

Nº 7975
270*

**PROYECTO
DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO
EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI
CONTRATO UP-020-2000**

EQUIPO TECNICO

Contratista	Angela María Salazar
Coordinador Ingeniería	Germán Bolaños
Coordinador Sistemas	Alex Amed Valencia
Economista	María Fernanda Díaz
Ingeniero Sanitario:	Robert Corrales
Ingeniero Civil:	William Galvis
Arquitecto:	Fernando Valderrama
Abogada:	Alba Regina Palomino
Hidrólogos:	Yesid Carvajal
	Claudia Grisales
	Juan Guillermo Lozano

INTERVENTOR

Yeison Montoya Ríos

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI
Departamento Administrativo de Gestión
del Medio Ambiente - DAGMA



DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

DISEÑO RED HÍDRICA Y RED DE ALERTAS PARA LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI

ANGELA MARIA SALAZAR M
Consultora

Convenciones

1. Red de alertas. Pluviógrafo, sensor de nivel de agua, sistema de almacenamiento y transmisión via satelital.
2. Red entradas. Sensor de nivel de agua, sensores de calidad de agua, sistema de almacenamiento y transmisión via satelital
3. Red de salidas. Sensor de nivel de agua, sensores de calidad de agua, sistema de almacenamiento y transmisión via satelital
4. Red existente. En estos puntos ya existen estaciones para medir precipitaciones y calidad de agua.

Santiago de Cali, Diciembre de 2000.

Tabla de Contenido

RECURSO AGUA

- 1.1. DEFINICION
- 1.2. PROPIEDADES DEL AGUA
- 1.3. ESTADO NATURAL.
EL AGUA EN LA VIDA
- 1.4. CICLO NATURAL DEL AGUA
- 1.5. COMPOSICIÓN
- 1.6. PURIFICACIÓN DEL AGUA
- 1.7. SUMINISTRO DE AGUA
FUENTES DEL AGUA
TRATAMIENTO
- 1.8. DEPURACIÓN DE AGUAS
NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES
- 1.9. CALIDAD DEL AGUA
INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA
ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA
PH
Turbidez

CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

- 1.10. RÍO PANCE
CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA
CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA
CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA
ESPECIES DESAPARECIDAS O AMENAZADAS.
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO PANCE
- 1.11. RÍO LILÍ
CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA
CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA
CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA
ESPECIE DE FLORA AMENAZADA
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO LILI
- 1.12. RIO CAUCA
CARACTERIZACION PRIMER TRAMO DE LA CUENCA
CARACTERIZACION SEGUNDO TRAMO DE LA CUENCA
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA
ESPECIES DESAPARECIDAS O AMENAZADAS.
PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO CAUCA
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO CAUCA

TABLA DE CONTENIDO

2.4. RIO AGUACATAL

- 2.4.1. AREA DE INFLUENCIA DIRECTA
- 2.4.2. ASPECTOS FISICOS
- 2.4.3. CUENCA ALTA
- 2.4.4. CUENCA MEDIA
- 2.4.5. CUENCA BAJA
- 2.4.6. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA
- 2.4.7. FLORA
- 2.4.8. FAUNA

2.5 Río Cañaveralejo

- 2.5.1. DIVISIÓN GEOMORFOLÓGICA
 - Cuenca Alta
 - Cuenca Media
 - Cuenca Baja
- 2.5.2. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA
- 2.5.3. FLORA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO
- 2.5.4. FAUNA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO
- 2.5.5. FLORA: PARTE BAJA DEL RÍO
- 2.5.6. FAUNA: PARTE BAJA DEL RÍO
- Caracterización Hidrobiológica del Río Cañaveralejo
- Caracterización físico - química y microbiológica del río Cañaveralejo

2.6. Río Cali

- SUBCUENCA
- SECTOR
- Río Pichinde

2.6.1. CUENCA ALTA

2.6.2. CUENCA MEDIA

2.6.3. CUENCA BAJA

2.6.4. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

- 2.6.5. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA
 - Inundaciones:
 - Presencia de Asentamientos
 - Flora
 - Fauna
 - Vertebrados

Macroinvertebrados

Caracterización Hidrobiológica de la Cuenca Rio Cali

Caracterización físico - química y microbiológica del río Cali

2.7 Río Meléndez

División Geomorfológica

Cuenca Alta

Cuenca Media

Cuenca Baja

Parámetros Geomorfológicos DE LA CUECA DEL RÍO MELÉNDEZ

Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgos de la Cuenca

Flora Parte Alta y Media del Río Meléndez

Fauna: Parte Alta y Media del Río Meléndez

Flora: Parte Baja del Río Melendez

Fauna: Parte Baja del Río Meléndez

Caracterización Hidrobiológica

Caracterización Físico - Química Y Microbiológica Del Río Meléndez

DISEÑO REDES DE MONITOREO 1 Y 2

CONTENIDO DEL DOCUMENTO

3. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

4. ASPECTOS GENERALES SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL PARA LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI

- 4.1. LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL DE LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI.
- 4.2. JUSTIFICACION INSTITUCIONAL PARA LA CREACIÓN DE LA RED DE MONITOREO
- 4.3. CRITERIOS Y FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA " UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL DE LOS RÍOS; CAUCA, CALI, CAÑAVERALEJO, LILI, AGUACATAL, MELENDEZ Y PANCE".
 - 4.3.1. CALIDAD DEL AGUA
 - 4.3.2. FORMA Y RELIEVE
 - 4.3.3. RED HIDROLOGICA
 - 4.3.4. PERMEABILIDAD
 - 4.3.5. CLIMA
 - 4.3.6. BALANCES HIDRICOS
 - 4.3.7. PRECIPITACIONES MAXIMAS
 - 4.3.8. EVALUACIÓN DE ESCORRENTIAS
 - 4.3.9. CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA
 - 4.3.10. AFOROS E ISOCRONAS
 - 4.3.11. HIDROGRAMA UNITARIO
 - 4.3.13. PARÁMETROS DE POBLACIÓN
 - 4.3.14. EROSION HIDRICA
 - 4.3.15. EROSION LAMINAR
 - 4.3.16. FACTOR COBERTURA VEGETAL
 - 4.3.17. MOVIMIENTOS MASALES
 - 4.3.18. DESENCADENANTES
 - 4.3.19. CLASIFICACIÓN DE FLUJOS TORRENCIALES

4.4. CONCLUSIONES

5. IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN LOS RIOS DEL MUNICIPIO DE CALI

- 5.1. MORFOLOGÍA FLUVIAL
- 5.2. LAS PARTES DE UN RÍO
 - 5.2.1. LA CABECERA
 - 5.2.2. PARTE MEDIA
 - 5.2.3. PARTE BAJA

- 5.3. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL PRIMER TRAMO
 - 5.3.1. CONTAMINANTES
 - 5.3.2. FACTORES DE CONTAMINACIÓN:
- 5.4. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL SEGUNDO TRAMO
- 5.5. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL TERCER TRAMO
 - 5.5.1. ACCIONES Y ELEMENTOS DE CONTAMINACIÓN
 - 5.5.2. COMPONENTES ORGÁNICOS QUE MÁS INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL TERCER TRAMO:
 - 5.5.3. COMPONENTES ORGÁNICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE AGUAS Y LA SALUD
 - 5.5.4. MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN LAS AGUAS

DOCUMENTO 1

**DISEÑO RED HÍDRICA Y RED DE
ALERTAS PARA LOS RÍOS DEL
MUNICIPIO DE CALI**

278

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

INTRODUCCION

El agua se considera el principal de los recursos naturales por calificarse como esencial para la vida humana y el desarrollo de actividades productivas que le permiten la subsistencia y mejoramiento de las condiciones de vida de la población. Considerando las ventajas que representa para una región la dotación de agua con la que se cuenta para todos los usos permitidos, el municipio de Cali se califica como rico en recurso hídrico.

A pesar de la importancia del agua para Cali no ha sido posible hasta la fecha tener un sistema eficiente y permanente que permita conocer las condiciones en las que se encuentran las fuentes de agua superficial que se aprovechan de los ríos Cali, Aguacatal, Meléndez, Cañaveralejo, Lili y Pance, además de contar con el paso del río Cauca por el suroriente. Es así como se encuentra que los aspectos relacionados con la calidad del agua y el uso dado al recurso por parte de los diferentes agentes que habitan las partes alta media y baja de estos ríos, no son monitoreados o registrados por medio de un sistema de información. Como consecuencia de la ausencia de registros permanentes del comportamiento de los ríos no es posible atender las emergencias que se producen por los aumentos del caudal que se generan en los periodos de invierno o por aguaceros torrenciales.

Es por esto que el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA, solicita el desarrollo de la consultoría para el

DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO EN EL MUNICIPIO DE CALI, con el fin de constituir en el corto plazo un completo sistema de monitoreo de los ríos conectados a través de un sistema de información en red que facilite el conocimiento del comportamiento y el estado de los ríos en el tiempo, así como los factores que los afectan.

El presente documento forma parte de los productos de la consultoría y comprende la presentación de los elementos a considerar para la construcción e instalación de las estaciones de monitoreo de agua ubicadas en las partes altas de los ríos, en el caso de la red 2 o de entradas, y las estaciones de la parte baja o red 1 que mide las concentraciones de las sustancias presentes en las aguas antes de ser entregadas a otra fuente.

280

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

PARTE A

**ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA
Y LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL
MUNICIPIO DE CALI**

281

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

1. RECURSO AGUA

1. RECURSO AGUA

Las cuencas hidrográficas han proporcionado al hombre una plataforma de desarrollo desde las primeras civilizaciones conocidas de Mesopotamia (las cuencas del Tigris y del Éufrates), Egipto (la cuenca del Nilo), India (las cuencas del Indo y del Ganges) y China (la cuenca del Huang He o Río Amarillo, y del Yang-tsê o Río Azul). Ya los primeros científicos e ingenieros reconocieron la necesidad de estudiar la escorrentía y características de las cuencas. Los intentos por dominar el curso y almacenamiento de las aguas se remontan a la antigüedad. Se han descubierto canales en las ruinas de Nippur (Mesopotamia) que datan del 5200 A.C. Los egipcios destacan por haber controlado el nivel de las aguas del río Nilo en el 3500 A.C.¹

Durante la mayor parte de la historia de la Humanidad, las cuencas han sido controladas casi exclusivamente con el fin de incrementar su utilidad económica y reducir las amenazas más peligrosas para los habitantes de la zona: las sequías y las inundaciones. El objetivo principal ha sido la mejora del drenaje de la tierra y el control del caudal fluvial para garantizar un suministro de agua suficiente para el riego y la industria, aumentar la extensión de suelo apto para el cultivo y reducir los riesgos que plantean los desbordamientos de los ríos. El hombre también ha utilizado las vías fluviales para deshacerse de desperdicios domésticos y residuos industriales, pero esta práctica ha incidido en una alta contaminación del recurso hídrico, convirtiéndose en uno de los problemas ambientales más graves de la actualidad,

¹ " Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation

estimándose que cada año mueren unos 10 millones de personas en el mundo por beber agua contaminada.²

Reconociendo el DAGMA la importancia de las cuencas hidrográficas, planteó el presente estudio, que centra su objeto de trabajo en la definición de las bases para el establecimiento de los parámetros hidrológicos y de calidad que deben anteceder al diseño de la Red de Monitoreo de los ríos de la ciudad: Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Lili, Meléndez; red de monitoreo que permitirá recolectar información, para ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de tales ríos, facilitando el diseño y aplicación de políticas de administración de estos; que permitan garantizar la provisión de agua de manera óptima y sostenible.

A continuación se presenta la conceptualización tenida en cuenta en este proyecto.

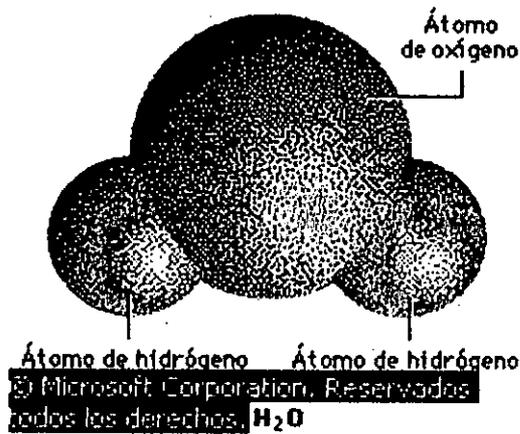
1.1. DEFINICION

Agua³; nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H₂O. Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta la última mitad del siglo XVIII. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire.

² Ibid.

³ " Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation

Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno. En un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual H_2O .

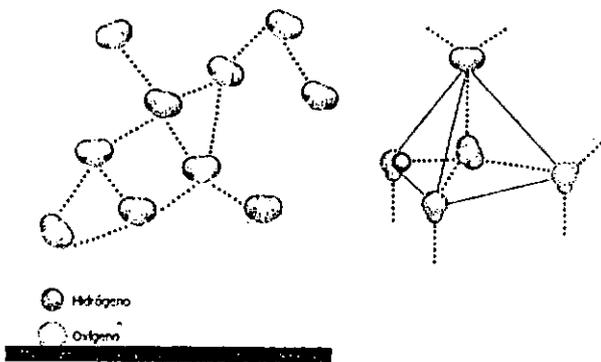


Una molécula de agua consiste en un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, unidos formando un ángulo de 105° . Al estar unido cada átomo de hidrógeno con un elemento muy electronegativo como el oxígeno, el par de electrones del enlace estará muy atraído por éste. Estos electrones forman una región de carga negativa, que polariza eléctricamente a toda la molécula. Esta cualidad polar explica el fuerte enlace entre las moléculas, así como ciertas propiedades del

agua poco comunes, por ejemplo, el hecho de que se expande al solidificarse. .⁴

Casi todo el hidrógeno del agua tiene una masa atómica de 1. El químico estadounidense Harold Clayton Urey descubrió en 1932 la presencia en el agua de una pequeña cantidad (1 parte por 6.000) de lo que se denomina agua pesada u óxido de deuterio (D_2O); el deuterio es el isótopo del hidrógeno con masa atómica 2. En 1951 el químico estadounidense Aristid Grosse descubrió que el agua existente en la naturaleza contiene también cantidades mínimas de óxido de tritio (T_2O); el tritio es el isótopo del hidrógeno con masa atómica 3. Véase Átomo.

