Identificación de la Situación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Cali, Zona Urbana de Santiago de Cali

1 Formulación General del Estudio

1.1 Introducción

Los ríos Cauca, Cali, Aguacatal, Pance, Meléndez, Lili y Cañaveralejo forman la red hídrica que ha determinado focos de desarrollo habitacional y económico en el municipio de Santiago de Cali, desde las zonas altas de las cuencas hasta su desembocadura o canalización en la zona baja de la ciudad. Tradicionalmente, los núcleos poblacionales inician su desarrollo alrededor de las fuentes hídricas superficiales. En el caso de Santiago de Cali, los ríos de la ciudad han servido como fuente de abastecimiento, recreación y elemento paisajístico; sin embargo, los procesos urbanísticos han sido responsables de su deterioro; así, los ríos de la ciudad, que en principio eran utilizados únicamente con fines recreativos y de abastecimiento de agua para consumo humano, son ahora también colectores de desechos.

Los ríos Cali y Aguacatal hacen parte de los principales ríos que conforman la red hidrográfica del municipio de Santiago de Cali. El río Cali es utilizado para generación de energía (planta Chidral - EPSA), para abastecimiento de agua del acueducto río Cali (EMCALI EICE ESP), para consumo animal (zoológico municipal), como elemento paisajístico, para lavado de ropas y vehículos, para fines recreativos (en su parte alta) y como receptor de vertimientos líquidos y sólidos. Entre tanto, el río Aguacatal es utilizado como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano (en la zona rural de Cali), elemento paisajístico y receptor de vertimientos líquidos y sólidos; adicionalmente, en el río Aguacatal se efectúa la extracción de material granular (balasto).

Con el propósito de conocer el estado actual de las fuentes hídricas del municipio y formular, para su posterior ejecución, planes de manejo y recuperación de dichas fuentes, el Municipio de Santiago de Cali, a través del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) suscribió con la Universidad del Valle el Convenio Interadministrativo No. 192 – 2005 para la ejecución del estudio **"Identificación de la Situación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Cali, Zona urbana de Santiago de Cali",** para la identificación de vertimientos y captaciones de agua y sus responsables en los cauces de los ríos **Cali y Aguacatal**, en su recorrido por la zona urbana del municipio, así como la determinación de la cantidad y calidad de agua de estos ríos, tanto en periodo de invierno como de verano y un diagnóstico socioeconómico que permitiera conocer la relación Río – Comunidad y por lo tanto, las actividades que surgen a partir de ésta: asentamientos humanos, tomas de agua y vertimientos a los ríos. Con el objeto de evaluar condiciones climáticas de verano e invierno, el estudio fue realizado entre noviembre del 2005 y febrero de 2007. La Interventoría del Proyecto estuvo a cargo de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACODAL - Seccional Occidente. El presente documento corresponde al informe ejecutivo de dicho estudio y sirve de soporte al DAGMA para la toma de medidas de prevención y control de la contaminación en los ríos Cali y Aguacatal y para la formulación y ejecución de planes de manejo orientados a la recuperación integral de estos ríos.

La información completa del proyecto puede ser consultada en los informes finales de cada río, los cuales han sido complementados con la aplicación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) que incluye la cartografía temática digital y la información obtenida en el desarrollo del proyecto (módulo de aplicaciones que posee el programa Arc GIS 9.1, el cual emplea como plataforma el lenguaje de programación Visual Basic de Microsoft), información que puede ser visualizada y actualizada continuamente por el usuario en el programa ArcView.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Identificar la situación ambiental de las cuencas hidrográficas de los ríos Cali y Aguacatal en la zona urbana del Municipio de Santiago de Cali.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los vertimientos de aguas residuales a los ríos Cali y Aguacatal.
- Establecer el uso, la frecuencia y los caudales promedios de las captaciones de agua de los ríos Cali y Aguacatal.
- Caracterizar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los ríos Cali y Aguacatal, en las condiciones climáticas de invierno y verano.
- Caracterizar los vertimientos más representativos a los ríos Cali y Aguacatal.
- Diagnosticar la situación actual de la calidad del agua de los ríos Cali y Aguacatal en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.
- Realizar el balance hídrico en los ríos Cali y Aguacatal para las condiciones climáticas de invierno y verano.
- Formular las bases para la construcción de un plan de mejoramiento de la calidad del agua de los ríos Cali y Aguacatal.
- Identificar, a través de la aplicación de encuestas, los aspectos socioeconómicos de la población asentada en las riberas de los ríos Cali y Aguacatal.
- Verificar, a través de la aplicación de encuestas, aspectos relacionados con vertimientos y tomas de agua de los ríos Cali y Aguacatal.

1.3 Justificación

Desde su fundación, en el año 1536, la ciudad de Cali concentró su desarrollo alrededor del río Cali, cuyas aguas han servido como fuente de abastecimiento de agua, para la recreación y como elemento paisajístico; sin embargo, los procesos urbanísticos han sido responsables del deterioro de la calidad del agua de esta y las demás fuentes hídricas del municipio; la contaminación hídrica de origen urbano no es ocasionada por el uso en sí del agua, sino por los aportes de contaminantes en los cuerpos de agua, así como por procesos y actividades que se desarrollan sobre las áreas próximas a los ríos.

El presente estudio aporta información básica en cuanto a calidad de agua de los ríos Cali y Aguacatal, así como sobre vertimientos y captaciones de agua a estos ríos; esta información se constituye así en una importante herramienta para formular y desarrollar el plan de manejo orientado a la recuperación integral de estos ríos, complementando además resultados de estudios anteriores sobre otras corrientes superficiales de la ciudad (ríos Cañaveralejo y Meléndez – Convenio DAGMA – Universidad del Valle, 2003) y estudios en ejecución a nivel regional (Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas, incluida la del río Cali –

Proyecto adelantado por la Comisión Conjunta para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Cali).

1.4 Alcances

Considerando el objetivo del Estudio, los alcances del presente Proyecto son:

- Revisión de información existente con relación al inventario de la infraestructura, aprovechamientos, vertimientos, riesgos sanitarios, riesgos ambientales, vulnerabilidades, censos (población y número de viviendas) en la ribera de los ríos objeto del estudio.

- Identificación de los vertimientos puntuales, tomas de agua y sus responsables, en los ríos Cali y Aguacatal, durante su recorrido por la zona urbana del Municipio de Santiago de Cali.

- Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de los ríos objeto del estudio por medio de la aplicación de índices de calidad, para las condiciones climáticas de invierno y verano.

- Caracterización de los principales vertimientos a los ríos objeto del estudio en el área urbana de la ciudad de Cali, en las condiciones climáticas de invierno y verano.

- Realización del balance hídrico en los ríos Cali y Aguacatal, para las condiciones climáticas de invierno y verano, estableciendo los caudales promedios de los ríos en los puntos de monitoreo, las captaciones y los vertimientos de interés.

- Georeferenciación de los puntos evaluados e integración de la información recolectada en un sistema de información geográfica – SIG.

- Identificación, a través de la aplicación de encuestas, de aspectos socioeconómicos de la población asentada en las riberas de los ríos Cali y Aguacatal.

- Verificación, a través de la aplicación de encuestas, de aspectos relacionados con vertimientos y tomas de agua de los ríos Cali y Aguacatal.

- Formulación de planes de mejoramiento de la calidad del agua de los ríos objeto de este estudio, de acuerdo con la calidad y el uso del recurso.

- Formulación de una propuesta de plan de monitoreo de calidad de agua de los ríos objeto del Estudio.

2 Aspectos Generales

2.1 Localización del Proyecto

El área de estudio abarca el cauce del río Cali en la zona urbana de la ciudad de Cali. El río Cali inicia el perímetro urbano en las coordenadas 110834,12 N – 105475,30 E y desemboca al río Cauca en las coordenadas 116564.59 N – 115722.74 E, luego de recorrer casi 16 Km., cruzando la ciudad en sentido Oeste - Este. El área de estudio incluye el cauce del río Aguacatal; este río ingresa a la zona urbana del municipio de Santiago de Cali en las coordenadas 111418,03 N – 106029,04 E y, luego de 6 Km. de recorrido, desemboca al río Cali

del río desde el Zoológico hasta su desembocadura al río Cauca, a la altura del barrio Floralia, la pendiente del cauce varía entre moderada (entre 10° y 3°) en el primer tramo hasta la calle 21 y baja (menor de 3°) hasta la desembocadura.

Con relación a los usos del suelo, el Departamento Administrativo de Planeación del Municipio de Santiago de Cali define diferentes áreas de actividad en la cuenca del río Cali: Parque Nacional Natural (Farallones de Cali), reserva forestal, parque y recreación (áreas públicas o privadas al disfrute activo o pasivo de la naturaleza) y vivienda (áreas destinadas al desarrollo residencial, comercial, industrial, parcela o mixtas).

Durante el recorrido del río Cali por la ciudad se observan varios asentamientos subnormales dentro de la zona de protección del río: Bajo Palermo, La Isla, Camilo Torres y Jarillón de Floralia. Las principales comunas del área de influencia del río Cali son la comuna 1, 2, 3, 4 y 6.

2.3 Clima y Meteorología

De acuerdo con el régimen de precipitación, la ciudad de Santiago de Cali presenta en el año una distribución bien definida con dos períodos húmedos y dos períodos secos, a saber:

Períodos secos:	enero – febrero y junio – septiembre
Períodos húmedos:	marzo – mayo y octubre – diciembre

La precipitación de la ciudad de Cali varía entre 1300 mm/año en el sur y 1000 mm/año en el norte, aumentando en la dirección Suroeste. En la parte montañosa del municipio la precipitación varía entre los 1300 mm/año y los 3000 mm/año.

En general, las temperaturas promedias en el área de estudio fluctúan entre los 24 ºC en la parte mas baja y los 10 ºC en las partes más altas.

Para la ciudad de Cali, la variación media mensual de la humedad relativa presenta a lo largo del año una distribución con valores mayores en los meses de Mayo y Noviembre y bajos en los meses de enero – febrero y julio – agosto; los valores extremos de humedad están entre el 45 y 98% y un promedio anual entre el 65% en la estación San Luís al Norte y 73% en la estación de Univalle al Sur.

Con relación al régimen de vientos, en el área de estudio se presentan dos clases de corrientes adiabáticas; la primera y más importante es la que se dirige de la parte alta de la cordillera hacia el valle y que se presenta, generalmente entre las 3 y 6 de la tarde, los vientos tienen una dirección W-E y alcanzan velocidades de 3 m/s. La segunda corriente de menor importancia, es la que en las horas de la mañana se dirige desde el Valle hacia la cordillera, esta corriente tiene sentido inverso a la anterior y presenta menor intensidad y velocidad[1].

2.4 Hidrografía

La red hidrográfica del municipio de Santiago de Cali está conformada por siete ríos principales: Cauca, Cali, Aguacatal, Pance, Lili, Meléndez y Cañaveralejo; en general, la red tiene una dirección predominante Oeste-Este; con excepción del río Cauca que cruza en sentido Sur – Norte, los demás seis ríos principales atraviesan la ciudad en sentido Oeste – Este.

El río Cali nace en la parte alta de los Farallones y en su nacimiento es alimentado por una gran cantidad de quebradas como La Soledad, El Cedro, El Cidral, El Pedregal, El Bosque, Agua

Bonita, Las Nieves, Guabay, El Llanto, Santa Ana y el río Pichindé, ya en la parte media y baja drenan las quebradas El Cabuyal, El Buen Vivir, Normandía y Menga, además se encuentra el río Aguacatal que es el principal tributario natural del río Cali.

El río Aguacatal nace cerca del sitio donde coinciden las divisorias de aguas de tres cuencas hidrográficas: Aguacatal, Arroyohondo y la vertiente del Pacífico, a unos 2000 m.s.n.m, y luego de un recorrido extremadamente encañonado de cerca de 15 Km. desemboca en el río Cali, ya dentro del perímetro urbano occidental de la ciudad de Cali. Por la margen derecha recibe las quebradas Agua Clara, La María, Argelia, San Miguel, El Saladito y San Pablo, las cuales nacen un poco abajo del divorcio de aguas con la vertiente del Pacifico. Por la margen izquierda, recibe la quebrada Palerno, Ocampo, El Vergel, La Florida, La Gorgona, la Castilla y la quebrada El Chocho, que es el principal tributario del Aguacatal.

3 Metodología

La Figura 2 ilustra la metodología utilizada para la ejecución del Proyecto, la cual contempló cuatro aspectos principales: determinación de cantidad y calidad del agua de los ríos, identificación de usos del agua, identificación de vertimientos a los ríos y definición de aspectos socioeconómicos de la población asentada en las márgenes de los ríos. Se observa cómo para efectuar la identificación de la situación ambiental se planteó la necesidad de conocer la relación Río – Comunidad y por lo tanto, las actividades que surgen a partir de ésta: asentamientos humanos, tomas de agua y vertimientos al río.

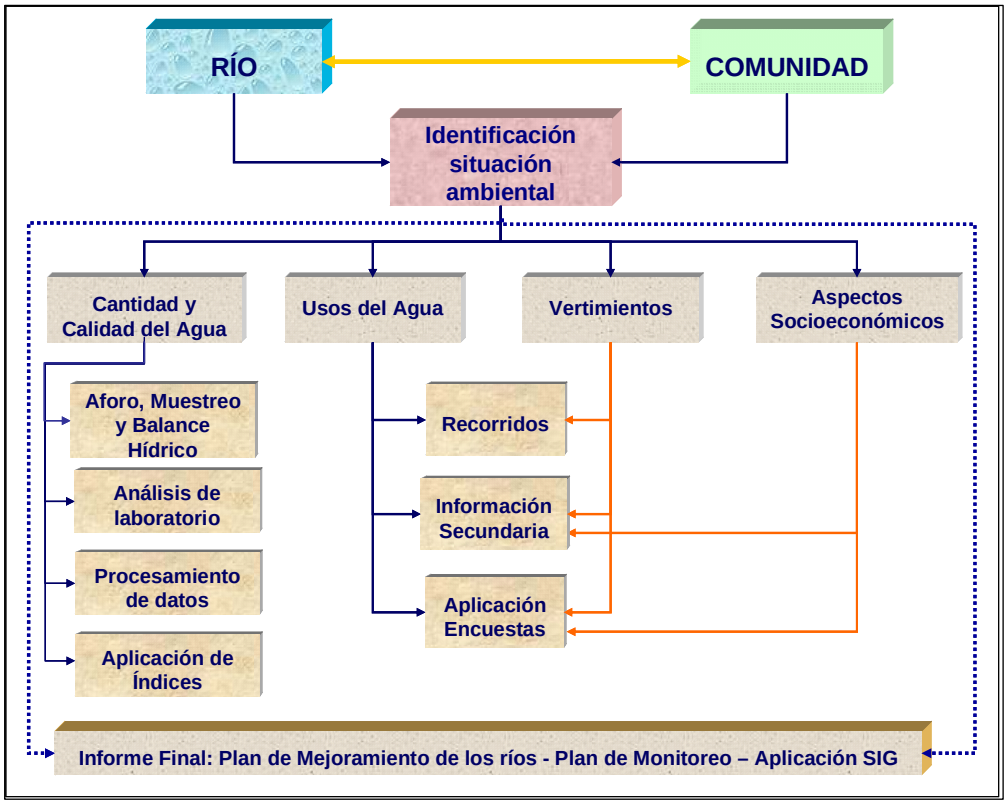


Figura 2. Diagrama de la Metodología del Proyecto

Inicialmente, se efectuó la recolección e información de información existente sobre las corrientes de agua objeto de estudio; posteriormente, se realizó la identificación de sitios y responsables por vertimientos y tomas de agua, la cual se efectuó en tres etapas: recorridos,

geo-referenciación de los sitios identificados en la inspección sanitaria utilizando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y la aplicación de una encuesta que permitiera complementar la información sobre responsables por vertimientos y tomas de agua. Esta actividad se complementó con información preliminar del inventario de usuarios del recurso hídrico y del catastro de redes de alcantarillado en las zonas aledañas a los ríos.

Posteriormente, se determinó la cantidad y calidad de agua de los ríos, aplicando el programa de muestreo que se presenta en la Tabla 1. En la Tabla 2 se presenta la descripción de las estaciones de monitoreo sobre los ríos.

Tabla 1. Resumen Programa de Aforo y Muestreo – Ríos Cali y Aguacatal

Variable	Río	
	Cali	**Aguacatal**
Periodos evaluados	2	3
Condición climática evaluada	Invierno Verano	Invierno Verano Intermedia
Puntos de Monitoreo en el río	6	5
Número de días de Muestreo en el río/periodo	3	3
Tipo de Muestra	Compuesta	Compuesta
Horas de composición de muestras en el río	4	4
Intervalo de toma de alícuotas para composición de muestra(minutos)	30	30
Jornada de Muestreo en el río (hh:mm)	10:00 – 14:00	10:00 – 14:00
Fechas muestreo del agua de los ríos (dd/mm/aa)	23/11/05 24/11/05 25/11/05 09/08/06 10/08/06 11/08/06	05/12/05 06/12/05 07/12/05 22/02/06 23/02/06 24/02/06 24/07/06 25/07/06 26/07/06
Intervalo de medición de caudal, pH y temperatura (minutos)	30	30

A las muestras de agua colectadas de acuerdo con el programa descrito anteriormente, se les efectuaron los siguientes análisis fisicoquímicos y bacteriológicos: Alcalinidad Total, Cloruros, Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Dureza Total, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sulfatos, Turbiedad, Detergentes, Oxigeno Disuelto, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo, Zinc, Coliformes Totales, Coliformes Fecales.

Tabla 2. Puntos de Monitoreo sobre los ríos

Estación de Muestreo	Descripción	
	Cali	**Aguacatal**
1	Inicio del área urbana, antes de la sede social de EPSA	Inicio del área urbana, sector de Montañitas.
2	10 m. antes de recibir el río Aguacatal.	Aguas abajo del puente colegio COUSACA (Av. 9 No. 19C-100).
3	Frente al Hotel Intercontinental	Antes de recibir la quebrada El Chocho, detrás de los Bomberos del Aguacatal.
4	Frente a la Clínica de los Remedios.	Después de recibir la quebrada El Chocho, detrás del colegio Liceo Santa Mónica.
5	30 m. aguas abajo del puente sobre Calle 70.	Antes de su desembocadura al río Cali, aguas abajo del puente vehicular de la Av. 4 Oeste.
6	Antes de la desembocadura al Río Cauca.	

La Tabla 3 presenta el programa de aforo y muestreo de los principales vertimientos caracterizados y que descargan a los ríos Cali y Aguacatal. El listado de vertimientos en cada río se presenta en la Tabla 4, en la cual se identifica además la margen del río sobre la cual está ubicado el vertimiento.

En el caso de los vertimientos, los análisis efectuados a las muestras fueron: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Grasas y Aceites; en los casos de la descarga del colector de la calle 44 (río Cali) y de la quebrada El Chocho (río Aguacatal), se efectuaron adicionalmente los siguientes análisis: Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc.

Tabla 3. Resumen Programa de Aforo y Muestreo – Vertimientos a los ríos

Variable	Río Cali		Río Aguacatal	
	Invierno	**Verano**	**Invierno**	**Verano**
Vertimientos caracterizados	16	16	6	6
Días de Muestreo	2	2	2	2
Tipo de Muestras	Compuestas y puntuales*	Compuestas	Compuestas	Compuestas
Horas de composición de muestras	6	6	6	6
Intervalo toma de alícuotas (minutos)	30	30	30	30
Jornada de Muestreo (hh:mm)	10:00 – 16:00	10:00 – 16:00	10:00 – 16:00	10:00 – 16:00 08:00 – 14:00**
Fechas de muestreo (dd/mm/aa)***	29/11/05 30/11/05 01/12/05 02/12/05	14/08/06 15/08/06 16/08/06 17/08/06	12/12/05 13/12/05	27/07/06 02/09/06
Intervalo de medición de caudal, pH y temperatura (minutos)	30	30	30	30

* En los casos de efluentes provenientes de marraneras y del proceso del cocimiento del chontaduro, se tomaron muestras puntuales en los momentos en que se genera el vertimiento.

** Esta caracterización se realizó un día sábado y por lo tanto, se modificó la jornada del muestreo.

*** Los vertimientos en el río Cali fueron caracterizados en dos etapas, evaluando en cada una 8 vertimientos.

Para la evaluación de la calidad del agua mediante los índices de calidad, se aplicó el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) determinando su valor en cada punto de monitoreo, teniendo en cuenta sus usos actuales y potenciales. Como complemento se evaluaron los Índices de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), por Mineralización (ICOMI) y por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).

Adicionalmente, se realizó el balance hídrico para las condiciones climatológicas de invierno y verano en ambos ríos, determinando las principales entradas y salidas de agua en cada tramo evaluado, siguiendo la masa de agua (volumen de control) y calculando los tiempos de viaje entre los tramos. Esta actividad se efectuó aplicando un programa de aforos puntuales en cada uno de los puntos de monitoreo sobre los ríos Cali y Aguacatal, así como en los principales vertimientos y tomas de agua identificados a lo largo del recorrido de éstos por el área urbana del municipio de Cali.

Tabla 4. Identificación de Vertimientos Caracterizados

Número	Vertimientos al río Cali		Vertimientos al río Aguacatal	
1	Quebrada El Cabuyal.	MD	Aguas residuales - Av. 8B Oeste con Calle 31, sector Las Palmas II (a)	MD
2	Efluente PTAR Zoológico	MD	Aguas residuales Las Palmas II (b)****	MD
3	ARD, Restaurante Cali Viejo*	MD	Aguas residuales Altos del Aguacatal. Av. 8 Oeste con Calle 21 ****	MD
4	ARD. Av. 1 con calle 13 Oeste (Sta. Teresita)	MD	Pasaje No. 5. Av. 8 Oeste con Calle 21	MD
5	ARD, Calle 7 Oe – Av. 1	MI	Aguas residuales Urbanización El Aguacatal. Av. 12 Oeste con Calle 13	MD
6	ARD, Calle 7 Oe – Av. 1*	MI	Quebrada El Chocho	MI
7	Río Aguacatal.	MI	Estructura de separación. Calle 6 Oeste***	MD
8	ARD, Av 1 – Calle 1 Oe*	MI	Estructura de separación'. Av. 5 Oeste con Av. 4 Oeste ***	MI
9	Excesos Planta Río Cali. Av. 1 – calle 4 Oeste.	MD		
10	AR, Parque del Chontaduro	MD		
11	Cocimiento de chontaduro**	MD		
12	ARD, sector La Merced	MI		
13	Aguas residuales, Calle 44N	MI		
14	Canal Vipasa**	MI		
15	ARD, Colector Palmolive*	MD		
16	Marranera B/. Camilo Torres**	MI		
17	Canal Acopi	MI		
18	Colector marginal izquierdo	MI		
19	ARI, sector industrial Acopi-Yumbo	MI		
20	Marranera Jarillón de Floralia**	MI		

* Caracterizados solo en período de verano
** Caracterizados solo en período de invierno
*** Caracterizados únicamente en diciembre/05
**** Caracterizados únicamente en julio y septiembre/06
MD: Margen derecha del río
MI: Margen Izquierda del río

Una vez terminado el trabajo de campo (aforos y muestreos) y realizados los análisis de laboratorio, se inició la primera fase del procesamiento de los datos obtenidos, la cual consistió en calcular estadísticas descriptivas y realizar gráficos de todos los parámetros en todos los puntos, con el objetivo de conocer las características específicas de estos parámetros y, con base en estos resultados, definir el procesamiento más adecuado. Posteriormente, se procedió con el cálculo de índices de calidad de agua (ICA – NSF) y de contaminación (ICO) y con el montaje del Sistema de Información Geográfico (SIG), de tal manera que los "datos" obtenidos en las primeras actividades del Proyecto fueron convertidos en "información" útil para cumplir con el objetivo del Estudio.

