

**MINISTERIO DEL 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**

**MICROCUENCA RÍO APARTADÓ**

**Grupo de aguas  
Subdirección Gestión y Administración Ambiental  
100-09-03-01-004**

**2006**

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**GABRIEL CEBALLOS ECHEVERRI**  
Director General

**HAROLD E. TRIANA GUTIÉRREZ**  
Subdirector De Gestión Y Administración Ambiental

**JOSÉ DOMINGO NAVARRO ALZATE**  
Subdirector Jurídico y Administrativo

**ARBHEY MOLINA**  
Subdirector De Planeación Y Ordenamiento Territorial

**Equipo Técnico**

**VANESSA PAREDES ZUÑIGA**  
Coordinadora Unidad de Aguas, Aire y Licencias

**JUAN FERNANDO GOMEZ CATAÑO**  
Ingeniero Sanitario

**BEATRIZ ADRIANA ACEVEDO PEREZ**  
Bióloga

---

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. SISTEMAS HIDROLOGICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3. ORDEN DE PRIORIZACIÓN POR MUNICIPIOS .....</b>	<b>13</b>
<b>4. CLASIFICACIÓN DE USOS REALES Y POTENCIALES.....</b>	<b>14</b>
<b>5. TIPIFICACIÓN DE LA FUENTE, CRITERIOS DE CALIDAD Y CARGAS CONTAMINANTES DE ORIGEN PUNTUAL.....</b>	<b>19</b>
<b>6. USOS, CRITERIOS Y OBJETIVOS DE CALIDAD PARA EL SISTEMA DEL RÍO LEÓN Y EL SUBSISTEMA HIDROECOLÓGICO RÍO APARTADÓ.</b>	<b>25</b>
<b>7. SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE RÍO APARTADÓ...</b>	<b>27</b>
<b>8. ACCIONES REQUERIDAS PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD PROPUESTOS .....</b>	<b>37</b>
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>11. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>43</b>
<b>12. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

---

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUECNA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**LISTADO DE TABLAS**

TABLA 1.	SISTEMAS HIDROECOLÓGICOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA .....	8
TABLA 2.	SUBSISTEMAS EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA .....	10
TABLA 3.	ORDEN DE PRIORIDAD POR MUNICIPIO DE LA JURISDICCIÓN PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS .....	13
TABLA 4.	USOS PREDOMINANTES POR TRAMOS EN LA CUENCA DEL RÍO APARTADÓ .....	16
TABLA 5.	TIPIFICACIÓN DE CUENCAS, TRAMOS Y FUENTES DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS PUNTUALES. ....	19
TABLA 6.	OBJETIVOS DE CALIDAD PARA EL SUBSISTEMA DEL RÍO APARTADÓ .....	25
TABLA 7.	CALIDAD DE AGUAS EXIGIDO POR LAS NORMAS U.S.A.....	27
TABLA 8.	CALIDAD DE AGUAS EXIGIDO POR LA COMISIÓN PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE NUEVA INGLATERRA .....	27
TABLA 9:	CALIDAD DE AGUA EXIGIDO POR EL DECRETO 1594 DE 1984, PARA COLOMBIA .....	28
TABLA 10.	CALIDAD DE AGUA EXIGIDA POR LA AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE .....	28
TABLA 11.	MODELO DE SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA PARA EL RÍO APARTADÓ – TRAMO INICIAL .....	29
TABLA 12.	MODELO DE SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA PARA EL RÍO APARTADÓ – TRAMO URBANO .....	31
TABLA 13.	MODELO DE SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA PARA EL RÍO APARTADÓ – TRAMO FINAL .....	34
TABLA 14.	ACCIONES PARA ALCANZAR OBJETIVOS DE CALIDAD .....	37
TABLA 15.	NIVELES DE CARGA ORGÁNICA TENIENDO EN CUENTA VARIACIÓN DEL OXIGENO DISUELTO SEGÚN MODELO DE SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN EL TRAMO URBANO .....	38
TABLA 16.	ACCIONES A REALIZAR EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO .....	41

---

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**LISTADO DE MAPAS**

MAPA 1.	UBICACIÓN DE TRAMOS .....	15
MAPA 2.	UBICACIÓN DE USUARIOS EN LA MICROCUEENCA DEL RÍO APARTADÓ.....	17
MAPA 3.	USOS DEL SUELO MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ .....	18
MAPA 4.	CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO APARTADÓ PARA EL AÑO 2005 .....	23

---

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**LISTADO DE GRAFICAS**

GRÁFICO 1.	COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO EN CADA TRAMO .....	20
GRÁFICO 2.	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN CADA TRAMO .....	20
GRÁFICO 3.	COMPORTAMIENTO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES POR TRAMO .....	21
GRÁFICO 4.	COMPORTAMIENTO DEL PH EN CADA TRAMO .....	21
GRÁFICO 5.	TENDENCIA DEL ÍNDICE DE CALIDAD .....	22
GRÁFICO 6.	ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALES .....	23
GRÁFICO 7.	ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA .....	24

---

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

## **1. 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 cuerpo de agua del río Apartadó.

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

Se trabajo con la metodología establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, para lo cual se adelanto un proceso de tutoría definiendo los lineamientos a desarrollar y los respectivos Objetivos de Calidad de los cuerpos receptores de vertimientos en la jurisdicción de CORPOURABA.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUECNA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

## 2. SISTEMAS HIDROLOGICOS

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

**Tabla 1. Sistemas hidroecológicos de la jurisdicción de CORPOURABA**

<b>Sistema hidrológico/cuenca</b>	<b>Descripción</b>
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 <sup>1</sup> .
2. Río Sucio	Toma el nombre de río Sucio a partir de la confluencia a unos 800 m.s.n.m de los ríos Cañasgordas y la Herradura. 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 m.s.n.m. 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 m.s.n.m.); por el Suroriente, con la divisoria del río Tonusco, destacándose el Boquerón de Toyo (Depresión natural 2.200 m.s.n.m), los altos Loma Grande (2.700 m.s.n.m.) y Romero (2.930 m.s.n.m); 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, Uramita.
3. Río San Juan	Nace en la Serranía de Abibe, en el alto de Quimari 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. La cuenca tiene una área de 139.544 Ha, y una longitud del río principal de 183.38

---

<sup>1</sup> 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  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

Sistema hidrológico/cuenca	Descripción
	<p>Km. Presenta limitaciones en la oferta debido a las condiciones climáticas. 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 sedimentos que no la hacen apta para el consumo humano ni recreativo.<sup>2</sup></p> <p>Recibe las aguas residuales domesticas 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 para el área urbana del municipio de San Juan De Urabá.</p>
4. Río Penderisco	<p>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 Murri afluente del Atrato.</p>
5. Litoral	<p>Enmarca todo el caribe Antioqueño, dentro del que se encuentra el Golfo de Urabá; lo delimitan los municipios de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes a lo largo de 325 km. Lineales de costa. En el litoral Antioqueño se localizan las vertientes del Atrato, Golfo de Urabá y mar Caribe, con más de 30 afluentes entre ríos y quebradas. El mayor impacto ambiental y paisajístico lo causa el río Atrato al depositar gran cantidad de basuras y empalizadas sobre la costa oriental del Golfo. La calidad de las aguas marinas en la zona costera es buena para la conservación de fauna y flora y para actividades de contacto secundario y contacto primario.</p>

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

<sup>2</sup> Tomado de Implementación software cuenta física del agua cuencas de los rios el Oso, Apucarco, el Tambo y San Juan de Urabá, Universidad Nacional, 2004

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Tabla 2. Subsistemas en la jurisdicción de CORPOURABA**

<b>Sistema hidrológico /cuenca</b>	<b>Subsistema/ cuerpo de agua asociado</b>	<b>Descripción</b>
1. Río León	1.1. Río Apartadó	Ubicado en el municipio del mismo nombre surte el acueducto del municipio, nace en la serranía de Abibe, alto de Carepa a 1089 m snm y desemboca a 3 m snm en el río León, tiene una área de 16.353 Ha. Después de los vertimientos urbanos del municipio 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 en el oxígeno <sup>3</sup> .
	1.2. Río Chigorodó	Localizado en el municipio de Chigorodó, nace en la vertiente occidental de la Serranía de Abibe a una altura de 1200 m y desemboca al río León. Abastece el acueducto del área urbana del municipio y de uno de sus afluentes en la parte alta se abastece el acueducto de área urbana de Carepa, la microcuenca tiene un área 30.984 Ha <sup>4</sup> . La calidad del agua para consumo humano y recreativo se ve afectada en la parte media, por factores de riesgo originados en el mal manejo de los residuos sólidos y desechos líquidos del municipio. Casi todo el trayecto del río permite actividades de carácter agropecuario, excepto en la desembocadura por la presencia de mercurio, nitritos y coliformes que representan un riesgo para las labores agrícolas, la calidad es buena para la preservación de flora y fauna a lo largo de todo el trayecto, excluyendo los tramos finales <sup>3</sup> .
	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 el río León. Tiene una área de 24.225 Ha y una longitud de 62.6 km. Para los usos de preservación de flora y fauna, recreación y consumo humano, presenta restricciones severas

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

<sup>4</sup> 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  
MICROCUECA RÍO APARTADÓ  
2006**