1.2. PROPIEDADES DEL AGUA⁵



⁴"Molécula de agua," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Los enlaces de hidrógeno son enlaces químicos que se forman entre moléculas que contienen un átomo de hidrógeno unido a un átomo muy electronegativo (un átomo que atrae electrones). Debido a que el átomo electronegativo atrae el par de electrones del enlace, la molécula se polariza. Los enlaces de hidrógeno se forman debido a que los extremos o polos negativos de las moléculas son atraídos por los polos positivos de otras, y viceversa. Estos enlaces son los responsables de los altos puntos de congelación y ebullición del agua. 6

El agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0 C y su punto de ebullición de 100°C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobreenfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos -25°C sin que se congele. El agua sobreenfriada se puede congelar agitándola, descendiendo más su temperatura o añadiéndole un cristal u otra partícula de hielo. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura.

El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos. Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le

6 "Enlaces de hidrógeno en el agua," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation.

287

conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes.

1.2. ESTADO NATURAL

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gas. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El vapor atmosférico se mide en términos de humedad relativa, que es la relación de la cantidad de vapor de agua en el aire a una temperatura dada respecto a la máxima que puede contener a esa temperatura.

El agua está presente también en la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre. Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie

terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

1.2.1. EL AGUA EN LA VIDA

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como las proteínas y los carbohidratos. Este proceso, llamado hidrólisis, se produce continuamente en las células vivas.

1.3. CICLO NATURAL DEL AGUA

La hidrología es la ciencia que estudia la distribución del agua en la Tierra, sus reacciones físicas y químicas con otras sustancias existentes en la naturaleza, y su relación con la vida en el planeta. El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico. Se produce vapor de agua por evaporación en la superficie

terrestre y en las masas de agua, y por transpiración de los seres vivos. Este vapor circula por la atmósfera y precipita en forma de lluvia o nieve.

Al llegar a la superficie terrestre, el agua sigue dos trayectorias. En cantidades determinadas por la intensidad de la lluvia, así como por la porosidad, permeabilidad, grosor y humedad previa del suelo, una parte del agua se vierte directamente en los riachuelos y arroyos, de donde pasa a los océanos y a las masas de agua continentales; el resto se infiltra en el suelo. Una parte del agua infiltrada constituye la humedad del suelo, y puede evaporarse directamente o penetrar en las raíces de las plantas para ser transpirada por las hojas. La porción de agua que supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo y se acumula en la llamada zona de saturación para formar un depósito de agua subterránea, cuya superficie se conoce como nivel freático. En condiciones normales, el nivel freático crece de forma intermitente según se va rellenando o recargando, y luego declina como consecuencia del drenaje continuo en desagües naturales como son los manantiales.

1.4. COMPOSICIÓN

Debido a su capacidad de disolver numerosas sustancias en grandes cantidades, el agua pura casi no existe en la naturaleza.

Durante la condensación y precipitación, la lluvia o la nieve absorben de la atmósfera cantidades variables de dióxido de carbono y otros gases, así como pequeñas cantidades de material orgánico e

inorgánico. Además, la precipitación deposita lluvia radiactiva en la superficie de la Tierra.

En su circulación por encima y a través de la corteza terrestre, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas. Los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio. Las aguas de la superficie suelen contener también residuos domésticos e industriales. Las aguas subterráneas poco profundas pueden contener grandes cantidades de compuestos de nitrógeno y de cloruros, derivados de los desechos humanos y animales. Generalmente, las aguas de los pozos profundos sólo contienen minerales en disolución. Casi todos los suministros de agua potable natural contienen fluoruros en cantidades variables. Se ha demostrado que una proporción adecuada de fluoruros en el agua potable reduce las caries en los dientes.

El agua del mar contiene, además de grandes cantidades de cloruro de sodio o sal, muchos otros compuestos disueltos, debido a que los océanos reciben las impurezas procedentes de ríos y arroyos. Al mismo tiempo, como el agua pura se evapora continuamente, el porcentaje de impurezas aumenta, lo que proporciona al océano su carácter salino.

1.5. PURIFICACIÓN DEL AGUA

Las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines. Los materiales indeseables, orgánicos e inorgánicos, se extraen por métodos de criba y sedimentación que eliminan los materiales suspendidos. Otro método es el tratamiento con ciertos compuestos, como el carbón activado, que eliminan los sabores y olores desagradables. También se puede purificar el agua por filtración, o por cloración o irradiación que matan los microorganismos infecciosos.

En la ventilación o saturación de agua con aire, se hace entrar el agua en contacto con el aire de forma que se produzca la máxima difusión; esto se lleva a cabo normalmente en fuentes, esparciendo agua en el aire. La ventilación elimina los olores y sabores producidos por la descomposición de la materia orgánica, al igual que los desechos industriales como los fenoles, y gases volátiles como el cloro. También convierte los compuestos de hierro y manganeso disueltos en óxidos hidratados insolubles que luego pueden ser extraídos con facilidad.

La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua. La dureza

residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

El hierro, que produce un sabor desagradable en el agua potable, puede extraerse por medio de la ventilación y sedimentación, o pasando el agua a través de filtros de zeolita. También se puede estabilizar el hierro añadiendo ciertas sales, como los polifosfatos. El agua que se utiliza en los laboratorios, se destila o se desmineraliza pasándola a través de compuestos que absorben los iones.

1.6. SUMINISTRO DE AGUA

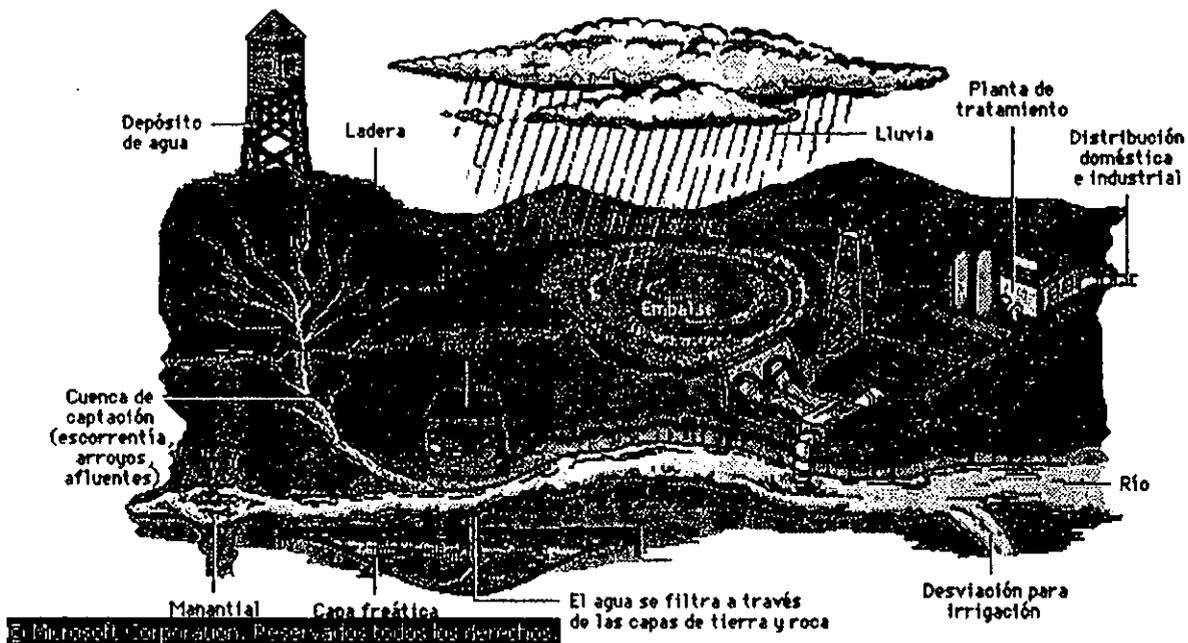
El suministro de agua consiste en el aprovisionamiento de agua para necesidades domésticas, industriales y de riego, así como las instalaciones y plantas necesarias para tratar el agua y hacerla llegar al consumidor. Para proporcionar agua para el consumo humano de un modo seguro se precisan grandes plantas de tratamiento.

1.6.1. FUENTES DEL AGUA

La fuente esencial del agua potable es la lluvia, utilizada en pocas ocasiones como fuente directa, excepto en islas rodeadas de agua

salada, como las Bermudas, donde el agua de lluvia se recoge en cisternas que constituyen la única fuente de aprovisionamiento. Cuando llueve en abundancia, el agua corre por arroyos, y cuando llueve con menos intensidad, se filtra en el suelo a través de los estratos porosos hasta encontrar un estrato impermeable en el que el agua se acumula, formando depósitos subterráneos. El agua subterránea alimenta fuentes y manantiales, que a su vez proporcionan agua a ríos, arroyos y lagos. En su discurrir, el agua subterránea disuelve minerales solubles, y a menudo las aguas superficiales de lagos y ríos está contaminada por desechos industriales y actividades de depuración. En los modernos sistemas de abastecimiento de aguas, suelen convertirse cuencas enteras en reservas para controlar la contaminación. Las aguas son embalsadas mediante un sistema de presas, y conducidas a las redes de distribución local por la fuerza de la gravedad o con ayuda de bombas.

La calidad del agua de estas fuentes varía considerablemente. Las aguas superficiales suelen ser más turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en disolución. El agua de mar contiene altas concentraciones de productos químicos disueltos y algunos microorganismos. Al ser tan variada la calidad del agua, dependiendo de la fuente de obtención, las compañías suministradoras y las autoridades han de cumplir con ciertos requisitos para el agua potable establecidos por las normativas de la Comunidad Europea o de la Organización Mundial de la Salud.



El agua es vital para los seres humanos, que la necesitan para cocinar, beber, lavarse y regar los cultivos. Además, en los procesos industriales se emplean cantidades inmensas. El agua es un recurso limitado que debe recogerse y distribuirse cada vez más cuidadosamente. La fuente de agua más importante es la lluvia, que puede recogerse directamente en cisternas y embalses o indirectamente, a través de pozos o de la cuenca de captación, nombre que recibe la red de arroyos, riachuelos y ríos de una zona. El agua de la capa freática es agua de lluvia que se ha filtrado a través de capas de roca y se ha acumulado a lo largo de los años. Si se encuentra bajo presión, el agua puede brotar a la superficie en forma de manantial. Los canales de riego, pantanos, pozos y depósitos son dispositivos artificiales, creados para recoger agua de dichas fuentes naturales. Debido a la posibilidad de contaminación, el agua se suele procesar en una planta de tratamiento antes de su distribución. .⁷

⁷"Fuentes de abastecimiento de agua," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

295

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

1.6.2. TRATAMIENTO

Los olores y sabores desagradables del agua se eliminan por oxigenación. Las bacterias se destruyen añadiendo unas pocas partes por millón de cloro, y el sabor del cloro se elimina con sulfito de sodio. La dureza excesiva del agua, que la hace inservible para muchos usos industriales, se consigue reducir añadiendo cal débil o hidratada, o por un proceso de intercambio iónico, utilizando ceolita como ablandador. La materia orgánica en suspensión, con vida bacteriana, y la materia mineral en suspensión, se eliminan con la adición de agentes floculantes y precipitantes, como alumbre, antes del filtrado. La fluoración artificial del agua para consumo público se lleva a cabo en algunos países para prevenir la caída de los dientes.

1.7. DEPURACIÓN DE AGUAS

Es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

1.7.1. NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

ORIGEN Y CANTIDAD: Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga. Una acería, por ejemplo, puede descargar entre 5.700 y 151.000 litros por tonelada de acero fabricado. Si se practica el reciclado, se necesita menos agua.

La infiltración se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Esto no es deseable, ya que impone una mayor carga de trabajo al tendido general y a la planta depuradora. La cantidad de agua de lluvia que habrá que drenar dependerá de la

pluviosidad así como de las escorrentías o rendimiento de la cuenca de drenaje.

Un área metropolitana estándar vierte un volumen de aguas residuales entre el 60 y el 80% de sus requerimientos diarios totales, y el resto se usa para lavar coches y regar jardines, así como en procesos como el enlatado y embotellado de alimentos.

COMPOSICIÓN : La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO₅ y DQO. La DBO₅ es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para

descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO₅ del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas; y entre 6,5 y 8,0, el pH puede variar.