Utilizando la información primaria y secundaria se plantearon las bases para un plan de mejoramiento de estos ríos, herramienta que servirá al DAGMA para iniciar una serie de medidas planificadas y eficientes que busquen la recuperación de estas corrientes superficiales de agua. Finalmente, se realizó la formulación de un Plan de monitoreo para la evaluación, el control y la vigilancia de la calidad del agua de ambos ríos.

4 Río Aguacatal

4.1 Generalidades

El río Aguacatal nace en los límites de los municipios de Dagua, La Cumbre, Yumbo y Cali y desemboca en el río Cali a la altura del barrio Normandía. La cuenca de este río, con una longitud de 14,12 Km., abarca un área aproximada de 6179 Ha, distribuidas entre cinco corregimientos del municipio de Cali (Golondrinas, La Castilla, La Paz, La Elvira y El Saladito) y el barrio Terrón Colorado (área urbana).

En los corregimientos de Golondrinas y de Montebello se realiza la explotación de canteras y de minas de carbón como actividades económicas predominantes; los corregimientos de La Castilla, La Paz y La Elvira son los menos poblados de la cuenca, teniendo apenas cada uno de ellos un pequeño núcleo poblacional que llevan el mismo nombre del respectivo corregimiento y el resto de su escasa población vive muy dispersa.

A nivel regional, la cuenca del río Aguacatal se encuentra dividida en alta, media y baja, correspondientes respectivamente a formas de vertientes, colinas y formas aluviales, predominando áreas quebradas con pendientes entre moderadas y abruptas, con disecciones profundas por el socavamiento de los ríos y erosión remontante. La cuenca alta comprende desde el Alto Aguacatal, en los límites de los municipios de Dagua, La Cumbre, Yumbo y Cali, hasta el sector denominado La Playita (coordenadas 110983,14N, 106931,16E); la cuenca media comprende desde el cambio de pendiente a la altura de La Playita hasta la desembocadura de la quebrada El Chocho, en este tramo se observa a simple vista el deterioro de la calidad del agua dado el incremento del número de viviendas establecidas en la zona de protección del río las cuales desechan sus aguas residuales y residuos sólidos al río. Finalmente, la cuenca baja corresponde al sector entre la desembocadura de la quebrada El Chocho y la desembocadura del río Aguacatal en el río Cali, en el barrio Normandía a la altura de la Avenida 4 Oeste.

En la zona urbana, la cuenca del río Aguacatal está compuesta básicamente por la Comuna 1 conformada por los barrios Terrón Colorado, Vista Hermosa, Sector Patio Bonito, La Legua, Palermo y Aguacatal. En esta parte de la cuenca, el uso del suelo está predominado por la actividad residencial y en menor grado, por zonas de bosque. Por la margen derecha, recibe las quebradas Agua Clara (y sus afluentes las quebradas La Esmeralda y San Gabriel), La María, Argelia, San Miguel, El Saladito y San Pablo, las cuales nacen un poco abajo del divorcio de

aguas con la vertiente del Pacifico. Por la margen izquierda, aguas abajo, el río Aguacatal recibe las aguas de las quebradas Palerno, Ocampo, El Vergel, La Florida, La Gorgona, la Castilla y la quebrada El Chocho, que es el principal tributario del Aguacatal y que a su vez recibe efluentes de canteras y de minas de carbón explotadas a lo largo de su curso y la mayor parte de las aguas servidas de Montebello, Golondrinas y la vereda Campoalegre.

En la zona urbana, el río Aguacatal es usado para el lavado de ropa, para fines ornamentales (lago del club "la Ribera"), para extracción de balasto del río y como receptor de residuos sólidos y líquidos (ver Fotografía 1).

Lavado de Ropa en el Caserío Montañitas

Extracción de Balasto Sector La Playita

Depósito de Basuras Sector Montañitas bajo

Depósito de Basuras Sector La Playita

Fotografía 1. Usos del río Aguacatal en el área urbana de Cali

La disposición de basuras en el río es un aspecto crítico que deteriora no sólo la calidad del agua del río y el paisaje, sino que aumenta la vulnerabilidad de inundación de los asentamientos ubicados en las riberas del río, al ser arrastradas con las lluvias y causar represamientos al flujo del agua, especialmente en los puentes.

4.2 Amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el área de estudio

En la mayor parte del recorrido del río Aguacatal se observan zonas de laderas con pendientes pronunciadas. Se observan zonas de amenaza media por movimientos en masa en los sectores de las canteras de Saratoga, Rocales y El Chocho, donde se generan procesos erosivos concentrados debido al mal manejo ambiental y la pérdida de capa vegetal, entre otros. En los asentamientos las Palmas I y II, Alto Aguacatal y Realengo se observa un grado alto de amenaza por movimientos en masa, determinado por las altas pendientes (mayores a 30º),

suelo con poco espesor y alta infiltración, lo cual puede originar deslizamientos y flujos de lodos que al llegar hasta el río generan una alta amenaza para los asentamientos humanos aguas abajo.

La ocupación de las llanuras fluviales incrementa el riesgo por inundación, situación predominante en el río Aguacatal, ya que se encuentran varios sectores de viviendas localizadas en zonas de alto riesgo. En el barrio Alto aguacatal, específicamente en el sector de Puente Amarillo y Puente Azul, se producen inundaciones en el valle debido a puntos críticos, como puentes que reducen considerablemente la sección del cauce. Este sector se cataloga como de amenaza alta por inundación debido a la presencia de asentamientos subnormales en las orillas del río.

Las amenazas antrópicas están ligadas tanto al manejo de los recursos naturales como al manejo de los subproductos y/o efluentes de procesos productivos. En el caso del río Aguacatal, la amenaza antrópica se genera debido a los asentamientos de población en la zona de protección del río, así como actividades de explotación minera, extracción de materiales de construcción, deforestación y actividades industriales a pequeña escala (rallandería).

La cuenca del río Aguacatal es vulnerable a la erosión, la cual aumenta el lavado de sedimentos y la turbiedad del agua, fenómeno bastante notorio en el río Aguacatal y la quebrada El Chocho, debido a la actividad minera de explotación de carbón y extracción de materiales para construcción; estos factores afectan directamente la flora y fauna acuática.

Con relación a la infraestructura construida para el servicio de la comunidad, el sector de Altos del Aguacatal es altamente vulnerable ante los fenómenos de crecientes del río, ya que los puentes del sector presentan poca capacidad hidráulica y ocasionan estrechamiento de la sección del río en esos puntos, aumentando la velocidad del agua e incrementando su poder erosivo y por ende el efecto de inundación por la margen derecha del río, donde actualmente se encuentran asentamientos que han invadido su cauce. Durante mayo de 2006 fue posible constatar la situación descrita anteriormente, ya que las precipitaciones ocurridas en ese mes causaron crecientes del río Aguacatal, el cual se salió de su cauce normal en el sector de Altos del Aguacatal, provocando socavación de las márgenes y arrastre de estructuras de contención (muros en gaviones), afectando la carretera que conduce al sector de La Playita y que soporta el tráfico de las volquetas de Rocales y Concretos S.A (ver Fotografía 2).

En cuanto a los asentamientos, Altos del Aguacatal es el sector más vulnerable por deslizamientos debido a las altas pendientes del terreno. Es posible que con ciertas medidas preventivas y correctivas se pueda mejorar su estabilidad y disminuir la amenaza de todo el sector. Las principales obras se deben enfocar en el manejo de las aguas servidas, las cuales actualmente son evacuadas por mangueras y tuberías rotas y en muy mal estado, permitiendo la infiltración de volúmenes considerables de agua que repercuten negativamente en la estabilidad del suelo.

Fotografía 2. Efectos de creciente del río Aguacatal (mayo de 2006)

4.3 Estudio Socioeconómico

La Tabla 5 presenta la distribución de población asentada en la franja de protección forestal del río Aguacatal (equivalente a 30 metros medidos en ambas márgenes del río a partir de los bordes del cauce), durante su recorrido por el área urbana del municipio de Cali. El estrato predominante fue el 1, presentado un porcentaje del 98.1%. El restante 1.9% corresponden al estrato 2.

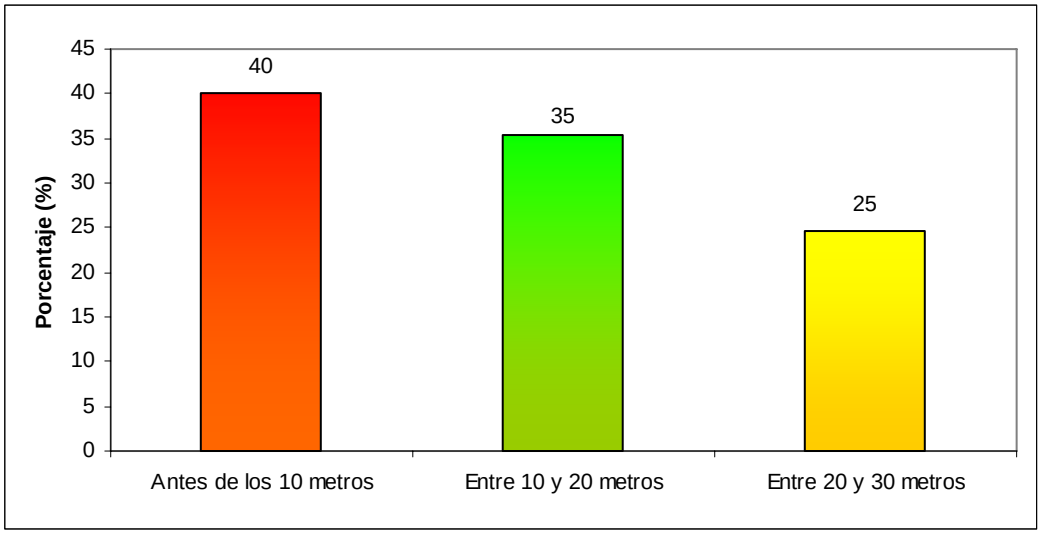
Tabla 5. Estimación de la población – franja de protección forestal – Río Aguacatal

Barrio o Sector	Número de Viviendas	Número promedio de habitantes x vivienda	Población Estimada
Montañitas	40	5.2	207
La playita	60	4.1	247
Alto Aguacatal	70	5.2	367
Bajo Aguacatal	90	4.8	433
Total	**260**	**4.8**	**1253**

Fuente: Información primaria. Encuesta Río Aguacatal – Univalle

Con relación al grado de escolaridad del jefe del hogar en las viviendas ubicadas en la zona de protección forestal del río, se encontró que el 81.2% no alcanzan el nivel educativo de bachiller; este porcentaje se distribuye así: 7.1% no cuenta con ningún grado de escolaridad, 33.5% no han culminado la primaria, 23.2% han terminado los estudios de primaria, y el 17.4% restante ha cursado algunos grados de secundaria, sin llegar a terminar este ciclo educativo.

Considerando los 30 metros que establece la reglamentación ambiental vigente como zona de protección forestal del río, se presenta en la Gráfica 1 la distribución de las viviendas por su ubicación respecto al margen del río Aguacatal. Se observa que el 40.0% de las viviendas ubicadas en la zona de protección y que posiblemente utilizan el río como receptor de efluentes líquidos o sólidos se encuentran a menos de 10 metros del cauce del río, el 35.5% se encuentran entre los 10 y 20 metros y el 24.5% entre los 20 y 30 metros.



Gráfica 1. Distancia en metros desde el cauce del río hasta la vivienda - zona de protección forestal río Aguacatal

Con relación a las formas de tenencia de la vivienda, se encontró que el mayor porcentaje corresponde a casa propia (71.6%). El 78.7% del total de las viviendas tienen construido un solo piso; el mayor porcentaje de viviendas con dos pisos construidos se presentó en el barrio bajo Aguacatal.

La Tabla 6 presenta el porcentaje de cobertura de prestación de los servicios públicos domiciliarios; se encontró que la cobertura del servicio de acueducto es superior al 75% en todos los sectores identificados sobre la franja de protección del río; la cobertura de aseo y recolección de basuras en estos sectores es mayor del 94%, excepto el sector de Montañitas que posee solo 4.2% de cobertura de este servicio, esto puede deberse al difícil acceso a las viviendas de este sector. En el sector de Bajo Aguacatal el cubrimiento de los servicios de acueducto y recolección de basuras es del 100%. Se resalta la nula cobertura del servicio de alcantarillado en el sector de Montañitas y la baja cobertura de este servicio en el sector de La Playita (30.6%). Los barrios que cuentan con mayor cobertura de alcantarillado son el Alto y Bajo Aguacatal y Bajo Aguacatal.

Tabla 6. Cobertura de servicios públicos domiciliarios – río Aguacatal

Servicio Público Domiciliario	% de Cobertura por sector				
	Montañitas	La Playita	Alto Aguacatal	Bajo Aguacatal	Total
Acueducto	75.0	100	95.2	100	94.8
Energía	100	100	100	100	100
Alcantarillado	0.0	30.6	71.4	73.6	51.6
Recolección de Basuras	4.2	94.4	97.6	100	83.2
Teléfono	8.3	77.8	38.1	81.1	57.4
Gas Natural	0.0	0.0	0.0	3.8	1.3

Fuente: Información primaria. Encuesta río Aguacatal – Univalle 2006

De acuerdo con los resultados de la aplicación de las encuestas, el 38.7% de las viviendas ubicadas en la zona de protección del río Aguacatal vierten sus aguas residuales a la corriente superficial y el 9.7% manifiesta tener algún sistema de tratamiento. Según datos colectados por la encuesta y también por observación de campo durante los recorridos, el sistema de

tratamiento más utilizado es el tanque séptico; sin embargo, es importante aclarar que estos sistemas normalmente no cumplen con las especificaciones técnicas y casi siempre descargan al río, por lo tanto, se puede afirmar que el 48.4% de las viviendas vierten sus aguas residuales al río. Del 48,4% de las viviendas que vierten aguas residuales al río, el 90.7% descargan Aguas Residuales Domésticas (ARD) exclusivamente y el 9.3% vierten, además de las ARD los efluentes líquidos provenientes de actividades agropecuarias (porcicultura, avicultura y cultivos); con excepción de la marranera que se encuentra ubicada en frente del barrio Alto Aguacatal, las viviendas que se dedican a la actividad agropecuaria se encuentran localizadas en el sector de montañitas.

Además de consultar sobre la prestación del servicio público de recolección de basuras, se indagó sobre cómo se disponen las basuras en la vivienda, esto con el fin de identificar hábitos en la comunidad referentes al vertimiento de basuras en el río. La mayoría (80.6%) de los habitantes de estas residencias expresaron que entregan sus basuras al carro recolector; sin embargo, se observaron cantidades significativas de residuos sólidos en el río.

El estudio socioeconómico evidenció que a pesar de que las personas ubican sus viviendas a la orilla de río, en su mayoría manifiestan no tener ningún grado de interacción con él; es así como el 89.9% de las personas encuestadas indican que no realizan ninguna actividad en él. Del 10.1% de los encuestados que manifestó usar el río, el 5.8% indicó que lo usa para lavar ropa y carros, el 2.8% expresan utilizar el río para actividades recreativas de contacto directo (bañar) y el 1.4% como deposito de basuras.

A continuación se describen las instituciones y establecimientos comerciales que se identificaron en la zona de protección del río Aguacatal; en general, todos estos establecimientos cuentan con los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

- **Instituciones educativas**

- Centro Infantil “Mi Bebé Feliz”. Localizado sobre la margen izquierda del río, en la Avenida 15 Oeste Nº 9-305, a menos de 10 metros del cauce del río.
- El Jardín de Carla Ltda. Avenida 15 Oeste Nº 10 - 50, sobre la margen izquierda del río.
- Manita Ltda. Está localizada sobre la margen derecha del río, en la Avenida 12 Oeste Nº 15-20, a menos de 10 metros del cauce del río.
- Colegio Universitario Santiago de Cali. Institución de carácter semi-privado ubicada en la Avenida 9 Oeste Nº 19C1 – 100, sobre la margen derecha del río a menos de 10 metros del cauce, en un predio del Municipio cedido en comodato para el desarrollo del convenio existente entre la Alcaldía y la Universidad Santiago de Cali. Posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras), sin embargo tiene una conexión directa de aguas residuales localizada debajo de la portería.
- Colegio Nuestra Señora del Pilar. Esta institución de carácter privado está ubicada en la Vía Aguacatal Km. 2.5, sobre la margen izquierda del río a menos de 10 metros del cauce. Las aguas residuales generadas son vertidas directamente al río sin ningún tipo de tratamiento.

- **Empresas de Servicios**

- Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali. Ubicado sobre la margen izquierda del río, en la Avenida 15 Oeste Nº. 10 - 41, a menos de 10 metros del cauce del río. El predio posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras) y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él.

- **Industria**

- Rocales y Concretos S.A. Localizada sobre la margen izquierda del río en la Calle 9 Oeste Nº 23 Bis-28, entre los 20 y 30 menos del cauce del río. La actividad que desarrolla la industria es la extracción y trituración de material para construcción. La industria cuenta con 10 empleados. El predio posee los servicios públicos de energía, y alcantarillado. La industria tiene como fuente de abastecimiento un nacimiento de agua y, en cuanto a la recolección de basuras, los empleados expresaron que se retiraba del predio en sus propios vehículos (volquetas).

- Rallandería de Yuca. Está localizada pocos metros aguas arriba del sector conocido como Puente Azul. En la Fotografía 3 se presentan las instalaciones internas del lugar y el vertimiento identificado.

Fotografía 3. Instalaciones y vertimiento al río Aguacatal de la rallandería ubicada sobre la margen izquierda, antes de "Puente azul"

- **Centros Recreativos**

- Club la Ribera. ubicado en la Avenida Aguacatal Nº 12 – 75, sobre la margen izquierda del río, a menos de 10 metros de su cauce. Como fuente de abastecimiento tiene un pozo profundo y para uso ornamental realiza una captación del río a través de un canal de derivación.

- Fundación Hogares Claret dedicada a la rehabilitación de personas con problemas de drogadicción y ubicada sobre la margen derecha del río en la Avenida 9C Oeste Nº 19C – 10, a menos de 10 metros con respecto al cauce del río. El predio posee los servicios públicos básicos.

4.4 Identificación de Responsables de Vertimientos y Captaciones de Agua

4.4.1 Vertimientos

A partir de los recorridos por el río Aguacatal se identificaron **111 vertimientos**, de los cuales 65 de ellos están localizados sobre la margen derecha del río y 46 están sobre la margen izquierda. La Tabla 7 muestra el listado de vertimientos identificados, una breve descripción de cada uno y los responsables identificados a través de revisión de información secundaria, los trabajos de campo y las indagaciones realizadas.

Tabla 7. Vertimientos puntuales identificados en el río Aguacatal

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Derecha	Viviendas caserío Montañitas	Aguas grises, provenientes de lavaderos y lavamanos de viviendas del sector.	Habitantes del sector
Derecha	Caserío Montañitas	Vertimiento que se origina en estructura de derivación del alcantarillado de la Av. 6 Oeste con Calle 29 (vía al mar), desciende por la vía del sector Las Palmas II, continuando su recorrido por debajo de canal de aguas lluvias, cayendo luego en forma de cascada por formación rocosa para después atravesar la vía que conduce a Montañitas por una tubería de ϕ 24'' y, finalmente, llegar al río por escurrimiento superficial sobre la ladera.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Izquierda	Montañitas parte baja	Dos tubos descargan aguas grises provenientes de las casas ubicadas en esta margen.	Habitantes del sector
Izquierda	Caserío Montañitas, parte baja	Aguas residuales descargadas con manguera, provenientes de vivienda ubicada en esta margen	Habitantes del sector
Izquierda	Caserío Montañitas, parte baja	Tubo ϕ 2'', aguas residuales domésticas.	Habitantes del sector
Derecha	Caserío Montañitas, parte baja	Aguas residuales domésticas provenientes del sector Las Palmas II.	Habitantes Las Palmas II
Derecha	Caserío Montañitas, parte baja	Aguas grises provenientes de una vivienda. El agua escurre por una zanja en tierra hasta llegar al río	Habitantes del sector
Izquierda	Caserío Montañitas, parte baja	Aguas grises provenientes de una vivienda.	Habitantes del sector
Derecha	Sector La Playita	Tubo en concreto, aguas residuales domésticas	Habitantes del sector
Derecha	Sector La Playita, Av. 9 Oeste entre Calles 24 y 25 Oeste	Descargas puntuales de viviendas ubicadas sobre muro de contención.	Habitantes del sector
Izquierda	Sector La Playita, bajo muro de piedra	Tubo que viene del establo	Propietario del establo
Derecha	Sector Puente Azul	Aguas de desecho provenientes de una industria dedicada a la elaboración de almidón de yuca.	Propietario del establecimiento comercial
Izquierda	Antes de marranera del sector Puente Azul	Aguas residuales que escurren por las rocas ubicadas en la ladera, provenientes de una vivienda.	Habitantes de la vivienda
Izquierda	Sector Puente Azul	Aguas residuales de marranera (13 cerdos)	Propietario de la marranera
Derecha	Puente Azul	Tubo que conduce aguas residuales que escurren por el suelo.	Habitantes del sector
Izquierda	Puente Azul	Aguas grises provenientes de un Kiosco	Habitantes de la vivienda
Derecha	Después de Puente Azul	Aguas residuales domésticas de viviendas ubicadas sobre barranco. Dos tubos ϕ 2''	Habitantes de las viviendas
Derecha	Después de Puente Azul	Aguas residuales domésticas	Habitantes del sector
Derecha	Sector de Altos de Aguacatal, 10 m después del puente peatonal.	Aguas residuales domésticas, estructura de entrega con chapaleta; provienen de alcantarillado pluvial con conexiones erradas de las viviendas del barrio Alto Aguacatal ubicadas en esta ladera.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Sector de Altos de Aguacatal, 20 m después del puente peatonal.	Aguas residuales domésticas que proceden de una cámara de alcantarillado que se obstruye continuamente.	EMCALI E.I.C.E E.SP

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Izquierda	Detrás de cancha de fútbol Av. 9 Oeste – Calle 20 Oeste	Aguas residuales domésticas, estructura de entrega. Tubo en concreto, ϕ 21''	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Av. 8 Oeste – Calle 21. Al lado de puente peatonal	Pasaje No. 5. Aguas combinadas, canal profundo, ancho y con alta pendiente. Este canal recoge el drenaje de aguas lluvias y posee conexiones erradas, según información suministrada por EMCALI y corroborada en inspecciones de campo.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Av. 8 Oeste – Calle 21. Al lado de puente peatonal	Escurrimiento de aguas residuales por la ladera.	Habitantes del sector
Derecha	10 m antes del puente colegio COUSACA	Descarga con aspecto de quebrada. Se observa gran cantidad de basuras.	Habitantes del sector
Derecha	Colegio COUSACA Av. 9 Oeste No. 19C-100	Aguas combinadas compuestas por el drenaje de aguas lluvias de la calle y del colegio y por las aguas residuales provenientes de la caseta de vigilancia de este colegio y de obstrucción de alcantarillado.	EMCALI E.I.C.E E.SP y colegio COUSACA
Izquierda	Av. 9E Oe No. 19C-10	Ruptura de colector de aguas residuales domésticas, ocurrida antes del último período de monitoreo del río, después de efectuada la georeferenciación.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Detrás de jardín infantil Nanitas Calle 16 Oeste – Av. 12 Oeste	Aguas residuales domésticas.	No definido
Derecha	Av. 12 Oeste – Calle 14	Canal de aguas lluvias El Aguatico. Conduce las aguas provenientes de una estructura de separación del alcantarillado combinado del barrio Terrón Colorado, según los planos de alcantarillado de esta zona suministrados por EMCALI.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Zona verde de la Av. 12 Oeste – Calle 13 Oeste	Aguas residuales domésticas, tubo ϕ 32'', en la caída del agua la cimentación está socavada.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	10 m después de vertimiento anterior, Av. 12 Oeste – Calle 13	Aguas residuales domésticas, tubo en concreto	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	10 m después de vertimiento anterior.	Aguas grises provenientes de una vivienda ubicada en la zona de protección del río en la Av. 12 Oeste (Urbanización El Aguacatal)	Habitantes de esta vivienda
Izquierda	10 m después Puente peatonal Club La Ribera	Agua aparentemente limpia. Estructura de entrega en concreto	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Diagonal estación forestal de los bomberos del Aguacatal, Av. 15 Oeste No. 10-41	Aguas residuales. Tubería con compuerta rectangular metálica; conducto de fuga de estructura de separación, según planos de alcantarillado.	EMCALI E.I.C.E E.SP
Izquierda	Estación forestal de los bomberos del Aguacatal Av. 15 Oeste No. 10-41	Quebrada El Chocho	C.V.C
Izquierda	Al final del muro del Liceo Santa Mónica Av. 15 Oeste No. 9-305	Descarga de aguas grises	No definido
Izquierda	Barrio Bajos de Aguacatal	Viviendas ubicadas en la margen izquierda, sobre la ladera - Bajo Aguacatal	Habitantes de estas viviendas

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Derecha	Diagonal cancha de baloncesto barrio Aguacatal – Calle 6 Oeste	Descarga de aguas residuales combinadas, estructura de separación, tubo en concreto, ϕ 30''	EMCALI E.I.C.E E.SP
Izquierda	Detrás del Monumento a La Mar ubicado en la Av. 5 Oeste con Av. 4 Oeste	Descarga de aguas residuales combinadas, estructura de separación, tubo en concreto, ϕ 26''	EMCALI E.I.C.E E.SP
Derecha	Calle 6 Oeste – Av. 4 Oeste, diagonal al anterior	Descarga de aguas residuales combinadas, estructura de entrega, tubo en concreto ϕ 28''	EMCALI E.I.C.E E.SP

4.4.2 Captaciones de Agua

Durante el recorrido del río Aguacatal por el área urbana del municipio de Santiago de Cali únicamente se identificó la toma de agua realizada por el Club La Ribera; el agua captada es utilizada con fines ornamentales en un lago ubicado al interior de sus instalaciones y retornada luego al río.