<b>Sistema hidrológico /cuenca</b>	<b>Subsistema/ cuerpo de agua asociado</b>	<b>Descripción</b>
		después de los vertimientos líquidos y sólidos del municipio. Los principales parámetros que limitan el uso son la turbiedad, sedimentos transportados y el oxígeno disuelto. Las actividades agrícolas encuentran dificultades en el tramo final <sup>3</sup> .
	1.4. Río Vijagüal	Limite 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. 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 como las coliformes totales, fecales y la alta concentración de hierro <sup>5</sup> .
	1.5. Río Grande	Nace en la serranía de Abibe y es limite 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 de materia orgánica y completamente restringidos antes de llegar al río León. Las actividades agropecuarias y de preservación de flora y fauna son factibles a lo largo del trayecto, excepto la desembocadura donde el bajo contenido de oxígeno y la salinidad lo impiden <sup>5</sup> .
2. Río Sucio	2.1. Río Mutatá	Nace en la serranía de Abibe desemboca al río Sucio, surte el agua para el consumo doméstico de municipio Mutatá, e igualmente recibe las aguas residuales de este municipio, para posteriormente desembocar al río Sucio aproximadamente a 200 metros. Con caudales aproximados de 5000 l/s en época de verano.
	2.3. Río el cerro	Se encuentra dentro del sistema hídrico denominado Sistema del Riosucio que es complementado por los ríos La Herradura, Verde, Nore, Chaquenodá, Carauta, Murrí, Quiparadó y Muinga. Este complejo hídrico alimenta dos grandes ríos El Murrí y el Riosucio que vierten sus aguas a la gran cuenca del Río Atrato.
	2.4. Río La Herradura	Nace en el alto El Junco, Páramo de Frontino, en jurisdicción del municipio de Abriaquí, a unos 3400 msnm. Hasta su desembocadura a unos 800 msnm, en el río Cañasgordas o río Sucio, afluente del río Atrato, ha

<sup>5</sup> 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  
MICROCUECNA RÍO APARTADÓ  
2006**

<b>Sistema hidrológico /cuenca</b>	<b>Subsistema/ cuerpo de agua asociado</b>	<b>Descripción</b>
		drenado un área de 431.8 km <sup>2</sup> . En total son 50 km de recorrido, de 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 (3450 msnm), alto El Junco (3400 msnm) y el alto EL Toro (2800 msnm).
4. Río Penderisco	4.1. río Urrao	Abastece el acueducto del municipio de Urrao, 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 3650 m snm, 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 1850 m snm. La actividad agropecuaria y la explotación de madera son la base principal de la economía del municipio, destacándose cultivos de Café, Granadilla, frijol, 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 <sup>6</sup> .
5. Litoral		Las aguas litorales se constituyen, por su calidad físico química y ambiental, en un recurso de gran valor para el desarrollo de proyectos piscícolas en la zona costera de Turbo, Necoclí y San Juan de Urabá

A cada sistema hidrológico se le han identificado las principales fuentes puntuales de contaminación y los cuerpos de agua afectados por sus vertimientos, excepto para el río San Juan, donde no se presentan subsistemas de interés, por lo tanto no se incluye en la tabla 2. En total se han identificado 10 subsistemas, a los cuales se les debe desarrollar el mismo procedimiento aplicado en el subsistema del río Apartadó, para el establecimiento de objetivos de calidad.

<sup>6</sup> Caracterización limnológica de la cuenca del río Urrao. 1998

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

### 3. 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 domesticas, teniendo en cuenta variables tales como, el impacto ambiental generado por los vertimientos, la población, la longitud del cuerpo de agua receptor, porcentaje de cobertura de acueducto y alcantarillado y la relación entre los dos últimas, Tabla 3.

**Tabla 3. Orden de prioridad por municipio de la jurisdicción para el manejo de aguas residuales domesticas**

Ítem	Municipio	Prioridad a nivel Nacional	% cobertura acueducto	% cobertura alcantarillado	Relación cobertura acueducto y alcantarillado
<b>1</b>	<b>Apartadó</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>62.1</b>	<b>37.9</b>
2	Urrao	158	100	87.6	12.4
3	Cañasgordas	166	96	88	8
4	Carepa	168	86.7	76.5	10.20
5	Chigorodó	171	54	68.2	-14.2
6	San Pedro de Urabá	225	95	93.7	1.30
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	160	82	8.5	73.5
11	Giraldo	605	86	84	2
12	Peque	690	96	95.3	0.7
13	Abriaqui	718	100	92.4	7.60
14	Arboletes	727	70	74.9	-4.90
15	Mutatá	774	97.38	77	20.38
16	Necocli	834	88	23.3	64.7
17	Vigía del Fuerte	838	80	0.20	79.8
18	Murindo	869	90	0	90
19	Uramita	978	88	74.9	13.10

Fuente: Plan Nacional manejo de aguas municipales

Lo anterior indica que el Municipio de Apartadó ha quedado priorizado según el impacto ambiental generado en el 1er puesto de los 19 municipios de la jurisdicción, Igualmente en el puesto 19 de los 123 Municipios del Departamento y en el 150 puesto de los 1084 Municipios del País.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

#### **4. CLASIFICACIÓN DE USOS REALES Y POTENCIALES**

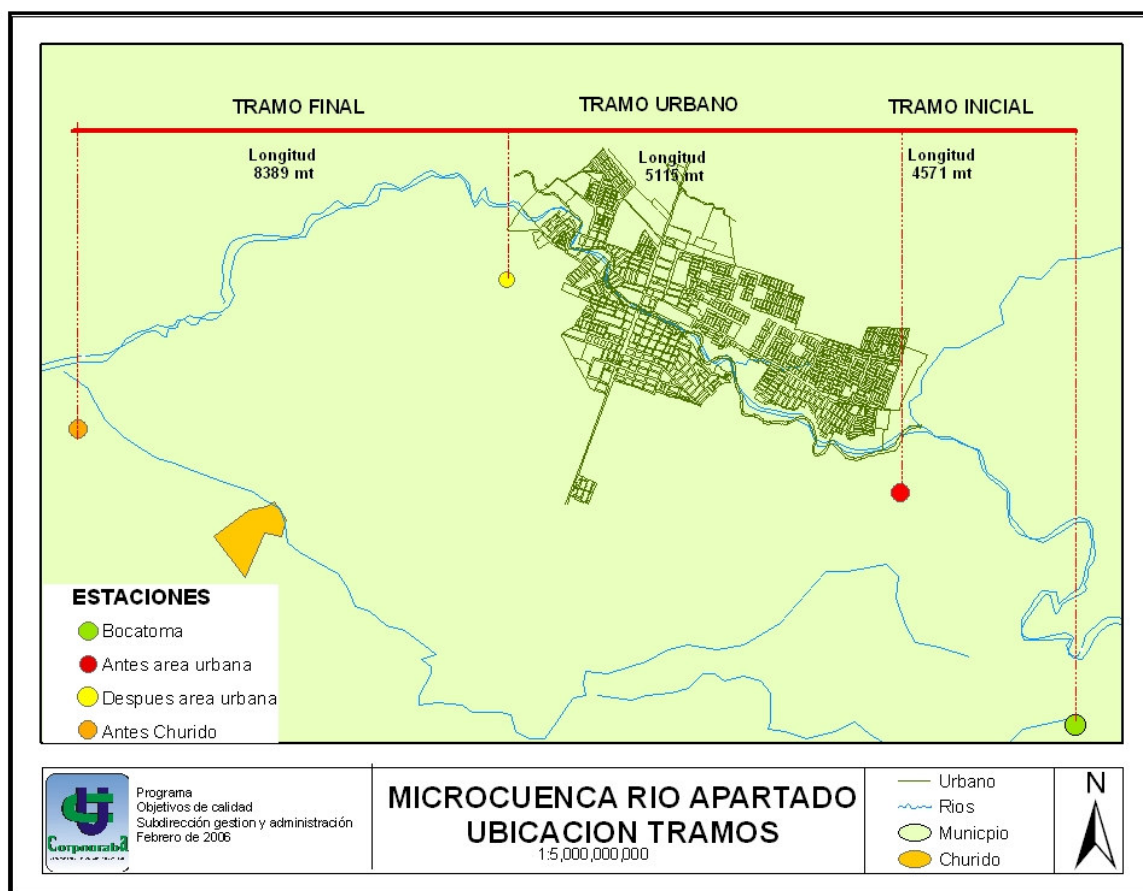
Los criterios técnicos asumidos por el grupo de aguas de la Corporación, para la clasificación de usos reales y potenciales de la microcuenca del río Apartadó, son los siguientes:

1. Dado que el municipio de Apartadó se encuentra localizado sobre los dos márgenes del río, se consideran como usuarios directos de la fuente y por lo tanto, se ha definido un sección de análisis, dividido en tres (3) tramos así:
  - ✓ **Tramo inicial (Ti):** Antes del vertimiento de la primera descarga representativa puntual en el área urbana. Este tramo se toma entre la bocatoma para el suministro de agua y el área urbana. Se caracteriza por presentar vegetación de pastos y rastrojo con pequeñas áreas de cultivos, en este tramo no hay descargas de domésticas ni agroindustriales de interés.
  - ✓ **Tramo Urbano (Tu):** Entre el primer punto de vertimiento y el último del área urbana. Entre los barrios el Consejo y Pueblo Quemao respectivamente. Este tramo se caracteriza por recibir todas las descargas domésticas del área urbana en todo el trayecto de su recorrido.
  - ✓ **Tramo final (Tf):** Después del último punto de vertimiento representativo en el área urbana Barrio Pueblo Quemao y antes de la llegada del río Churidó al Apartadó. Este tramo no recibe vertimientos domésticos representativos, pero si recibe los de la agroindustria bananera, en su trayecto. Ver Mapa 1.
2. Los cuerpos de agua de régimen lótico (corrientes) se simulan con el modelo simplificado para corrientes de agua, explicado en la metodología del MESOCA y en la ficha "CUASIMETAS" entregadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
3. Los tramos y subtramos (subsistemas), donde se detectaron usos legales o no legalizados para consumo doméstico, fueron determinados como de uso potencial prioritario para consumo

## ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD MICROCUECNA RÍO APARTADÓ 2006

humano colectivo. En este sentido, los objetivos de calidad de estos cuerpos de agua en los próximos 10 años, deben apuntar a contribuir en el logro de los criterios y estándares que se han definido para esos USOS.