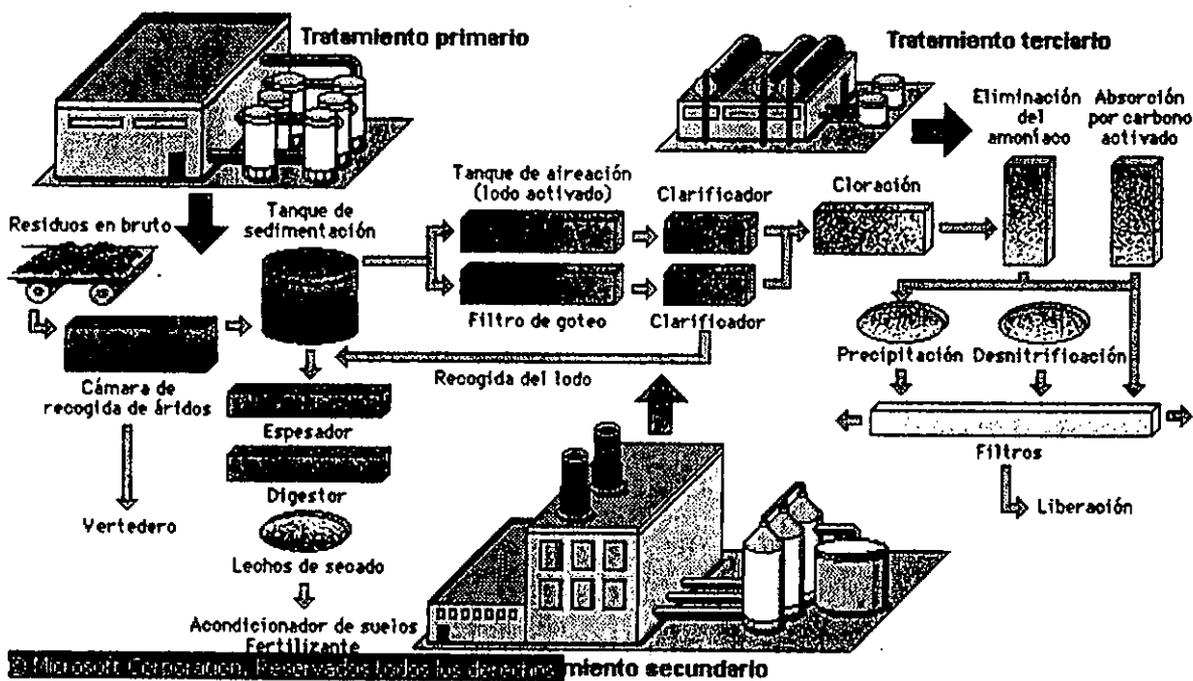
Tipos de sólidos	Sólidos (mg/l)			DBO ₅	DQO
	Fijos	Volátiles	Total mg/l		
Suspendidos	70	175	245	110	108
Precipitables	45	100	145	50	42
No precipitables	25	75	100	60	66
Disueltos	210	210	420	30	42
Total	280	385	665	140	150

No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dado según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de

manifiesto enunciando el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos. Este valor acostumbra a expresarse en términos de DBO₅. Para la determinación del PE se emplea un valor medio de 0,077 kg, en 5 días, a 20°C de DBO por persona y día. El equivalente de población de un matadero, por ejemplo, oscilará entre 5 y 25 PE por animal.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES : Los procesos empleados en las plantas depuradoras municipales suelen clasificarse como parte del tratamiento primario, secundario o terciario. En el siguiente diagrama se resume el proceso.



Las aguas residuales contienen residuos procedentes de las ciudades y fábricas. Es necesario tratarlos antes de enterrarlos o devolverlos a los sistemas hídricos locales. En una depuradora, los residuos atraviesan una serie de cedazos, cámaras y procesos químicos para reducir su volumen y toxicidad. Las tres fases del tratamiento son la primaria, la secundaria y la terciaria. En la primaria, se elimina un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. En la secundaria se trata de reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. La terciaria es necesaria cuando el agua va a ser reutilizada; elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté tan libre de impurezas como sea posible.⁸

⁸"Tratamiento de aguas residuales," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

1.8. CALIDAD DEL AGUA

Al hablar de la calidad del agua, se está haciendo referencia a la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos

potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego. En estos casos, con frecuencia, el carácter del agua la hace indicada para un uso reservado a la conservación, pues suelen albergar comunidades naturales raras.

1.8.1. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, cinc total y cobre soluble.

También se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos: en este sentido, los propios peces indican las condiciones existentes pero, para análisis más finos, se pueden emplear los invertebrados del agua, muy diferentes en sensibilidad a las condiciones del agua dependiendo de las especies.

1.8.2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración. Los primeros índices de calidad se aplicaron en los Estados Unidos en 1972. Constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un "peso" o importancia relativa en el total del índice. Para su cálculo se seleccionaron, en el caso de los Estados Unidos, el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el pH, la DBO, los nitratos, los fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y los sólidos totales. En España se diseñó el índice de calidad con el oxígeno disuelto, los coliformes, el pH, el consumo de permanganato potásico, el amonio, los cloruros, el incremento de temperatura, la conductividad y los detergentes.

A continuación se hace una breve exposición de algunos de los índices de Calidad.

DBO / Demanda bioquímica de oxígeno: Indicador de la capacidad de polución de un efluente expresada por el consumo de oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el propio efluente. Se parte, para ello,

de la capacidad autodepurativa del agua, conferida por los propios microorganismos.

La DBO se mide como la masa (en miligramos) de oxígeno utilizado por un litro de muestra del efluente incubado a 20 °C durante un periodo de cinco días. En la normativa de la Comunidad Europea (Directiva 78/659/CEE) se han establecido los límites en los valores de DBO que no deben ser superados en las aguas habitadas por diferentes clases de peces en función de sus requerimientos de oxígeno disuelto: así, en aguas habitadas por peces de la familia de los Salmónidos (muy exigentes en cuanto a la calidad del agua) se recomienda que la DBO no supere los 3 mg/l. En aguas habitadas por peces de la familia de los Ciprínidos (el otro gran grupo de peces de agua dulce existente en España), más tolerantes con respecto a la disponibilidad de oxígeno, no debe superarse el valor de 6 mg/l.

Los tipos de vertido más aptos para producir valores altos de DBO, y en consecuencia producir anoxia, son todos aquellos que aporten grandes cantidades de materia orgánica y fertilizantes químicos, como las aguas residuales urbanas, los residuos ganaderos, los efluentes de mataderos e industrias alimentarias, los residuos agrícolas y los abonos, entre otros. Un bajo valor de DBO no quiere decir necesariamente que la contaminación del agua sea baja o tolerable, ya que éste puede deberse a que la toxicidad afecte también a los microorganismos depuradores. Además, la contaminación puede ser puramente química, y no biológica, como la producida por metales pesados.

cambiado de signo: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, donde $[\text{H}^+]$ es la concentración de iones H^+ en moles por litro. Debido a que los iones H^+ se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio, (H_3O^+), el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

En agua pura a 22 °C de temperatura, existen cantidades iguales de iones H_3O^+ y de iones hidroxilos (OH^-); la concentración de cada uno es 10^{-7} moles/litro. Por lo tanto, el pH del agua pura es $-\log (0.10^{-7})$, que equivale a 7. Sin embargo, al añadirle un ácido al agua, se forma un exceso de iones H_3O^+ en consecuencia, su concentración puede variar entre 10^{-6} y 10^{-1} moles/litro, dependiendo de la fuerza y de la cantidad de ácido. Así, las disoluciones ácidas tienen un pH que varía desde 6 (ácido débil) hasta 1 (ácido fuerte). En cambio, una disolución básica tiene una concentración baja de iones H_3O^+ y un exceso de iones OH^- y el pH varía desde 8 (base débil) hasta 14 (base fuerte).

El pH de una disolución puede medirse mediante una valoración, que consiste en la neutralización del ácido (o base) con una cantidad determinada de base (o ácido) de concentración conocida, en presencia de un indicador (un compuesto cuyo color varía con el pH). También puede determinarse midiendo el potencial eléctrico que se origina en ciertos electrodos especiales sumergidos en la disolución.

Turbidez

Oposición que ofrece una sustancia al paso de la luz y que es mayor que la que presenta naturalmente en estado puro.

El agua en estado puro es transparente, y es la presencia de sólidos suspendidos la que reduce la transmisión de la luz dispersándola o absorbiéndola. Aunque no es un parámetro con un valor indicador absoluto, es uno de los que habitualmente se emplean para caracterizar la calidad del agua, ya que una alta turbidez suele estar asociada a una baja calidad para ciertos usos.

En un cristal, indica el nivel en contenido de impurezas del mismo. Esta turbidez es muy importante porque condiciona la utilidad de los cristales empleados para construir emisores de láser o resta valor a las piedras de joyería, por ejemplo.

Los instrumentos que se emplean para medir la turbidez se denominan turbidímetros o nefelómetros y miden en unas unidades de turbidez denominadas unidades nefelométricas o NTUs (del inglés *nephelometer turbidity units*). El nefelómetro mide la luz que es dispersada con un ángulo de 90°. El espectrofotómetro también se utiliza en este tipo de mediciones aunque no es tan específico para ello como el nefelómetro: el espectrofotómetro mide la luz transmitida a través del cuerpo en cuestión, y esta luz está, de modo aproximado, inversamente relacionada con la luz dispersada.⁹

⁹"Turbidez," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation.

307

AMS

Angela Maria Salazar M.
Consultora

2. CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Debido a las características del relieve, la red hidrográfica del Municipio de Santiago de Cali, es diversificada. Existen numerosas quebradas y riachuelos que forman ríos secundarios, los cuales desembocan junto con los ríos de curso regular y gran caudal al Río Cauca; por consiguiente, éste río es el gran colector de las aguas de drenaje de la zona montañosa del Municipio de Santiago de Cali.¹⁰

El Municipio está dividido en seis (6) subcuencas hidrográficas, así: Río Pance, Río Lili, Río Meléndez, Río Aguacatal, Río Cañaveralejo, Río Cali y parte de la cuenca del Río Cauca¹¹.

A continuación se presenta una caracterización general por subcuenca.

1.10. RÍO PANCE

Nace en Cerro Pance, la mayor altura del Parque Nacional Natural de los Farallones de Cali¹², a 4.200 m.s.n.m, con una superficie de 62 Km². Presenta variaciones altitudinales que van desde los 950 m.s.n.m. en la

¹⁰ ECOSAD S.A. Formulación del Plan de Gestión Ambiental de Santiago de Cali - Perfil Ambiental Rápido Urbano de Santiago de Cali. DAGMA. Cali, Diciembre de 1997

¹¹ Ibid.

¹² DAGMA. La Ciudad de los Siete Ríos: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997.

parte más baja hasta los 4200 m.s.n.m.- nacimiento¹³. Fluye en dirección Norte a Este. Limita por el Norte con la divisoria de aguas de la subcuenca del Río Pichindé, la divisoria de aguas del Río Melendez y en la parte baja con la divisoria de aguas de la cuenca del Río Lili; al Sur con el Municipio de Jamundí; al oriente con la poligonal D correspondiente al perímetro suburbano del Municipio de Santiago de Cali y al occidente con los Farallones de Cali, en su límite con el Municipio de Buenaventura¹⁴. Desemboca en el Río Jamundí después de recorrer los bosques húmedos de los Farallones, y bajar rápidamente hasta los corregimientos de Pance y La Vorágine, cruzando luego el Parque de la Salud, clubes sociales y caseríos como La Umbría y La Viga.

Esta cuenca se caracteriza por tener una pendiente media entre 62.45% y 66.82%, un valor de 2216 m.s.n.m para la elevación media, lo que muestra un relieve escarpado y que pone de manifiesto la susceptibilidad de la zona a la erosión hídrica, a la vez la incidencia en forma directa en su régimen pluviométrico, presentándose altas precipitaciones, especialmente en la zona del Parque Natural Los Farallones de Cali¹⁵. Cuenta con una densidad de drenaje de 2.59 Km²; catalogándose como una cuenca de drenaje mediano¹⁶. En cuanto a la

¹³ Hernandez Lombana, Helio y Minota Juan Carlos. Diagnostico y Evaluación del Estado y Comportamiento Hidráulico del Río Pance Tramo La Vorágine - desembocadura. Tesis Universidad del Valle - Ingeniería Civil. 1999.

¹⁴ ECOSAD S.A. Formulación del Plan de Gestión Ambiental de Santiago de Cali - Perfil Ambiental Rápido Urbano de Santiago de Cali. DAGMA. Cali, Diciembre de 1997

¹⁵ Castillo Mejia, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

¹⁶ Hernandez Lombana, Helio y Minota Juan Carlos. Diagnostico y Evaluación del Estado y Comportamiento Hidráulico del Río Pance Tramo La Vorágine - desembocadura. Tesis Universidad del Valle - Ingeniería Civil. 1999.

forma se puede clasificar como oval redonda a oval oblonga, con índice de alargamiento de 2.24; lo que indica una cuenca alargada, se podría esperar que esta situación facilite el amortiguamiento o reducción del efecto de una creciente, al aumentar su tiempo de concentración y reducir el caudal máximo pico, pero otros factores tales como la pendiente, lluvias torrenciales e intensas, desplazamiento de las tormentas y la buena densidad de drenaje, favorecen altas velocidades que ocasionan rápida concentración y picos altos, sumándose a lo anterior la característica de ser un río de alta torrencialidad, con un tiempo de Concentración de 3.08 Horas, recorrido que se ve favorecido por la alta pendiente de la cuenca¹⁷.

De bajo índice de sinuosidad (1.05); el cual es bajo, debido a su cuenca eminentemente montañosa, presentándose disipación de energía y alto potencial erosivo¹⁸.

Respecto al Clima, las temperaturas registradas fluctúan en promedio entre 22 y 23 °C , para la zona baja, hasta alcanzar temperaturas próximas a los 3°C en las zonas altas¹⁹.

¹⁷ Castillo Mejía, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Hernandez Lombana, Helio y Minota Juan Carlos. Diagnostico y Evaluación del Estado y Comportamiento Hidráulico del Río Pance Tramo La Vorágine - desembocadura. Tesis Universidad del Valle - Ingeniería Civil. 1999.

Cuadro 2.1. CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA RIO PANCE.