4.4.3 Georeferenciación

Como resultado de la jornada de georeferenciación, se obtuvieron las coordenadas de localización amarradas al sistema de coordenadas de Planeación Municipal de la ciudad de Santiago de Cali de 219 puntos de interés en el área de estudio; en la Tabla 8 se presentan las coordenadas de los puntos de monitoreo y vertimientos sobre el río Aguacatal.

Tabla 8. Coordenadas de los puntos de monitoreo y vertimientos sobre el río Aguacatal

Puntos de Monitoreo	Coordenadas	
	Norte	Este
Río Aguacatal: Punto 1, Caserío Montañitas	111418,03	106029,04
Río Aguacatal: Punto 2, puente vehicular colegio COUSACA	110982,76	107851,35
Río Aguacatal: Punto 3, antes quebrada El Chocho	111377,55	108748,84
Río Aguacatal: Punto 4, después quebrada El Chocho	111322,54	108869,23
Río Aguacatal: Punto 5, desembocadura	110849,62	109538,72
Vertimientos monitoreados		
Aguas residuales Las Palmas II (a). Av. 8B Oeste – Calle 31	111269,91	106259,48
Aguas residuales Las Palmas II (b)**	111201,84	106570,34
Aguas residuales Altos del Aguacatal**	110934,70	107826,08
Pasaje No. 5. Av. 8 Oeste – Calle 21	110930,52	107849,06
Aguas residuales Urb. El Aguacatal. Av. 12 Oeste – Calle 13	111369,42	108493,20
Quebrada El Chocho	111364,72	108793,91
Estructura de separación. Calle 6 Oeste*	110966,28	109414,24
Estructura de separación. Av. 5 Oeste – Av. 4 Oeste*	110892,42	109486,23

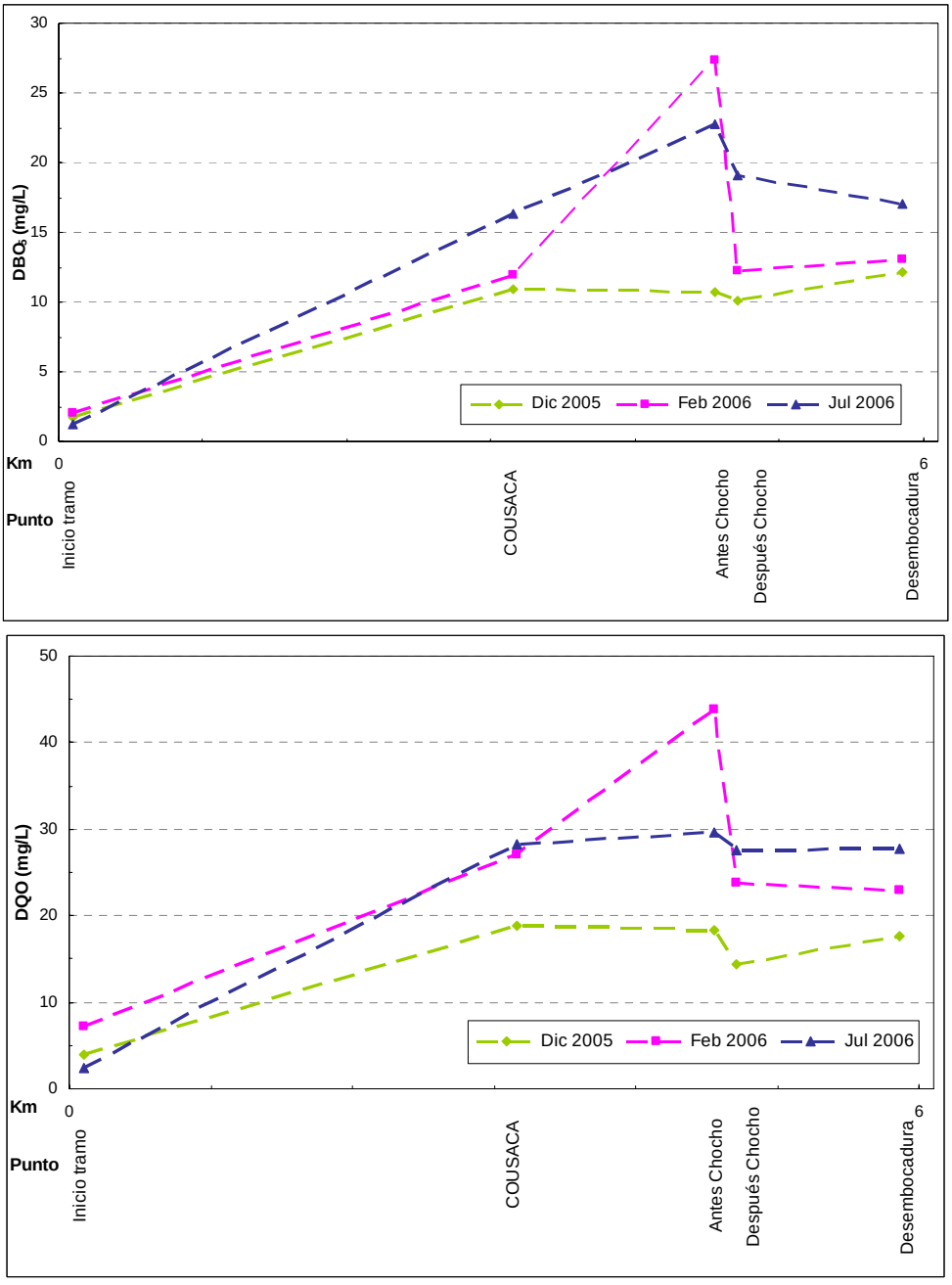
* Vertimientos caracterizados solamente en Diciembre de 2005
** Vertimientos caracterizados solamente en Julio de 2006

4.5 Evaluación de la Calidad del Agua del río Aguacatal

4.5.1 Parámetros de calidad del agua

DQO y DBO_5

La Gráfica 2 presenta la variación promedio de las concentraciones de DQO y DBO_5 en el agua del río Aguacatal para los tres periodos evaluados.



Gráfica 2. Variación promedio de DQO y DBO_5 en el río Aguacatal

En general, en el mes diciembre de 2005 se presentaron los menores valores de DQO y DBO_5, mientras que en julio de 2006 se registraron valores más altos. Es importante resaltar que para la campaña de monitoreo de julio de 2006 se encontraron nuevos vertimientos tales como el de

aguas residuales domésticas frente al colegio COUSACA y que se pudo constatar que provenía de una desviación del agua por obstrucción en la cámara de alcantarillado frente a la portería del colegio; la ruptura sobre la margen derecha del río de un colector de aguas residuales a la altura de la Fundación Hogares Claret y la descarga de una estructura de entrega ubicada después del puente vehicular del Club La Ribera (ver Fotografía 4). Además, es probable que luego de un período de estiaje, las lluvias repentinas presentadas en los días previos a iniciarse la campaña de monitoreo de julio 2006 generaran aumento de la demanda de oxígeno como consecuencia del incremento de materia orgánica proveniente del lavado de los suelos, arrastres de residuos sólidos y resuspensión del lecho del río, incrementando así los valores de las demandas de oxígeno.

Obstrucción de alcantarillado a la altura del colegio COUSACA

Ruptura de colector a la altura de Fundación Hogares Claret

Estructura de entrega, después de puente vehicular Club La Ribera

Fotografía 4. Nuevos vertimientos al río encontrados en julio de 2006

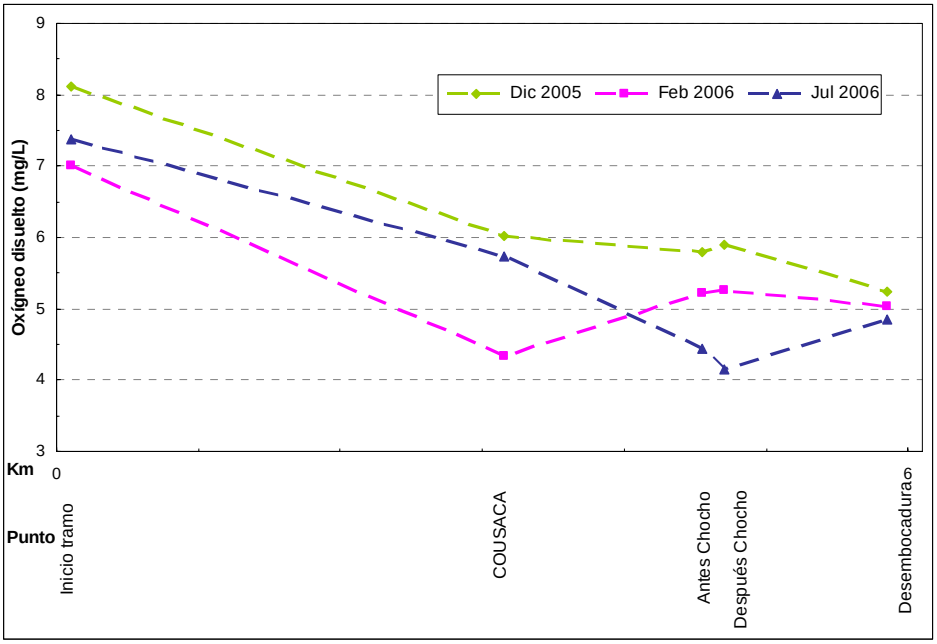
En términos generales, se evidencia el incremento de las demandas de oxígeno en el agua del río Aguacatal en su recorrido por el perímetro urbano de la ciudad de Cali, lo cual es ocasionado por los vertimientos de aguas residuales domésticas que recibe esta fuente. El pico en las curvas observado en el mes de febrero de 2006 en el punto antes de la quebrada El Chocho, estaría asociado con un vertimiento localizado sobre la margen derecha, pocos metros antes de la sección de aforo, que solamente se presentó en este mes y, según planos de EMCALI, correspondería a una estructura de separación con mal funcionamiento.

En las tres campañas de monitoreo, la DQO presenta una disminución del punto 3 al 4, cuya causa podría ser el efecto de dilución que ocasiona la quebrada El Chocho, especialmente si se considera que esta quebrada no presenta valores altos de DQO.

En el sector de Montañitas (inicio del tramo de estudio), la proporción de materia orgánica biodegradable osciló entre 30 y 50%, mientras que en la desembocadura la relación estuvo entre 60 y 70%, lo cual se explica por la cantidad de materia orgánica proveniente de las aguas residuales de tipo doméstico que recibe el río en su recorrido por la ciudad.

Oxigeno Disuelto (OD)

La Gráfica 3 presenta la variación de la concentración promedio de oxígeno disuelto en el agua del río Aguacatal para cada una de las campañas de monitoreo. En términos generales, estas curvas ilustran la tendencia de disminución del oxígeno a lo largo del río como consecuencia de los vertimientos de aguas residuales. Algunas variaciones “atípicas” (incrementos o descensos) en este parámetro podrían estar asociadas a fenómenos como nuevas descargas antes de la sección, eventos repentinos de lluvias previos al muestreo (como en el caso de la campaña de julio de 2006) que ocasionan lavado de suelos y resuspensión del lecho, aportes de sustancias especiales (como el caso de la quebrada El Chocho), entre otros.



Gráfica 3. Variación promedio del oxígeno disuelto en las tres campañas de monitoreo

Los ríos no contaminados deben presentar valores de oxígeno disuelto cercanos a 10 mg/L, las concentraciones menores a 5 mg/L pueden afectar negativamente el funcionamiento y supervivencia de las comunidades biológicas y los valores menores de 2 mg/L pueden ocasionar la muerte de la mayoría de los peces[2]. El Decreto 1594 de 1984 establece una concentración de 4 mg/L para destinar el recurso hídrico a la conservación de flora y fauna. Las concentraciones de oxígeno disuelto determinadas en el punto antes de la quebrada El Chocho (febrero 2006) y antes y después de la dicha quebrada (julio 2006), no cumplen con los requisitos de oxígeno disuelto establecidos en el Decreto 1594 para la destinación del recurso a la conservación de fauna y flora.

A pesar del notorio descenso en la concentración del oxígeno disuelto en el tramo de estudio en el río, con excepción de algunos casos, los valores de éste se mantuvieron en un rango donde no se afecta la vida acuática: en diciembre 2005, los valores de oxígeno disuelto en el punto 1 (inicio) estuvieron alrededor de 8 mg/L y en el punto 5 (desembocadura) alrededor de 5 mg/L; en febrero 2006, la concentración de oxígeno disuelto osciló entre 7 y 5 mg/L para estos mismos puntos y, en julio 2006, el oxígeno disuelto estuvo alrededor de 7,5 mg/L en el inicio y varió entre 4 y 6 mg/L en la desembocadura.

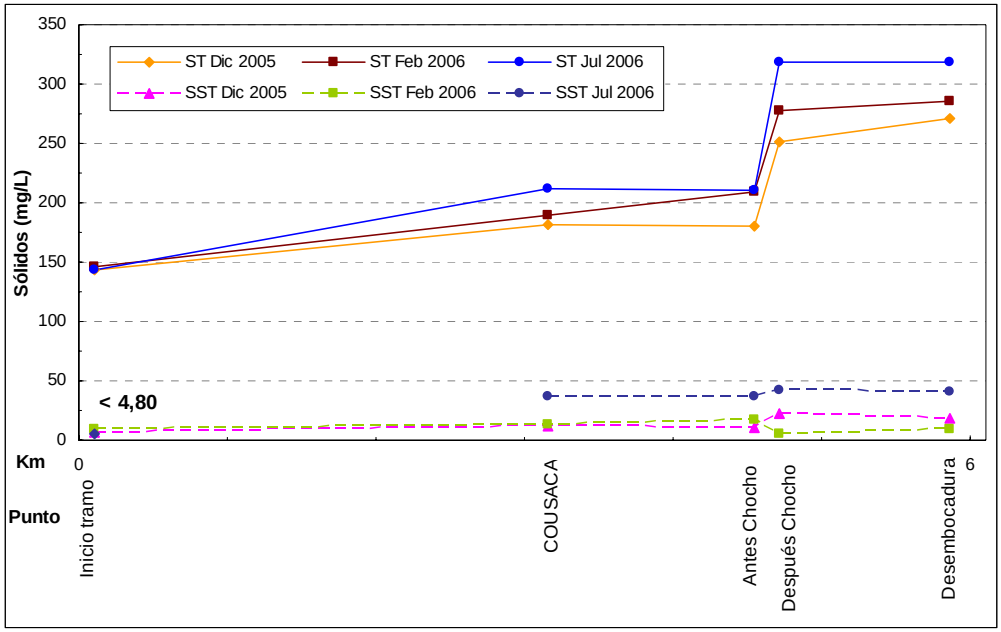
Sólidos (SST y ST)

La Gráfica 4 presenta la variación promedio de concentración de sólidos totales (ST) y sólidos suspendidos totales (SST) a lo largo del tramo de estudio y en los tres periodos evaluados. Los Sólidos Totales (ST) son notablemente mayores a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), estos últimos con concentraciones menores a 50 mg/L, lo cual indica que, en el caso del río Aguacatal, la mayor cantidad de sólidos está presente en el agua como material disuelto; esta fracción de sólidos disueltos en el agua del río se incrementa considerablemente después de recibir la quebrada El Chocho, lo cual es debido a las descargas de drenaje ácido de minas que

[2] UNESCO, 1996. "Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Second Edition"

esta corriente recibe, las cuales se caracterizan principalmente por la acidez, contenido de sulfatos y presencia de metales pesados, en especial hierro, manganeso y aluminio[3].

Las mayores concentraciones de ST y SST se presentaron en julio 2006, hecho que estaría asociado con los eventos repentinos de lluvias antes del muestreo, lo cual favorece el arrastre de material sólido y, en mayor proporción, su solubilización. En promedio, los SST constituyen entre el 5% - 9% de los ST, en la campaña de diciembre 2005; entre el 2% - 8%, en febrero 2006 y entre el 3% - 17%, en julio 2006.



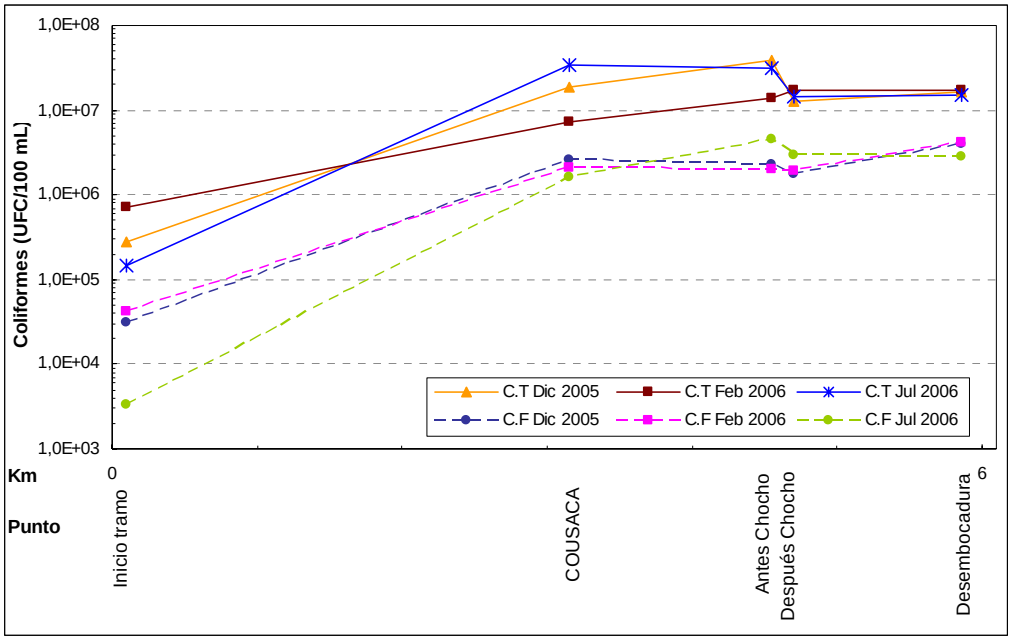
Gráfica 4. Variación promedio de los sólidos en el río Aguacatal

Coliformes (totales y fecales)

En la Gráfica 5 se observa la variación promedio de los coliformes en cada una de las campañas de monitoreo. El constante incremento en los coliformes a lo largo del tramo de estudio está asociado a las descargas de aguas residuales domésticas; aún en el punto 1, cuando el río ingresa en la zona urbana de la ciudad, ya se encuentra contaminado con coliformes fecales ($4{,}1x10^4$ UFC/100 mL en diciembre 2005, $4{,}2x10^4$ UFC/100 mL en febrero 2006 y $3{,}3x10^3$ UFC/100 mL en julio 2006) si se tiene en cuenta que en cuerpos de agua con bajo impacto por la actividad humana se espera que este parámetro presente concentraciones entre 1 a 3000 UFC/100 mL [2]. Lo anterior muestra la importancia de conocer el uso que el río Aguacatal recibe en su recorrido por la zona rural antes de entrar al Municipio.

Cabe destacar la notoria disminución de los coliformes fecales en la campaña de julio de 2006, en el punto correspondiente al caserío Montañitas; dicha disminución podría estar asociada al aumento del caudal (fenómeno de dilución) y tiene una incidencia directa en el cálculo del ICA – NSF.

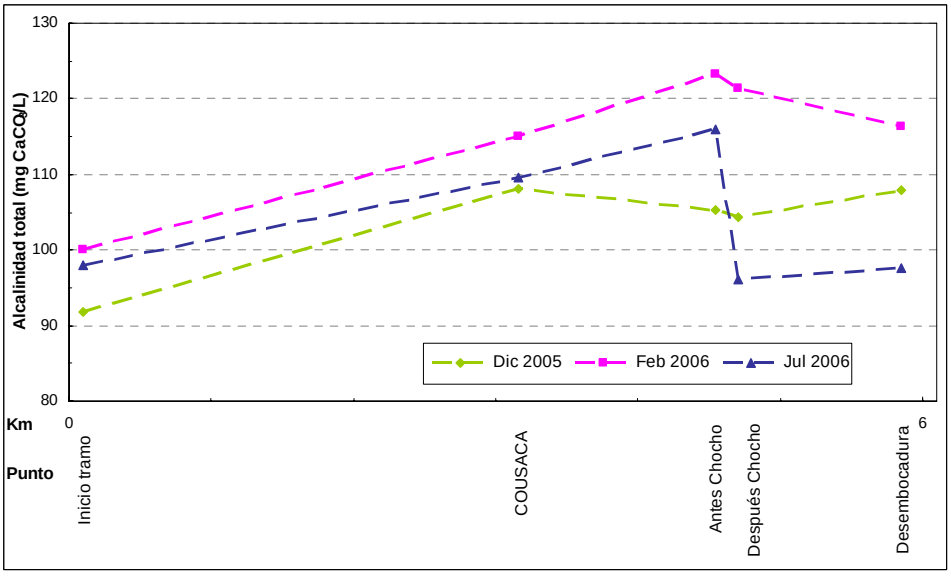
[3] Mora Herrera J. M., Portilla Toro J. A., (2003); "Tratamiento de Drenaje ácido de Minas de Carbón mediante Neutralización Anaerobiosis – Aireación y Fitorremediación"



Gráfica 5. Variación promedio de los coliformes en las tres campañas de monitoreo

Alcalinidad

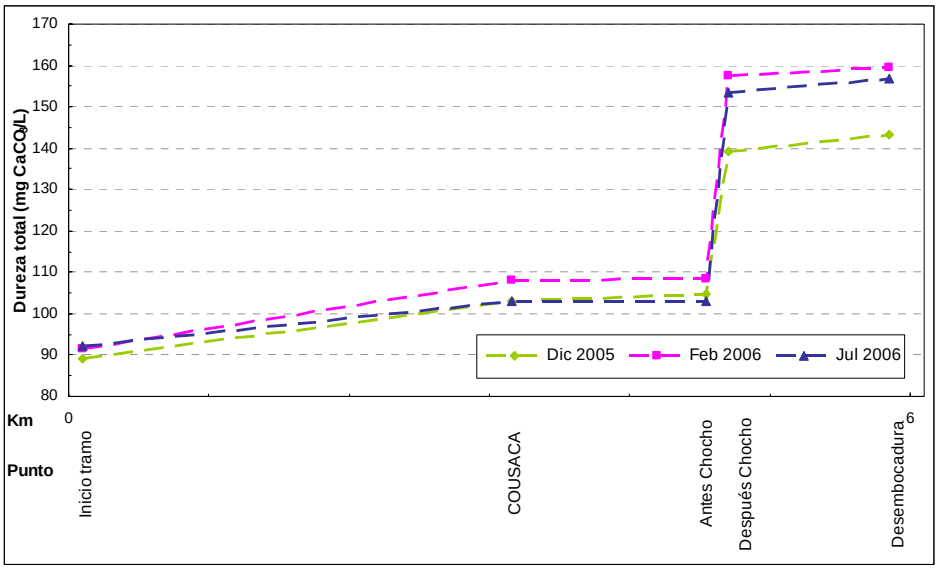
La Gráfica 6 presenta la variación promedio de la alcalinidad del agua del río Aguacatal en las tres campañas de monitoreo. Se observa que este parámetro aumenta desde el inicio del tramo de estudio hasta su desembocadura en el río Cali, lo cual es indicativo de que este río posee una buena capacidad de neutralizar las sustancias que son vertidas a él y que pueden incrementar la acidez del agua. En todos los meses se observa una disminución de la alcalinidad después de la quebrada El Chocho, pero esta disminución es más marcada para el mes de julio de 2006, lo cual coincide con el menor valor de pH (más ácido) para esta quebrada, resultando en mayor consumo de alcalinidad, al reaccionar los iones H^+ con los iones carbonato y bicarbonato.