**Mapa 1. Ubicación de tramos**



En la Tabla 4 se indican, los usos reales y potenciales para la cuenca del río Apartadó, como subsistema de la cuenca del río León, de acuerdo al análisis del grupo de aguas de la corporación.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Tabla 4. Usos predominantes por tramos en la cuenca del río Apartadó**

<b>Tramo</b>	<b>Usos de los recursos hídricos</b>	<b>Real</b>	<b>Potencial</b>
Inicial	1. Doméstico	<b>P</b>	<b>P</b>
	2. Contacto primario	X	X
	3. Contacto secundario	X	
	4. Transporte fluvial		
	5. Recreativo		X
	6. Preservación y reproducción de flora y fauna	X	X
	7. Pesca artesanal, deportiva e industrial	Subsistencia	X
	8. Riego		
	9. Agroindustrial		
	10. Paisajístico	X	X
	11. Transporte de aguas residuales y asimilación	X	X
Urbano	1. Doméstico		
	2. Contacto primario		
	3. Contacto secundario		X
	4. Transporte fluvial		
	5. Recreativo		
	6. Preservación y reproducción de flora y fauna		
	7. Pesca artesanal, deportiva e industrial		
	8. Riego		
	9. Agroindustrial		
	10. Paisajístico	X	<b>P</b>
	11. Transporte de aguas residuales y asimilación	<b>P</b>	X
Final	1. Doméstico		
	2. Contacto primario		
	3. Contacto secundario	X	X
	4. Transporte fluvial	X	X
	5. Recreativo		
	6. Preservación y reproducción de flora y fauna		
	7. Pesca artesanal, deportiva e industrial		
	8. Riego		
	9. Agroindustrial	X	X
	10. Paisajístico	X	X
	11. Transporte de aguas residuales y asimilación	<b>P</b>	<b>P</b>

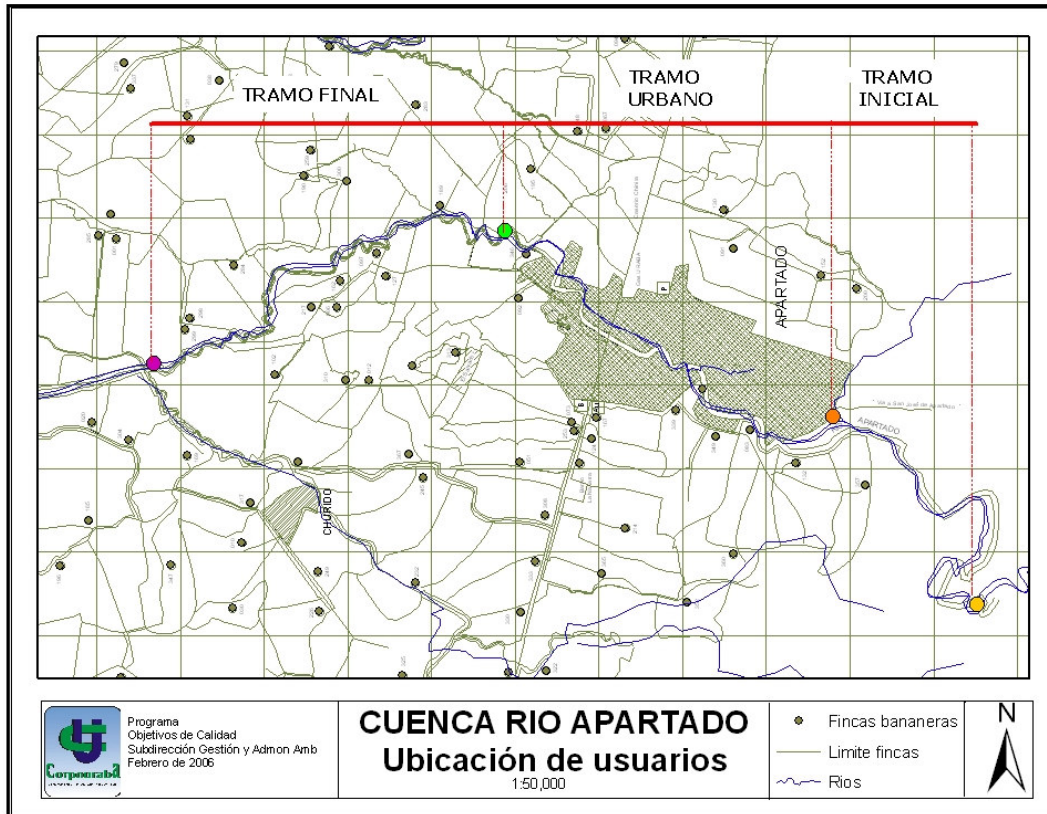
Nota: P= predominante

El Mapa 2, presenta la ubicación de usuarios y el Mapa 3 la cobertura vegetal en los tramos seleccionados, para la cuenca.



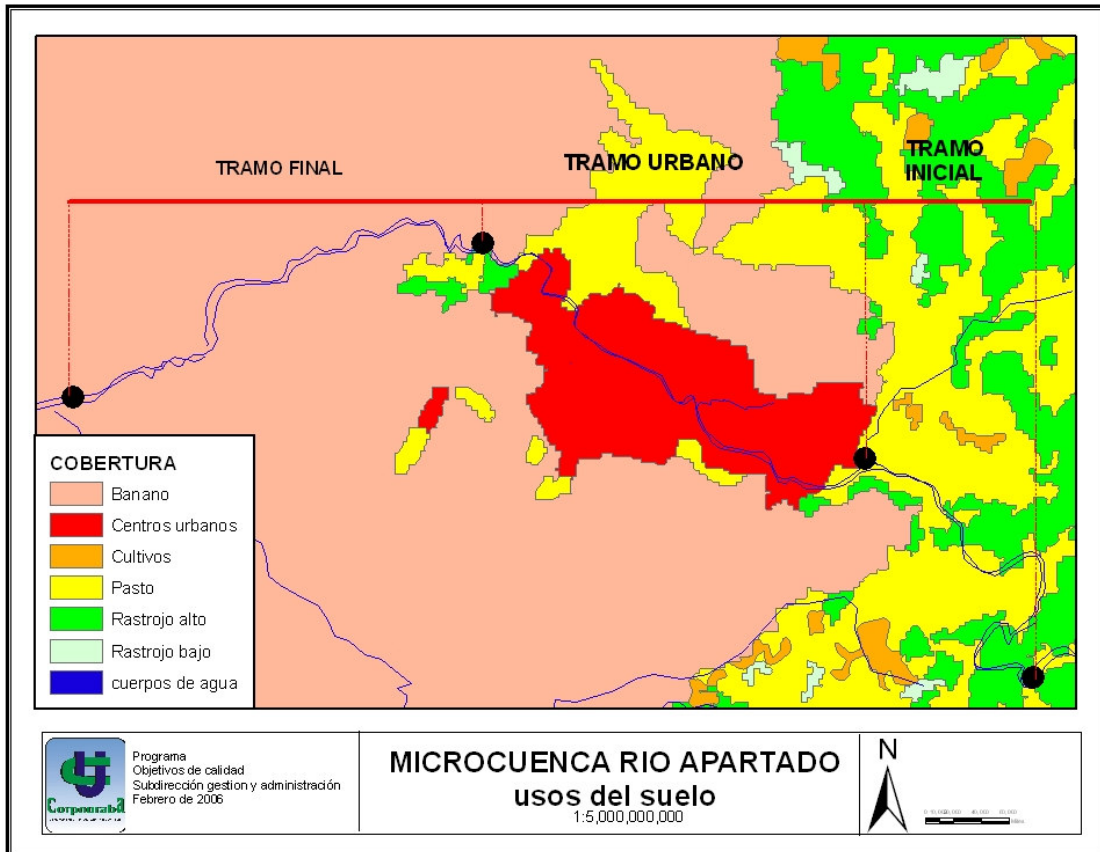
**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Mapa 2. Ubicación de usuarios en la microcuenca del río Apartadó**



**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Mapa 3. Usos del suelo microcuenca río Apartadó**



**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

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

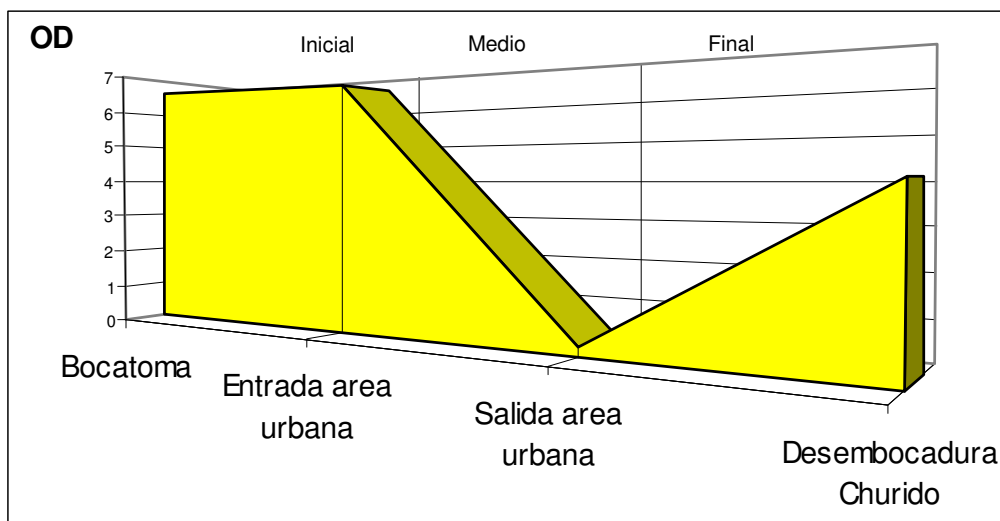
Para estas actividades se tuvo en cuenta los resultados de los parámetros monitoreados en los últimos años. El dato de población fue tomado de la carta de generalidades de Antioquia, para los años 2003 - 2004 y los datos de la carga vertida se toman de la información del programa de tasas retributivas. En la Tabla 5, se indican los resultados para el subsistema evaluado de la cuenca del río Apartadó.