Característica Fisiografica	Valor	Observación
Area (Km ²)	62.03	Microcuenca
Perimetro (Km)	37.96	
Forma de la Cuenca		
Longitud del Cauce (Km)	15.27	
Factor de Forma	0.27	Cuenca Rectangular
Coefficiente de Compasidad	1.35	Cuenca oval redonda a oval oblonga
Indice de Alargamiento	2.24	Cuenca Alargada
Indice Asimétrico	1.14	Recarga sobre la vertiente izquierda
Elevación		
Elevación mediana (m.s.n.m)	2115	
Elevación media:		
Emedia Método Cuadrículas (m.s.n.m)	2222	
Emedia Mét.Area de Elevación (m.s.n.m)	2210	
Coefficiente de Masividad (m/Km ²)	35.72	
Pendiente		
Pend. Método Alvord (%)	64.29	Relieve Escarpado
Pend. Método Horton (%)	66.82	
Coefficiente Orográfico (m)	3380	
Sistema de Drenaje		
Longitud de Corrientes (Km)	160.80	
Densidad de drenaje (Km/Km ²)	2.59	Cuenca con drenaje moderadamente eficiente
Coefficiente de Torrencialidad (Cauces /Km ²)	2.76	
Cauce Principal		
Sinuosidad	1.05	
Pendiente del Cauce		
Método Valores Extremos (%)	16.11	
Método de Taylor - Schwartz	5.45	
Método Distribución frecuencias (%)	36.41	
Tiempo de Concentración (Horas)	3.08	

Fuente: Castillo Mejía, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional, 1997

Cuadro 2.2. CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE AFLUENTES DEL RIO PANCE

Afluente	Longitud Cauce (Km)	Pendiente Cauce (Km/Km)	Minutos de recorrido	Area (Km2)
La Castellana	3.99	0.11	34.12	4.64
Chorro de Plata	4.76	0.12	39.20	5.97
El Nilo	2.12	0.26	17.00	0.97
El Pato	4.51	0.24	32.89	7.78
Los Indios	4.44	0.15	36.79	7.41
Oscura	3.85	0.45	25.53	4.69
San Pablo	4.11	0.21	30.67	3.84
El Higuero	3.53	0.10	32.00	5.32
El Porvenir	2.65	0.19	21.97	3.09
Q. Pance	4.29	0.38	17.77	8.65
Gelima	0.63	0.22	4.93	2.00
Barranca	1.15	0.37	6.54	1.12
San Francisco	0.90	0.42	5.12	0.31
Q1VD	0.78	0.17	6.50	0.71
Q2VD	0.78	0.34	4.98	0.44
Q3VD	0.55	0.51	3.26	1.15
Q4VD	0.45	0.73	2.43	1.46
Q5VD	0.50	0.50	3.05	1.32
Q6VI*	0.73	0.48	4.11	0.63
Q7VI**	0.68	0.15	6.14	0.54

*Quebrada i-ésima de la vertiente derecha ** Quebrada i-ésima de la vertiente izquierda.

Fuente: Castillo Mejia, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA 20

Comprende desde el nacimiento hasta el corregimiento de La Vorágine, es encañonado y pendiente, en forma de V, con pendientes abruptas en muchos casos superiores a los 60°, condición que ha dificultado la aparición de asentamientos humanos, esta parte de la cuenca está libre de erosión; dispone de una buena cobertura vegetal.

Es un río de características torrenciales, debido a que sus aguas descienden a gran velocidad por su cauce, impulsadas por las fuertes pendientes de la parte alta de la cuenca. Esta característica de torrencialidad incrementa la amenaza de avalanchas e inundaciones a lo largo de su recorrido, especialmente en aquellos caseríos y corregimientos localizados sobre sus riberas.

Debido a la fragilidad de los suelos, se presentan riesgos por deslizamiento del terreno y derrumbes que afectan la calidad de sus aguas lo que en varias ocasiones ha logrado modificar el libre curso de su cauce porque se forman represamientos; estos fenómenos, unidos a la alta capacidad de arrastre de escombros (debida a la fuerza del río), producen después de cada creciente, flujos de lodos y restos de arboles con riesgo de avalancha.

El tramo desde la Playita hasta la Estación de Policía en Chorro de Plata, constituye el sitio preferido para las actividades de recreación. La zona forestal protectora de aguas ha sido invadida por construcciones de diversa índole y para diferentes propósitos, incorporándola a las propiedades como patios, e impidiendo el paso al público.

CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA²¹

A partir de la zona media, Desde La Vorágine hasta el club del Deportivo Cali, las condiciones topográficas y ambientales varían, el relieve se

²⁰ DAGMA. La Ciudad de los Siete Ríos: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

²¹ Ibid.

torna ondulado, casi plano, las pendientes no superan los 20°, la disminución en la pendiente en el terreno, hace que el río se divida en brazos que son continuamente modificados por las crecientes.

El Parque de la Salud, localizado en la parte media de la cuenca, realiza su función de uso recreacional. En este sector aún existen predios donde se localizan negocios relacionados con la actividad recreativa, los cuales ocupan zonas de protección estable que desde la década de los 70 es propietaria de esos terrenos.

CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA²²

Desde el Club del Deportivo Cali hasta su desembocadura, se caracteriza por pendientes muy bajas y con un cauce poco profundo, las márgenes están casi al mismo nivel que el terreno circundante, lo que favorece los desbordamientos.

A partir de la Viga, la zona de protección se ve afectada por clubes, fincas y lugares dedicados a la recreación, que restringen el área de ribera; en estos sitios el desbordamiento de las aguas ha obligado a las fincas privadas a la construcción de muros de contención.

De allí en adelante los usos del suelo corresponden a cultivos, centros recreacionales y deportivos y de ganadería extensiva; en este sector se encuentra el asentamiento llamado La Viga, de uso mixto tanto comercial como habitacional. En este punto la pérdida de vegetación arbórea es evidente, dando paso a rastrojo bajo y pastos.

Cuadro 2.3. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA

SECTOR ALTO	SECTOR MEDIO	SECTOR BAJO
Riesgo: Pueblos de Pance y la Vorágine, debido a la estrechez del valle del río, tanto las casas como la carretera que comunica a ambas poblaciones, están localizadas sobre la margen derecha del río, en un área susceptible de ser inundada durante una creciente.	Alta Amenaza: tramos con tendencia a presencia de erosión y derrumbes de las laderas, especialmente hasta la altura del Parque de la Salud.	Amenaza alta por inundación: Margen derecha del río: desde los límites con la Asociación Campestre Shalom hasta calle 18 o Av. Cañasgordas. A partir de esta avenida las dos márgenes del río son inundables.
	Amenaza de Grado medio: Inicio del Parque de la Salud, hasta unos 600 m. arriba de la Parcelación Piedra Grande, se presentan suelos muy inestables (corresponden a escombros del río), que pueden generar desprendimientos y deslizamientos, situación que se agrava por las altas precipitaciones anuales.	Vulnerabilidad Media: fincas, clubes, haciendas y casas campestres, Parque de la Salud, El Club Deportivo Cali, Centro Recreacional, COMFANDI, Asociación Shalom, Club Farallones y Parcelación Piedra Grande.
	Amenaza muy alta: margen derecha del río, desde la tercera	Vulnerabilidad Alta: La Vereda La Viga, las viviendas están

²² Ibid.

	<p>entrada al Parque de la Salud, hasta aproximadamente 400m después de la finalización del mismo, a la vez que la zona aledaña al Club del Deportivo Cali.</p>	<p>construidas en la zona de protección del río; la cual están deteriorando progresivamente, carece de servicios públicos y alberga una población promedia de 40 personas.</p>
	<p>Alta y Media Vulnerabilidad: Aproximadamente 2 Km. arriba del corregimiento La Vorágine, debido a la presencia de asentamientos subnormales como San Francisco, además de otras viviendas muy cercanas al río, construidas en bahereque y ladrillo, lo mismo que estaderos, restaurantes y colegios que albergan población permanente y/o flotante. Hacia abajo de la Vorágine, el margen izquierdo del río, es de vulnerabilidad alta; se encuentra ocupada por viviendas y parcelaciones, colegios y otras instituciones</p>	<p>Amenaza baja, pero la vulnerabilidad es muy alta, debido a las malas construcciones de viviendas localizadas muy cerca del río. Presencia de suelos inestables y deteriorados, población permanente sin organización.</p>
	<p>Grado Medio de</p>	

	<p>Vulnerabilidad: por su cercanía al río, la carretera, que hace parte de la infraestructura vial suburbana.</p>	
	<p>Riesgo de Inundación: Area cercana al Club Deportivo Cali, y en la margen derecha del río, hasta la calle 25. La construcción de puentes y ocupación de orillas, entre otros factores, es causa de mayor vulnerabilidad.</p>	

Fuente: DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios; Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA²³

Se diferencia de los demás ríos, por la mayor variedad de ambientes, su relativo buen estado de su vegetación, agua, y a su clima.

El área suburbana de la cuenca, se caracteriza por:

- Aceptable calidad de las aguas en lo físico - químico
- Buen estado de la vegetación ribereña y en algunos parches donde se ha promovido la reforestación.
- Gran variedad de hábitats generados por los dos aspectos anteriores.

²³ CELA. Estudio Sobre la Flora y Fauna Asociada a los Rios del Municipio de Cali (Zona Urbana y Suburbana) - Informe Final. Marzo 1996.

En La zona urbana (La Vorágine, Parque de la Salud, Parcelaciones), fines de semana y festivos se constituyen en los principales agentes de perturbaciones y cambios detectados.

El río Pance, en este estudio, presenta elevados índices de diversidad tanto para los insectos, con especies de 68 familias, en los vertebrados se destacaron las aves con 60 especies, y en otros grupos menos abundantes están los mamíferos y herpetos.

En las zonas ribereñas y de humedales, Es de anotar; que los sectores de humedales en las partes bajas, han ido desapareciendo, debido a procesos de urbanización, a pesar de lo anterior se puede observar en la vegetación especies de *Stromante glutea* (Marantaceae), buchón (*Eichhornia crassipes*) y *Tipha sp.*, y alberga en ella abundantes insectos como Dípteros (*Simulidae*, *Tipulidae*, *Culicidae*), chinches acuáticos (*Gelastocoridae*), libélulas (*Odonata*) y ortópteros (*Tettigonidae*). De las aves asociadas a ambientes acuáticos se encuentran, principalmente; garzas (*Bubulcus ibis*, *Butorides striatus*, *Egretta thula*, *Casmerodius albus*), correlimos (*Actitis macularia*), martín pescador (*Ceryle torquata*) y especies asociadas a estos ambientes como hormigueros (*Cercomacra nigricans*), colibríes (*Anthracothorax nigricollis*, *Amazilia spp.*) y de igual manera la presencia de la rana (*Hyla columbiana*).

La diversidad de vegetación que se puede encontrar en las riberas del río Pance, favorece la presencia de variada fauna asociada, En la vegetación herbácea se pudo encontrar; helicópteros (*Membracidae*),

grillos (Tettigonidae), mariposas (Nymphalidae y Heliconidae), aves como semilleros (Fringillidae), insectívoros pequeños (Tyrannidae), en matorrales densos se pudo capturar la rata casera (*Rattus rattus*); cuya presencia se puede explicar por la intervención existente. En el estrato arbustivo son comunes áfidos (Hemíptera), piéridos, papiliónidos, hespéridos, *Heliconius* sp., *Danaus plexippus* (Lepidoptera), coreidos, thichópteros, formícidos (*Wsamania* sp, *Azteca* sp., *Atta* sp.). En el estrato arbóreo *Camponotus* sp., hormigas de los géneros *Pseudomyrmex* sp., *Pachycondyla* sp., *Azteca* sp. (Formicidae), mariposas (Noctuidae, Nymphalidae) y chicharras (Cicadidae).

Algunas aves registradas ocupan indiferente los estratos, aunque otras como los carpinteros (*Campephilus melanogaster*) al igual que iguanas y ardillas, prefieren los árboles al interior del bosque de mayor porte, mientras que otros como la Azoma de pico plateado (*Ramphocelus flammigerus*) y el reciente invasor (*Paroaria gularis*), que tiene por distribución original el este de los Andes, prefieren las zonas de los bordes. Dentro de los bosques relictuales del río Pance se observaron: pava cara azul (*Chamaepetes goudotii*) y saltarín de barba amarilla (*Manacus vitellinus*).

En los guaduales se encontraron mariposas (*Heliconius tigre*, *M. polynimia*), además de la presencia de fauna de vertebrados. En el suelo sobre vegetación en descomposición se hallaron: cucarrones (Passalidae, Tenebrionidae, Lycidae), hormigas (*Atta* sp.), redúvidos, cucarachas (Blattodea), orugas y adultos de mariposas (*Siproeta stelenes*), avispas (Pompilidae) y sapos (*Bufo marinus*), aves como

mirlas (*Turdus ignobilis*), chamones (*Molothrus bonariensis*) y ratas (*Rattus rattus*).

Algunos insectos fueron comunes sobre cultivos, como la avispa alfarera (*Eumenidae*), mariposas (*Pseudoscada lavinia*, *Sphingidae*, *Ithominae*) y otros asentamientos humanos principalmente avispas alfareras (*Esphécidae*), *Vespidae*, (*Myschocittarus* sp.), grillos (*Grillidae*) y dípteros (*Tachinidae*, *Muscidae*). Las áreas intervenidas ofrecen además ambientes propicios para lagartos (*Cnemidophorus lemniscatus*) y gekos (*Gonatodes albogularis*, *Hemidactylus brookii*).

Los potreros y zonas secas cálidas al final del recorrido del río son los hábitat principales que albergan especies de espacio abiertos. Características de esta zona son algunas mariposas (*Pieridae*, *Hesperidae*), grillos (*Grillidae*), *Acrilidae*, *Cicadelidae*; aves como pellares (*Vanellus chilensis*), golondrinas y vencejos (*Stelgidopteryx ruficollis*, *Notichelidon cyanoleuca*, *Streptoprocne zonaris*), tyránidos (bichofué, *Pitangus sulfuratus*; pechirojo, (*Pirocephalus rubinus*), torcaza naguiblanca (*Zenaida auriculata*), perdices (*Colinus cristatus*) y rapaces (*Buteo magnirostris*, *Milvago chimachima*).

El río Pance, debido a su vegetación ribereña casi continua, es un corredor que proyecta la influencia de zonas más elevadas (Bosque muy húmedo premontano, bmh-PM, Farallones de Cali) y sus condiciones en el valle geográfico. Es por ello que especies como pavas (*Chamaepetes goudotii*, *Ortalis* sp.), barranqueros (*Momotus momota*) y endémicas para la zona como la Azoma de pico plateado (*Ramphocelus flammigerus*) son comunes en la parte suburbana.