Gráfica 6. Variación promedio de la alcalinidad total en las tres campañas de monitoreo

Dureza

La Gráfica 7 presenta la variación promedio de la dureza total del agua del río Aguacatal en las tres campañas de monitoreo realizadas. La dureza total del agua del río se incrementa en cada uno de los puntos de monitoreo localizados a lo largo de su recorrido por el tramo de estudio, como consecuencia de la disolución de sales de calcio y magnesio presentes en los suelos de esta cuenca la cual está muy intervenida con las actividades de extracción de materiales para construcción y relleno. Como en el caso de otros parámetros evaluados, la quebrada El Chocho altera las condiciones del río al incrementar su dureza total (33% en diciembre 2005, 45% en febrero 2006 y 49% en julio 2006). Lo anterior estaría relacionado con dos actividades: el lavado de los suelos de la cuenca de esta quebrada (afectados por la explotación de triturados) y, principalmente, el drenaje de minas.



Gráfica 7. Variación promedio de la dureza total en el río Aguacatal

Fosfatos

Tal como se aprecia en la Tabla 9, con excepción del punto 1 en diciembre 2005 y julio 2006, el contenido de fosfatos en el río Aguacatal supera los valores comunes que oscilan entre 0,005 y 0,02 mg/L en las aguas naturales [2]; este hecho podría estar relacionado con las descargas de aguas residuales domésticas que recibe el río a su paso por el área de estudio, las cuales aportan fosfatos al agua (contenidos principalmente en los detergentes). La disminución de los valores de este parámetro, luego de recibir la quebrada El Chocho, podría estar asociada al efecto de dilución. Las mayores concentraciones de fosfatos se presentaron en febrero de 2006, campaña que registró los menores caudales del río.

Metales

Con relación a la concentración de metales en el agua del río Aguacatal, puede decirse que, con excepción del hierro, los demás parámetros evaluados arrojaron concentraciones muy bajas (menores al límite de detección del método analítico empleado, en la mayoría de los casos). El hierro presentó incrementos importantes luego de recibir la quebrada “EL Chocho”, lo cual estaría relacionado con los efluentes líquidos que recibe esta quebrada y que ya han sido expuestos anteriormente.

Tabla 9. Concentraciones de fosfatos en el agua del río Aguacatal

Punto	Concentración de Fosfatos (mg/L)				
	Caserío Montañitas	Colegio COUSACA	Antes Q. El Chocho	Después Q. El Chocho	Desembocadura
05 Dic 2005	0,01	0,36	0,38	0,33	0,41
06 Dic 2005	< 0,01	0,36	0,43	0,35	0,41
07 Dic 2005	0,03	0,29	0,38	0,35	0,40
22 Feb 2006	0,01	0,54	0,71	0,46	0,50
23 Feb 2006	< 0,01	0,50	0,66	0,42	0,45
24 Feb 2006	0,27	0,66	0,81	0,55	0,55
24 Jul 2006	0,02	0,42	0,48	0,42	0,36
25 Jul 2006	0,02	0,32	0,37	0,25	0,28
26 Jul 2006	< 0,01	0,19	0,36	0,25	0,24

Nitratos

En general, las concentraciones de nitratos en el agua del río fueron bajas y están por debajo del valor máximo admisible (10 mg/L) para destinación del recurso para consumo humano con tratamiento convencional (Decreto 1594 de 1984).

Turbiedad y SST

Se verificó una correlación directa entre la variación promedio de la turbiedad y los SST, la cual corresponde a la asociación que existe entre la turbiedad y el arrastre de material suspendido con la escorrentía de aguas lluvias y el aumento del caudal a largo del río.

Cálculo de Cargas

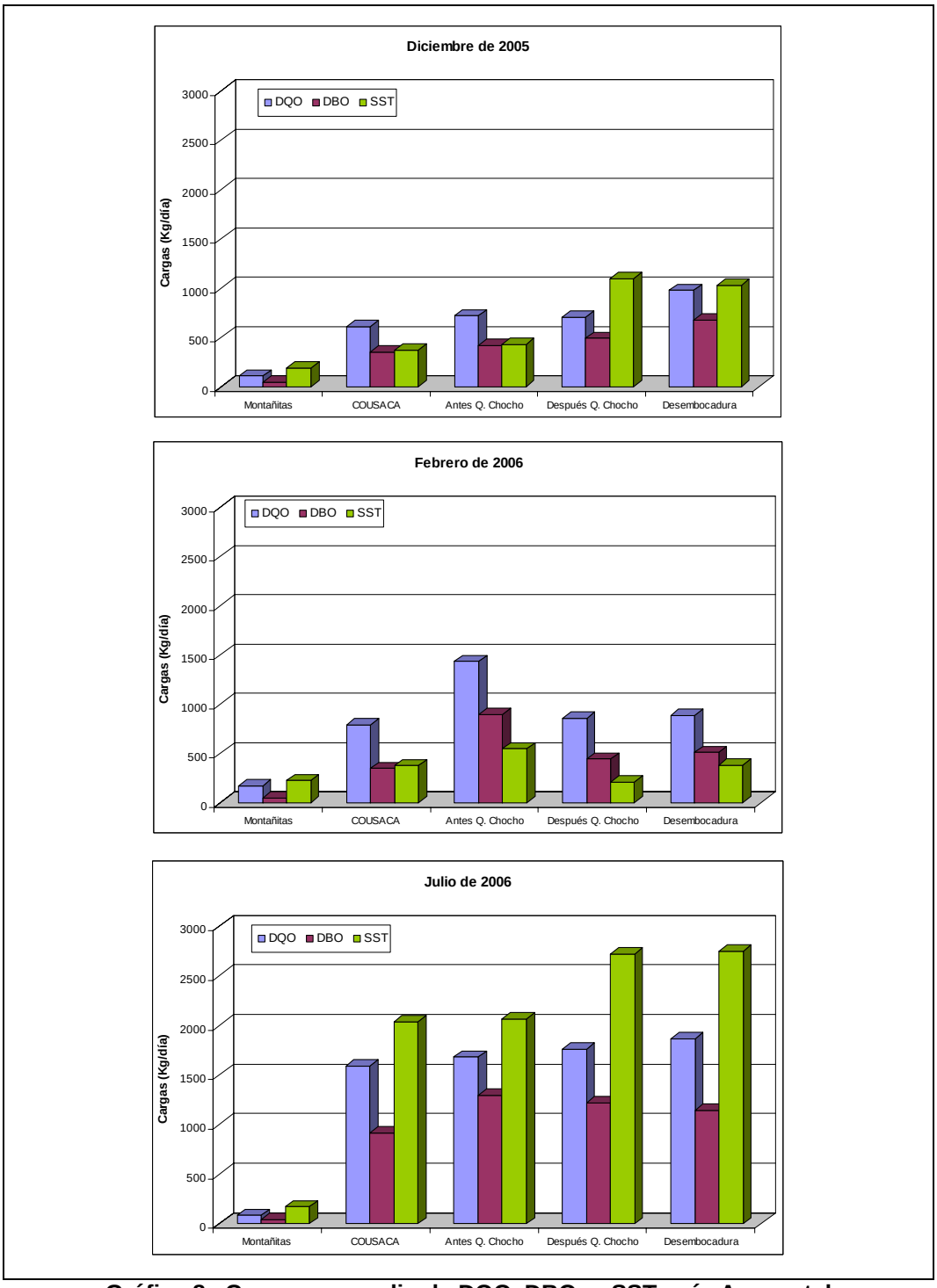
En la Tabla 10 se presentan las cargas promedio de DQO, DBO_5 y SST calculadas para el río Aguacatal a partir de la concentración promedio de estos parámetros y del caudal promedio de los tres días de monitoreo para cada campaña realizada. En la Gráfica 8 se ilustran estas cargas en el río para cada uno de los tres períodos evaluados.

Tabla 10. Cargas promedio en el río Aguacatal

Punto	Cargas promedio por campaña de monitoreo (Kg/día)								
	Diciembre 2005			Febrero 2006			Julio 2006		
	DQO	DBO_5	SST	DQO	DBO_5	SST	DQO	DBO_5	SST
Caserío Montañitas	109,5	48,0	187,7	171,2	48,9	224,5	85,9	42,7	171,5
Colegio COUSACA	607,3	353,0	370,6	789,6	349,0	377,4	1591,8	916,9	2036,5
Antes Q. El Chocho	718,4	416,5	430,4	1432,9	896,9	547,1	1679,2	1296,6	2066,5
Después Q. El Chocho	706,0	491,3	1095,2	857,5	442,2	210,0	1761,3	1220,6	2719,5
Desembocadura	974,7	677,9	1029,3	888,0	509,5	381,2	1866,9	1145,5	2750,2

Se observa que la carga de DQO en el tramo evaluado en este estudio se incrementó en 865 Kg/día en diciembre 2005, en 717 Kg/día en febrero 2006 y en 1781 Kg/día en julio 2006; con relación a la carga de DBO_5, en este mismo tramo, se incrementó en 630 Kg/día, 461 Kg/día y

1103 Kg/día, respectivamente; respecto a la carga de SST, el incremento fue de 842 Kg/día, 157 Kg/día y 2579 Kg/día. Se destaca que la carga de SST después de la quebrada El Chocho registró un incremento en los meses de mayor caudal (diciembre y julio) y un descenso en el mes de febrero (más seco), lo cual era esperado por el arrastre de sólidos con la lluvia.



Gráfica 8. Cargas promedio de DQO, DBO_5 y SST – río Aguacatal

4.5.2 Clasificación del agua según Índice de Calidad del Agua (ICA)

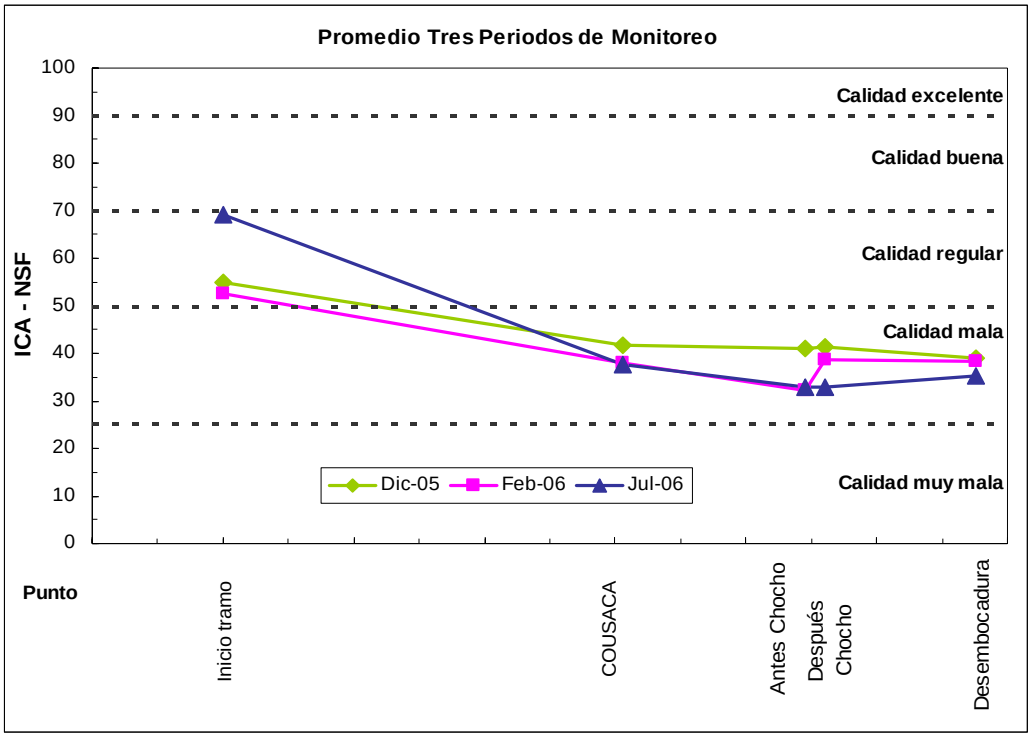
A partir de los resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los puntos de monitoreo sobre el río Aguacatal, se procedió a calcular el ICA – NSF. La Tabla 11 presenta los valores del ICA-NSF calculado para cada uno de los días de monitoreo en las tres campañas programadas y el valor promedio del ICA para cada mes. La Gráfica 9 presenta dicha clasificación en cada periodo evaluado.

Tabla 11. Valores del ICA – NSF en el río Aguacatal

Punto / Fecha	Caserío Montañitas	Colegio COUSACA	Antes Q. El Chocho	Después Q. El Chocho	Desembocadura
Diciembre 5 de 2005	55,4	42,9	41,9	43,2	40,0
Diciembre 6 de 2005	56,0	42,4	40,2	40,6	38,3
Diciembre 7 de 2005	53,0	39,3	40,6	40,7	39,0
Febrero 22 de 2006	53,6	38,2	33,8	39,6	39,2
Febrero 23 de 2006	49,3	39,8	34,2	40,5	40,3
Febrero 24 de 2006	54,3	35,8	28,4	35,7	35,6
Julio 24 de 2006	68,5	34,6	31,7	30,0	32,6
Julio 25 de 2006	69,9	39,1	33,5	33,7	38,0
Julio 26 de 2006	68,8	39,4	33,4	35,1	34,8
Promedio Diciembre 2005	54,8	41,5	40,9	41,5	39,1
Promedio Febrero 2006	52,4	38,0	32,1	38,6	38,3
Promedio Julio 2006	69,1	37,7	32,8	33,0	35,1

Convenciones:

Valor ICA	Clasificación
91-100	Excelente
71 - 90	Buena
51 - 70	Regular
26 - 50	Mala
0 - 25	Muy mala



Gráfica 9. Clasificación de la calidad del agua según el ICA – NSF promedio

Se resalta que la calidad del agua del río Aguacatal al ingresar a la zona urbana del municipio de Cali ya ha sido afectada aguas arriba de este punto y puede ser catalogada como de regular calidad. A partir del caserío Montañitas, como consecuencia de las descargas de vertimientos, la calidad del agua del río continúa afectándose, permaneciendo así en el rango de mala calidad hasta su desembocadura al río Cali.

4.5.3 Clasificación del agua según Índices de Contaminación (ICO)

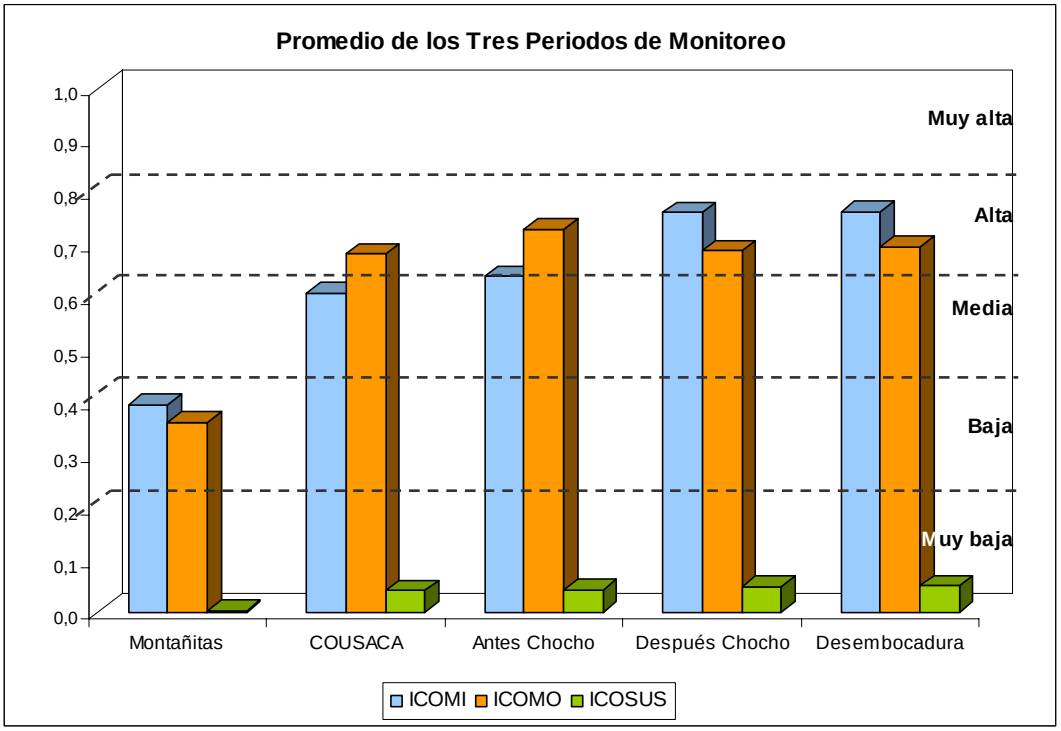
A partir de los resultados de los análisis de laboratorio realizados al agua del río Aguacatal colectada en los cinco puntos de monitoreo, se procedió con la aplicación de los siguientes Índices de Contaminación (ICO):

ICOMI: Índice de Contaminación por Mineralización
ICOMO: Índice de Contaminación por Materia Orgánica
ICOSUS Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos

Clasificación y Convenciones de los ICO:

Valor del ICO	Clasificación de la Contaminación
0 – 0.2	Muy baja
0.2 – 0.4	Baja
0.4 – 0.6	Media
0.6 – 0.8	Alta
0.8 – 1.0	Muy Alta

En la Gráfica 10 se ilustra la comparación de los ICO promedio en cada uno de los cinco puntos de monitoreo sobre el río para cada período (diciembre de 2005 y febrero y julio de 2006); también se presenta la comparación de los ICO promedio de los tres meses en los que se monitoreó el río. Se observa que la contaminación en el río Aguacatal se debe principalmente a la materia orgánica aportada por los vertimientos de aguas residuales domésticas y al aporte de efluentes de los procesos de mineralización que se dan en este río y en la quebrada El Chocho. Para las campañas de diciembre de 2005 y febrero de 2006 la contaminación del agua del río es creciente y, desde el caserío Montañitas hasta el punto antes de la quebrada El Chocho, la contaminación por materia orgánica es superior a la contaminación por mineralización; sin embargo, una vez recibe la quebrada El Chocho, la contaminación por mineralización predomina sobre la contaminación por materia orgánica en el río. Lo anterior confirma el efecto que ocasiona sobre el río Aguacatal esta quebrada.



Gráfica 10. Clasificación de la contaminación del agua del río Aguacatal según los ICO

4.5.4 Cargas aportadas al río por los vertimientos caracterizados

En las Tablas 12 y 13, se presentan las cargas contaminantes aportadas por los vertimientos al río, durante las dos campañas de muestreo.

Los vertimientos que más aportaron carga de DQO al río Aguacatal fueron la Urbanización El Aguacatal y Las Palmas II (a y b). En el caso de la DBO_5, los vertimientos que más aportaron fueron la Urbanización El Aguacatal y Las Palmas II (a). Con relación a las cargas de SST, los que más aportaron fueron la quebrada El Chocho, la Urbanización El Aguacatal y Las Palmas II (a).

Tabla 12. Cargas contaminantes aportadas por vertimientos caracterizados. Diciembre 2005

Vertimiento	Fecha	Caudal medio (L/s)	Carga contaminante (Kg/día)		
			DQO	DBO_5	SST
Las Palmas	12-Dic-05	41,9	795,6	378,6	260,4
	13-Dic-05	41,2	747,8	411,6	284,9
Pasaje No. 5	12-Dic-05	5,7	152,9	69,9	77,9
	13-Dic-05	0,6	1,1	0,8	1,2
Urbanización El Aguacatal	12-Dic-05	38,3	1092,6	540,3	430,4
	13-Dic-05	23,5	854,1	416,3	288,8
Q. El Chocho	12-Dic-05	193,6	501,7	294,4	2859,8
	13-Dic-05	90,7	101,9	54,9	211,6
Estructura de separación Calle 6 Oeste	12-Dic-05	14,7	342,2	138,0	97,6
	13-Dic-05	12,0	341,6	161,7	117,0
Estructura de separación Av. 4 Oe – Av. 5 Oe	12-Dic-05	7,3	239,1	115,1	62,9
	13-Dic-05	6,5	207,8	110,1	57,8

Tabla 13. Cargas contaminantes aportadas por vertimientos caracterizados Julio, septiembre 2006

Vertimiento	Fecha	Caudal medio (L/s)	Carga contaminante (Kg/día)		
			DQO	DBO_5	SST
Las Palmas II (a)	27-jul-06	33,6	997,1	434,8	423,2
	02-sep-06	26,0	723,3	449,2	633,4
Las Palmas II (b)	27-jul-06	9,8	506,0	291,1	233,5
	02-sep-06	10,4	505,2	305,8	292,3
Altos del Aguacatal	27-jul-06	3,1	80,5	55,6	39,7
	02-sep-06	2,6	87,8	58,5	110,8
Pasaje No. 5	27-jul-06	13,5	267,2	145,2	130,1
	02-sep-06	5,5	143,5	89,9	77,5
Urbanización El Aguacatal	27-jul-06	11,4	424,9	295,5	179,9
	02-sep-06	32,3	1339,9	837,5	767,7
Quebrada El Chocho	27-jul-06	140,8	344,3	117,5	1265,1
	02-sep-06	83,3	160,5	50,4	280,7

4.6 Balance Hídrico

Los resultados del balance hídrico indican que el tiempo de viaje de la masa de agua en el recorrido del tramo en estudio (montañitas – desembocadura) es de 2 horas y 10 minutos. Con relación a los caudales determinados en el balance hídrico, éstos resultaron semejantes a los obtenidos durante las jornadas de aforo sobre el río y sus vertimientos. La Figura 2 muestra un esquema de los resultados del balance hídrico a lo largo del río, el cual incluye los caudales medidos en los puntos de monitoreo de acuerdo con el tiempo de viaje encontrado con el trazador.

