).

Tabla 14. Necesidades de reducción de la carga orgánica de acuerdo con la variación del oxígeno disuelto en el **tramo inicial (Vigía del Fuerte)** del río Atrato

Nivel de O ₂ disuelto	Carga Admisible		Carga Actual		Necesidad de Reducción	
	Kg DBO _u /día	Kg DBO ₅ /día	Kg/día DBO actual	%	Kg/día DBO ₅	%
0,5	1184647,68	888485,76	150	0%	-888335,8	-592223,84
1,0	1091539,58	818654,69	150	0%	-818504,7	-545669,79
1,5	993219,84	744914,88	150	0%	-744764,9	-496509,92
2,0	897906,82	673430,11	150	0%	-673280,1	-448853,41
2,5	811814,40	608860,80	150	0%	-608710,8	-405807,20
3,0	710588,16	532941,12	150	0%	-532791,1	-355194,08
3,5	630008,06	472506,05	150	0%	-472356,0	-314904,03
4,0	546721,92	410041,44	150	0%	-409891,4	-273260,96
4,5	394882,56	296161,92	150	0%	-296011,9	-197341,28
5,0	281629,44	211222,08	150	0%	-211072,1	-140714,72
5,5	157752,58	118314,43	150	0%	-118164,4	-78776,29
6,0	27160,70	20370,53	150	1%	-20220,5	-13480,35
6,5	-12026,88	-9020,16	150	-2%	9170,2	6113,44
7,0	-38085,12	-28563,84	150	-1%	28713,8	19142,56

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Tabla 15. Necesidades de reducción de la carga orgánica de acuerdo con la variación del oxígeno disuelto en el **segundo tramo (Murindó)** del río Atrato

Nivel de O ₂ disuelto	Carga Admisible		Carga Actual		Necesidad De Reducción	
	Kg DBOu/día	Kg DBO ₅ /día	Kg/día DBO actual	%	Kg/día DBO ₅	%
0,5	563500,80	422625,60	55	0%	-422570,6	-768310,18
1,0	513941,76	385456,32	55	0%	-385401,3	-700729,67
1,5	469670,40	352252,80	55	0%	-352197,8	-640359,64
2,0	426435,84	319826,88	55	0%	-319771,9	-581403,42
2,5	381024,00	285768,00	55	0%	-285713,0	-519478,18
3,0	316483,20	237362,40	55	0%	-237307,4	-431468,00
3,5	270604,80	202953,60	55	0%	-202898,6	-368906,55
4,0	190771,20	143078,40	55	0%	-143023,4	-260042,55
4,5	132192,00	99144,00	55	0%	-99089,0	-180161,82
5,0	33436,80	25077,60	55	0%	-25022,6	-45495,64
5,5	13478,40	10108,80	55	1%	-10053,8	-18279,64
6,0	-3888,00	-2916,00	55	-2%	2971,0	5401,82
6,5	-18662,40	-13996,80	55	0%	14051,8	25548,73
7,0	-30844,80	-23133,60	55	0%	23188,6	42161,09

6. CONCLUSIONES

El gran caudal del río Atrato le otorga muy buena capacidad de depuración de la carga orgánica que es vertida por los cascos urbanos de Vigía del Fuerte y Murindó. El mantenimiento de buenos caudales durante todo el año facilita la oxidación de la materia orgánica, manteniendo valores bajos de DBO y concentraciones medias de oxígeno disuelto.

Así mismo, las características hidrológicas del río permiten la dilución de la carga microbiológica contaminante, llevándola a concentraciones que no exceden los criterios de calidad para consumo doméstico habiendo realizado un tratamiento convencional de desinfección. Esto es fundamental en el caso de la cabecera de Vigía del Fuerte donde se capta agua del río Atrato para el abastecimiento, considerando que aguas arriba se encuentra el casco urbano de Bojayá (Bellavista) donde existen vertimientos de aguas residuales domésticas. En este contexto, es conveniente que en este vecino municipio del Chocó, también se adelanten acciones para reducir la carga orgánica y microbiológica que es vertida al río Atrato.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Aunque las estimaciones del crecimiento poblacional incluidas en la simulación de calidad indican que Vigía del Fuerte (incluye también el casco urbano de Bojayá) y Murindó tardarán al menos 100 años en saturar la capacidad de depuración del tramo asociado, para mantener el oxígeno disuelto por encima de 5 mg/l es necesario proyectar acciones en el mediano y largo plazo para el desarrollo de sistemas de recolección y pretratamiento de aguas residuales domésticas.

La carga de DBO generada por las poblaciones de los cascos urbanos de **Vigía del Fuerte y Bojayá** no sobrepasa la capacidad de carga del tramo correspondiente para mantener las condiciones deseadas de oxígeno disuelto (5 mg/l). Este tramo del río Atrato está en capacidad de recibir hasta 211.222 Kg diarios de DBO, por lo que aun pueden transcurrir 262,7 años hasta que por el aumento de la población, se sature su capacidad de asimilación.