**Tabla 5. Tipificación de cuencas, tramos y fuentes de vertimientos líquidos puntuales**

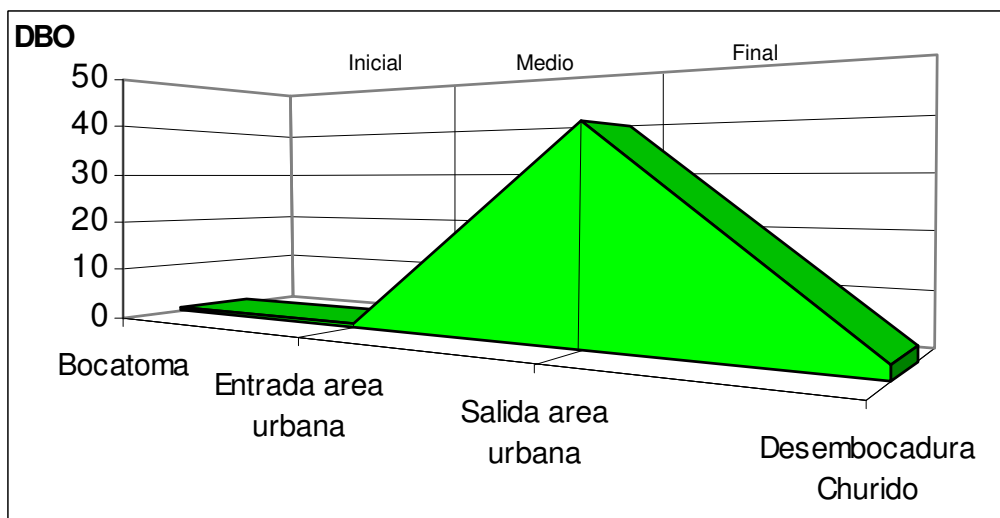
<b>SISTEMA/SUBSISTEMA: León/Apartadó</b>							
<b>Numero de habitantes</b>							79,592
<b>Factor per cápita de concentración domestica</b>						<b>DBO</b>	0.05
						<b>SST</b>	0.04
<b>Descripción del vertimiento</b>	La carga domestica es la generada por el vertimiento del agua utilizada como transporte de los residuos generados por los habitantes del área urbana del Municipio de Apartadó, estos llegan a la fuente de agua sin ningún tratamiento o disminución de su carga orgánica contaminante. La carga industrial vertida es la generada en el lavado del banano beneficiado en la región bananera, igualmente incluye el lavado de las estructuras o tanques donde se realiza el respectivo proceso, este vertimiento es de tipo orgánico (látex) y tiene rápida biodegradabilidad.						
<b>carga domestica vertida (Kg./día)</b>				<b>Carga industrial vertida</b>			
<b>DBO (Kg./día)</b>		<b>SST (Kg./día)</b>		<b>DBO (Kg./día)</b>		<b>SST (Kg./día)</b>	
3.980		3.184		106		167	
<b>Calidad del vertimiento</b>							
<b>Tramo</b>	<b>Q (m3/s)</b>	<b>Longitud (mt)</b>	<b>T °C</b>	<b>PH</b>	<b>OD (mg/l)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>
<b>Inicial</b>	1.704	4571	26.2	8.4	6.6	0.4	5
<b>Urbano</b>	1.661	5115	26.6	8.3	6.5	0.6	65
<b>Final</b>	1.661	8389	27.4	7.1	0.2	39.0	390

Las graficas 1 a 4 presentan las variaciones de Oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST) y pH, por cada tramo, respectivamente.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

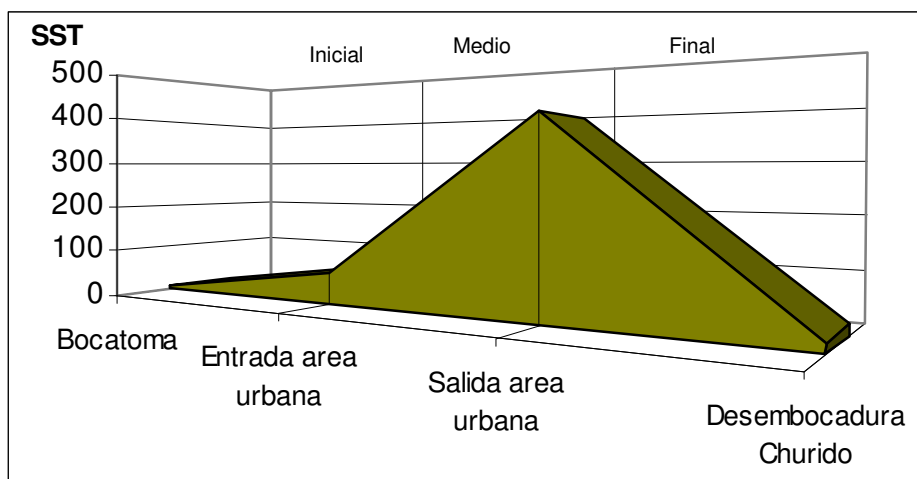


**Gráfico 1. Comportamiento del Oxígeno disuelto en cada tramo**

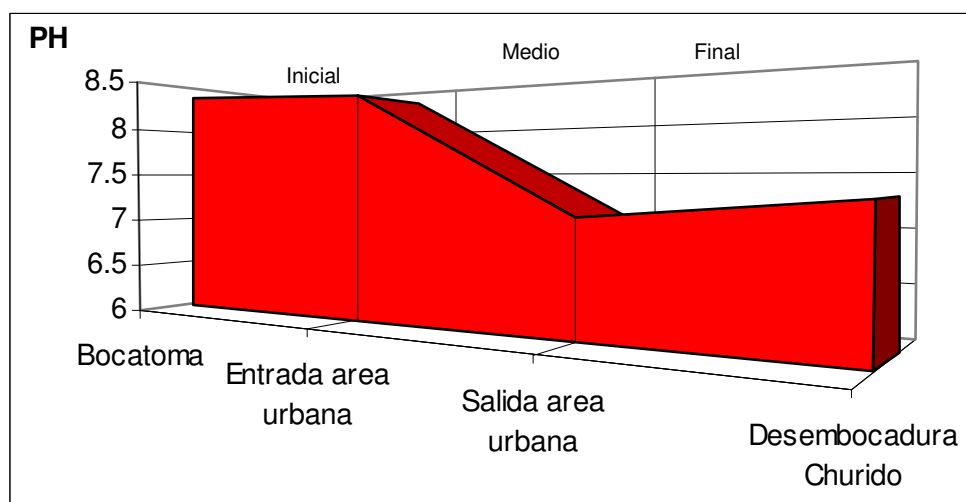


**Gráfico 2. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cada tramo**

## ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD MICROCUENCA RÍO APARTADÓ 2006



**Gráfico 3. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales por tramo**



**Gráfico 4. Comportamiento del pH en cada tramo**

Igualmente se determinaron los índices de calidad y contaminación por minerales y materia orgánica para los tramos definidos<sup>7</sup>.

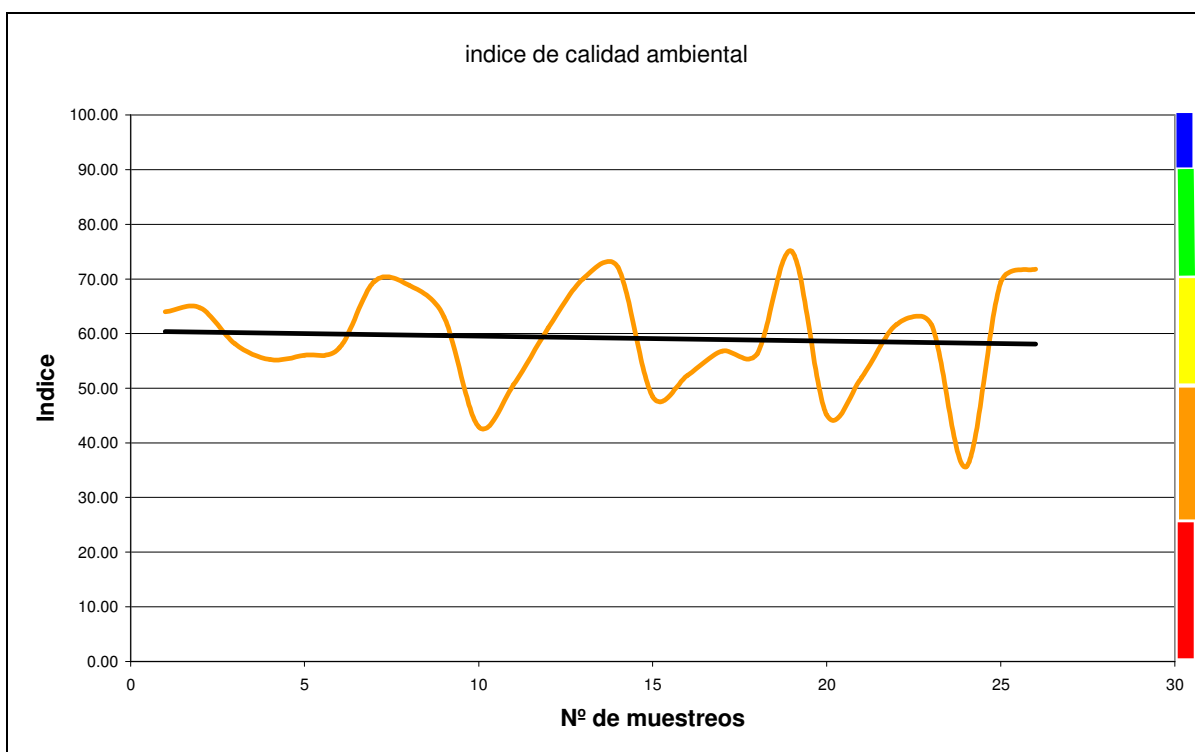
Se calculo la tendencia de calidad según los muestreos realizados desde el año 2003 al 2005, en el Gráfico 5 se observa que la calidad del río Apartadó presenta una tendencia a decrecer en todo el periodo de monitoreo.