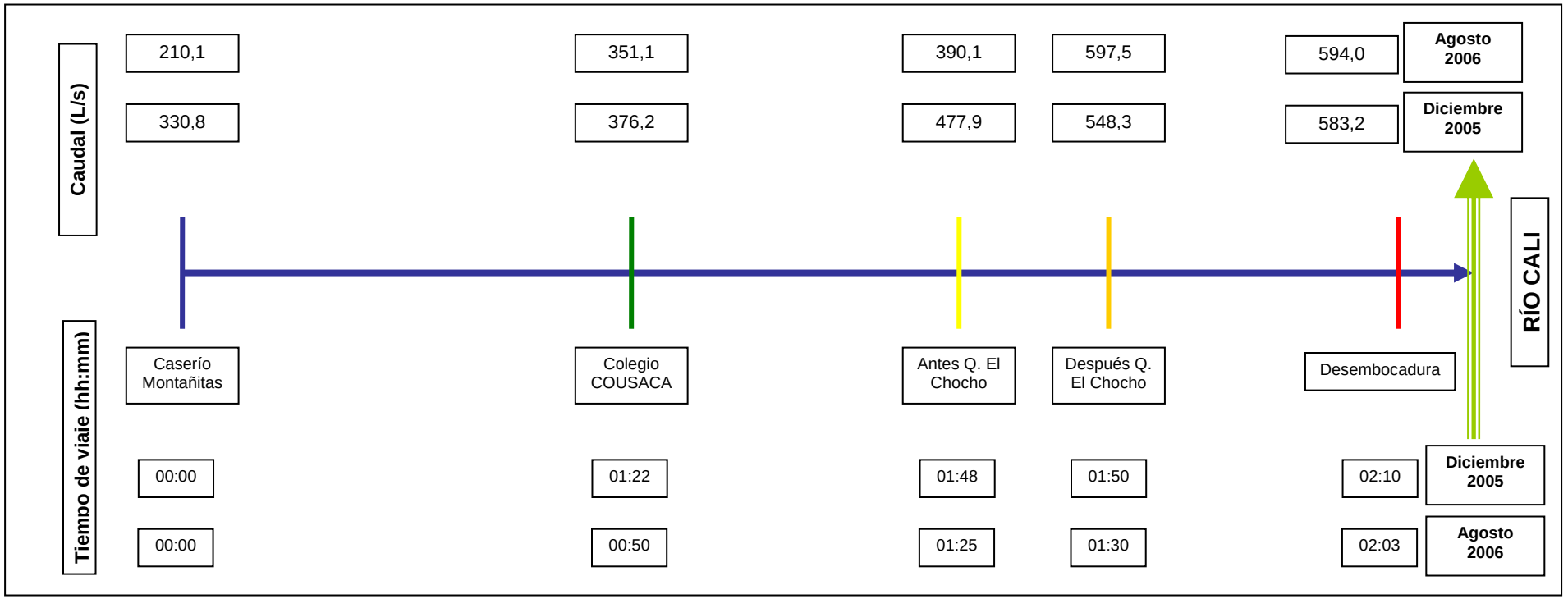


Figura 2. Esquema del balance hídrico en el Río Aguacatal

5 Río Cali

5.1 Generalidades

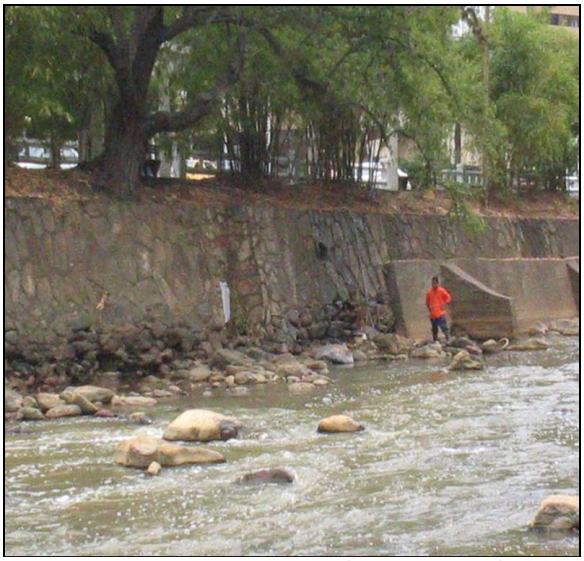
El río Cali nace en la Cordillera Occidental, en el Parque Nacional Natural "Farallones de Cali", aproximadamente a 4.000 m.s.n.m., y su cuenca está conformada por tres subcuencas: río Pichindé, río Felidia y río Cali. La unión de los ríos Pichindé y Felidia conforma el cauce del río Cali al cual tributan entre otras quebradas El Cabuyal, Normandía, El Buen Vivir y el Río Aguacatal.

Para describir la cuenca del río Cali, ésta puede dividirse en tres partes: alta, media y baja. La alta comprende desde el nacimiento a los 4.000 m.s.n.m. en los Farallones de Cali hasta los 2.000 m.s.n.m, en cercanías al corregimiento de Felidia; la parte media va desde los 2.000 m.s.n.m hasta el ingreso del río a la ciudad en el Zoológico de Cali y la parte baja se encuentra enmarcada por la zona urbana de Cali, atravesando el municipio de occidente a oriente hasta la desembocadura al río Cauca.

La cuenca alta del río presenta relieve alto, con colinas alargadas, de cimas de tope agudo y paralelo, pendientes fuertes (en muchos casos superiores a 45 grados) y se caracteriza por la existencia de bosques nativos en la parte alta en lo que corresponde a los corregimientos de Pichindé y los Andes; la mayor parte de la cuenca alta se encuentra en jurisdicción del Parque Natural Nacional Farallones de Cali. La pendiente del cauce del río en la cuenca media puede ser en algunos casos hasta mayor de 10° presentando buenas condiciones para la recuperación natural del río; esta zona presenta un mayor grado de intervención con relación a la anterior, encontrándose obras de aprovechamiento del agua del río para generación de energía y para consumo humano; a pesar de aparecer aquí las primeras invasiones de la margen protectora en el sector de Bajo Palermo, aún presenta abundante vegetación nativa. En la cuenca baja (zona plana del río desde el Zoológico hasta su desembocadura al río Cauca, a la altura del barrio Floralia) la pendiente del cauce varía entre moderada (entre 10° y 3°) en el primer tramo hasta la calle 21 y baja (menor de 3°) hasta la desembocadura. Desde su unión con el río Aguacatal, el río Cali se clasifica como aluvial, es decir que los sedimentos que lo conforman han sido arrastrados desde la cordillera.

Durante el recorrido del río Cali por el municipio se encuentran varios asentamientos subnormales dentro de la zona de protección del río: Bajo Palermo, La Isla, Camilo Torres y Jarillón de Floralia. Las principales comunas del área de influencia del río Cali son la Comuna 1 (barrios: Terrón Colorado, Vista Hermosa, Sector Patio Bonito, La Legua, Palermo, Aguacatal, con la mayoría de los cuales se comparte la cuenca con el río Aguacatal); la Comuna 2 (barrios: Santa Rita, Santa Teresita, Arboledas, Normandía, Centenario, Granada, Versalles, La Campiña, Los Álamos, La Merced, Vipasa y Brisas de los Álamos); la Comuna 3 (barrios de influencia directa del río: El Peñón, El Hoyo y El Piloto); la Comuna 4 (barrios en el área de influencia del río Cali: Sultana – Berlín, La Isla, Olaya Herrera, Bueno Madrid, Calima y la antigua Industria de Licores) y la Comuna 6 (barrios: Los Guaduales y Floralia).

En la zona urbana del Municipio, el agua del río Cali es empleada para generación de energía, fuente para consumo humano y animal, paisajístico y como receptor de vertimientos líquidos y sólidos. En la parte alta también se usa el agua del río para el lavado de ropas, lavado de autos y motos y para recreación por contacto primario durante los fines de semana, especialmente. El uso paisajístico ha cobrado importancia con la recuperación de las riberas del río en el inicio del perímetro de la ciudad y hasta la calle 25, tramo en el que se construido parques lineales en sus márgenes (ver Fotografía 5).



Parque Lineal en las márgenes del río

Estructura de captación del Agua Planta EPSA

Bañistas antes de Bocatoma EMCALI

Lavado de vehículos quebrada El Cabuyal y río Cali

Fotografía 5. Usos del río Cali en el área urbana del Municipio

5.2 Amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el área de estudio

En la parte alta de la cuenca del río, la cual puede clasificarse como suburbana, existe la amenaza por movimientos de masa debido a los asentamientos subnormales allí ubicados, la precipitación alta, zonas erosionadas y pendientes altas.

En la zona plana de la cuenca del río Cali las inundaciones son fenómenos bastante comunes y por lo tanto, se considera que existe una alta amenaza por inundación. Históricamente el río se ha desbordado, inundando vías y edificaciones aledañas. La fotografía 6 muestra una vivienda del barrio “La Isla” afectada por las lluvias del 02 de mayo de 2006 (Fuente: Diario “El País” - edición 03/05/2006). A partir de la calle 70 hasta la desembocadura del río Cali en el Cauca, la amenaza de inundación es muy alta, ya que esta zona corresponde a las llanuras de inundación tanto del río Cali como del río Cauca, además del represamiento que el Cauca ejerce sobre el Cali.

Los incendios son eventos altamente agresivos que deterioran las condiciones del ambiente, afectando todos sus componentes: el suelo y su vegetación, el aire, las corrientes de agua, la fauna y la flora. La degradación de la cobertura vegetal y los períodos más secos, julio y agosto

en el caso del municipio de Cali, aumentan la probabilidad de ocurrencia de grandes incendios forestales que arrasan con extensas zonas de vida de la cuenca. El sector de ladera de Terrón Colorado representa una zona de riesgo por incendios, al igual que el sector de la bocatoma de la planta de potabilización Río Cali.

Las amenazas antrópicas están ligadas tanto al manejo de los recursos naturales como al manejo de los productos provenientes de las tecnologías y procesos desarrollados; así, el vertimiento de residuos líquidos y sólidos provenientes del sector industrial, constituye una alta amenaza para la cuenca baja del río Cali.

Fotografía 6. Vivienda del Barrio "La Isla" afectada por lluvia del 02 de mayo de 2006
(Fuente: Diario "El País" - Edición 03/05/2006)

5.3 Estudio Socioeconómico

La Tabla 14 presenta la distribución de población asentada en la franja de protección forestal del río Cali (equivalente a 30 metros medidos en ambas márgenes del río a partir de los bordes del cauce), durante su recorrido por el área urbana del municipio de Cali. El estrato predominante fue el 1, presentado un porcentaje del 89.7%, seguido del estrato 2 (9.4%).

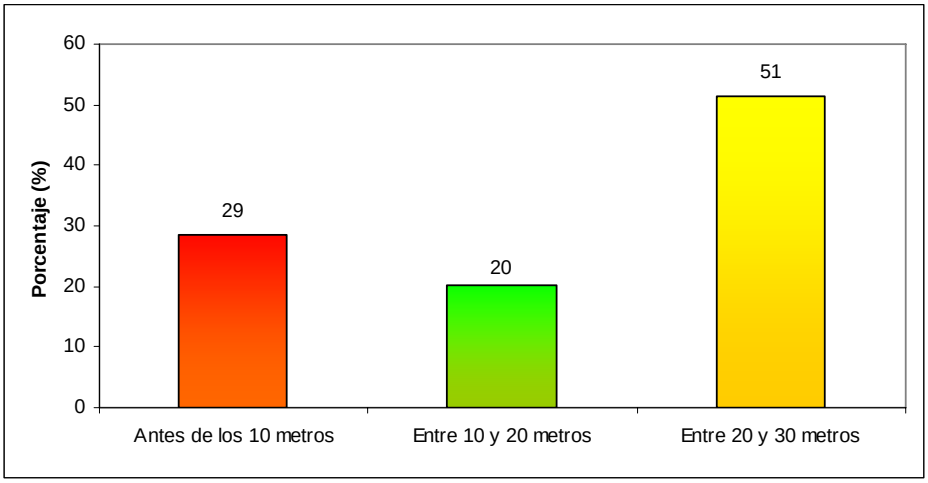
Tabla 14. Estimación de la población – franja de protección forestal – Río Cali

Barrio o Sector	Número de Viviendas	Número promedio de habitantes x vivienda	Población Estimada
Bajo Palermo	101	5,5	558
La Isla	340	5,4	1846
Camilo Torres	233	5,6	1293
Jarillón de Floralia	126	4,8	604
Total	**800**	**5,4**	**4304**

Fuente: Información primaria. Encuesta Río Cali – Univalle (2006)

Con relación al grado de escolaridad del jefe del hogar en las viviendas ubicadas en la zona de protección forestal del río, se encontró que el 81.5% no alcanzan el nivel educativo de bachiller; este porcentaje se distribuye así: 4.0% no cuenta con ningún grado de escolaridad, 23.3% no han culminado la primaria, 29.7% han terminado los estudios de primaria, y el 24.5% restante ha cursado algunos grados de secundaria, sin llegar a terminar este ciclo educativo.

Considerando los 30 metros que establece la reglamentación ambiental vigente como zona de protección forestal del río, se presenta en la Gráfica 11 la distribución de las viviendas por su ubicación respecto al margen del río Cali. Se observa que el 28.5% de las residencias ubicadas en la zona de protección y que utilizan el río como receptor de efluentes líquidos o sólidos se encuentran a menos de 10 metros del cauce del río, el 20.1% se encuentran entre los 10 y 20 metros y el 51.4% entre los 20 y 30 metros. En las Fotografías 6 y 7 se aprecian viviendas de diferentes sectores y que están muy próximas al cauce del río Cali.



Gráfica 11. Distancia en metros desde el cauce del río hasta la vivienda - zona de protección forestal río Cali

Fotografía 7. Viviendas Sector de Bajo Palermo, Margen Izquierda Río Cali

Con relación a las formas de tenencia de la vivienda, se encontró que el mayor porcentaje corresponde a casa propia (73.9%). El 70.4% del total de las viviendas tienen construido un solo piso; el mayor porcentaje de viviendas con dos pisos construidos se presentó en los barrios La Isla y Camilo Torres.

Tal como se observa en la Tabla 15, la cobertura de los servicios de acueducto y recolección de basuras es superior al 70% en el sector de Bajo Palermo y en los demás sectores supera el

90%. El sector de Camilo Torres presenta un cubrimiento total de ambos servicios. Se resalta la poca cobertura del servicio de alcantarillado en todos los sectores: en el Jarillón de Floralia no cuentan con este servicio, en Camilo Torres sólo el 5,5% de las residencias poseen el servicio, en La Isla la cobertura es del 43,4% y en el sector de Bajo Palermo del 61,3%.

Tabla 15. Cobertura de Servicios Públicos Domiciliarios – Río Cali

Servicio Público Domiciliario	% de Cobertura por sector				
	Bajo Palermo	La Isla	Camilo Torres	Jarillón Floralia	Total
Acueducto	77,4	100	100	100	97,2
Energía	96,8	100	100	100	99,6
Alcantarillado	61,3	43,4	5,5	0,0	27,7
Recolección de Basuras	100	98,1	100	94,9	98,4
Teléfono	48,4	67,0	67,1	71,8	65,5
Gas Natural	0,0	50,9	4,1	0,0	22,9

Fuente: Información primaria. Encuesta Río Cali – Univalle 2006

De acuerdo con los resultados de la aplicación de las encuestas, el 68.7% de las viviendas ubicadas en la zona de protección del río Cali vierten sus aguas residuales a la corriente superficial y el 3.6% manifiesta tener algún sistema de tratamiento. Según datos colectados por la encuesta y también por observación de campo durante los recorridos, el sistema de tratamiento más utilizado es el tanque séptico; sin embargo, es importante aclarar que estos sistemas normalmente no cumplen con las especificaciones técnicas y casi siempre descargan al río, por lo tanto, se puede afirmar que el 72.3% de las viviendas vierten sus aguas residuales al río. Del 72,3% de las viviendas que vierten aguas residuales al río, 67,8% descargan Aguas Residuales Domésticas (ARD) exclusivamente y el 4,5% vierten, además de las ARD los efluentes líquidos provenientes de actividades agropecuarias (porcicultura, avicultura y cultivos).

Un caso especial del uso de la zona de protección forestal del río para el desarrollo de las actividades agropecuarias se presenta en la residencia de la señora Maria Leticia Betancourt, ubicada al inicio del Jarillón de Floralia, donde en un terreno de aproximadamente 7.200 m^2 se encuentran 2.000 cuyes, 1 vaca, 24 animales entre chivos y ovejas, 70 patos, 50 pollos y 16 marranos, además de cultivos de caña y zapallo. El agua requerida para la limpieza del área y el riego de los cultivos es extraída del río.

Además de consultar sobre la prestación del servicio público de recolección de basuras, se indagó sobre cómo se disponen las basuras en la vivienda, esto con el fin de identificar hábitos en la comunidad referentes al vertimiento de basuras en el río. La mayoría (94.8%) de los habitantes de estas residencias expresaron que entregan sus basuras al carro recolector; sin embargo, se observaron cantidades significativas de residuos sólidos en el río.

El estudio socioeconómico evidenció que a pesar de que las personas ubican sus viviendas a la orilla de río, en su mayoría manifiestan no tener ningún grado de interacción con él; es así como el 90% de las personas encuestadas indican que no realizan ninguna actividad en él. El 6.6% de los encuestados manifestó usar el río para el desarrollo de actividades recreativas de contacto directo (bañar); de este porcentaje el 86% es del sector de Bajo Palermo, el 7% de La Isla y el 7% de Camilo Torres.

A continuación se describen las instituciones y establecimientos comerciales que se identificaron en la zona de protección del río Cali; en general, todos estos establecimientos cuentan con los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

En el sector del Oeste, en los barrios Santa Rita y Santa Teresita, se identificaron 16 inmuebles de carácter mixto (uso residencial y/o comercial), ubicados sobre la margen izquierda del río entre las avenidas 1 y 4 Oeste con calles 6 y 7 Oeste a menos de 30 metros del cauce del río. Estos inmuebles pertenecen al estrato 6 y cuentan con todos los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras).

- **Instituciones educativas**

- Institución Educativa Técnico Industrial Veinte de Julio, sede Cristina Serrano de Lourido. Localizada sobre la margen derecha del río en la carrera 5N con calle 34, a menos de 10 metros del cauce del río, en un predio de propiedad del Municipio. Posee los servicios públicos básicos, sin embargo, durante los recorridos se identificó un vertimiento proveniente de la Institución.

- Centro Docente No. 53 "Veintiuno de Septiembre". Esta institución de carácter público está ubicada en la carrera 8 Norte Nº 43 N – 03, sobre la margen derecha del río a menos de 10 metros de su cauce, en un predio que pertenece al municipio. Posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras) y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él.

- Institución Educativa INEM sede Camilo Torres. Esta institución de carácter público está ubicada en la carrera 9 norte Nº 5B – 06, sobre la margen derecha del río y a una distancia entre 20 y 30 metros del cauce. El predio posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras) y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él.

- **Empresas Prestadoras de Servicios Públicos**

- Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. (EPSA). Planta I de la EPSA, antes conocida como Planta Chidral, ubicada sobre la margen izquierda del río, frente a la entrega de la quebrada "El Cabuyal" al río Cali, en la Avenida 2 Oeste con 22, a menos de 10 metros del cauce del río. El predio posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras). Esta empresa se dedica a la generación de energía. Según reporte de la dirección de la empresa, para generar energía usan el 60% del caudal promedio del río Cali, la cual es luego retornada al río (ver Fotografía 8).

Fotografía 8. Instalaciones de la Planta I de la EPSA sobre la Margen Izquierda del Río Cali – Retorno al Río del Agua Captada.

- Centro Administrativo Municipal (CAM) - Dirección Administrativa de impuestos, rentas y catastro. Esta Dirección realiza el inventario físico-jurídico de los inmuebles del Municipio. El predio posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras); sin embargo, durante los recorridos se identificaron tres (3) vertimientos no continuos, aparentemente provenientes de aguas lluvias o freáticas del sótano donde funciona la oficina de catastro (información verificada en los planos de EMCALI).

- Vivero Municipal – DAGMA. El vivero se dedica a la producción de material vegetal para la plantación en los espacios públicos de la ciudad de Cali. Es un lote del municipio que tiene un área aproximada de 25.000 m2, se encuentra ubicado sobre la margen izquierda del río en la avenida 2ª norte Nº 36 A – 40, a menos de 10 metros con respecto al cauce del río. El predio posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras).

- Red de Salud del Norte Santiago de Cali, sede la Isla. Ubicado sobre la margen derecha del río Cali en la calle 38 B Nº 8N – 40. Posee los servicios públicos básicos y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él.

- Talleres de EMSIRVA. Ubicados sobre la margen izquierda del río en la avenida 2 N con calle 38, a menos de 10 metros del cauce del río, en un lote de propiedad del Municipio. Posee los servicios públicos básicos y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él, sin embargo en el recorrido se encontró un vertimiento.

- Asociación Vallecaucana de Orquideología (Conocido como Orquideorama). Dedicada a difundir, propender y enseñar el cultivo de las orquídeas. El predio pertenece al Municipio y se encuentra ubicado en la avenida 2 Norte Nº 48 – 10 sobre la margen izquierda del río

y a menos de 10 metros de su cauce. Posee los servicios públicos básicos y no tiene tomas de agua del río ni vierte efluentes líquidos ni sólidos a él.

- CAMACOL (Cámara Colombiana de Construcción). Empresa dedicada a la educación respecto a la construcción. El predio pertenece al Municipio y se encuentra ubicado en la avenida 2 Norte Nº 47 – 02 sobre la margen izquierda del río y a menos de 10 metros de su cauce. Posee los servicios públicos básicos y no tiene tomas de agua del río ni vierte aguas residuales ni basuras en el río.

- **Industria**

- Parque del Chontaduro Calle 34 con Cra 8N. En este sitio se lleva a cabo la cocción del chontaduro en dos casetas en zona de invasión con conexiones fraudulentas de energía y acueducto. No tienen alcantarillado y toda el agua utilizada en la cocción (caliente y con gran contenido de grasa) es vertida sobre la margen derecha del río.

- **Restaurantes**

- Tienda el Encuentro y baños públicos del paseo Bolívar. Estos son locales que la alcaldía del Municipio ha alquilado. Los administradores expresan que los locales cuentan con servicios públicos (energía, acueducto, alcantarillado) y no realizan ningún tipo de vertimiento al río, pero en el recorrido de inspección se encontraron vertimientos provenientes de estos establecimientos.

- Restaurante Cali Viejo. Ubicado sobre la margen derecha del río Cali en la Avenida del Río, sector del Bosque Municipal, a menos de 10 metros del cauce del río, en un predio alquilado por el Municipio. El Zoológico de Cali le suministra agua del río para uso en riego de plantas y ornamental. Según la administración del establecimiento las aguas residuales son vertidas a 3 pozos sépticos, sin ninguna descarga al río. En la Fotografía 9 se observan las instalaciones del restaurante Cali Viejo, así como un vertimiento al río Cali, el cual se monitoreo en el período de verano y es proveniente de la cocina y los baños del establecimiento.

Fotografía 9. Restaurante "Cali Viejo". Margen Derecha del Río Cali

- **Centros Recreativos**

- Corporación para la recreación popular – "Parque del Avión". El predio es del Municipio y está ubicado en la avenida 2 Norte Nº 35A – 04, sobre la margen izquierda del río y a menos de 10 metros de su cauce. Posee los servicios públicos básicos (energía, acueducto, alcantarillado y recolección de basuras) y no vierte ni capta agua del río.

- Zoológico de Cali. Es el epicentro de actividades académicas, investigativas y de formación referentes a la conservación de la biodiversidad. Con respecto a las preguntas sobre captaciones y vertimientos, a pesar de la solicitud de información por escrito, no fue posible constatar la existencia y la capacidad de sistemas de potabilización y tratamiento de aguas residuales.

5.4 Identificación de Responsables de Vertimientos y Captaciones de Agua

5.4.1 Vertimientos

A partir de los recorridos por el río Cali se identificaron **296 vertimientos puntuales**, 258 sobre la margen derecha y 38 sobre la margen izquierda. La Tabla 16 muestra el listado de vertimientos identificados, una breve descripción de cada uno y los responsables identificados a través de revisión de información secundaria, los trabajos de campo y las indagaciones realizadas.