La carga de DBO generada por la población del casco urbano de **Murindó** no sobrepasa la capacidad de carga del tramo correspondiente del río Atrato. Este tramo está en capacidad de recibir hasta 168.933 Kg diarios de DBO, por lo que aun pueden transcurrir 290,9 años hasta que por el aumento de la población se llegue a saturarlo.

Varias de las actividades a realizar para dar cumplimiento al PSMV pueden estar sujetas a cofinanciación con recursos del fondo regional de descontaminación hídrica, siendo este un apoyo para apalancar la respectiva ejecución.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

7. RECOMENDACIONES

A continuación se detallan las acciones que se deben realizar en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar los objetivos de calidad establecidos (Tabla 16). El corto plazo se estima entre cero (0) y dos (2) años, el mediano plazo entre dos (2) y cinco (5) años, y el largo plazo de cinco (5) a diez (10) años.

Tabla 16. Acciones a realizar en el corto, mediano y largo plazo en cada uno de los tramos del río Atrato

TRAMO	PLAZO	ACCIONES
Inicial (T1): Vigía del Fuerte	Corto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar e invertir en proyectos de solución de procesos erosivos y reforestación de conservación y protección. 2. Realizar procesos de educación y sensibilización en torno al agua y al manejo de residuos sólidos. 3. Realizar actividades tendientes a la disminución de los sitios o puntos de vertimiento.
	Mediano y largo plazo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las actividades que se desarrollen en el área de influencia de este tramo, deberán contar con los respectivos sistemas de tratamiento para sus residuos a fin de evitar la contaminación directa de la corriente de agua. 2. Aumentar al 80% la cobertura del alcantarillado en el casco urbano de Vigía del Fuerte. 3. Disminuir los puntos de vertimientos en un 80%.
Segundo (T2): Murindó	Corto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar e invertir en proyectos de solución de procesos erosivos y reforestación de conservación y protección. 2. Realizar procesos de educación y sensibilización en torno al agua y al manejo de residuos sólidos. 3. Realizar actividades tendientes a la disminución de los sitios o puntos de vertimiento del casco urbano de Murindó.
	Mediano y Largo plazo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las actividades que se desarrollen en el área de influencia de este tramo, deberán contar con los respectivos sistemas de tratamiento para sus residuos a fin de evitar la contaminación directa de la corriente de agua. 2. Aumentar al 90% la cobertura del alcantarillado en el casco urbano de Murindó. 3. Disminuir los puntos de vertimientos en un 80%.

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS

CFS: Coliformes fecales

CTS: Coliformes totales

CUASIMETAS: Opción metodológica cuando no se han implementado modelos de simulación de corrientes de agua.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

ICOMI: Índice de contaminación por minerales

ICOMO: Índice de contaminación por materia orgánica

ICOSUS: Índice de contaminación por sólidos suspendidos

ICA: Índice de calidad del agua

MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

MESOCA: Metodología Simplificada para el Establecimiento de Objetivos de calidad.

OD: Oxígeno Disuelto

PSMV: Plan de Saneamiento y manejo de Vertimientos

SST: Sólidos Suspendidos Totales

9. BIBLIOGRAFÍA

- AUGURA – Universidad de Antioquia. 2002. Plan de manejo ambiental para el uso de agroquímicos en la agroindustria bananera del Urabá Antioqueño.
- CETESB. II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Modelos simplificados de calidad de aguas, Enero a marzo de 1996.
- CONPES 3177. Plan de la Presidencia de la República, para la priorización de la inversión en saneamiento y manejo de aguas residuales domesticas municipales. 2002.
- CORPOURABA - Universidad Nacional. Implementación software cuenta física del agua cuencas de los ríos el Oso, Apucarco, el Tambo y San Juan de Urabá. 2004.
- CORPOURABA - Universidad Nacional. Implementación software cuenta física del agua en las cuencas de los ríos Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. 2004.
- CORPOURABA, Recuperación y manejo del recurso hídrico, Monitoreo de calidad de agua, ríos Turbo, Currulao y Grande, Municipio de Turbo. 2006.
- Departamento de Antioquia. Carta de Generalidades de Antioquia. 2003-2004.
- Gobernación de Antioquia. Estudio de Impacto ambiental vía Herradura la Balsa, municipios de Frontino-Cañasgordas. 2005
- Gobernación de Antioquia. Atlas veredal de Antioquia. 2006.
- Hidrotec – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. 2002.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3100 Sobre las tasas retributivas. 2003.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD
CUENCA DEL RÍO ATRATO – MUNICIPIOS DE VIGÍA DEL FUERTE Y MURINDÓ
2007**

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Fichas didácticas: perfil, línea base, objetivos y metas. 2005.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Modelo de gestión para el manejo integral del recurso Hídrico. 2005.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Plan Nacional de Manejo de aguas residuales municipales. 2004.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 1433 de 2004.

Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Departamento de Planeación. Decreto 1594 26 de junio de 1984.