<sup>7</sup> Recuperación y manejo del recurso hídrico, monitoreo de calidad de agua, río Apartadó.2006

## ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ 2006

Se representa en el Mapa 4 los cambios en el índice de calidad por estación de monitoreo de la fuente de agua del río Apartadó, para el último año de muestreo (2005), se observa como al cruzar el área urbana su calidad pasa de media a mala y vuelve a recuperarse en su trayecto hasta la desembocadura del río Churidó.

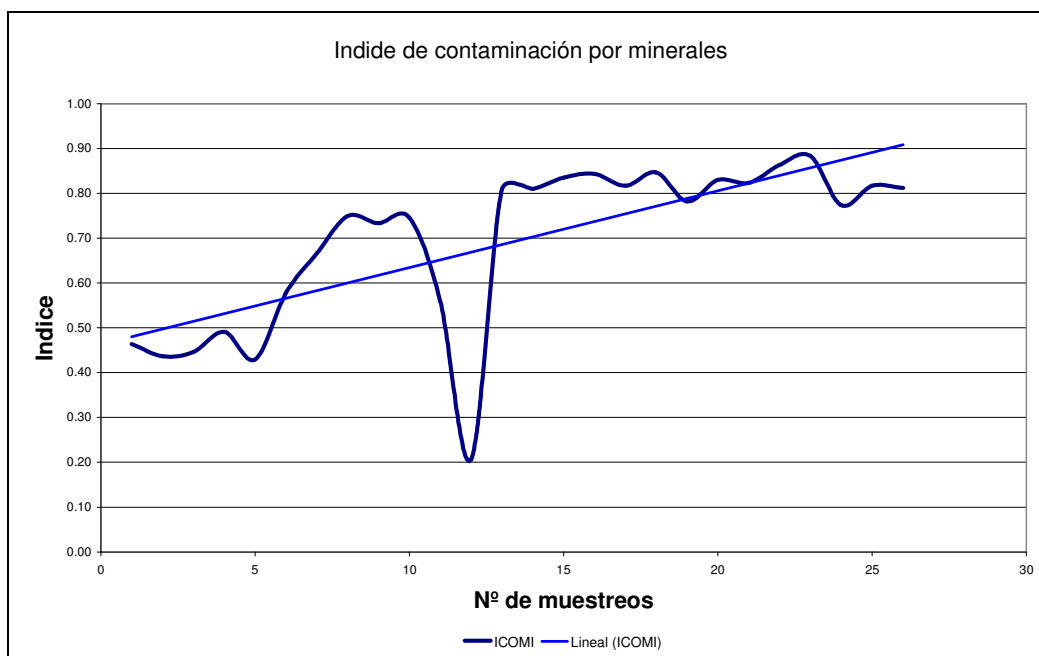
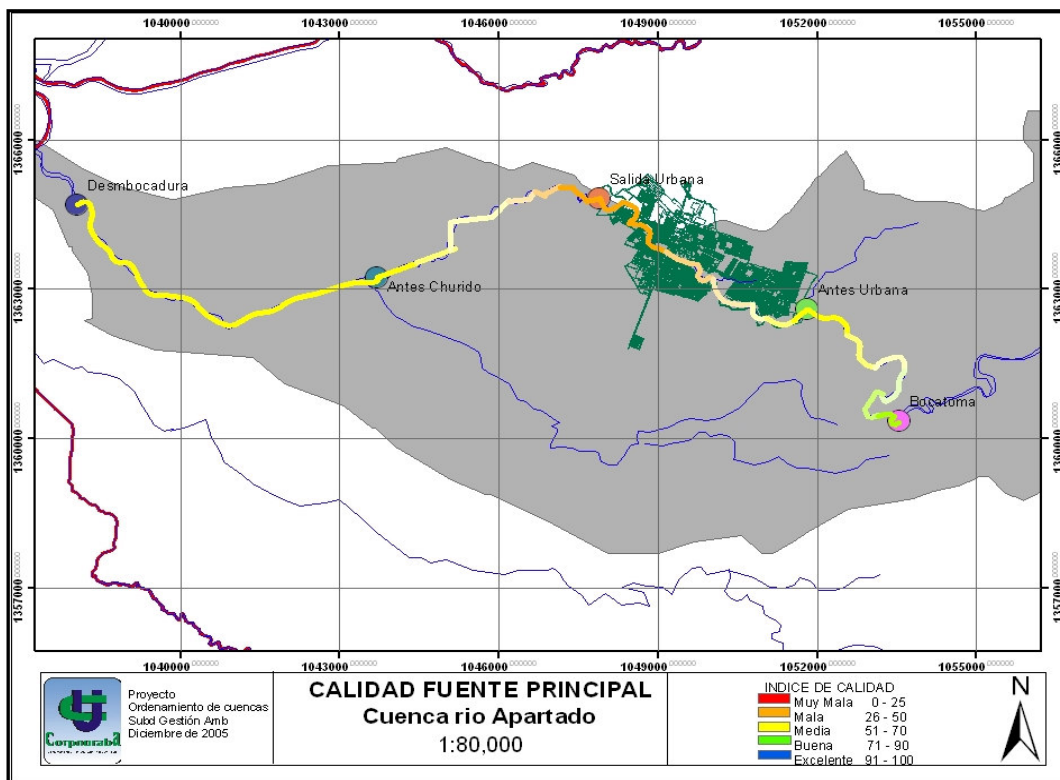
En cuanto a los índices de contaminación la materia orgánica y los minerales tienen tendencia a incrementarse, en el Gráfico 6 y Gráfico 7 se presentan su comportamiento.



**Gráfico 5. Tendencia del índice de calidad**

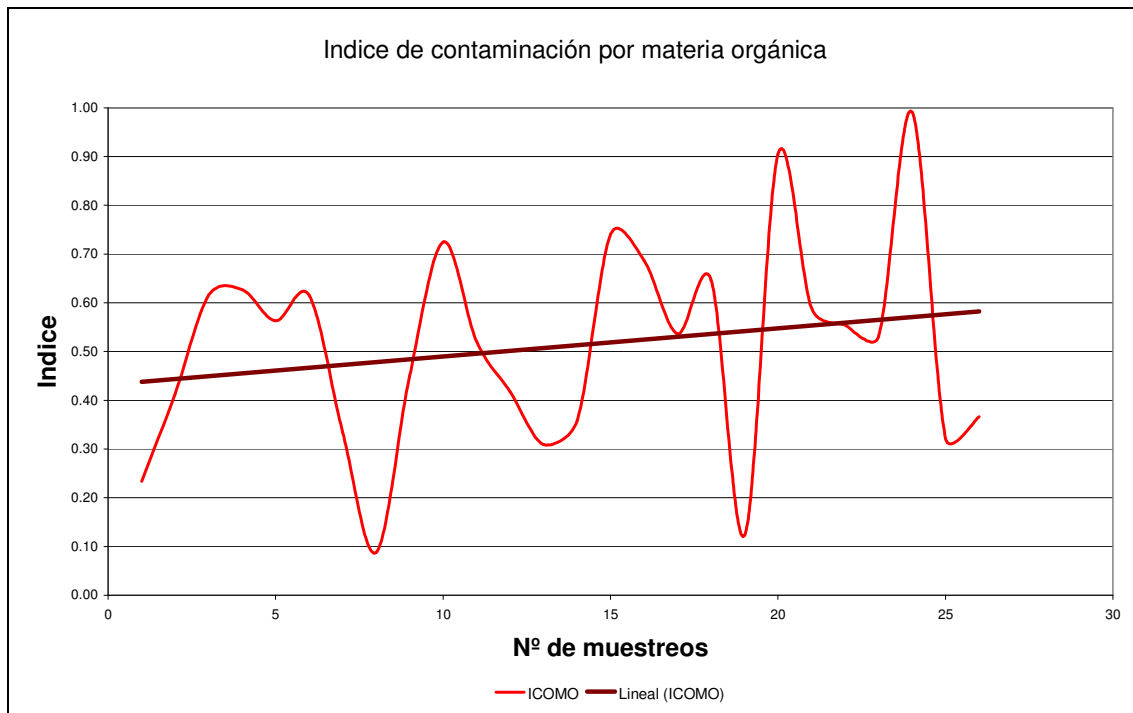
## ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD MICROCUECNA RÍO APARTADÓ 2006

**Mapa 4. Calidad de las aguas del río Apartadó para el año 2005**



**Gráfico 6. Índice de contaminación por minerales**

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**



**Gráfico 7. Índice de contaminación por materia orgánica**



**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**6. USOS, CRITERIOS Y OBJETIVOS DE CALIDAD PARA EL  
SISTEMA DEL RÍO LEÓN Y EL SUBSISTEMA  
HIDROECOLÓGICO RÍO APARTADÓ**

El trabajo se enfocó hacia el desarrollo y establecimiento de los Objetivos de Calidad en los diferentes tramos o subtramos del sistema del río León y del subsistema del río Apartadó, como receptor de los vertimientos del Municipio. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6. Objetivos de calidad para el subsistema del río Apartadó**