Tabla 16. Vertimientos puntuales identificados en el río Cali

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Izquierda	Plantas de generación de energía – EPSA	Descargas de agua empleada en la generación de energía	EPSA
Derecha	Vía a Pilas del Cabuyal	Quebrada Cabuyal	C.V.C
Derecha	Desarenadores de la Planta de Potabilización Río Cali	Descarga de excesos	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Sector Atenas	Descarga de ARD de las viviendas del sector	Habitantes del sector
Derecha – Izquierda	Zoológico de Cali	Descargas de la PTAR, agua de lavado de jaulas y drenaje de aguas lluvias	Fundación Zoológico de Cali
Derecha	Restaurante Cali Viejo	Descarga de AR	Restaurante Cali Viejo
Izquierda	Frente al Restaurante Cali Viejo	Drenaje natural con posible contenido de ARD	DAGMA
Derecha	Sector Santa Teresita	Descargas de ARD de estructuras de separación	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Sector de Santa Rita	Descargas de ARD de estructuras de separación	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Carrera 1 oeste – calle 6	Entrega sumergida de ARD	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Av. 4 Oe con calle 6	Río Aguacatal	DAGMA
Izquierda	Av. 1 con calle 1 oe	Quebrada Normandía	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Av. 1 con calle 1	Descarga AR combinada de una estructura de separación	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Cra 1 – Calle 4 oeste	Descarga de la Planta de Potabilización	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Izquierda	Cra 1 – Av. 4 oeste	Quebrada El Buen Vivir	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Cra 1 entre calles 10 y 11	Drenajes del CAM	CAM
Izquierda	Puente Ortiz	Descarga de AR del drenaje de baños públicos y cafetería	Municipio de Cali
Izquierda	Av. 3N – calle 17 N	Descarga de ARD de una estructura de separación	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Frente al Hotel Torre de Cali, calle 18N	Descarga de AR provenientes, según información de EMCALI del Hotel Torre de Cali	EMCALI E.I.C.E. E.S.P
Izquierda	Frente a la Clínica de los Remedios	Descarga de AR	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Atrás de antigua ILV	Descarga de AR provenientes de la antigua ILV	Municipio - Gobernación
Derecha	Antes del puente de la calle 34	Descarga de AR provenientes del Colegio 20 de Julio.	Colegio 20 de Julio
Derecha	Después del puente de la calle 34	Descarga de AR combinadas de estructura de separación	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Después del puente de la calle 34	Descarga del Canal Santa Mónica	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Parque del Chontaduro	Descarga de desechos del cocimiento de chontaduros	Propietarios de la cocina
Derecha	Barrio La Isla	Descargas de ARD	Habitantes del sector
Izquierda	Calle 42AN con 9N	Descarga de AR combinadas – sector La Merced	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Calle 42AN con 9N	Descarga de AR de la estación de EMSIRVA.	EMSIRVA
Derecha	Antes del puente de la calle 44	Descarga de AR, conocido como “colector Lizcano”	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Avenida 2N - calle 45	Canal Vipasa	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Av 9 N, calle 46	Descarga de AR de una estructura destruida	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Calle 48 con 9N	Descarga de AR conocido como desagüe de Fruco	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Antes del puente de la calle 52	Entregas de colectores de aguas lluvias con conexiones erradas provenientes del sector	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Después del puente de la calle 52	Entrega del canal de aguas lluvias. Canal calle 52	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Barrio Olaya Herrera	Descargas de ARD	Habitantes del sector
Derecha	Cra 9 N – calle 52 bis	Descarga de AR del colector conocido como “colector Palmolive”	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Barrio Camilo Torres	Descargas de ARD y agua de lavado de críaderos de animales	Habitantes del sector
Izquierda	Antes del puente de la 70	Entrega del canal Menga y estructuras sumergidas	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Avenida 2 N - calle 75	Entrega de la estación de bombeo de aguas lluvias de Brisas de los Álamos	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Derecha	Avenida 9 N Calle 72	Entrega de la estación de bombeo de aguas lluvias de Guaduales	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.

Margen del río	Localización	Descripción	Responsable
Derecha	Jarillón de Floralia	Descargas de ARD y agua de lavado de críaderos de animales	Habitantes del sector
Izquierda	Sector Acopi – Yumbo	Canal Acopi	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Colector margen izquierda	Entrega del colector marginal izquierdo	EMCALI E.I.C.E. E.S.P.
Izquierda	Al lado de antigua de entrega del colector marginal izquierdo	Descarga de AR provenientes del sector industrial aledaño, canal en tierra	Sector industrial de ACOPI

5.4.2 Captaciones de Agua

A través del recorrido por el río Cali se identificaron cuatro captaciones de agua, para generación eléctrica (EPSA), para consumo humano (EMCALI), para usos varios (Zoológico de Cali – no confirmaron la información) y uso pecuario (particular). En la Tabla 17 están detalladas las captaciones encontradas en el río Cali

Tabla 17. Descripción de Captaciones de Agua en el Río Cali

Captación	Responsable	Caudal
Central Hidroeléctrica – antes CHIDRAL	EPSA	60% de caudal medio anual del río*
Bocatoma Planta de Potabilización Río Cali	EMCALI	1.34 m^3/s**
Bocatoma	Zoológico de Cali	Planta Filtración en Múltiples Etapas (FiME)***
Marranera del Jarillón de Floralia	Propietario	1125 L/día

*: Comunicación de EPSA.
**: Caudal promedio medido a la entrada de la planta en los meses de noviembre, diciembre de 2005 y agosto de 2006.
***: Sin información oficial.

En la realización del mantenimiento del Parque Longitudinal del Río Cali se encuentra la extracción ocasional de agua del río para el riego de la zona verde y el aseo de las estructuras civiles que se encuentran alrededor del río

5.4.3 Georeferenciación

Como resultado de la jornada de georeferenciación, se obtuvieron las coordenadas de localización amarradas al sistema de coordenadas de Planeación Municipal de la ciudad de Santiago de Cali de puntos de interés en el área de estudio; en la Tabla 18 se presentan las coordenadas de los puntos de monitoreo sobre el río Cali y los vertimientos caracterizados.

Tabla 18. Coordenadas de los Puntos de Monitoreo y Vertimientos sobre el Río Cali

Puntos georeferenciados	Coordenadas	
	Norte	Este
Río Cali: punto 1, inicio del perímetro	110834,12	105475,30
Río Cali: punto 2, antes del río Aguacatal	110815,63	109557,96
Río Cali: punto 3, Hotel Intercontinental	110442,67	110597,94
Río Cali: punto 4, Clínica de los Remedios	111712,59	112412,39
Río Cali: punto 5, puente Calle 70	114670,58	114519,70
Río Cali: punto 6, antes desembocadura	116525,58	115546,06
Vertimientos caracterizados		
Quebrada El Cabuyal	110175,93	107148,10
Descarga de la PTAR Zoológico	110184,86	107990,57
Descarga de ARD – Restaurante Cali Viejo*	110161,42	108135,01
Descarga de ARD – Sector de Santa Teresita	110233,00	108663,85
Descarga de ARD – antes Puente Portada	110664,66	109398,46
Descarga de ARD – después Puente Portada *	110716,38	109473,30
Desembocadura del Río Aguacatal	110849,62	109538,72
Descarga de ARD – Sector de Normandía*	110813,30	109696,55
Descarga efluente de planta potabilización Río Cali	110452,66	110030,78
Descarga ARD después Calle 34	112408,99	112935,37
Descarga puntual Cocimiento de Chontaduro**	112456,74	112966,90
Descarga ARD, detrás talleres de EMSIRVA	112845,33	113173,71
Descarga AR Calle 44	113036,93	113344,03
Canal Vipasa**	113348,75	113408,09
Descarga AR – Colector Palmolive (Camilo Torres)*	113948,81	114131,90
Marranera Camilo Torres**	113959,86	114158,09
Punto Muestreo Colector Marginal Izquierdo***	115023,61	114654,23
Desembocadura Canal Acopi	115749,22	115127,87
Descarga del Colector Marginal Izquierdo	116131,75	115138,06
Canal en Tierra sector industrial ACOPI	116439,44	115452,74
Descarga de Marranera Jarillón Floralia**	116529,25	115632,89

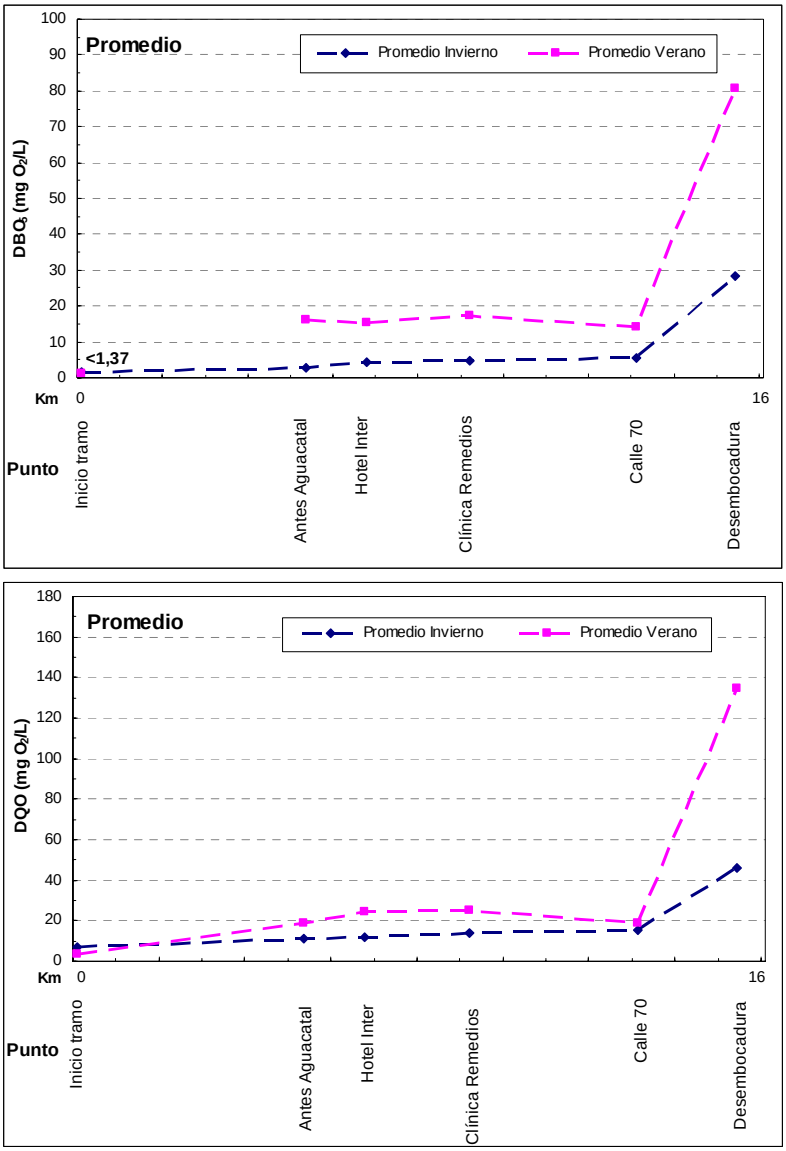
*: caracterizados solo en verano
**: caracterizados solo en invierno
***: punto de muestreo solo en invierno

5.5 Evaluación de la Calidad del Agua del río Cali

5.5.1 Parámetros de calidad del agua

DQO y DBO_5

La Gráfica 12 presenta la variación promedia de las concentraciones de DQO y DBO_5 en el agua del río Cali para los dos periodos evaluados



Gráfica 12. Variación promedio de DQO y DBO_5 en el río Cali

Se aprecia que las curvas de DBO_5 y DQO tanto para invierno como para el verano, muestran un comportamiento creciente a lo largo del recorrido del río, lo cual se explica por las descargas de aguas residuales domésticas que éste recibe en la zona urbana de la ciudad de Cali, las cuales contienen una gran proporción de material orgánico carbonáceo biodegradable. En el último tramo del río, entre el punto de la Calle 70 y la Desembocadura, las concentraciones se incrementan por la presencia de tres vertimientos importantes al río: el canal Acopi, el colector marginal izquierdo y un canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo.

La DBO_5 promedio presenta valores que variaron entre 1,7 mg O_2/L en el inicio del perímetro urbano (punto 1) y 28,0 mg O_2/L en la desembocadura (punto 6) para el período de invierno mientras que para el período de verano en el punto 1, se tienen valores por debajo del límite de detección (<1,37 mg O_2/L) y 80,6 mg O_2/L en la desembocadura. El descenso en los valores de DBO_5 en el punto inicial puede deberse al represamiento realizado por la comunidad para poder disfrutar del río en el período de verano, lo cual lleva a procesos de sedimentación y filtración del agua del río a través de lechos de piedra donde se retienen materiales que producen las demandas de oxígeno tanto bioquímica como química.

Los valores de DQO promedio para invierno estuvieron entre 6,8 y 46 mg O_2/L entre el inicio y la desembocadura. Para el verano, los valores estuvieron entre <1,3 mg O_2/L y 135 mg O_2/L, para los mismos puntos.

Oxigeno Disuelto (OD)

La Gráfica 13 presenta la variación de la concentración promedio de oxígeno disuelto en el agua del río Cali para cada una de las campañas de monitoreo. Para el período de invierno, en promedio, la concentración de oxígeno disuelto en el agua del río estuvo en un rango entre 7,6 en el inicio del perímetro urbano (punto 1) y 4,6 mg O_2/L en la desembocadura (punto 6). Se aprecia el efecto sobre este parámetro de las descargas del colector marginal izquierdo, el canal Acopi y el canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo.

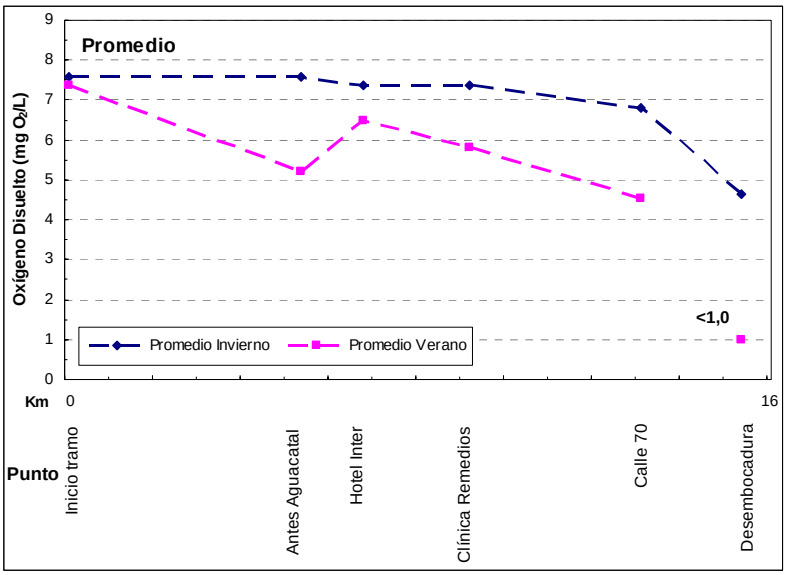
En el período de verano, se observa cómo después del Hotel Intercontinental va descendiendo el oxígeno disuelto, alcanzado valores por debajo del límite de detección del método analítico empleado para su determinación (1 mg O_2/L). Las altas cargas contaminantes vertidas al río, principalmente en su último tramo, favorecen las condiciones anóxicas del río produciendo reacciones anaerobias que desencadenan malos olores. Antes de su desembocadura en el río Cauca, el río Cali en períodos secos no cumple con el nivel mínimo de OD (4 mg/L) establecido en el Decreto 1594 de 1984 para destinar el recurso hídrico a la conservación de flora y fauna, ya que registra concentraciones de OD menores a 1 mg/L.

Sólidos (SST y ST)

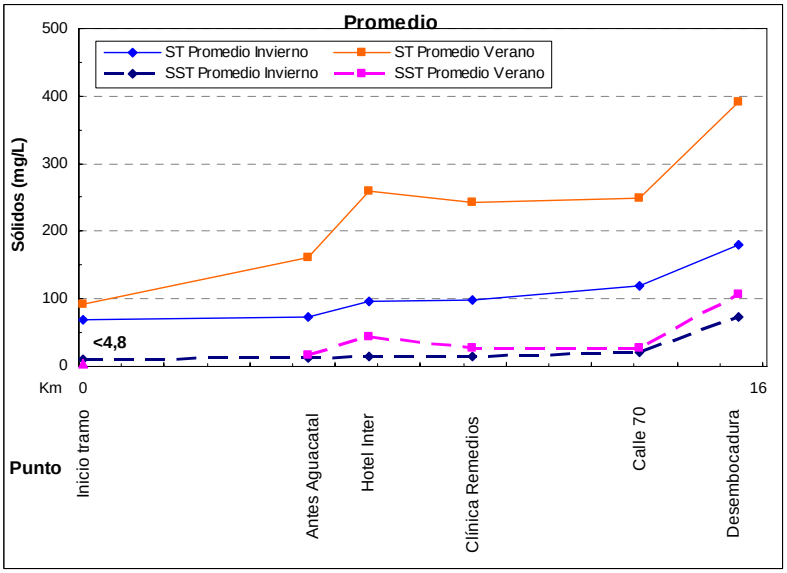
La Gráfica 14 presenta la variación promedia de concentración de sólidos totales (ST) y sólidos suspendidos totales (SST) a lo largo del tramo de estudio y en los dos periodos evaluados.

Se aprecia que las curvas de ST se incrementan luego del río Aguacatal y de recibir las descargas finales: colector marginal izquierdo, canal Acopi, etc. La descarga del río Aguacatal en el Cali ocasionó un mayor impacto en los ST que en los SST, lo cual confirma que el mayor aporte de sólidos del río Aguacatal está en la fracción de sólidos disueltos, provenientes de la descarga a este último de la quebrada “El Chocho” que recibe aguas residuales de minas de carbón.

En general, los ST se incrementan en su recorrido por la ciudad, pero en el tramo comprendido entre la Clínica de los Remedios y la Calle 70 no se aprecian mayores cambios, ya que a pesar de presentarse aportes de sólidos, la baja velocidad del agua y la disminución en las pendientes favorecen la sedimentación y retención de los sólidos en el lecho del río.



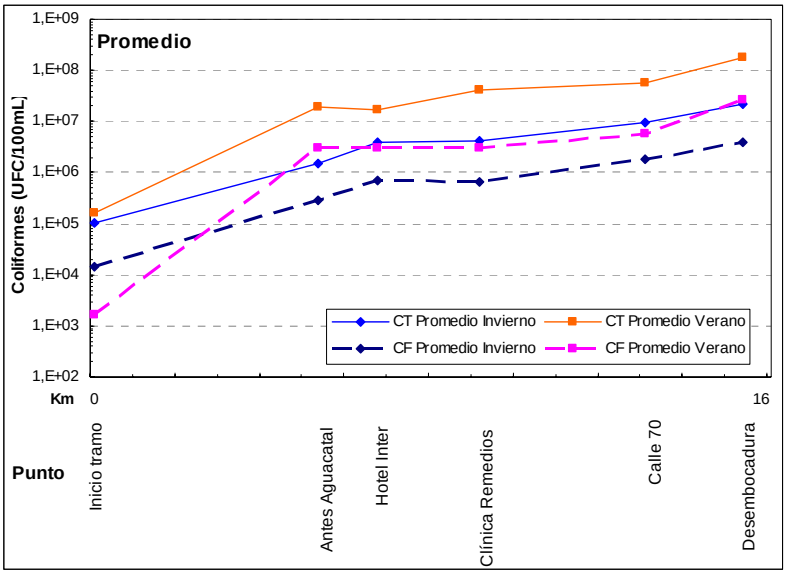
Gráfica 13. Variación promedio del oxígeno disuelto – Río Cali



Gráfica 14. Variación promedio de los sólidos en el río Cali

Coliformes (totales y fecales)

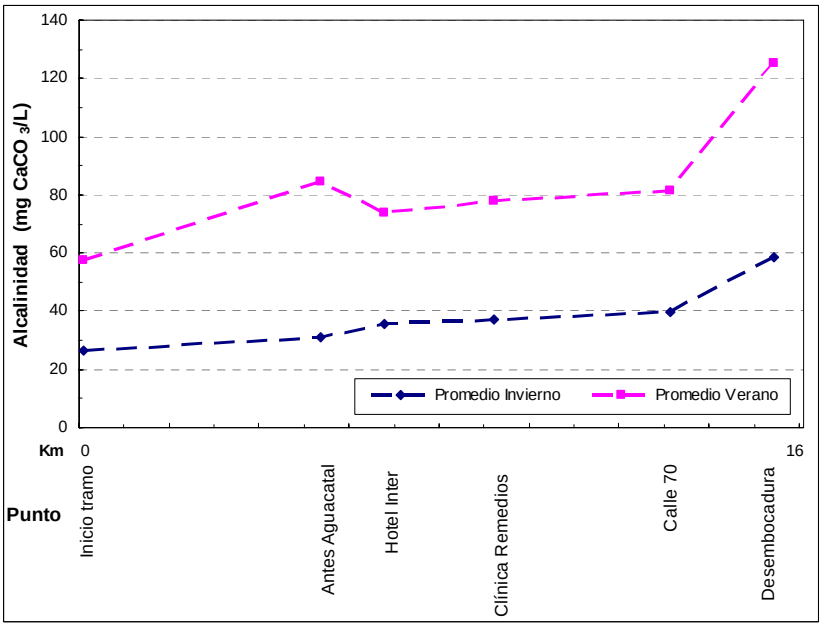
En la Gráfica 15 se observa la variación promedio de los coliformes en cada uno de los periodos de monitoreo. Para ambos períodos climáticos, invierno y verano, la tendencia de estos es a incrementarse en su recorrido por la ciudad; también se observa que la mayor porción de los coliformes totales es correspondiente a los fecales lo cual está directamente correlacionado con todas las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento que son vertidas al río; leves descensos en la concentración de coliformes en la desembocadura podrían estar asociados a fenómenos de sedimentación, especialmente si se tiene en cuenta que en período de invierno, el río Cauca ocasiona el represamiento del río Cali y por lo tanto, se observan velocidades muy bajas en la corriente superficial.



Gráfica 15. Variación promedio de los coliformes – Río Cali

Alcalinidad

La Gráfica 16 presenta la variación promedio de la alcalinidad del agua del río Cali en las dos campañas de monitoreo. Valores de alcalinidad menores de 24 mg/L $CaCO_3$ representan una baja capacidad amortiguadora del agua[2]. En el río Cali para los dos períodos se encuentran valores superiores al antes mencionado lo que indica una buena capacidad de amortiguar los cambios de pH por los vertimientos que se presentan.