2.1.4.1. ESPECIES DESAPARECIDAS O AMENAZADAS.

Desaparecida:

El anaime (Tetragastris cf. panamensis o Protium sp.), que antiguamente poblaba las selvas de Pance y Jamundí, y que al parecer ya no existe en la zona del estudio..

Amenazada:

El azulito (Petraea rugosa), con una pequeña población en la zona del Parque de la Salud.

La piñuela (Bromelia trianae), silvestre en las orillas del Río Pance, aunque cada vez más escasa.

Cuadro 2.4. PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO PANCE

NOMBRES	CARACTERISTICAS
Simulium	Es el genero más abundante en la estación La Vorágine. Indica aguas enriquecidas con material orgánico de origen animal.
Thraulodes sp.	Puede utilizar diversos sustratos como hábitat; es considerado como indicador de buenas condiciones físico-químicas del agua.
Baetis sp. Batodes Cameblaetidius	El incremento de materia orgánica disuelta en el agua favorece el desarrollo de estas especies.
Puralidae	Posee ventosas ventrales que evitan que las larvas sean arrastradas por el agua.
Leptonema sp. Mortoniella	Constituyen casas redondeadas de arena y pequeñas piedras

Polycentropos	fijándose a las rocas.
OTRAS ESPECIES ENCONTRADAS: Leptohyphes sp., Rhagovelia sp., Limnogonus, Maruina	

Fuente: DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

2.1.5. CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO PANCE

De acuerdo al estudio realizado por ASOAMBIENTE, en el año 1996²⁴, para el caso del río Pance: Agosto 31/96, se realizó un tipo de muestreo superficial para aguas naturales de contacto primario y directo, se encontró que en la Estación N° 1 - La Playita; ubicada aproximadamente a 1Km aguas arriba del puente de la Vorágine-, el río a esta altura presenta condiciones adecuadas para el normal desarrollo de la biota acuática, con alta concentración de oxígeno disuelto (8.3 mg/L) y buen porcentaje de saturación (95%), debido tanto a la dinámica hídrica, como a niveles regulares de gas carbonico disuelto y carácter alcalino de sus aguas.

La poca dureza total, en donde mas del 90% esta dada por la presencia de carbonatos, baja conductividad y solidos disueltos totales, además de las reducidas concentraciones de nitrito (0.02 mg/L) y amonio (0.05 mg/L), indican el estado oligotrofico del sistema en cuanto a productividad natural. Las descargas de solidos en suspensión son relativamente bajas, dados los registros de turbiedad (11 NTU) encontrados.

La estación N° 3, ubicada en el parque de la salud, no manifiesta cambios significativos en cuanto a calidad de aguas, respecto a la N° 1. Es necesario indicar, que debido a las actividades antropicas recreativas que se desarrollan aguas arriba de este lugar, se han construido temporalmente pequeños diques a bases de piedras, formando innumerables "charcos" que actúan como "trampas de sedimentos y material en suspensión", razón por la cual, los registros de turbiedad disminuyen progresivamente.

La estación N° 5 localizada en el sitio denominado La Viga, presenta los siguientes cambios, en relación con las dos estaciones anteriores, a saber:

- Una pequeña disminución del porcentaje de saturación de oxígeno, pero este se encuentra incluso dentro del rango mínimo óptimo para el desarrollo normal de la biota acuática (80%).
- Un carácter de acidez, pero este se debe más a la acción del CO2 disuelto que a acidez de tipo mineral. Por consiguiente, se observa una disminución notoria de los valores de alcalinidad total. No se debe olvidar que a este nivel ya han entrado al río las aguas provenientes de la antigua mina "La Riverita" que dependiendo de la época, puede aportar aguas de carácter ácido.
- Un incremento en los valores de conductividad y de amonio, lo cual indica mayor actividad iónica atribuido a procesos de degradación de

²⁴ ASOAMBIENTE. Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio Santiago de Cali: Río Pance, Lili, Melendez, Cali, Cañaveralejo, Aguacatal y Cauca, Cali, 1996.

325

materia orgánica, producto de las actividades antropicas tanto domesticas como recreativas que se dan a lo largo de la cuenca.

2.2. RÍO LILÍ

Nace en la parte alta del sector de Villa Carmelo, con una longitud de 15 Km y una extensión de la cuenca de 17.4 Km², fluye de dirección Norte a Sur-Este. Hasta antes de la construcción del Canal Interceptor Sur, el río Lili fué el mayor afluente del río Meléndez²⁵.

La cuenca presenta una topografía ondulada en sus partes media y baja. En la parte alta, la fisiografía es un poco más quebrada, con predominio de pendientes entre 10° y 20° para casos aislados. De allí en adelante hasta su entrega al Canal Interceptor Sur, el rango de pendientes está entre 0 y 10 grados²⁶. El valor de elevación media de la cuenca es de 1173 m.s.n.m., y gran parte del área que la comprende está entre los 1000 y 1200 m.s.n.m, situación que favorece las inundaciones por ser una zona eminentemente plana. Además se tiene que menos del 12% de la longitud del cauce presenta pendientes superiores a 27.5%, lo que ratifica que las zonas planas son las que más se afectan en caso de una creciente del río²⁷.

La cuenca del río Lili, se clasifica como oval oblonga a rectangular oblonga, alargada, recargada sobre su vertiente derecha en el sentido del flujo de la corriente, con drenaje eficiente; debido a la presencia de

²⁵ DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

²⁶ Ibid

²⁷ Castillo Mejia, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Rios Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

326

zanjones y asequia que favorecen una rápida respuesta al escurrimiento, y con un índice de torrencialidad alto. Es de anotar que a pesar de que este río presenta el mayor índice de alargamiento de las cuencas del Municipio, ésta no es la que mejor amortigua las crecientes, ya que dicha cuenca es muy intervenida por factores antrópicos, lo cual incide directamente en la regulación de crecientes. En cuanto al tiempo de Concentración es corto (2.63 Horas), incidiendo directamente sobre este recorrido la desprotección generalizada de los suelos que permiten un desplazamiento mayor²⁸.

Su curso natural se ha alterado y desviado al Canal Interceptor Sur, en donde el río desaparece para ser reemplazado por el canal de aguas lluvias y residuales. Este canal vierte por gravedad al río Cauca.

En el corto trayecto entre su nacimiento y el sector de la Buitrera se evidencia procesos erosivos y mantos carboníferos en explotación.. Antes de su entrada a la zona urbana, el río recibe descargas de algunos líquidos y escombros de algunas minas de carbón y de alguna manera recibir parcialmente las aguas hervidas y fluviales de algunas parcelaciones del sector de la Buitrera.

Al avanzar el río antes de entrar a la zona de ciudad jardín, recibe el efecto de las construcciones; siendo también conocido el deterioro de la parte de la zona de protección a lo largo del río.

²⁸ Ibid.

327

AMSAngela María Salazar M.
Consultora

El material arrojado al río, basuras y escombros de minas y construcciones ha reducido en algunos tramos la capacidad de conducción de agua, pues ellos se depositan en zonas de menor pendiente. En el sector de Ciudad Jardín, se han presentado desbordamientos, afectando vías, viviendas y zonas públicas.

Cuadro 2.5. CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO LILI

Característica Fisiografica	Valor	Observación
Area (Km ²)	21.96	Microcuenca
Perimetro (Km)	26.02	
Forma de la Cuenca		
Longitud del Cauce (Km)	11.7	
Factor de Forma	0.16	Cuenca Rectangular
Coefficiente de Compasidad	1.55	Cuenca oval redonda a oval oblonga
Indice de Alargamiento	4.28	Cuenca Alargada
Indice Asimétrico	2.67	Recarga sobre la vertiente derecha
Elevación		
Elevación mediana (m.s.n.m)	1164	
Elevación media:		
Emedia Método Cuadrículas (m.s.n.m)	1174	
Emedia Mét.Area de Elevación (m.s.n.m)	1172	
Coefficiente de Masividad (m/Km ²)	53.41	
Pendiente		
Pend. Método Alvord (%)	27.72	Relieve Fuerte
Pend. Método Horton (%)	31.87	
Coefficiente Orográfico (m)	3936	
Sistema de Drenaje		
Longitud de Corrientes (Km)	109.41	
Densidad de drenaje (Km/Km ²)	4.98	Cuenca con drenaje eficiente
Coefficiente de Torrencialidad (Cauces /Km ²)	10.02	
Cauce Principal		
Sinuosidad	1.16	
Pendiente del Cauce		
Método Valores Extremos (%)	5.71	

Método de Taylor - Schwartz	3.94	
Método Distribución frecuencias (%)	23.14	
Tiempo de Concentración (Horas)	2.63	

Fuente: Castillo Mejía, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

Cuadro 2.6. CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE AFLUENTES DEL RIO LILI

Afluente	Longitud Cauce (Km)	Pendiente Cauce (Km/Km)	Minutos de recorrido	Area (Km2)
El Burro	2.40	0.05	25.17	1.37
La Herradura	2.45	0.19	22.07	1.67
Hoyo Frío	1.45	0.15	13.69	2.34
Zanjón Gualí	2.77	0.03	37.80	2.87

Fuente: Castillo Mejía, Cesar Andres y Montoya Quiroz Fredy Arley. Estudio Hidrológico y Morfológico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Pance y Lili. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional. 1997

2.2.1. CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA²⁹

Comprende desde su nacimiento hasta el corregimiento de la Buitrera. Aunque la zona cercana a su nacimiento se mantiene en buena condición con respecto a la vegetación de la zona protectora, la aproximación de cercos a menos de 10 m. del flujo de aguas en su margen izquierda, ha dado pie a la tala de árboles y corte de rastrojo. La mayor presión en esta área está dada por el uso residencial, cuyos predios comprimen la zona de reserva del río.

Sobre la margen derecha aún se observan los efectos de la explotación minera, la cual ha permitido que se arrojara material estéril durante

²⁹ DAGMA. La Ciudad de los Siete Ríos: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

muchos años al río; hoy en día el impacto ha seguido latente ya que estos desechos aún permanecen en sus riberas produciendo sedimentación constante.

Cerca a La Buitrera la categoría de erosión que presenta las zonas aledañas al río empieza a ser severa, debida a que existen 11 minas de explotación de carbón, de las cuales sólo dos tienen viabilidad técnica y ambiental: Además los accesos a las minas por medio de corredores viales sin ninguna especificación técnica, contribuyen aún más al deterioro del terreno.

2.2.2. CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA³⁰

Comprende desde la Buitrera hasta el puente localizado sobre la carretera Panamericana, en la vía a Jamundí.

La primera parte de este sector tiene un carácter esencialmente minero, desde el "Callejón de la Colina" hasta el puente que sirve de entrada a la parcelación La Riverita; sus aguas sufren alta contaminación por los escombros arrastrados y depositados durante las crecientes, además de las aguas residuales de viviendas que se han establecido en la cuenca; es común la invasión de la zona forestal protectora de aguas por escombros, así como por el uso residencial, de institutos educativos y de varios clubes.

³⁰ ibid.

330

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

A partir del puente de entrada a la Parcelación La Riverita, el uso del suelo está destinado a fincas de recreación que abarcan buena parte de la zona forestal protectora del río; en esta parte ya se nota el deterioro en que se encuentra, debido a la contaminación de sus aguas.

Desde ahí hasta la carrera 102, sus márgenes han sido incorporadas no como linderos entre los predios, sino como parte integrante de ellos. Luego hasta la carrera 102 con calle 21, la zona forestal ha sido respetada como sitio paisajístico y de protección; desde aquí hasta la vía Cali - Jamundí se ha establecido un asentamiento subnormal autonombrado "Caserío Lili", como una cinta a lo largo de 200m. de curso, recibiendo la tala de su escasa vegetación protectora y los residuos producidos por lo moradores.

En la cuenca media del río Lili, uno de los factores que mayor incidencia tiene en el deterioro de sus aguas, lo constituye las descargas provenientes de minas, que se caracterizan por presentar pH bajos (o ácidos).

En este sector sus aguas se consideran de calidad regular. A pesar de tener un nivel de oxígeno disuelto aceptable, presenta contaminación bacteriológica considerable y empieza a evidenciarse incremento de vertimientos domésticos y residuos mineros que son aportados por los asentamientos asociados a la cuenca.

2.2.3. CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA³¹

A partir de la Carretera Panamericana y hasta la confluencia con el Canal Interceptor Sur, el río cruza terrenos que son propiedad del Ingenio Meléndez. A partir de las instalaciones de las oficinas de la Constructora Meléndez y hasta el Canal Interceptor Sur, la vegetación de las riberas se empobrece y la zona protectora se comprime por la presencia de carreteables y cultivos de caña que llegan hasta sus riberas.

En la cuenca baja, la corriente es afectada por asentamientos humanos que generan descargas de aguas residuales. El factor que puede ser valorado como determinante es la modificación del lecho y consiguiente forma del río, transformándose en un canal sin posibilidades de establecimiento de vegetación marginal que pueda proveer soporte y alimentación a los organismos acuáticos.

Cerca a su desembocadura, sus aguas se pueden calificar de Mala Calidad.

Cuadro 2.7. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA DEL RIO LILI

SECTOR ALTO	SECTOR MEDIO	SECTOR BAJO
Cerca a la Buitrera: Zonas aledañas al río presencia de erosión severa	Amenaza media: movimientos en masa del suelo, del área suburbana ubicada sobre las dos márgenes del río, donde se localizan asentamientos	Amenaza Baja: masales en toda la parte baja del río, entre Ciudad Jardín y el Canal Interceptor.