Parámetro	Índice			Objeto de calidad
	Actual	Nivel técnico o normativo	Deseado (técnica/ factible)	
<b>TRAMO</b>			<b>Inicial</b>	
<b>USO POTENCIAL PREDOMINANTE</b>			Doméstico	
OD (mg/L)	6.6	Ojala algún nivel	≥4	5.0
DBO5 (mg/L)	0.4	DBO5 ≤ 5,0	≤5	5.0
SST (mg/L)	5.0	sin norma	0 ≤ SST ≤ 20	20
pH (unidad pH)	8.4	5.0 - 9.0	5.0 -9.0	5.0 -9.0
T (°C)	26.2	±5 °C temp. Amb	± 5 °C la temp. amb	± 5 °C respecto temp. ambiente
Grasas y aceites (mg/L)	-	Ausencia	Ausencia	Ausentes
Coliformes fecales (NMP/100mL)	2.800	CF ≤ 2.000	CF ≤ 2.000	CF≤2.000
<b>TRAMO</b>			<b>Urbano</b>	
<b>USO POTENCIAL PREDOMINANTE</b>			Paisaje urbano (uso estético)	
OD (mg/L)	6.5	Algún nivel	4.0	3.0
DBO5 (mg/L)	0.6	25 - 30	DBO5 ≤ 20	25
SST (mg/L)	65.0	40 - 80	SST ≤ 80	80
PH (unidad pH)	8.3	5.0 - 9.0		5.0 - 9.0
T (°C)	26.6	± 5°C la temp. amb	± 5°C la temp. amb	± 5°C respecto temp. ambiente
Coliformes fecales (NMP/100mL)	3.000	sin norma	10000	10000
Olores ofensivos (Olor a huevo podrido)	Presente	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Grasas y aceites (mg/L)	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Material flotante (Perceptible a la vista)	Presente	Ausentes	Ausentes	Ausentes

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

Parámetro	Índice			Objeto de calidad
	Actual	Nivel técnico o normativo	Deseado (técnica/ factible)	
<b>TRAMO</b>			<b>Final</b>	
<b>USO POTENCIAL PREDOMINANTE</b>			Transporte y asimilación de aguas residuales	
OD (mg/L)	0.2	sin norma	2.0	2.0
DBO5 (mg/L)	39.0	25 - 30	DBO5 ≤ 25	≤ 20
SST (mg/L)	390	40 - 80	SST ≤ 80	≤ 80
PH≤5,0 (unidad pH)	7.1	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0
T (°C)	27.4	± 5°C la temp. amb	± 5°C la temp. amb	± 5°C respecto temp. ambiente
Coliformes fecales (NMP/100mL)	34,000	sin norma	2.000 - 3.000	≤3.000
Olores ofensivos (Olor a huevo podrido)	Presente	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Grasas y aceites (mg/L)	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Material flotante (Perceptible a la vista)	Presente	Ausentes	Ausente	Ausentes

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**7. SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE RÍO  
APARTADÓ**

Para aplicar el modelo de simulación, se tuvieron en cuenta los resultados de los monitoreos realizados al río y la diferente literatura que se tiene sobre la calidad del agua exigida, dependiendo de los usos del agua proyectados, estos se mencionan a continuación:

**Tabla 7. 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 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, Turbidez, Olor, 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  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Tabla 9: Calidad de agua exigido por el Decreto 1594 de 1984, para Colombia**

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	% sólidos secos	Ausentes	Ausentes	0.01 CL <sub>96</sub> , 50	-

**Tabla 10. 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

Para la simulación de la capacidad de carga en cada tramo, se corrió el modelo simplificado del MESOCA, ajustando las respectivas variables al caudal del río Apartadó en épocas de estiaje, el cual oscila alrededor de los 1.000 litros/seg.

El modelo simplificado para cuerpos de agua corriente, es aplicable de manera expedita para los subsistemas restantes, siguiendo los procedimientos y con el mismo marco de constantes indicadas en la Metodología del MAVDT. Ver Tabla 11, Tramo Inicial, Tabla 12 tramo urbano y Tabla 13 tramo final.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNEN RÍO APARTADÓ  
2006**

**Tabla 11. Modelo de simulación de capacidad de carga para el río Apartadó – Tramo inicial**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
<b>TRAMO</b>	<b>Inicial</b>		
Caudal del río	m <sup>3</sup> /seg	1.704	Caudal medido en campo
Caudal del río	M <sup>3</sup> /h	6134.4	Modificación de unidades
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.6	Medido en campo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.4	Medido en campo
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	Medido en campo
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2800	Medido en campo
Coliformes Totales	NMP/100ml	16000	Medido en campo
PH	Unid de PH	8.4	Medido en campo
Temperatura	°C	26.2	Medido en campo
<b>CÁLCULOS SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA DEL TRAMO</b>			
<b>Cs</b> saturación de oxígeno	mg/L	8.2	Dato de la tabla 2, sobre saturación de oxígeno disuelto, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, corregido teniendo en cuenta la temperatura medida en campo
<b>OD</b> final deseado aguas abajo	mg/L	5	Deseado según criterios técnicos, para ser proyectado en el tramo
<b>Da</b> déficit de saturación O <sub>2</sub> inicial	mg/L	1.6	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto aguas arriba
<b>Dc</b> déficit de saturación O <sub>2</sub> final	mg/L	3.2	Oxígeno de Saturación menos Oxígeno Disuelto deseado
<b>Da/Dc</b>	adimensional	0.50	Cociente
<b>K<sub>1</sub></b> Tasa de remoción de la DBO	tabla	0.80	Dato de la tabla 5, sobre tasa de remoción de la BDO a 20°C, para caudales inferiores a 20 m <sup>3</sup> /s, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, teniendo como criterio el valor mas alto del rango en el sitio mas adelante de la descarga.
<b>K<sub>1</sub></b> Tasa de remoción de la DBO	calculado	1.06	Corrección por temperatura ( $k_1=(k_1)_{20} \cdot \theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.01 y 1.075, se empleo el dato medio (1.047)

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
$K_2$ Tasa de reoxigenación	tabla	0.36	Dato de la tabla 4, sobre la tasa de reaireación del agua a 20°C, para las condiciones típicas del río Apartadó, de baja velocidad y de curso léntico en épocas de verano, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas
Tasa de reoxigenación	K2	0.42	Corrección por temperatura ( $k_2=(k_2)_{20} * \theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.024 y 1.028, se empleo el dato medio (1.026)
f constante de auto purificación	adimensional	0.40	Cociente entre la tasa de reoxigenación y de remoción de la DBO
$La/Dc$		1.3	Del monograma carga admisible para aguas receptoras de vertimientos, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, Se busca en el monograma con el dato de f y la interpolación con la línea del dato <b>Da/Dc</b>
$La$ Concertación de la DBOu después del punto de descarga	mg/L	4.16	Despeje de la formula
BDOu	Kg./h	23.07	DBO a los 20 días, se obtiene el dato mediante calculo matemático
DBO5	Kg./h	17.30	La DBO <sub>5</sub> es aproximadamente el 75% de la DBOu
DBO5	k/día	415.18	Conversión de la DBO a días
Factor Per Capita (DBO <sub>5</sub> )	Kg./ persona/día	0.05	Utilizado por la corporación en proceso de tasas retributivas
Carga equivalente	personas	8303.52	Cociente entre la DBO <sub>5</sub> K/día y el factor per cápita, lo cual nos indica que este tramo del río con el objetivo de calidad propuesto podría asimilar la carga aportada en DBO por esta población.
Población actual	Personas	1,500	Población estimada para este tramo del río.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Carga equivalente a población actual	Kg./día	75	Este es la carga que genera la población actual del tramo (1500), se observa que la máxima carga de DBO <sub>5</sub> asimilada por el río es de 415.18 K/d (que es una carga aportada por 8303 personas), por lo cual solo se utiliza el 18% de la capacidad total de asimilación de este tramo del río para las condiciones proyectadas.
Saturación capacidad de carga del río	%	18%	Porcentaje de saturación de la capacidad de carga del río respecto a la población actual
Tiempo en años para alcanzar población limite	Años	62.00	El río tiene una capacidad de carga de 415 Kg./día de DBO <sub>5</sub> , lo cual se alcanzaría con una población de 8.300 personas, que con el índice de crecimiento actual se alcanzaría en 62 años.

**Tabla 12. Modelo de simulación de capacidad de carga para el río Apartadó – Tramo Urbano**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
<b>TRAMO</b>		<b>Urbano</b>	
Caudal del río	m <sup>3</sup> /seg	1.661	Caudal medido en campo
Caudal del río	M <sup>3</sup> /h	5979.6	Modificación de unidades
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.5	Medido en campo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.6	Medido en campo
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	65	Medido en campo
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3000	Medido en campo
Coliformes Totales	NMP/100ml	9000	Medido en campo
PH		8.3	Medido en campo
Temperatura	°C	26.6	Medido en campo
<b>CÁLCULOS SIMULACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA DEL TRAMO</b>			
Cs saturación de oxígeno	mg/L	8.1	Dato de la tabla 2, sobre saturación de oxígeno disuelto, del libro II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, corregido teniendo en cuenta la temperatura medida en campo