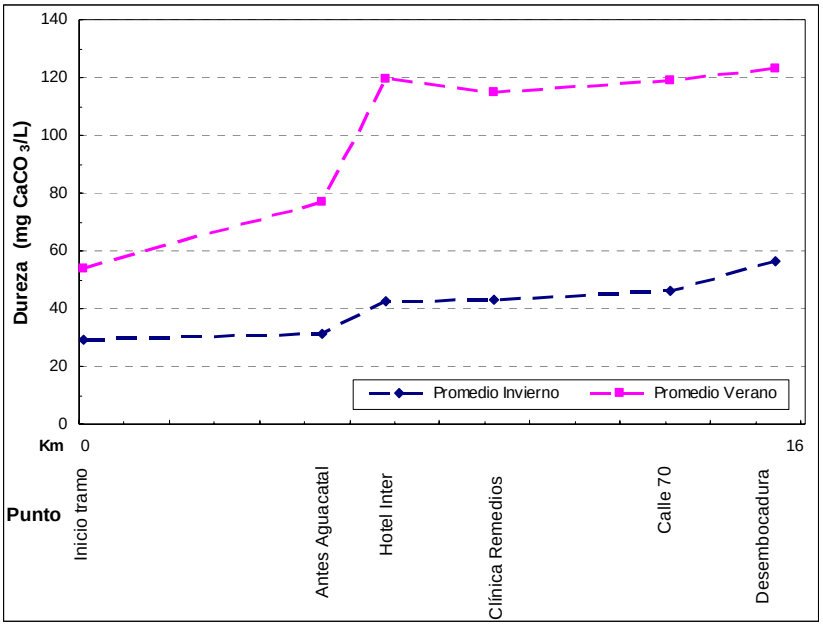


Gráfica 16. Variación promedio de la alcalinidad total – Río Cali

Dureza

La Gráfica 17 presenta la variación promedio de la dureza total del agua del río Cali en los dos periodos monitoreados. Aunque la dureza es producida por los iones arrastrados por la escorrentía, su efecto es más notorio en el período más seco ya que se produce una concentración de las sustancias presentes en el agua; en el período de invierno se presentan valores más bajos por el efecto de dilución. En el período de verano se presenta un mayor

incremento después del río Aguacatal, lo cual estaría relacionado con la disolución de las sales de calcio y magnesio presentes en el suelo y en la ladera erosionada de la cuenca del río Aguacatal, afectada por la explotación de rocamuerta y triturados. Estos valores de dureza encontrados son típicos de corrientes superficiales y no presentan inconvenientes para su uso como fuente de abastecimiento para consumo humano.



Gráfica 17. Variación promedio de la dureza total en el río Cali

Detergentes

Concentraciones de detergentes mayores de 0,1 mg/L en corrientes de agua superficiales favorecen la formación de espumas y concentraciones mayores a 0,4 mg/L están relacionadas con problemas de olor y sabor en el agua[2]. En general, con excepción del punto 1, las concentraciones de detergentes en el río para el período de verano favorecerían la presencia de espumas y generación de olor (ver Tabla 19). En la parte baja y plana del río, la formación de una película debida a los tensoactivos en la interfase líquido - gas disminuye la capacidad de intercambio de oxígeno que, sumado al vertimiento de altas cargas orgánicas, contribuye al deterioro de la calidad del agua del río.

Tabla 19. Valores de Detergentes en el río Cali

Puntos	Detergentes (mg LAS/L)					
	Noviembre 2005			Agosto 2006		
Inicio del perímetro	< 0,10	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Antes Aguacatal	< 0,10	< 0,10	< 0,10	**0,72**	**0,79**	**0,90**
Hotel Inter	< 0,10	< 0,10	< 0,10	**0,20**	**0,17**	**0,26**
Clínica de los Remedios	**0,10**	**0,12**	**0,14**	**0,20**	**0,14**	**0,40**
Calle 70	**0,10**	< 0,10	< 0,10	**0,17**	**0,14**	**0,26**
Desembocadura	**0,24**	**0,17**	< 0,10	**2,48**	**2,48**	**2,61**

Nota: los valores en negrilla representan los valores que se encuentran por encima de lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 sobre calidad del recurso hídrico para consumo humano.

Metales

Con relación a la concentración de metales en el agua del río Cali, puede decirse que, con excepción del hierro y el plomo, los demás parámetros evaluados arrojaron concentraciones muy bajas, por debajo del límite de detección del método analítico empleado.

La concentración de hierro presentó incrementos luego de recibir el río Aguacatal y el colector marginal izquierdo; la contaminación del río Aguacatal estaría relacionada con los efluentes líquidos que recibe de la quebrada "El Chocho" y de la actividad minera. Concentraciones de plomo por encima del valor del Decreto 1594 de 1984 para la destinación del recurso hídrico para consumo humano, uso pecuario y conservación de la fauna y flora en algunos puntos de monitoreo como en el inicio del perímetro urbano, Hotel Intercontinental y Calle 70 pueden deberse a alguna descarga puntual no identificada. En el caso de la aparición de plomo en el punto de monitoreo de la calle 70 podría asociarse a las descargas presentes en el colector de la calle 44. Esta situación amerita realizar una evaluación específica con el objeto de identificar la procedencia de este metal en el agua.

Nitratos

En general, las concentraciones de nitratos en el agua del río fueron bajas y están por debajo del valor máximo admisible (10 mg/L) para destinación del recurso para consumo humano con tratamiento convencional (Decreto 1594 de 1984).

Turbiedad y SST

Se resalta que a pesar de que la concentración de sólidos suspendidos no es una medida directa de la turbiedad del agua, estos parámetros presentan una variación similar. En el muestreo de invierno, ambos parámetros muestran un incremento a lo largo del río, asociado al arrastre de material sólido como consecuencia de las lluvias; en el período de verano, no se muestra un comportamiento creciente constante de estos parámetros a lo largo del río, ya que la disminución de caudal ocasiona dos fenómenos: concentración de sustancias (incremento en turbiedad y SST con respecto al invierno) y sedimentación (disminución de los parámetros a lo largo del río) por la baja velocidad del agua, especialmente en tramos del río con secciones transversales más amplias (Clínica de los Remedios a Calle 70).

Cálculo de Cargas

En la Tabla 20 se presentan las cargas promedio de DQO, DBO_5 y SST calculadas para el río Cali a partir de la concentración promedio de estos parámetros y del caudal promedio de los tres días de monitoreo para cada periodo evaluado. En la Gráfica 18 se ilustran estas cargas en el río.

Tabla 20. Cargas promedio en el río Cali

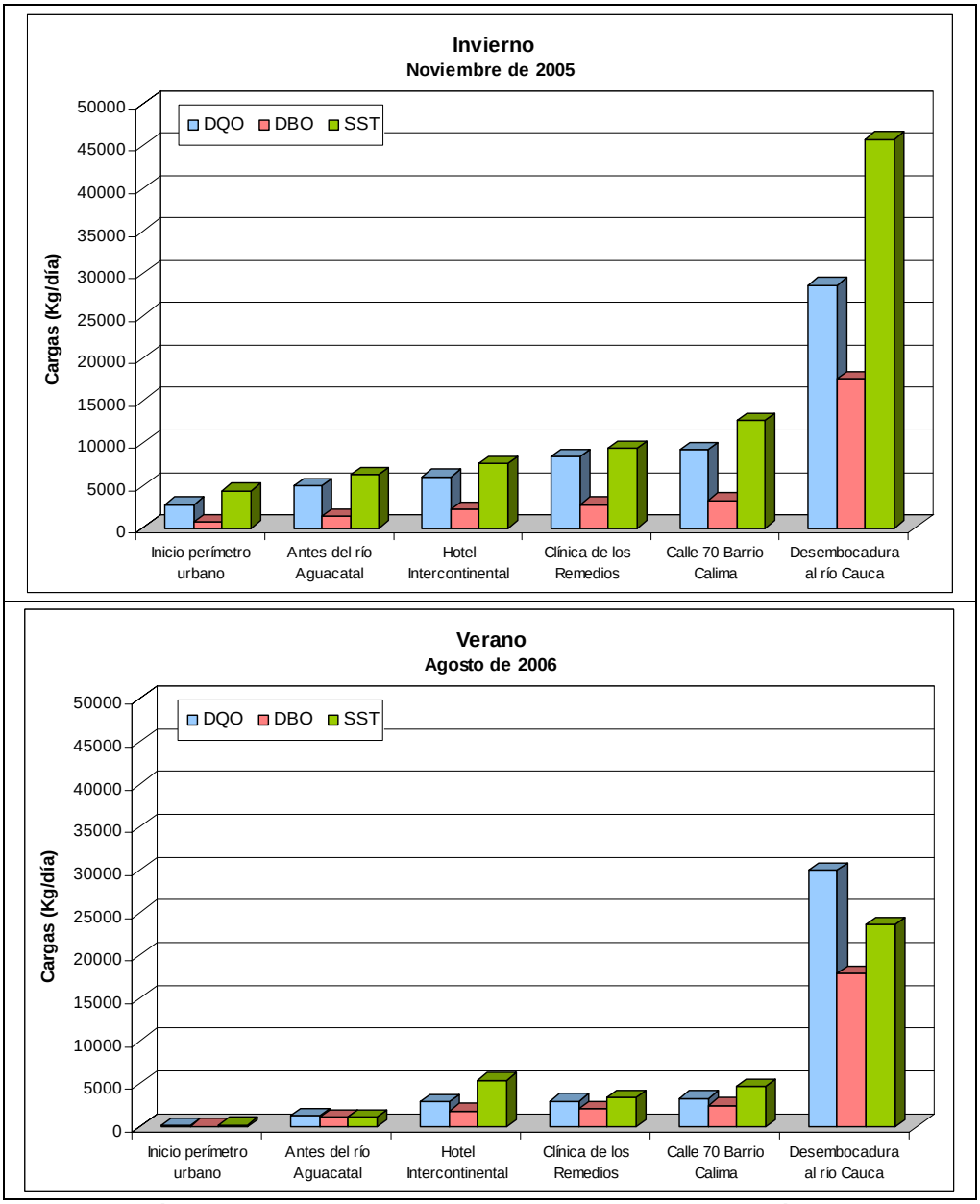
Punto	Carga promedia (Kg/día)					
	DQO		DBO_5		SST	
Fecha	**Invierno**	**Verano**	**Invierno**	**Verano**	**Invierno**	**Verano**
Inicio perímetro	2770,7	172,6	686,0	58,3	4368,9	204,3
Antes Aguacatal	4967,5	1295,1	1311,3	1082,7	6287,1	1102,7
Hotel Inter	6016,5	2935,4	2186,1	1873,0	7559,8	5424,6
Clínica Remedios	8446,4	3010,3	2728,2	2070,2	9349,3	3396,4
Calle 70	9179,9	3315,5	3245,4	2496,7	12614,7	4721,1
Desembocadura	28623,8	29925,2	17564,6	17929,6	45784,5	23576,1

En el último tramo (calle 70 – desembocadura) se observa un incremento brusco de la carga por el aporte del canal Acopi, el colector marginal izquierdo y el canal de aguas residuales de la zona industrial de Yumbo.

Comparando las cargas aportadas por el río Cali al río Cauca (punto 6: desembocadura) para los dos períodos climáticos, se puede ver poca variación en las cargas de DQO y DBO_5, mientras que la carga de SST sí varía de acuerdo con el tiempo, presentando menores cargas en verano, lo cual estaría asociado a la disminución del aporte de aguas lluvias que arrastra material como a las bajas velocidades del agua que, en conjunto con la poca pendiente que presenta el río en la parte baja de la cuenca, favorecen la sedimentación de los sólidos.

5.5.2 Clasificación del agua según Índice de Calidad del Agua (ICA)

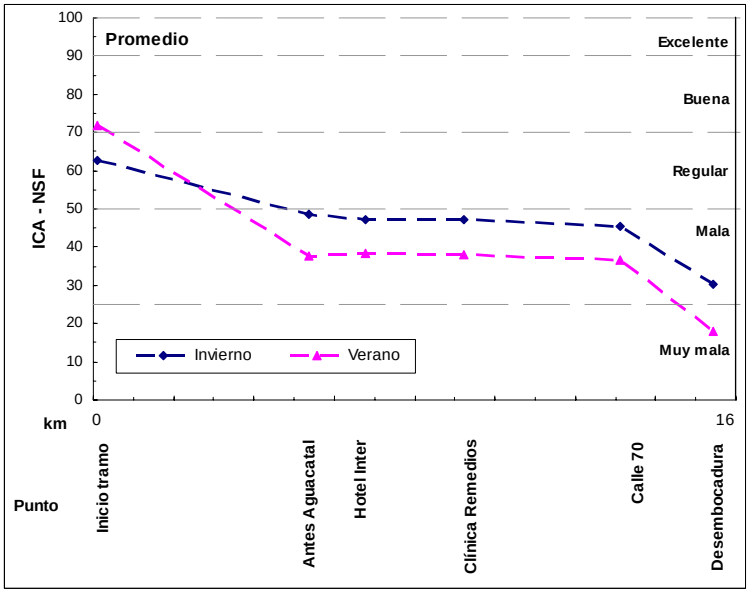
A partir de los resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los puntos de monitoreo sobre el río Cali, se procedió a calcular el ICA – NSF. La Tabla 21 presenta los valores del ICA-NSF calculado para cada uno de los días de monitoreo en las dos campañas programadas y el valor promedio del ICA para cada periodo. La Gráfica 19 presenta las curvas del ICA promedio para los periodos de invierno y verano.



Gráfica 18. Cargas promedio de DQO, DBO_5 y SST – río Cali

Tabla 21. Valores del ICA – NSF en el río Cali

Punto / Fecha	Inicio perímetro	Antes Aguacatal	Hotel Inter	Clínica Remedios	Calle 70	Desembocadura
Nov 23 de 2005	60,9	48,2	45,8	45,5	45,4	31,1
Nov 24 de 2005	62,7	48,9	48	47,6	45,1	33,2
Nov 25 de 2005	64,3	49,4	48,5	48,5	46,6	29,0
Agosto 09 de 2006	69,5	35,5	38,3	39,4	37	18,2
Agosto 10 de 2006	73,8	39,8	39	37,4	37,9	17,6
Agosto 11 de 2006	72,7	37,7	38,1	36,7	35,4	18,3
Promedio Noviembre	62,6	48,8	47,4	47,2	45,7	31,1
Promedio Agosto	72,0	37,7	38,5	37,8	36,8	18,0



Gráfica 19. Clasificación de la calidad del agua del río Cali según el ICA – NSF

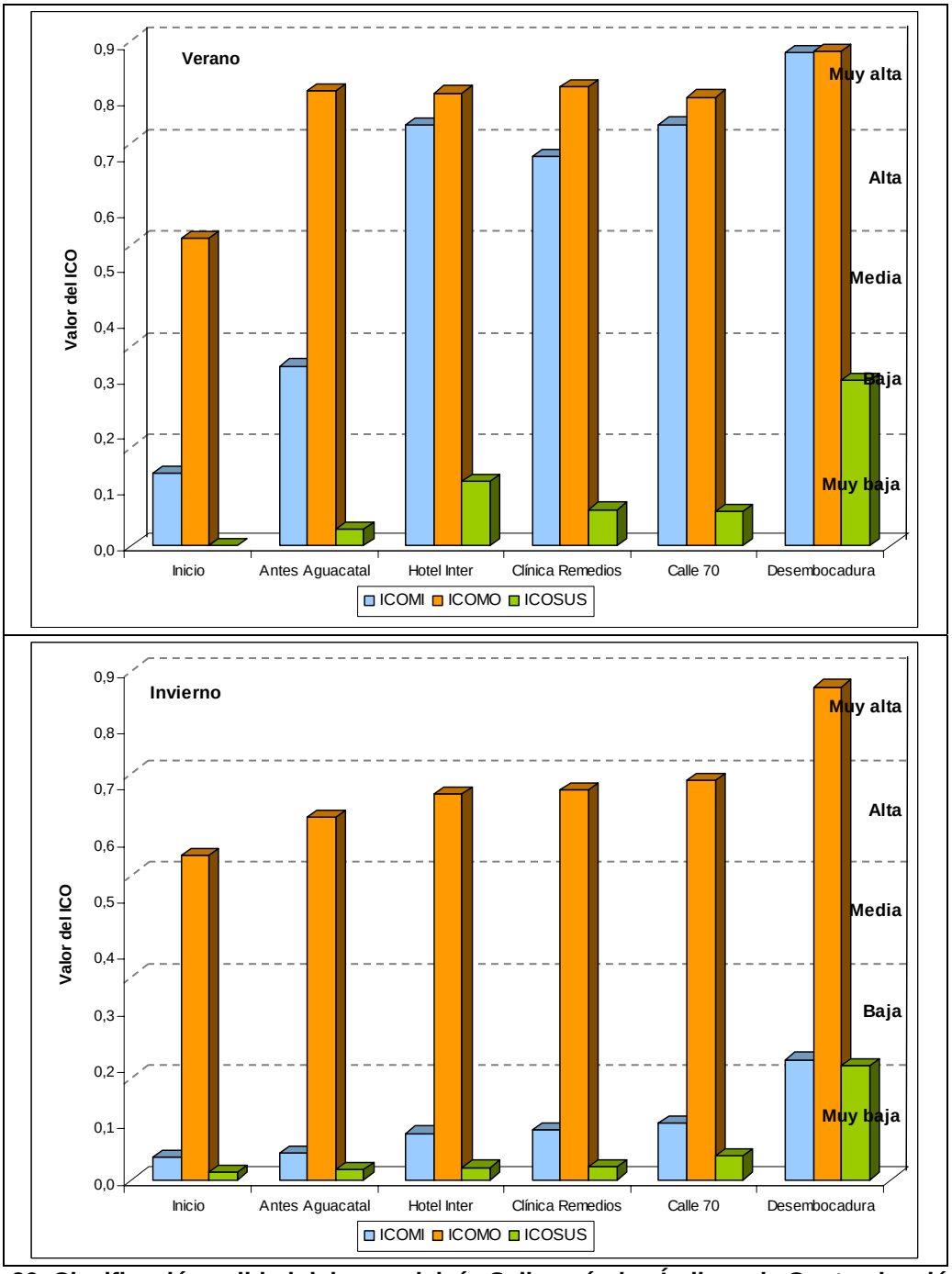
Desde su ingreso a la zona urbana de la ciudad, el agua del río Cali ya tiene una calidad regular, posiblemente por el vertimiento de aguas residuales de las poblaciones asentadas en la parte alta de la cuenca. Con excepción de este punto, la calidad del agua del río en todo el recorrido por el área urbana del municipio de Santiago de Cali se puede calificar como "mala" y en el período de verano en la desembocadura llega a calidad "muy mala", luego del efecto sobre la calidad del agua de las descargas del canal Acopi, el colector marginal izquierdo y el canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo.

La condición crítica del río en la desembocadura y su gran aporte de cargas contaminantes al río Cauca se hace más notoria en el período de verano debido al poco caudal de aguas naturales que transporta el río. Captaciones de agua como las de la EPSA y la bocatoma de la Planta de Potabilización Río Cali dejan el río prácticamente seco en algunos tramos, inclusive en periodo de invierno (ver Fotografía 10).

Fotografía 10. Río Cali luego de captación de la EPSA (Periodo de Invierno – Nov/05)

5.5.3 Clasificación del agua según Índices de Contaminación (ICO)

En la Gráfica 20 se ilustra la comparación de los ICO promedio en cada uno de los seis puntos de monitoreo sobre el río para cada período. En el río Cali, tanto para el período de invierno como para el verano, el mayor aporte de contaminación lo hace la materia orgánica que es vertida tanto por otras corrientes naturales (el río Aguacatal), como por los colectores de aguas residuales (el colector marginal izquierdo, el canal Acopi y el canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo), incrementando el índice en el último tramo de estudio. Esta contaminación no es solo un problema relacionado con las actividades realizadas en el área urbana, puesto que cuando el río entra en la ciudad ya tiene una contaminación orgánica alta (60%) procedente de la parte alta de la cuenca, lo que corrobora la clasificación obtenida por la aplicación del ICA.



Gráfica 20. Clasificación calidad del agua del río Cali según los Índices de Contaminación (ICO)

5.5.4 Cargas aportadas al río por los vertimientos caracterizados

En las Tablas 22 y 23, se presentan las cargas contaminantes aportadas por los vertimientos al río, durante las dos campañas de muestreo.

El mayor aportante de carga en términos de DQO, DBO_5 y SST fue el colector marginal izquierdo; la alta carga orgánica vertida a través del colector está directamente relacionada con su gran área tributaria de 1109,55 Hectáreas, correspondientes a su área propia de 965,62 Ha y

a la del colector marginal derecho de 143,93 Ha. Otros vertimientos importantes por su aporte de carga son el canal Acopi, el río Aguacatal, el colector de la calle 44 y el canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo.

Tabla 22. Cargas aportadas por vertimientos caracterizados. Periodo de Invierno

Descarga	Fecha	Caudal mediano (L/s)	Cargas por 24 horas (Kg/d)		
			DQO	DBO_5	SST
Q. Cabuyal	29-nov-05	103,2	26,7	12,7	20,1
	30-nov-05	123,2	42,6	18,9	45,2
Efluente PTAR Zoo	29-nov-05	0,2	6,1	2,4	2,2
	30-nov-05	0,3	7,9	3,0	2,6
ARD - Sta Teresita	29-nov-05	4,2	119,4	47,0	35,1
	30-nov-05	5,1	180,5	70,5	46,7
ARD - Calle 7 - Av. 1, antes puente de la Portada	01-dic-05	1,2	39,6	20,2	6,8
	02-dic-05	1,5	55,8	22,0	10,5
Río Aguacatal	29-nov-05	557,8	510,9	399,5	554,3
	30-nov-05	637,6	1086,4	980,1	7244,6
Planta R. Cali	29-nov-05	76,4	195,3	143,4	541,0
	30-nov-05	114,1	886,9	166,7	399,1
ARD - Calle 34	29-nov-05	0,6	24,0	7,6	12,8
	30-nov-05	0,9	19,9	5,4	17,4
Cocina Chontaduros*	29-nov-05	583,4	19,8	18,1	8,3
	30-nov-05	737,3	17,0	6,9	2,2
ARD - La Merced, Av 2 N - calle 39	29-nov-05	1,9	36,7	15,3	7,3
	30-nov-05	2,7	57,9	17,7	10,6
ARD - Calle 44	01-dic-05	44,0	1823,5	587,5	345,7
	02-dic-05	77,3	2870,7	958,0	761,1
Canal Vipasa	01-dic-05	8,1	4,2	2,2	2,8
	02-dic-05	10,2	10,6	4,6	8,4
Marranera Camilo Torres	01-dic-05	0,4	830,6	384,0	244,5
	02-dic-05	0,3	126,7	64,1	137,1
Canal Acopi	01-dic-05	58,3	2871,9	1200,7	2257,2
	02-dic-05	58,8	4829,4	1982,6	2384,2
Colector Marginal Izquierdo	01-dic-05	1256,9	54298,7	14823,6	10099,6
	02-dic-05	1303,3	45040,6	12588,8	11597,9
AR industriales, sector industrial Yumbo	01-dic-05	30,3	366,6	95,1	303,8
	02-dic-05	33,4	635,4	106,0	200,7
Marranera Jarillón Floralia*	01-dic-05	1125,0	4,7	2,6	1,7
	02-dic-05	1125,0	15,5	7,0	7,0

Tabla 23. Cargas aportadas por vertimientos caracterizados. Periodo de Verano

Vertimiento	Fecha	Caudal mediano (L/s)	Cargas por 24 horas (Kg/d)		
			DQO	DBO_5	SST
Q. Cabuyal	14-ago-06	106,0	23,7	12,6	45,8
	15-ago-06	71,2	25,0	12,2	67,7
Efluente PTAR Zoo	14-ago-06	0,1	0,7	0,2	0,1
	15-ago-06	0,1	7,1	4,4	1,7
ARD - Restaurante Cali Viejo	14-ago-06	0,2	10,6	6,8	1,7
	15-ago-06	0,1	7,0	5,3	1,1
ARD - Sta Teresita	14-ago-06	9,2	327,5	156,6	143,2
	15-ago-06	11,2	347,8	195,7	172,5
ARD - Calle 7 - Av. 1, antes puente de la Portada	14-ago-06	2,1	82,9	37,2	23,3
	15-ago-06	1,9	62,2	37,8	31,6
ARD - Calle 7 - Av. 1, después puente de la Portada	14-ago-06	16,1	632,7	268,4	353,2
	15-ago-06	18,8	659,2	315,0	561,8
Río Aguacatal	14-ago-06	517,8	5368,9	595,1	872,4
	15-ago-06	511,0	2644,5	781,4	1081,7
Descarga A.R. Sector Normandía	16-ago-06	3,0	67,9	29,6	32,9
	17-ago-06	2,8	92,3	35,2	37,9
Excesos Planta R. Cali	14-ago-06	6,4	119,8	59,9	71,0
	15-ago-06	26,1	202,4	77,9	682,3
ARD - Calle 34	16-ago-06	0,05	1,4	0,6	1,0
	17-ago-06	0,005	0,1	0,02	0,04
ARD - La Merced, Av 2 N - calle 39	16-ago-06	5,2	97,8	54,4	41,7
	17-ago-06	4,4	96,9	41,5	24,9
ARD - Calle 44	16-ago-06	36,5	2368,7	902,1	1192,3
	17-ago-06	29,7	961,7	648,8	277,0
ARD - Carrera 9 N - calle 52 bis	16-ago-06	3,3	35,6	16,4	10,2
	17-ago-06	4,6	177,3	95,6	21,4
Canal Acopi	16-ago-06	79,2	4024,7	2272,4	2395,6
	17-ago-06	81,5	3505,5	1555,7	1295,2
Colector Marginal Izquierdo	16-ago-06	931,8	30191,5	16665,7	16585,2
	17-ago-06	754,0	32442,3	14853,1	11465,6
AR industriales, sector industrial Yumbo	16-ago-06	30,5	605,7	255,4	510,9
	17-ago-06	39,2	1014,8	642,7	169,1

5.6 Balance Hídrico

Los resultados del balance hídrico indican que el tiempo de viaje de la masa de agua en el recorrido del tramo en estudio (inicio del perímetro urbano – desembocadura) es de 5 horas y 51 minutos en el período de invierno y 7 horas y 54 minutos en verano. Con relación a los caudales determinados en el balance hídrico, éstos resultaron semejantes a los obtenidos durante las jornadas de aforo sobre el río y sus vertimientos. La Figura 3 muestra un esquema de los resultados del balance hídrico en el periodo de invierno y en la Figura 4 en el período de verano.