³¹ ibid.

	humanos; también la vía de acceso al corregimiento de la Buitrera y el Condominio La Riverita.	
	Amenaza por inundación: Puente sobre la Avenida Cañasgordas. Otro punto de riesgo se ubica; a la altura del puente sobre la vía ferrea y el puente sobre la Carretera Panamericana; este conjunto causa una reducción drástica del cauce, formando represamientos de la quebrada Gualí y el propio río Lili, que inundan los terrenos de la margen derecha, más bajos que los de la margen izquierda. Esta zona se clasifica como de amenaza muy alta.	Amenaza Alta: toda la zona de la margen derecha, aguas abajo de la Carretera Panamericana, en predios de la Constructora Meléndez.
	Vulnerabilidad Media: La zona de protección que se conserva a lo largo del río Lili, hasta La Carretera Panamericana y en ambos márgenes.	Vulnerabilidad alta: a excepción del tramo comprendido entre la Carretera Panamericana y el Canal Interceptor Sur, donde los terrenos adyacentes se emplean en el cultivo de caña de azúcar, el área se encuentra habitada, razón por la cual se clasifica con una vulnerabilidad alta.
		Riesgo alto por inundación: margen derecha del río y comprende las zonas de protección, así como el área de cultivo de caña de azúcar ubicada aguas abajo de la Carretera Panamericana. Son áreas de cultivos y zonas verdes que sufrirían fuertes procesos de anegación durante inviernos prolongados o lluvias fuertes.

Fuente: DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

2.2.4. FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA

De acuerdo al estudio realizado por el Centro de Asistencia Legal Ambiental -CELA- en el año de 1996³², se obtuvieron los siguientes resultados: es un río de aguas de mala calidad, que limitan la existencia de fauna que dependa de este recurso. Inicialmente, en los límites entre la zona rural y suburbana el río presenta contaminación debida a la explotación carbonífera, a la que se suman las aguas residuales domésticas de asentamientos en las áreas suburbanas y urbanas, terminando convertido en un caño de aguas negras en el canal colector sur.

En el caso de la vegetación presenta una situación similar, pues de un buen estado en la parte húmeda premontana, especialmente en la propiedad de la Compañía Minera es progresivamente degradada por los asentamientos humanos de diferentes estratos sociales, finalizando en la zona seca con sus riberas despejadas para potreros y áreas de cultivo. Sin embargo los remanentes de vegetación son la característica determinante que permite la presencia principalmente de insectos y aves.

La entomofauna dentro del área estudiada en las partes altas del río Lili es similar a la del río Pance, pero solo en insectos terrestres, pues no se detectaron insectos patinadores (Gerridae, Veliidae) ni otras especies

³² CELA. Estudio Sobre la Flora y Fauna Asociada a los Rios del Municipio de Cali (Zona Urbana y Suburbana) - Informe Final. Marzo 1996.

con estadios larvales en medio acuático (Chrysomelidae, Trichóptera), reportadas en el caso anterior.

En la vegetación aledaña abundaron especies asociadas, hormigas cortadoras y mariposas, igualmente especies típicas de ambientes intervenidos como *Danaus plexippus* (Lepidoptera), moscas domésticas y estercoleras (Díptera), avispas que construyen sus nidos en las habitaciones humanas (*Polistes erythrocephalus*, *Mischocyttarus* sp.) y abejas (*Apis mellifera*, *Trigona* sp.)

En aves se registró la presencia de Tangaras (Thraupidae), que requieren de unas condiciones mínimas de vegetación y por la presencia de manchas de bosque del saltarín (*Manacus vitellinus*), especie que no era reportada para la zona de estudio, además del loro alas de bronce (*Pionus chalcopterus*), especie con baja densidad en su población, considerándose vulnerables.

En el grupo de mamíferos se encontraron los relacionados con vegetación como son nectarívoros y frugívoros como chuchas y murciélagos, más no los dependientes del agua y su calidad (anfibios).

En la parte media, las riberas del río son pobladas con vegetación secundaria, la que favorece la presencia de grupos insectívoros como tyránidos, cucos y hormigueros, quienes además resisten la cercanía humana y su intervención en el medio.

Al ingresar al valle geográfico, parte baja del río, se observa una vegetación herbácea con presencia de entomofauna: mariposas (Hespéridos y Piéridos) y áfidos (Hemiptera), y asociados al estrato arbóreo hormigas *Azteca sp.*, avispas (Polibinae y Esphecidae), además de especies asociadas al hombre como moscas (Tachynidae, Sarcophagidae, Muscidae) y zancudos (Culicidae).

En cuanto a las aves, se observaron gallitos de ciénaga (*Jacana jacana*) y garzas (*Egretta thula*) junto a comunes insectívoros (garza del ganado, tyránidos, pellares, cucos y hormigueros).

Los ambientes más visitados por la fauna, en el área de estudio del río Lili son las pequeñas manchas de bosques, guaduales y áreas cenagosas ubicadas en diferentes partes. En la zona baja donde estos ambientes han desaparecido ocurrió, se supone una drástica reducción del número de especies.

2.2.4.1. ESPECIE DE FLORA AMENAZADA

Quedan pequeñas poblaciones, relictos de antiguas poblaciones silvestres de mayor tamaño:

- El algarrobo o pecueco (*Hymaenea courbaril*): quedan algunos ejemplares.

Cuadro 2.8. PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO LILI

Nombres	Características
Leptonema	Presencia dominante, aunque en baja proporción en comparación con otros ríos. Aunque soportan variaciones en la calidad del agua. La acidez frena su desarrollo.
Rhagovelia	Conocidos como "Chinches patinadores", han logrado colonizar los ambientes alterados física y químicamente ya que viven por encima del agua.
OTRAS ESPECIES ENCONTRADAS: Este río es el que menos especies presenta, posiblemente debido a los continuos vertimientos de las minas de carbón que bajan el nivel de pH del agua a límites intolerables por los organismos acuáticos.	

Fuente: DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

2.2.5. CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO LILI³³

A continuación se exponen los resultados del estudio realizado por ASOAMBIENTE, en el año 1996 para el caso del río Lili: Agosto 29/96, se realizó un tipo de muestreo superficial para aguas naturales de contacto primario y directo.

Se encontró que en la Estación N°1, localizada en la Compañía de Minas, se observan sobre las riberas del cauce, rellenos a base de ripio de carbón, con pendientes muy altas, lo cual pueden ocasionar en época de

³³ ASOAMBIENTE. Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio Santiago de Cali: Río Pancc, Lili, Melendez, Cali, Cañaveralejo, Aguacatal y Cauca. Cali, 1996.

lluvias, el arrastre de estos materiales que contienen residuos producto del procesamiento del carbón. El alto porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, obedece fundamentalmente a la dinámica de este cuerpo de agua superficial, pero los valores de gas carbónico encontrados revelan el desarrollo de procesos permanentes de oxidación. Se nota alto grado de acidez de las aguas (pH 5.0 -5.3) y su origen se debe principalmente a la presencia de acidez mineral, aspecto que se puede verificar al relacionar los registros de acidez total y alcalinidad total encontrados. Además, existe la confluencia con una quebrada que proviene de algunas minas de carbón abandonadas, que revela la presencia de "capa rosa" sobre piedras y sustrato color café rojizo, lo que indica alta incidencia de acidez mineral en las aguas.

En cuanto a la dureza, para propósitos sanitarios estas aguas se pueden catalogar como semiduras, en donde solo el 31% está dado por la presencia de carbonatos.

Los registros de turbiedad (18.1 NTU) son normales, indicando la presencia de sólidos en suspensión, debido a materia particulada proveniente de la zona de influencia directa.

Los valores de conductividad (0.311 mS/cm) indican alguna actividad iónica por reacciones químicas del sustrato, dado que la concentración de sólidos disueltos totales (156 mg/L) es relativamente alta.

En cuanto a las concentraciones de nitrito (0.22 mg/L) y amonio (0.2 mg/L) encontrados, se puede inferir que existe un proceso natural de

degradación de materia orgánica, aunque los nitritos, exceden los valores máximos para el desarrollo normal de la biota acuática.

La Estación N° 3, localizada en los alrededores del barrio Ciudad Jardín, las mediciones de oxígeno disuelto indican un descenso en la concentración y esto se debe a que la concentración de amonio (0.4 mg/L), producto de los procesos de oxidación causados por la degradación de materia orgánica han aumentado.

Se conserva el carácter de acidez de las aguas (pH 5,0), aunque los registros de acidez total se relacionan directamente con los de gas carbónico, apreciándose disminución de incidencia de acidez mineral. Los otros parámetros, guardan estrecha relación con los hallados para la estación N° 1.

La estación N° 5 localizada en la desembocadura del canal sur. Esta estación muestra una situación totalmente diferente en cuanto al oxígeno disuelto, con 35% de saturación. Si se compara este déficit, con los registros de gas carbónico y de amonio encontrados, se puede inferir que existe una alta demanda bioquímica de oxígeno, producto de la oxidación que exigen los procesos de degradación de materia orgánica. Se pudo observar en la zona de influencia directa de la estación la presencia de sistemas de descarga de aguas residuales domésticas, lo que seguramente está incidiendo en estos cambios.

El carácter de acidez de las aguas, a este nivel (6.2 unidades de pH) obedece fundamentalmente a la presencia del gas carbónico producto de

estos procesos; mas que a incidencia de acidez mineral, puesto que al comparar con las dos estaciones anteriores, aparecen levemente (3.5 mg de CaCO3) registros de alcalinidad total. Por otro lado, se aprecia una disminución en los valores de conductividad (0,22 mS/cm) y sólidos disueltos totales (108.5 mg/L).

Se nota también a esta altura del río una disminución de la dureza, en el limite cercano a la clasificación entre aguas blandas y semiduras, con mas del 50% de incidencia de carbonatos. En cuanto a la turbiedad, los valores encontrados (10.7 NTU), no influyen negativamente en el desarrollo de la biota acuática.

2.3. RIO CAUCA³⁴

Nace en el Macizo Colombiano, cerca al Páramo de Sotará, en el Departamento del Cauca y desemboca en brazo de loba en el Río Magdalena. El río fluye en dirección sur a Norte junto a la cordillera Occidental desarrollando numerosos meandros, los cuales indican su grado de madurez. El lecho está constituido por arenas de textura moderadamente fina, además se presentan altos arrastres de partículas en suspensión³⁵.

Tiene una longitud total de 1350 Kms y una hoya hidrográfica aproximada de 63.300 Km2. El río Cauca entra en el Municipio de Santiago de Cali, a partir de la desembocadura del río Jamundí y recorre aproximadamente 30 Kms hasta llegar a la desembocadura del río Cali,

³⁴ DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

³⁵ ECOSAD S.A. Formulación del Plan de Gestión Ambiental de Santiago de Cali - Perfil Ambiental Rápido Urbano-. Diciembre de 1997.

que es límite norte del municipio, bordeando la ciudad por su costado oriente, sector completamente plano.

En su paso por el oriente, sirve de límite físico con el Municipio de Candelaria. Recibe como afluentes en este tramo los ríos Lili, Meléndez, Cañaveralejo y Cali, los tres primeros son ríos que desembocan en él con aguas de pésima calidad, a través del Canal Interceptor Sur.

El río Cauca ha sido modificado tanto en sus riberas como en la calidad de sus aguas e, incluso, en sus usos. Hasta 1925 fue una importante vía fluvial con vapores que recorrían el trayecto Cartago - Puerto Isaac (Yumbo). En años más recientes se levantó un jarillón a cada lado de sus orillas que cubre la casi totalidad de su recorrido dentro del departamento para prevenir las frecuentes inundaciones. Con esto se alteró el sistema de drenaje de la Laguna de Sonso y se secaron tierras de pantanos para la agricultura.

Los materiales transportados por sus aguas han contribuido a la fertilización de las tierras de municipio y a la formación de los suelos sedimentarios en las que se desarrollan las principales actividades agrícolas, especialmente el cultivo de la Caña de azúcar.

Además de su importancia en la economía agrícola del municipio, el río Cauca es el principal abastecedor de agua para los habitantes de la ciudad de Cali, y, en buena parte, de otros municipios del Valle del Cauca. Suministra la materia prima para la mayor planta de

tratamiento de agua potable de la ciudad que es la planta del río Cauca, localizada al oriente de la ciudad.

La ocupación y adecuación de terrenos para cultivos con fines comerciales, como la caña azúcar, plátano, yuca, maíz, frijol y frutales, ha disminuido la vegetación nativa de la zona de reserva forestal protectora. A la agricultura se le suma la cría de cerdos y la extracción de arena principalmente en la margen izquierda.

Hoy el río Cauca es el receptor final de todas las aguas residuales que produce Cali y sus zonas aledañas. También lo es de todas las poblaciones asentadas en sus orillas. En su paso por el municipio, su caudal es relativamente grande (300 m³/s) pero la calidad se deteriora al recibir drenajes de cuencas mal manejadas y las descargas del Canal Interceptor Sur, localizadas antes de la bocatama de la planta de tratamiento. "El río Cauca ha estado bajo la jurisdicción, de la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC-, desde 1954; fecha desde la cual se han adelantado estudios que exponen; que la disponibilidad media anual del río es de 520 m³/s y en el mes de julio, período seco, época de mayor demanda de agua, 350 m³/s.³⁶"

Los desbordes del río por la continuidad e intensidad de las lluvias en algunos meses generan mayor dilución de la carga orgánica arrojada al río, sin embargo, las poblaciones de organismos acuáticos son arrastradas por la corriente ya que el lecho lodoso de los márgenes donde habitan es arrastrado.

342

2.3.1. CARACTERIZACION PRIMER TRAMO DE LA CUENCA³⁷

A su paso por el municipio de Santiago de Cali, el Río Cauca se ha dividido en dos tramos (primer tramo, segundo tramo), para un mejor análisis, de sur a norte.

El primer tramo se inicia en el Sector de Navarro, donde la zona forestal protectora hace parte del espacio enmarcado entre el jarillón y el flujo de agua. Esta franja que oscila entre los 30 y 200 metros que fue área de préstamo para la construcción del jarillón, ha sido invadida para el uso residencial mediante el sistema de relleno.

El asentamiento de Navarro, corresponde a un núcleo poblado consolidado, donde sus habitantes han construido pequeñas parcelas que admiten cultivos de plátano, yuca, maíz, frijol y frutales. Con apoyo de la Administración Departamental vienen desarrollando la actividad del cultivo de peces, aprovechando la formación natural de pequeños pozos.