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
OD final deseado aguas abajo	mg/L	3.0	Deseado según criterios técnicos, para ser proyectado en el tramo
Da déficit de saturación O2 inicial	mg/L	1.6	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto aguas arriba
Dc déficit de saturación O2 final	mg/L	5.1	Oxígeno de Saturación menos Oxígeno Disuelto deseado
Da/Dc	adimensional	0.31	Cociente
K <sub>1</sub> Tasa de remoción de la DBO	K <sub>1</sub> tabla	0.80	Dato de la tabla 5, sobre tasa de remoción de la BDO a 20°C, para caudales inferiores a 20 m3/s, del libro Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, teniendo como criterio el valor mas alto del rango en el sitio mas adelante de la descarga.
K <sub>1</sub> Tasa de remoción de la DBO	K <sub>1</sub>	1.08	Corrección por temperatura ( $k_1=(k_1)_{20} * \theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.01 y 1.075, se empleo el dato medio (1.047)
K <sub>2</sub> Tasa de reoxigenación	K <sub>2</sub> tabla	0.36	Dato de la tabla 4, sobre la tasa de reaireación del agua a 20°C, para las condiciones típicas del río Apartadó, de baja velocidad y de curso léntico en épocas de verano, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas
Tasa de reoxigenación	K <sub>2</sub>	0.43	Corrección por temperatura ( $k_2=(k_2)_{20} * \theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.024 y 1.028, se empleo el dato medio (1.026)
f constante de auto purificación	adimensional	0.39	Cociente entre la tasa de reoxigenación y de remoción de la DBO
La/Dc		1.5	Del monograma carga admisible para aguas receptoras de vertimientos, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de



**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
			calidad de aguas, Se busca en el monograma con el dato de <b>f</b> y la interpolación con la línea del dato <b>Da/Dc</b>
La Concertación de la DBOu después del punto de descarga	mg/L	7.65	Despeje de la formula
BD Ou	Kg./h	42.16	DBO a los 20 días, se obtiene el dato mediante calculo matemático
DBO5	Kg./h	31.62	La DBO5 es aproximadamente el 75% de la DBOu
DBO5	k/día	758.81	Conversión de la DBO a días
Factor Per Capita (DBO5)	Kg./ persona/día	0.05	Utilizado por la corporación en proceso de tasas retributivas
Carga equivalente	personas	15,176	Cociente entre la DBO5 K/día y el factor per cápita, lo cual nos indica que este tramo del río para el objetivo de calidad propuesto podría asimilar la carga aportada en DBO por esta población
Población actual	Personas	79,592	Población estimada para el área urbana del municipio
Carga equivalente a población actual	Kg./día	3,980	Este es la carga que genera la población actual del tramo (79592 personas), se observa que la máxima carga a asimilar por el río para las condiciones deseadas es de 758.81 K/d (que es la carga que pueden aportar 15176 personas), por lo cual se está sobresaturando el río en un 524%
Saturación capacidad de carga del río	%	524%	Porcentaje de saturación de la capacidad de carga del río respecto a la población actual
Tiempo en años para alcanzar población limite	Años	-60.04	De acuerdo al crecimiento de la población y a las condiciones actuales del río, hace 60 años sobrepasamos el punto de equilibrio o asimilación para las condiciones de calidad deseadas

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**Tabla 13. Modelo de simulación de capacidad de carga para el río Apartadó  
- Tramo Final**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
<b>TRAMO</b>	<b>Final</b>		
Caudal del río	m <sup>3</sup> /seg	1.661	Caudal medido en campo
Caudal del río	M <sup>3</sup> /h	5979.6	Modificación de unidades
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.2	Medido en campo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	39	Medido en campo
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	390	Medido en campo
Coliformes Fecales	NMP/100ml	34000	Medido en campo
Sustancias de Interés Sanitario	mg/L		Medido en campo
Grasas y Aceites	mg/L		Medido en campo
Coliformes Totales	NMP/100ml	280000	Medido en campo
PH		7.1	Medido en campo
Temperatura	°C	27.4	Medido en campo
<b>Cálculos simulación de capacidad de carga del tramo</b>			
<b>Cs</b> saturación de oxígeno	mg/L	8.1	Dato de la tabla 2, sobre saturación de oxígeno disuelto, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, corregido teniendo en cuenta la temperatura medida en campo.
<b>OD</b> final deseado aguas abajo	mg/L	2	Deseado según criterios técnicos, proyectado en el tramo.
<b>Da</b> déficit de saturación O2 inicial	mg/L	7.9	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto aguas arriba.
<b>Dc</b> déficit de saturación O2 final	mg/L	6.1	Oxígeno de saturación menos Oxígeno Disuelto deseado.
<b>Da/Dc</b>	adimensional	1.30	Cociente.
<b>K<sub>1</sub></b> Tasa de remoción de la DBO	K <sub>1</sub> tabla	0.80	Dato de la tabla 5, sobre tasa de remoción de la BDO a 20 °C, para caudales inferiores a 20 m <sup>3</sup> /s, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas, teniendo como criterio el valor mas alto del rango en el sitio mas adelante de la descarga.
<b>K<sub>1</sub></b> Tasa de remoción de la DBO	K <sub>1</sub>	1.12	Corrección por temperatura ( $k_1=(k_1)_{20} * \theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.01 y 1.075, se empleo el dato medio (1.047)

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
K <sub>2</sub> Tasa de reoxigenación	K <sub>2</sub> tabla	0.36	Dato de la tabla 4, sobre tasa la tasa de reaireación del agua a 20 °C, para las condiciones típicas del río Apartadó, de baja velocidad y de curso léntico en épocas de verano, del libro Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas
K <sub>2</sub> Tasa de reoxigenación	K <sub>2</sub>	0.44	Corrección por temperatura ( $k_2=(k_2)_{20}*\theta^{T-20}$ ). $\theta$ tiene un rango entre 1.024 y 1.028, se empleo el dato medio (1.026)
f constante de auto purificación	adimensional	0.39	Cociente entre la tasa de reoxigenación y de remoción de la DBO
La/Dc		1.5	Del monograma carga admisible para aguas receptoras de vertimientos, del libro, Il curso internacional sobre el control de contaminación de aguas (en portugués), Enero a marzo de 1996, Modelos simplificados de calidad de aguas. Se busca en el monograma con el dato de <b>f</b> y la interpolación con la línea del dato <b>Da/Dc</b>
La Concertación de la DBOu después del punto de descarga	mg/L	9.15	Despeje de la formula
DBOu	Kg./h	-178.49	DBO a los 20 días, se obtiene el dato mediante calculo matemático
DBO5	Kg./h	-133.87	La DBO <sub>5</sub> es aproximadamente el 75% de la DBOu
DBO5	k/día	-3212.84	Conversión de la DBO a días
Factor Per Capita (DBO5)	Kg./ persona/día	0.05	Utilizado por la corporación en proceso de tasas retributivas
Carga equivalente	personas	-64256.78	Cociente entre la DBO <sub>5</sub> K/día y el factor per cápita, lo cual nos indica que este tramo del río para el objetivo de calidad propuesto podría asimilar la carga aportada en DBO por esta población
Población actual	Personas	2,000	Población equivalente a la carga contaminante vertida por el sector agroindustrial el cual es de 106 kg/día de DBO

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTUAL	SUSTENTACIÓN
Carga equivalente a población actual	Kg./día	100	Esta es la carga que genera la población actual del tramo (2000), se observa que al inicio del tramo no se tiene capacidad de carga
Saturación capacidad de carga del río	%	-3%	Porcentaje de saturación de la capacidad de carga del río es negativo por lo mencionado anteriormente
Tiempo en años para alcanzar población límite	Años	-	Las condiciones de calidad al inicio de este tramo son tan críticas que los resultados se salen del modelo de simulación

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

**8. ACCIONES REQUERIDAS PARA EL LOGRO DE LOS  
OBJETIVOS DE CALIDAD PROPUESTOS**

De acuerdo al estado actual y a la capacidad de asimilación de la carga contaminante, los resultados del modelo de simulación y los objetivos de calidad deseados en los diferentes tramos del río Apartadó, se deben realizar diversas acciones para obtener los objetivos propuestos. Estas se presentan en la Tabla 14.

**Tabla 14. Acciones para alcanzar objetivos de calidad**

<b>Meta</b>	<b>Acciones requeridas para lograrlo</b>	<b>Resultado de calidad esperado</b>
Reducir olores agresivos en el cuerpo de agua (generación de ácido sulfhídrico H <sub>2</sub> S)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminar sólidos flotantes</li> <li>2. Eliminar grasas y aceites orgánicos</li> <li>3. Eliminar el depósito de lodos orgánicos</li> <li>4. Colectar e interceptar la carga orgánica, llevarla por fuera del área de influencia del tramo evaluado.</li> <li>5. Reducir el 80% de los sólidos suspendidos totales y la DBO</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminución del 100% de los olores ofensivos.</li> <li>2. Oxígeno disuelto por encima de los 2 mg/L en periodo seco.</li> <li>3. Reducir la carga de DBO vertida.</li> </ol>
Que no haya presencia de sólidos flotantes desagradables a la vista, tales como grasas, material flotante, materia fecal, natas y basuras.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construcción de colectores, interceptores, hasta sitios predeterminados para su posterior tratamiento.</li> <li>2. Construcción de sistemas de pretratamiento de aguas residuales.</li> <li>3. Procesos de educación continuada a la comunidad y limpieza periódica a las orillas del río con adecuada disposición de los residuos recogidos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de los sólidos flotantes del cuerpo de agua.</li> <li>2. Reducción de la carga orgánica por DBO aportada a la fuente.</li> <li>3. Aumento del Oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.</li> <li>4. Mejora paisajística, estética y visual del cuerpo de agua.</li> </ol>

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

<b>Meta</b>	<b>Acciones requeridas para lograrlo</b>	<b>Resultado de calidad esperado</b>
Elevar los niveles de oxígeno disuelto en el río.	1. Ejecución de las actividades del plan maestro en un 100% con el respectivo sistema de tratamiento de aguas residuales construido, adecuado manejo y disposición final de lodos resultantes.	1. Incremento en los niveles de oxígeno en el cuerpo de agua receptor del vertimiento. 2. Reducir en un 85% la carga vertida de DBO <sub>5</sub> , para elevar niveles de oxígeno, en el tramo urbano.
Reducción del número de coliformes totales y fecales presentes en el cuerpo de agua	1. Construcción de colectores e interceptores y sistema de tratamiento primario y secundario.	1. Disminución de los niveles de contaminación bacteriológica en el cuerpo de agua.