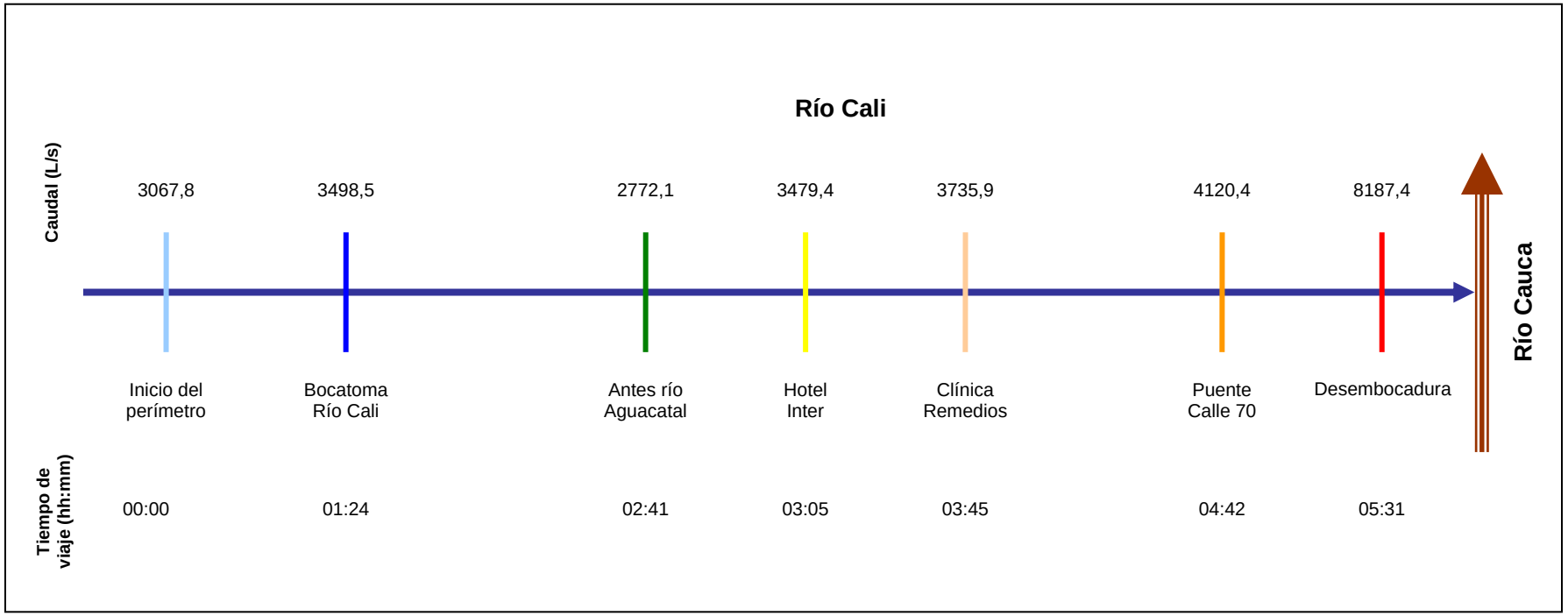


Figura 3. Esquema del balance hídrico en el Río Cali – Periodo de Invierno

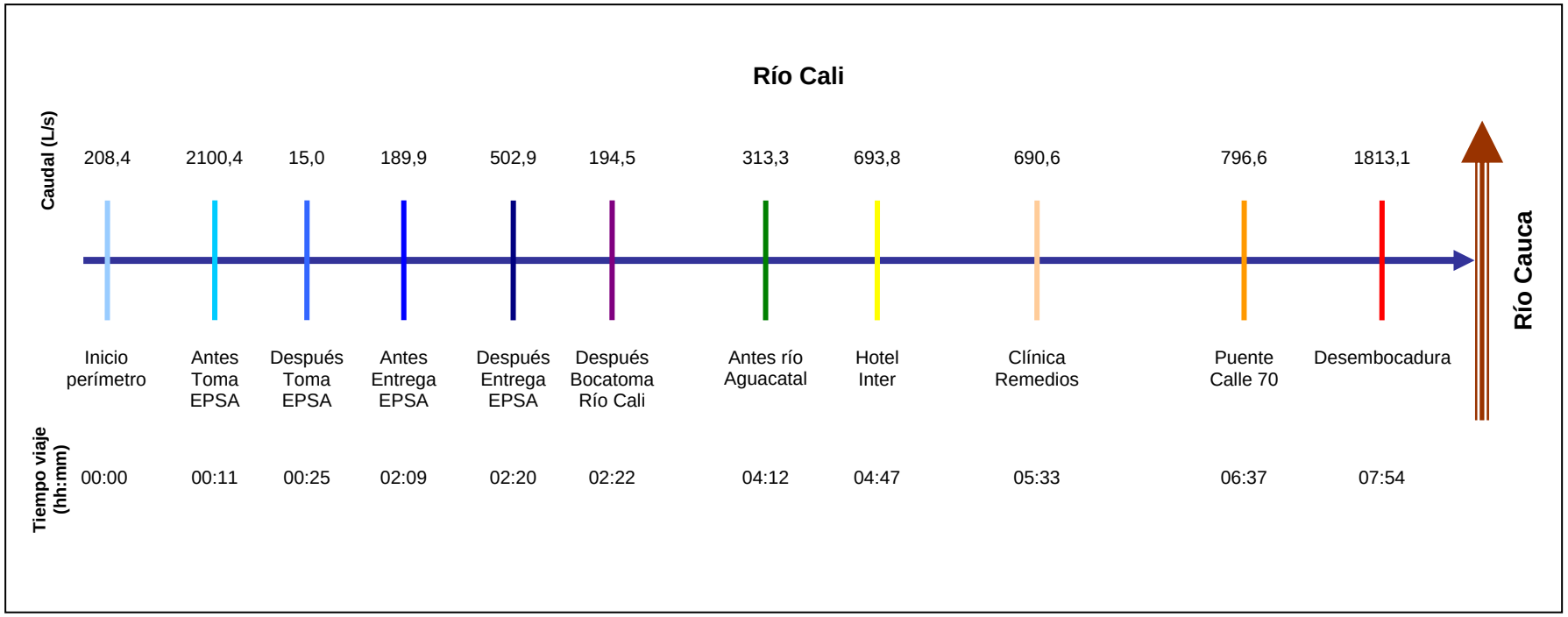


Figura 4. Esquema del balance hídrico en el Río Cali – Periodo de Verano

6 Bases para la formulación de Planes de Mejoramiento de los ríos Cali y Aguacatal

El primer paso para la formulación de las bases para el Plan de Mejoramiento de los Ríos (PMR) fue retomar los resultados del presente estudio, es decir, revisar el diagnóstico ambiental de los ríos. Posteriormente, se diseñó, en un ejercicio multidisciplinario, un árbol donde quedaran plenamente identificados los problemas de dichas fuentes de agua, sus causas y consecuencias (ver Figura 5). Luego, se procedió con la formulación del Plan de Acción, el cual incluye las medidas recomendadas, los actores involucrados en cada acción y la priorización de estas medidas (plazo de ejecución). Las Tablas 24 y 25 presentan el plan de acción propuesto para los ríos Aguacatal y Cali, respectivamente.

Con relación a obras específicas que se adelantan actualmente en la zona de estudio del río Aguacatal, se conoció, de acuerdo con información suministrada por EMCALI E.I.C.E E.S.P, que en el primer semestre del 2006 la firma de consultoría Manov Ingeniería adelantó el proyecto de “Diseño de obras de descontaminación del río Aguacatal”, el cual contempló el diseño de colectores de alcantarillado sobre la margen derecha del río y en el sector comprendido entre las coordenadas 107.500E, 109.000E y la Av. 5 Oeste y el río Aguacatal. A la fecha no se conoce cuándo se construirían los colectores proyectados.

Con relación a obras específicas que se adelantan actualmente en la zona de estudio del río Cali, se encuentra en ejecución a través del Convenio Nº 144 – 04 DAGMA – CVC – EMCALI, el transvase del Colector Marginal Izquierdo a la Estación de Bombeo de Floralia para su posterior bombeo a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo, PTAR – C (ver Fotografía 11).

Fotografía 11. Obras del Transvase del Colector Marginal Izquierdo

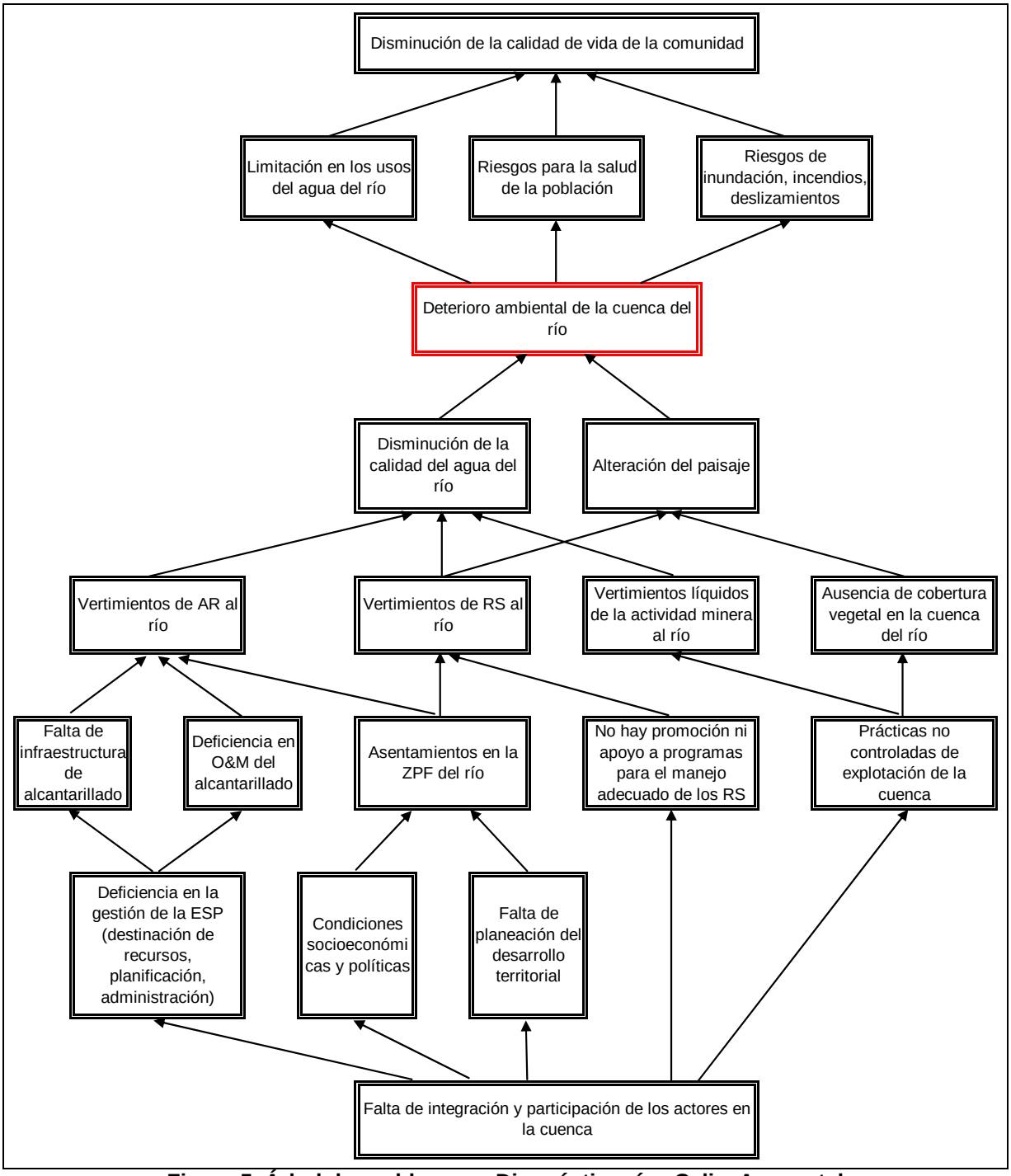


Figura 5. Árbol de problemas – Diagnóstico ríos Cali y Aguacatal

Tabla 24. Plan de Acciones – Plan de Mejoramiento del río Aguacatal

Problema	Responsables	Causa	Acciones					
			Correctivas			Preventivas		
			Descripción	Actores	Plazo de ejecución	Descripción	Actores	Plazo de ejecución
Deterioro ambiental de la cuenca del río Aguacatal	Admón. Mpal, Empresa de Servicios .Públicos (ESP) , Autoridades ambientales y comunidad	**Vertimientos líquidos**	Labores de mantenimiento en la red de alcantarillado	EMCALI	Corto	Evitar nuevos asentamientos en la ZPF* y el crecimiento de los ya existentes	Administración municipal, Comunidad	Inmediato
			Eliminación de vertimientos líquidos al río: corrección de conexiones erradas del sistema de alcantarillado pluvial y construcción de colectores e interceptores para recolección y transporte de las ARD		Mediano	Realización de labores de mantenimiento en la red de alcantarillado	EMCALI	Corto
					Mediano	Elaboración y puesta en marcha de un plan de monitoreo de la calidad del agua del río	DAGMA	Corto
					Largo	Actualización periódica de la base de datos de calidad de agua del SIG: seguimiento del plan de monitoreo	DAGMA	Corto
			Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Ejecución de campañas educativas sobre manejo adecuado de los vertimientos líquidos domiciliarios	DAGMA, EMCALI, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Inmediato
			Control de las actividades mineras y de explotación de materiales de construcción	DAGMA, CVC, comunidad	Corto	Exigencia y verificación del cumplimiento del plan de manejo de vertimientos en obras en ejecución	Entidad Ambiental competente	Inmediato
			Realización de catastro de usuarios del río	DAGMA, CVC, comunidad	Mediano	Modelación de calidad de agua del río	DAGMA, CVC	Corto

Continuación Tabla 24. Plan de Acciones – Plan de Mejoramiento del Río Aguacatal

Problema	Responsables	Causa	Acciones					
			Correctivas			Preventivas		
			Descripción	Actores	Plazo de ejecución	Descripción	Actores	Plazo de ejecución
Deterioro ambiental de la cuenca del río Aguacatal	Empresa de Servicios .Públicos (ESP) , Autoridades ambientales y comunidad	**Vertimientos sólidos**	Realización periódica de jornadas de limpieza en el río y sus riberas	DAGMA, EMSIRVA, Comunidad	Inmediato	Ejecución de campañas educativas sobre manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios	DAGMA, EMSIRVA, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Inmediato
			Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Exigencia y verificación del cumplimiento del plan de manejo de vertimientos en obras en ejecución	Entidad Ambiental competente	Inmediato
			Aumento de cobertura del servicio de recolección de basuras	EMSIRVA	Largo			
		Pérdida de cobertura vegetal	Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Adquisición de predios en la ZPF	Administración Municipal	Largo
			Control de las actividades mineras y de explotación de materiales de construcción	DAGMA, CVC	Corto	Ejecución de programas de reforestación en la cuenca del río	DAGMA, EMSIRVA, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Corto

* ZPF: Zona de Protección Forestal

Tabla 25. Plan de Acciones – Plan de Mejoramiento del Río Cali

Problema	Responsables	Causa	Acciones					
			Correctivas			Preventivas		
			Descripción	Actores	Plazo de ejecución	Descripción	Actores	Plazo de ejecución
Deterioro ambiental de la cuenca del río Cali	Empresa de Servicios .Públicos (ESP) , Autoridades ambientales y comunidad	**Vertimientos líquidos**	Realización de labores de mantenimiento en la red de alcantarillado	EMCALI	Corto	Evitar nuevos asentamientos en la ZPF* y el crecimiento de los ya existentes	Administración municipal, Comunidad	Inmediato
			Eliminación de vertimientos líquidos al río		Mediano	Realización de labores de mantenimiento en la red de alcantarillado	EMCALI	Corto
			Corrección de conexiones erradas del sistema de alcantarillado pluvial		Mediano	Elaboración y puesta en marcha de un plan de monitoreo de la calidad del agua del río	DAGMA	Corto
			Construcción de colectores e interceptores para la recolección y transporte de las ARD		Largo	Actualización periódica de la base de datos de calidad de agua	DAGMA	Corto
			Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Ejecución de campañas educativas sobre manejo adecuado de los vertimientos líquidos domiciliarios	DAGMA, EMCALI, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Inmediato
			Control de los vertimientos provenientes de actividades industriales en el área urbana del municipio de Cali y Yumbo (ACOPI)	DAGMA, CVC	Corto	Exigencia de formulación de planes de manejo de vertimientos para nuevos usuarios industriales	Entidad Ambiental competente	Inmediato

Continuación Tabla 25. Plan de Acciones – Plan de Mejoramiento del Río Cali

Problema	Responsables	Causa	Acciones					
			Correctivas			Preventivas		
			Descripción	Actores	Plazo de ejecución	Descripción	Actores	Plazo de ejecución
Deterioro ambiental de la cuenca del río Aguacatal	Empresa de Servicios .Públicos (ESP) , Autoridades ambientales y comunidad	**Vertimientos sólidos**	Realización periódica de jornadas de limpieza en el río y sus riberas	DAGMA, EMSIRVA, Comunidad	Inmediato	Ejecución de campañas educativas sobre manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios	DAGMA, EMSIRVA, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Inmediato
			Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Exigencia y verificación del cumplimiento del plan de manejo de vertimientos en obras en ejecución	Entidad Ambiental competente	Inmediato
		Pérdida de cobertura vegetal	Reubicación de población asentada en la ZPF	Administración municipal	Largo	Adquisición de predios en la ZPF	Administración Municipal	Largo
			Control de las actividades desarrolladas en las riberas del río	DAGMA, CVC	Corto	Ejecución de programas de reforestación en la cuenca del río	DAGMA, EMSIRVA, CVC, Instituciones educativas, Comunidad	Corto

ZPF: Zona de Protección Forestal

7 Conclusiones y recomendaciones

- Durante el período de invierno (Noviembre de 2005), el caudal mediano del río Cali varia entre 4397,7 L/s en el inicio del perímetro urbano (punto 1) y 7823,5 L/s en la desembocadura al río Cauca (punto 6). En el período de verano (Agosto 2006) los caudales presentan una disminución considerable, en los puntos anteriormente nombrados varían de 434,1 L/s a 2740,7 L/s. En el caso del río Aguacatal, la variación del caudal mediano en el tramo de estudio fue de 331,5 a 635,4 L/s en diciembre de 2005; de 272,1 a 429,4 L/s en febrero de 2006 y, de 413,6 a 776,8 L/s en julio de 2006.

- En el río Cali se identificaron 296 vertimientos de aguas residuales, de los cuales 258 están localizados sobre la margen derecha y 38 sobre la margen izquierda. Los vertimientos identificados pertenecen principalmente a aguas residuales domésticas descargadas directamente al río como en el barrio La Isla o a través de estructuras de alcantarillado con mal funcionamiento. Las descargas industriales más representativas se encuentran en el colector de la calle 44, el canal Acopi y el canal de aguas residuales del sector industrial de Yumbo. En el río Aguacatal, actualmente (octubre de 2006) recibe 112 vertimientos de aguas residuales, 65 sobre la margen derecha y 46 sobre la margen izquierda. La mayoría de estas descargas corresponden a aguas residuales domésticas (109 vertimientos), seguidas de efluentes de actividades agropecuarias y solamente un efluente procedente de la industria de elaboración de almidón de yuca.

- Respecto a las captaciones de agua del río Cali, se identificaron cuatro que corresponden a: EPSA, EMCALI E.I.C.E E.S.P, Fundación Zoológico de Cali y la que efectúa un residente del Jarillón de Floralia. Esporádicamente es posible encontrar algunas captaciones como las realizadas en el Parque Longitudinal del Río Cali, donde se extrae agua para regar las zonas verdes en las márgenes del río. En el río Aguacatal, se identificó una captación correspondiente a la toma del Club La Ribera, para uso ornamental y luego el agua es retornada.

- Aplicando el Índice de Calidad de Agua (ICA - NSF), se determinó que la calidad del agua del río Cali se clasifica entre buena y regular en el inicio del área de estudio y entre mala y muy mala en los siguientes puntos de monitoreo hasta su desembocadura, variando de acuerdo a la condición climática. En cuanto al río Aguacatal, el ICA muestra que éste ha sido afectado negativamente antes de ingresar a la zona urbana del municipio de Santiago de Cali; en las tres campañas de monitoreo, la calidad del agua del río Aguacatal se clasificó como “regular” en el inicio del área de estudio y como “mala” en los siguientes puntos de monitoreo hasta su desembocadura.

- Con la aplicación de los índices de contaminación ICO se determinó que la principal causa de contaminación del río Cali es la presencia de materia orgánica en el agua, muy por encima de los efectos causados por mineralización y la presencia de material suspendido. En el río Aguacatal, se encuentra que la contaminación se debe principalmente al aporte de materia orgánica (aguas residuales domésticas) y a los procesos de mineralización que se dan en ella. En el inicio del tramo de estudio, la presencia de coliformes fecales evidencia la contaminación resultante de las descargas de aguas residuales domésticas, mientras que la quebrada El Chocho incrementa la contaminación por mineralización en el río (20%), superando la contaminación por materia orgánica a partir de este punto.

- Durante el desarrollo del proyecto en el río Aguacatal, se constató el efecto que sobre el río ocasiona la intervención antrópica. Actividades como modificación de su cauce (represamiento del agua para recreación), explotación de materiales, construcción de obras hidráulicas y civiles y vertimientos líquidos temporales al río, fueron observadas. Es

indispensable involucrar a la comunidad en las medidas tendientes a mejorar la situación actual del río.

- El establecimiento de acciones concretas a través del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento – PSMV, se hace necesario para priorizar los puntos clave de acciones de acuerdo al efecto de los vertimientos identificados a lo largo de los ríos objetos de este estudio.

- El manejo de los residuos sólidos es un punto importante en estas corrientes de agua ya que se afecta la calidad del agua y el paisaje, aumentan los riesgos de inundación y de proliferación de enfermedades. Por tanto, se requiere intervenir en la comunidad con campañas educativas para disminuir la disposición de residuos a los ríos.