La adecuación y ocupación de los terrenos para cultivos comerciales, ha disminuido la vegetación nativa de la zona de reserva forestal protectora del río Cauca. En el primer tramo, la calidad de las aguas se califica como de mala calidad.

³⁶ CORPORENORDE - CVC. Panorama del Río Cauca: Una Visión de Conjunto. Abril, 1996.

³⁷ DAGMA. La Ciudad de los Siete Ríos: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

En este lugar también se realizan otras actividades económicas como la cría de cerdos y la extracción de arena. En particular, en el sitio donde el Canal interceptor deposita sus aguas al río, la arenera La Esmeralda, ha ocupado la zona de reserva forestal protectora.

En éste y otros sectores, el río está afectado además por depósitos permanentes de escombros de la construcción, residuos sólidos de la industria, desechos orgánicos de las avícolas y basuras domésticas.

2.3.2. CARACTERIZACION SEGUNDO TRAMO DE LA CUENCA³⁸

En la mayor parte de este tramo la zona de reserva forestal del río Cauca no ha sido afectada por infraestructura de viviendas o de vías, a pesar de que el crecimiento del área contigua construida ya toca mediante urbanizaciones de vivienda de interés social el jarillón que cumple la función de barrera física para evitar inundaciones.

En cercanías al Puente de Juanchito, la zona de reserva forestal protectora ha sido invadida por el asentamiento subnormal "La Playa". Desde este lugar hasta el límite norte del Municipio de Santiago de Cali, existen otros asentamientos como "La Vega", "Brisas del Cauca", "Alfonso López", "Petecuy", y "Floralia Río Cauca".

En todos estos lugares, la alta densidad de unidades de vivienda, representa una gran dificultad de solución al deterioro de la zona de reserva forestal protectora.

Aunque en el tramo anterior, la calidad del agua se considera como mala, en este sector es mucho peor, por recibir mayor cantidad de aguas residuales de un área más urbanizada e industrializada en el municipio.

2.3.3. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA³⁹

A pesar de las obras de protección realizadas al río Cauca para evitar inundaciones, la localización de las parcelas en áreas bajas aledañas, que además fueron zonas de préstamo de materiales que se han habilitado mediante rellenos empíricamente realizados, configuran un cuadro de potenciales riesgos en períodos de lluvias para sus habitantes.

Cuadro 2.9. PANORAMA DEL RIO CAUCA: RESUMEN PROBLEMATICA AMBIENTAL

Diagnostico	Cuenca Alta
Deforestación y Disminución de la Cobertura Vegetal	Déficit 504.700 Has. de bosque natural
Erosión	236.000 Has. de erosión severa
Sedimentación	12 millones de m3/año de sedimentos
Salinidad	85.600 Has. afectadas por Salinidad
Minería	Magnesita, bauxita, dolomitas, calizas, carbón, oro.
Materiales de arrastre	480.000 m3/año. 60% extracción mecánica.
Deterioro Recurso Hídrico	
• Sector Productivo Industrial	• Industria Papelera: 20 Ton/día de DBO5 Industria Azucarera: 49 Ton/día de DBO5
• Sector Productivo Agropecuario	Otras Industrias: 50 Ton/día de

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

<ul style="list-style-type: none"> • Sector Comercial y Doméstico • Manejo de Residuos Sólidos 	<p>DBO5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cafetero: 53 Ton/día de DBO5 • Cali: 93 Ton/día de DBO5 Otros Mpios cuenca: 70 Ton/día de DBO5 • Cali y Mpios circunvecinos: 55 Ton/día
<p>Balancé Hídrico</p>	<p>Demanda en el 2.020: 179 m3/s Disponibilidad en el 2.020: 645 m3/s Balance favorable: 466 m3/s</p>

Fuente: CORPORENORDE - CVC. Panorama del Río Cauca: Una Visión de Conjunto. Abril, 1996

2.3.4. FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA⁴⁰

El río Cauca recibe además de su propia dosis de parte de las actividades humanas locales y regionales, la de sus ríos afluentes. Los aportes incluyen aguas residuales de las áreas urbana, suburbana y rural, compuestos orgánicos sintéticos que son aplicados en fumigaciones aéreas de actividades agrícolas y sustancias derivadas de la actividad minera del carbón y la bauxita por los ríos Claro, Jamundí y Veléz antes de su paso por municipio, hacen que a esta altura se registren los más bajos índices de calidad en sus aguas, a pesar de la compesación debida al caudal del río, que tiene una innegable capacidad de dilusión.

Los aspectos relacionados con sus riberas y la vegetación no son diferentes, pues los espacios no ocupados por viviendas se constituyen en botaderos de basura, en zonas de cultivos de diferente extensión y

⁴⁰ CELA. Estudio Sobre la Flora y Fauna Asociada a los Rios del Municipio de Cali (Zona Urbana y Suburbana) - Informe Final. Marzo 1996.

en los mejores casos en estrechas áreas de humedales con gramíneas como vegetación dominante. De este modo la fauna que ocupa las riberas del río está constituido por especies generalistas de zonas altamente perturbadas.

Dos aspectos determinan la presencia de insectos y aves como grupos faunísticos dominantes, las actividades humanas principalmente y la presencia del río mismo.

Los cultivos de especies ornamentales y de consumo favorecen insectos como chinches, mariposas, cucarrones y avispas siendo estos los grupos más comunes, mientras que entre los hematófagos domina la mosca de los establos *Stomoxys calcitrans*, con larvas que se desarrollan en estiércol de especies pecuarias. De vertebrados la vegetación cultivada atrae principalmente especies insectívoras (tyránidos, vespertiliónidos), frugívoras de aves (tangaras, azulejos), de murciélagos (*Anoura geofroyi*; *Artibeus jamaicensis* y *A. lituratus*) y chuchas (*Didelphis marsupialis*). Por otro lado, el río con sus habitats asociados, playones y charcos, es visitado por garzas (*Ardeidae*) y en las zonas abiertas por una amplia variedad de especies (rapaces, loras, golondrinas, chamonos y semilleros).

El río Cauca a pesar de las condiciones en que se encuentra, reporta para las aves acuáticas nativas y migratorias uno de los pocos ambientes con condición de poder permitir la sobrevivencia de este grupo. La urbanización de sus riberas es el impacto más grave que tal vez no puede resistir, por lo que es urgente iniciar actividades no sólo

para recuperar, la calidad de sus aguas sino para la preservación de una amplia franja marginal que le permita su autoconservación.

Vale anotar la casi completa desaparición de los ecosistemas de humedal que había hace algunas décadas en las riberas del Río Cauca (lo que eran los bosques de mantecos, sauces, burilicos y písamos. Del árbol conocido como "burilico" (*Xylopia ligustrifolia*), habitante del bosque de humedal, que al parecer ya no quedan ejemplares).

2.3.4.1. ESPECIES DESAPARECIDAS O AMENAZADAS⁴¹.

Casi o Prácticamente desaparecidas:

- El caracolí (*Anacardium excelsum*)
- El manteco (*Laetia americana*)
- El burilico (*Xylopia ligustrifolia*)
- El totojando (*Crataeva tapia*)

Amenazadas:

- El písamo, en sus dos especies el de flor naranja (*Erythrina fusca*), el de flor roja (*Erythrina poeppigiana*).
- La ceiba bruja (*Ceiba cf. pentandra*).

2.3.4.2. PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO CAUCA⁴²

⁴¹ *Ibid.*

348

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

Las corrientes que conforman la cuenca del río Cauca se caracterizan por poseer una fauna bentónica diversificada y estratificada no solo con relación a factores climatológicos sino también en función de la carga orgánica generada por intervención antrópica, y su correspondiente impacto sobre la calidad de agua. A medida que el río avanza en su recorrido, el deterioro del ecosistema se hace visible, como consecuencia de los vertimientos, se observa que la diversidad de Ephemeroptera y Trichoptera va disminuyendo. El enriquecimiento de carga orgánica a consecuencia del aumento de vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, favorece el crecimiento masivo de los pocos grupos tolerantes a condiciones sépticas, entre los cuales predominan los Anélidos, Tubificidae, Aelosomatidae (Oligochaeta) y Glossiphoniidae (Hirudinea) y algunos Dípteros tolerantes de las familias Chironomidae y Sirphidae.

2.3.5. CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO CAUCA⁴³

A partir del puente Guillermo Valencia (Limite con el Departamento del Cauca), presenta un deterioro significativo en la calidad del agua, desde el punto de vista físico-químico, con un déficit de oxígeno disuelto, producto de todos los procesos de oxidación y degradación de materia orgánica que se vienen dando aguas abajo de la represa de La

⁴² Zuñiga de Cardoso, María del Carmen, et al. Indicadores Ambientales de Calidad de Agua en la Cuenca del Río Cauca. Revista AINSA. Año XIII - Nº 2. Julio/ Diciembre, 1993.

⁴³ ASOAMBIENTE. Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio Santiago de Cali: Río Pance, Lili, Melendez, Cali, Cañaveralejo, Aguacatal y Cauca. Cali, 1996.

Salvajina, no obstante este deterioro es mucho mas notorio en puntos de muestreo como Juanchito y 200 metros después de la desembocadura del río Cali, en donde los valores de nitrito (0.19 y 0.49 mg/L) y amonio (0.5 y 2.5 mg/L) encontrados, indican una alta demanda de oxígeno por los procesos de oxidación, respiración y degradación de materia orgánica, debido a las altas descargas de aguas residuales tanto domésticas, como agro-industriales; basuras y desperdicios provenientes de los asentamientos humanos localizados en la zona de influencia directa del río.

Parámetros como la dureza total, conductividad, turbiedad y sólidos disueltos totales, se incrementan notoriamente respecto a los otros sistema hídricos, puesto que el río Cauca recibe todos los aportes de materiales provenientes no solo de los seis ríos de la ciudad de Santiago de Cali, sino también de las subcuencas a lado y lado del río y aguas arriba de este punto. Además de estas causas, su lento recorrido y la relativa poca dinámica hídrica por el carácter geomorfológico plano de la zona, favorece el deterioro y limita el desarrollo de la biota acuática y aspectos de salubridad a nivel humano.

2.4. RIO AGUACATAL⁴⁴

La cuenca hidrográfica del río Aguacatal, en el Municipio de Cali, Departamento del Valle, esta ubicado en la porción norte del municipio,

⁴⁴ Hidroingeniería Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000

350

en la vertiente oriental de la cordillera Occidental (Ver mapa 2.1), con los siguientes linderos generales: Al norte, con la divisoria de aguas del río Arroyohondo entre las cotas 1.550 y 2.000, y con la Quebrada Menga entre las cotas 1.100 y 1.500; al sur, por divisoria de aguas de la cuenca del río Cali, a la altura de la carretera Cali-Buenaventura, hasta El Saladito, donde tal divisoria asciende hasta el Cerro de la horqueta; al oriente, con el valle geográfico, como límite Nor-occidental del casco urbano del Cali; y al occidente, con la divisoria de aguas de la vertiente del Pacífico. Finalmente desemboca en el Río Cali a la altura del barrio Normandía. Geográficamente está comprendido entre las coordenadas $3^{\circ} 27'$ y los $3^{\circ} 33'$ de longitud norte y los $76^{\circ} 32'$ y los 76° y los $38'$ de longitud oeste.

El sistema hidrográfico de la cuenca está completamente denominado por el curso de agua representado por el río Aguacatal y las diversas quebradas que le son tributarias. Dicho río constituye, de esta manera, la fuente de captación única de todas las aguas de la cuenca, excepto las pequeñas zona Nor-oriental de esta, cuya quebrada Menga, Los Mirlos y Chipichape desaguan al Río Cali.

El río Aguacatal nace en un sitio cercano donde coinciden las divisorias de aguas de tres cuencas hidrográficas, Aguacatal, Arroyohondo y la vertiente del pacífico, a unos 20000 m.s.n.m, y luego de un recorrido extremadamente encañonado de cerca de 15 kilómetro desemboca en el río Cali, ya dentro del perímetro urbano occidental de la ciudad de Cali,

lo cual indica que en su último techo, de aproximadamente de unos 3 kilómetros, corre por un relieve más ameno.

Por la margen derecha, las quebradas Agua Clara (y sus afluentes: quebradas la esmeralda y San Gabriel), La María, Argelia, San Miguel, El Saladito y San Pablo, las cuales nacen un poco bajo del divorcio de agua con la vertiente del Pacífico.

Por la margen izquierda, agua bajo, el río Aguacatal recibe las aguas de la quebrada Paleno, Ocampo, El Vergel , la Florida, La Gorgona y la Castilla, cuyo nacimientos ocurren en la parte occidental línea de vertientes internas de la cuenca, ante citada; y la quebrada El Chocho, que es el principal tributario del Aguacatal el cual nace en la parte oriental de la antes mencionadas líneas de vertientes línea de vertiente, teniendo como afluentes por la margen izquierda, entre otras, las quebradas San José, Elizondo y Guacas.

El río Aguacatal y la quebrada El Chocho son objeto de fuerte contaminación por diversos motivos, que convierten sus aguas en serio peligro para usos doméstico, reportados como intensos. El río Aguacatal recibe, a la altura de La Elvira, las aguas de desecho de planteles porcino, y más abajo, las aguas servidas de varios planteles educativos y de clubes sociales, además de los desperdicios resultantes de la explotación de varias canteras. A su vez, la quebrada El Chocho recibe también muchos desperdicios de canteras y de minas de carbón explotadas a lo largo de su curso y la mayor parte de las aguas servidas de Montebello y Golondrinas.

En cuanto al clima, dentro de la cuenca del río Aguacatal, existen unas franjas térmicas, que van disminuyendo la temperatura a medida que se internan hacia la parte alta de la cuenca. La cuenca en general posee un clima seco en los límites con el casco urbano del municipio de Cali, un clima semiseco en la parte media y un clima frío en la parte alta, correspondiente a los corregimientos de la Paz, La Elvira y La Castilla parte alta.