Para definir los escenarios de metas de reducción de cargas contaminantes, utilizamos el modelo de simulación con datos de oxígeno predeterminados, se establecen los niveles de carga contaminante admisible y las necesidades de reducción para el cuerpo de agua, en la Tabla 15, se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 15. Niveles de carga orgánica teniendo en cuenta variación del oxígeno disuelto según Modelo de simulación de capacidad de carga en el tramo urbano**

Nivel de O <sub>2</sub> disuelto	Carga Admisible		Carga Actual		Necesidad De Reducción	
	Kg DBO <sub>u</sub> /día	Kg DBO <sub>5</sub> /día	Kg/día DBO actual	%	Kg/día DBO <sub>5</sub>	%
0.5	1768.05	1326.04	3,980	300%	2653.6	66.68
1.0	1646.06	1234.55	3,980	322%	2745.1	68.98
1.5	1524.08	1143.06	3,980	348%	2836.5	71.28
2.0	1402.10	1051.57	3,980	378%	2928.0	73.58
2.5	1119.38	839.54	3,980	474%	3140.1	78.90
3.0	1011.75	758.81	3,980	524%	3220.8	80.93
3.5	904.12	678.09	3,980	587%	3301.5	82.96
4.0	796.48	597.36	3,980	666%	3382.2	84.99
4.5	637.19	477.89	3,980	833%	3501.7	87.99
5.0	492.24	369.18	3,980	1078%	3610.4	90.72
5.5	361.65	271.23	3,980	1467%	3708.4	93.18
6.0	203.21	152.41	3,980	2611%	3827.2	96.17
6.5	1.15	0.86	3,980	462173%	3978.7	99.98

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

## **9. CONCLUSIONES**

Actualmente el **tramo inicial** del río se encuentra en buenas condiciones de calidad para el uso preponderante definido, por lo que se necesitarían muchos años para alcanzar el límite de oxígeno proyectado (5 mg/L), además se debe tener en cuenta que el tramo inicial se emplea básicamente para uso domestico, por lo que los vertimientos a este tramo están restringidos, por lo tanto se debe realizar acciones de conservación, protección y control de erosión.

En el **tramo urbano**, El aporte de vertimientos generados por la población actual del área urbana del municipio de Apartadó al Río, genera un impacto negativo a las condiciones de calidad del río, ya que este se encuentra sobresaturado en un 524%, lo que equivale a los vertimientos generados por una población de aproximadamente 64000 personas, por lo que se generan condiciones anaeróbicas, afectación del paisaje y de la población acuática de la fuente y malos olores. Para lograr el objetivo de calidad planteado para esta fuente hídrica, se deben iniciar acciones de recolección y tratamiento de los vertimientos domésticos a fin de llegar al objetivo de calidad deseado.

En el **tramo final**, las condiciones de calidad del río al inicio de este tramo en períodos de verano son tan deficientes que se convierte en un alcantarillado de aguas residuales domesticas, tanto es que no opera el modelo de simulación este se sale de sus rangos, el porcentaje de capacidad de carga es negativo, es decir el río en este punto se encuentra muerto con niveles de oxigeno menores a cero, en la medida que discurre se va reoxigenando y mejorando sus condiciones lentamente llegando al punto final del tramo a niveles de oxigeno de 4.0 mg/L

Teniendo en cuenta la alta afectación generada al cuerpo de agua y a que se sobrepaso la capacidad de asimilación de carga contaminante del río hace 60 años se deben emprender acciones en el corto plazo concretas, serias y realizables, tendientes a la total ejecución del plan maestro de acueducto y alcantarillado.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

Se esta presentando alta afectación al cuerpo de agua receptor debido al vertimiento de aguas residuales domesticas generadas en el área urbana del municipio

El aporte de carga contaminante generado por el sector agroindustrial se presenta principalmente en el tramo final, el cual corresponde al de asimilación y dilución, por lo tanto se debe continuar con el proceso de legalización de vertimientos y seguimiento a los permisos otorgados.

La carga modelada no tiene en cuenta el aporte de carga vertida tanto en la Planta de Tratamiento de Agua Potable como en el sistema de desarenador y sedimentación, que se vierten a la fuente, los cuales causan alteración de sus condiciones naturales, debido a la descarga puntual y concentrada de todos los compuestos utilizados en los procesos de floculación y coagulación.

El proceso de modelación se realiza con cargas contaminantes que se aportan a la fecha, por lo cual se justifica aun mas las acciones por adelantar en el corto y mediano plazo, debido a que estas cargas aumentaran por el incremento de la población.

Según lo establecido en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado en lo referente al periodo de su ejecución, se tiene un retraso en la construcción del colector sur, el cual inicia en el barrio Pueblo Nuevo, va paralelo al río recogiendo once vertimientos hasta la descarga provisional, proyectada en las afueras del casco urbano frente a la descarga del colector norte y que debía estar construido en el presente año.

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  
MICROCUECA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**10. RECOMENDACIONES**

Acciones a realizar en el cuerpo de agua del río Apartadó, en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar objetivos de calidad establecidos.

El corto plazo se estima entre cero (0) y dos (2) años, mediano plazo entre dos (2) y cinco (5) años y a largo plazo de cinco (5) a diez (10) años.

**NOTA:** Año cero (0), corresponde a año 2006, año en el cual se establecen los objetivos de calidad.

**Tabla 16. Acciones a realizar en el corto, mediano y largo plazo**

<b>TRAMO</b>	<b>PLAZO</b>	<b>ACCIONES</b>
Inicial	Corto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Continuar actividades de recuperación y conservación de la cuenca alta, buscando la sostenibilidad del recurso.</li><li>2. Invertir en proyectos de solución de procesos erosivos y reforestación de conservación y protección.</li><li>3. Definir y establecer las distancias y retiros mínimos, así como las zonas de conservación las cuales se deben delimitar claramente.</li></ol>
	Mediano y Largo	<ol style="list-style-type: none"><li>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 al cuerpo de agua.</li><li>2. Dar cumplimiento al artículo 111 de la Ley 99/93, sobre adquisición de áreas de interés para acueductos municipales con el fin de proteger y conservar el recurso hídrico.</li></ol>
Urbano	Corto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Realizar actividades tendientes a la disminución de los sitios o puntos de vertimientos.</li><li>2. Los colectores deben ser construidos con materiales y especificaciones técnicas adecuadas para futuras proyecciones.</li><li>3. El porcentaje de disminución de los vertimientos realizados al cuerpo de agua deben ser mayores al 20% disminuyendo como mínimo 7 puntos de descarga.</li><li>4. Realizar ajustes y actualización al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado con el objeto de priorizar y actualizar las actividades tendientes a la implementación del PSMV.</li><li>5. Aumentar el porcentaje de cobertura del alcantarillado de acuerdo a las necesidades y proyección de la población.</li></ol>

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

TRAMO	PLAZO	ACCIONES
		6. Realizar estudios y evaluación de alternativas para el diseño del sistema de tratamiento de las Aguas Residuales generadas en el área urbana del municipio. 7. Realizar procesos de educación y sensibilización en torno al agua y al manejo de residuos sólidos.
	Mediano	1. Dar tratamiento a los vertimientos realizados al cuerpo de agua tanto en la planta de tratamiento de agua potable como el proceso de desarenación y sedimentación de la bocatoma. 2. Disminuir los puntos de vertimientos en un porcentaje mayor al 80%, rebajando como mínimo 20 vertimientos. 3. Aumentar cobertura de alcantarillado como mínimo al 98% de la población del área urbana. 4. Realización de los estudios y diseños de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales y adquisición de terrenos para su construcción. 5. Continuar con procesos de educación y socialización. 6. Adecuación y realización de obras de paisajismo en las riberas del río.
	Largo	1. Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual deberá tener una eficiencia mayor al 80% (tratamiento primario y secundario). 2. Realización de obras y adecuación ambiental en la zona de riberas del cuerpo de agua en el sector área urbana. 3. Porcentaje de cobertura de alcantarillado del 100% en el área urbana. 4. Continuación de procesos educativos en torno al manejo de aguas residuales, agua potable, cuidado y manejo de zonas de ribera.
Final	Corto	1. El sector agroindustrial debe continuar con la implementación de los sistemas de tratamiento dentro del permiso de vertimientos y el plan de cumplimiento.
	Mediano	1. Establecimiento de márgenes de retiro y reforestación de estas como medio de disipación de olores y de protección. 2. Seguimiento y optimización de los respectivos sistemas de tratamiento a fin de disminuir en el tiempo el aporte de carga contaminante vertida
	Largo	1. Seguimiento y control a usuarios generadores de vertimientos agroindustriales que poseen el respectivo permiso de vertimiento y/o plan de cumplimiento 2. Mantenimiento y conservación de márgenes reforestadas.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**11. GLOSARIO DE TÉRMINOS**

CUASIMETAS

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

DBO

Demanda Bioquímica de Oxígeno

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

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUCNCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

**12. BIBLIOGRAFÍA**

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

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 rios 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 rios Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. 2004.

CORPOURABA, Recuperación y manejo del recurso hídrico, Monitoreo de calidad de agua, río Apartadó, Municipio de Apartadó. 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

Hidrotec – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. 2002.

II curso internacional sobre el control de contaminación de aguas, Modelos simplificados de calidad de aguas, Enero a marzo de 1996.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3100 Sobre las tasas retributivas. 2003.

**ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD  
MICROCUEENCA RÍO APARTADÓ  
2006**

---

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.

Municipio de Apartadó. Plan maestro de Acueducto y alcantarillado. 1994.