Respecto a la temperatura, la zona alta de la cuenca permanece constantemente nublada lo cual provoca temperaturas entre los 15° y 17° C, trayendo como consecuencia lluvias orográficas causadas por el choque de vientos fríos y cálidos.

En cuanto a la precipitación, en la parte baja existen dos períodos de verano y de lluvias, siendo más marcado y extenso la época de verano.

En la estación de Montebello, a 1260 m.s.n.m la precipitación anual promedio para el período 1970 - 1977 fue de 1217 mm siendo los meses más lluviosos los de marzo - abril - mayo (136 mm de promedio mensual) y octubre - noviembre (128 mm). Los meses menos lluviosos, que se alternan con los períodos más lluviosos anteriores, son los de diciembre - enero - febrero (74 mm de promedio mensual) y junio a septiembre (60.3 mm de promedio mensual)

En la Estación Aguacatal, a 1649 m.s.n.m la precipitación anual promedio para el mismo período fue de apenas 821 mm, presentándose

Cuadro 2.10. RELACIÓN DE LAS ÁREAS DE LOS CORREGIMIENTOS CUENCA DEL RÍO AGUACATAL

Corregimiento	Hectáreas	%
Terrón Colorado	337. 8	5.5
Golondrinas	752. 7	12.2
Las Castillas	2.062. 8	33.4
La Paz	450. 3	7.3
La Elvira	1.587. 7	25.6
El Saladito	987. 7	16
Total	6 179. 0	100

Fuente: Plan de Ordenación y desarrollo de la Cuenca del Río Aguacatal
Consultor: Hidroingeniería Ltda..

La casi totalidad del área del corregimiento de Terrón Colorado corresponde a una extensión del casco urbano de Cali, zona urbana de invasión densamente poblada por familias de bajos ingresos, sin servicio básico adecuados, lo cual origina, por ello, graves problemas de contaminación de los ríos Aguacatal y Cali. Las partes central y norte del corregimiento de El Saladito y sur-occidental del corregimiento de la Elvira son zonas principalmente destinadas a fincas de recreo.

En la parte inicial del extremo sur del corregimiento de golondrinas están localizados varios importantes centros docentes privados, la normal departamental de señoritas y centros de recreación social, mientras que en su zona central y norte se encuentran, espectivamente, los núcleos poblaciones de Montebello y Golondrinas, constituidos principalmente por gente dedicadas a la explotación de canteras y de minas de carbón, actividades económicas predominantes. De otro lado, en la parte sur- oriental de dicho corregimiento está localizado el imponente Cerro de las tres cruces, que constituye uno de los más

354

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

excelente miradores sobre Cali y el Valle, y, en consecuencia, un sitio de excepcionales posibilidades turísticas, actualmente mal aprovechados.

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 viviendo muy dispersa el resto de su escasa población. En los corregimientos de La Paz y La Elvira, se advierte un poco de actividad agropecuaria, así como también en el extremo norte del corregimiento de la Castilla. El resto de la superficie se encuentra en potreros abandonados y en rastrojo, aunque con un entable avícola moderno importante en su cono sur.

2.4.2. ASPECTOS FISICOS

Geomorfología : Las elevaciones del área de la cuenca del río Aguacatal varían desde la cuota 1.000 en el extremo sur-oriental de la misma hasta los 2.000 m.s.n.m., en el Cerro de Las Tres Cruces y las partes más altas del divorcio de agua con la cuenca del río Arroyohondo y con la vertiente del pacífico.

Aunque no presenta, como se dijo en el numeral anterior, elevaciones muy altas, la variación de 1.000 metros entre las cotas mínimas y máximas observable en una región en tamaño tan relativamente reducido determina en ella un relieve un extremo complejo, que varia de fuertemente ondulado a fuertemente quebrado, de fuertemente inclinado y escarpado a abrupto, con pendientes del orden de 12-25-50-75% y en veces mayores que la última cifra indicada.

El impresionante y en ocasiones desolador paisaje montañoso ofrecido por el conjunto ortográfico de la cuenca del río Aguacatal está denominado, en su parte sur-oriental, por el Cerro de las Tres Cruces; en la parte centro-occidental, por el alto de Aguacatal; y en el extremo sur-occidental, por el Cerro de la Horqueta.

En la cuenca se presenta dos vertientes importantes, ó líneas de intersección de dos inclinaciones divergentes. La primera de ellas cruza la cuenca en dirección SE-NW dividiéndola en dos porciones iguales. En la zona oriental de tal vertiente se origina la quebrada de El Chocho y la afluentes de la margen derecha de está quebrada; en la zona occidental de la vertiente tienen sus cursos varias quebradas tributarias del río Aguacatal por su margen izquierda. Los tributarios del río Aguacatal por su margen derecha nacen en la parte oriental de la vertiente del pacifico. La segunda vertiente interna de la cuenca la atraviesa desde el Cerro de las Tres Cruces hasta su limite norte, a la altura de la cota 1.550, donde nace la quebrada Menga.

La cuenca del río Aguacatal ha sido dividida según sus pendientes y características fisiográficas ha sido dividida en tres unidades geomorfológicas: cuenca alta, media y baja. En general el comportamiento de la cuenca es interpretado a partir de los parámetros geomorfológicos como se describe a continuación:

División Geomorfológica: A nivel regional, la cuenca del Aguacatal se encuentra dividida en alta, media y baja, correspondiendo

358

respectivamente 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.

2.4.3. CUENCA ALTA

Corresponden a la parte mas alta, hacia la cordillera occidental, incluyendo los farallones de Cali hasta la parte intermedia de la cuenca aproximadamente en la cota 2000. Los relieves en general son escarpados y con pendientes moderadas cubiertas por bosque natural, reflejo de su formación Volcánica (Kv). El patrón de drenaje es dendrítico y subparalelo con valles en forma de "V", cuyos cauces son controlados por estructuras geológicas como fracturas y fallas. En algunas vertientes se han formado pequeños aluviones en ensanchamiento del río.

2.4.3. CUENCA ALTA

Comprende el sector entre la población de Felidia y la entrada del río a la ciudad, a la altura del Zoológico. En este sector existen corrientes moderadamente rápidas, con un lecho constituido por bloques de piedra de tamaño medio, donde eventualmente se depositan arenas que sirven de remansos marginales. Presenta un grado de intervención mucho mayor que el anterior, que se va incrementando conforme el río se acerca a la ciudad.

357

2.4.4. CUENCA BAJA

Corresponde al área en el sector del barrio Aguacatal, desde el Club la Ribera, el liceo Santa Mónica y el jardín infantil los Críos, hasta la desembocadura al río Call, en el barrio Normandía. En este sector el río se encuentra sobre depósitos cuaternarios aluviales que han sido transportados por el río Aguacatal y constan de arenas y gravas compuestos por limos, arenas y cantos subredondeados de basaltos y diabasas.

Cuadro 2.11. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO AGUACATAL

PARÁMETRO	VALOR
Área de la Cuenca	38.05 Km ²
Perímetro	31.28 Km
Ancho promedio	3.60 Km
Índice de forma	0.34
Pendiente promedio	59.80 %
Longitud cauce principal	14.12 Km
Densidad de drenaje (Dd)	2.84
Sinuosidad	1.37
Índice de alargamiento	1.83
Coefficiente de torrencialidad	4.10
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.42

Fuente: Características Fisiográficas de las Cuencas en la Regional Suroccidente, Grupo de Recursos Hídricos - CVC, 1996

2.4.5. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA

Se cataloga como una zona asociada a riesgo por movimientos en masa el sector de Terrón Colorado-Bajo Aguacatal, debido a que es un asentamiento subnormal ubicado en una zona de amenaza alto.

358

- Las zonas de las canteras, debido a su situación de erosión moderada, y a que se encuentran ubicadas en las cercanías de asentamientos como Montañitas, Alto Aguacatal, se convierten en zonas asociadas a riesgo medio,
- En el sector de La Playita, se encuentran localizadas sobre la margen derecha, entre la Avenida 9ª. Oeste y el flujo de aguas, varias viviendas, en zona es de alto riesgo, por el cambio en el alineamiento del río al hacer un recodo y la variación de la pendiente.
- En el barrio Alto Aguacatal, específicamente en el sector de Puente Amarillo y Puente azul, se produce inundaciones en el valle, debido a la existencia de puntos críticos desde el punto de vista hidráulicos, como puentes que reducen considerablemente la sección del cauce.
- También se considera como una zona asociada a alto riesgo por inundación el sector del Bajo Aguacatal, que de igual forma se encuentran asentados en la llanura de inundación del río y de los cauces que le llegan. En el evento de la ocurrencia de un fenómeno de concurrencia de crecientes, la asociada al río Cali, la de la quebrada el Chocho y la del Aguacatal, esta zona tendería a ser totalmente inundada; lo anterior superpuesto a la alta vulnerabilidad, la convierten en zona de alto riesgo por inundación.
- Se determinó el área correspondiente al Club la Ribera y los Bomberos, como una zona de amenaza por inundación media,

aunque su infraestructura esta bien construida, estos emplazamientos institucionales, se encuentran invadiendo el área de reserva del río, anotándose como factor de atenuación que la cercanía de los bomberos y el conocimientos que estos tienen sobre las amenazas naturales, los hace menos vulnerables.

2.4.6. FLORA

A partir del sitio Puente Azul la zona forestal protectora prácticamente desaparece, debido a la ocupación en la margen derecha con viviendas de los barrios, Aguacatal, Bajo Aguacatal y la invasión el realengo. Esta última también aporta basuras domésticas y escombros; por lo tanto la cobertura vegetal en estos sectores se encuentra disminuida encontrándose: pastos, gramíneas y rastrojo bajo. En el Sector del Bajo Aguacatal se presenta ocupación de la zona de reserva forestal en ambas márgenes, además se han construido muros al borde del río, convirtiendo la zona en una extensión más de sus predios, igual circunstancia se presenta en el Asentamiento de Puente Azul.

La Cuenca del río Aguacatal es la más pequeña y presenta mayor deterioro ambiental con respecto a las otras tres cuencas. Entre la desembocadura y unos 2 Km aguas arriba presenta fuerte deterioro debido a la expansión urbana que se manifiesta con una acelerada apropiación de sus riberas como lugares de habitación y también de la invasión de zonas planas asociadas a la carretera al mar Terrón y Bellavista. Teniendo en cuenta las especies dominantes ó ubicadas en el estrato superior se destacan: Guásimo, Samán, Chiminango, Chirlobirlo,

Totocal	Achatocarpus nigricans
Pizamo	Erythrina sp
Tumbamaco	Didymopanax morototoni
Mestizo	Cupania americana
Macaguita	Aiphanes caryotaefolia
Caracolí	Anacardium excelsum
Algodoncillo	Alchornea sp
Aguacatillo	Persea caerulea
Yarumo	Cecropia sp
Cascarillo	Landenbergia magnifolia
Aguacate	Persea americana
Zurrumbo	Trema micranta
Higuerón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos
Arenillo	Nectandra sp
Cañaflacha	Gynerum sagittatum
Nacedero	Euphorbia cotinifolia
Chirlobirlo	Tecoma stans
Manzanillo	Toxicodendron striatum
Sauce	Salis humboldtiana
Cedrillo	Brunelia stuebelli
Mamey	Mammea americana
Aromo	Vachellia farnesiana
Tabaquillo	Vernonia of patens
Balso	Ochroma sp
Lechero	Olmedia sp
Chambimbe	Sapindus saponaria
Azulito	Petraea rugosa
Mango	Mangífera indica
Sasafráz	Xanthoxylum monophyllum
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Estudio sobre la Flora asociada a los Ríos del Municipio de Cali (Zona urbana y Suburbana).

CELA- DAGMA (1996).

2.4.7. FAUNA

A continuación se presentan los siguientes cuadros, que resumen la fauna asociada al río Aguacatal.

361

distribución y con una capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Especie Generalista).

- Camelobaetidiu
s
Moribaetis
Baetodes Estas especies se favorecen por el incremento de materia orgánica disuelta en el agua.
- Rhagovelia
Cryphocricos Comúnmente llamados chinches de agua. Viven en los remansos de los ríos y soportan leves variaciones ambientales del agua.
- Simillium Hace parte del grupo descomponedor, especie oportunista que indica contaminación de origen animal.
- Leptonema Su presencia indica el carácter fangoso del lecho del río y soporta niveles medios de carga orgánica.
- Mortoniella
Atanatólica
Atopsyche
Xyphocentrom
Anacroneuria Especies indicadoras de excelentes niveles de oxígeno disuelto en el agua y poca carga orgánica. Estas especies construyen habitáculos de material mineral y los fijan a las rocas del río donde filtran el alimento disuelto en el agua.

Fuente: Estudio sobre la Fauna Asociada a los Ríos del Municipio de Cali (Zona urbana y suburbana), CELA- DAGMA. (1996).

CUADRO 2.16. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RÍO AGUACATAL (ENERO DE 1996)

PARAMETROS	ESTACIONES		
	BELLA VISTA	COLEGIO NUESTRA SRA DE LA GRACIA	DESEMBOCADURA
TURBIEDAD (U.T.J.)	2.2	5.4	20
SOLIDOS TOTALES (mg/l)	139.0	193.0	363.0
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	10.0	39.0	44.0
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	2.5	8.0	12.0
NITRATOS (mg/NO3)	40.0	40.0	40.0
FOSFATOS (mg/PO4)	0.01	0.74	0.33
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	750	240.000	1.100.000
COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	40	240.000	1.100.000
PH (unidades)	7.30	7.45	7.27
TEMPERATURA (°C)	17.5	20.7	25.1
OXIGENO DISUELTO (OD) mg/l	8.2	6.0	4.8

Fuente: Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA, 1996.

362

Cuadro 2.17. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS I.D.B E I.CA. DEL RÍO AGUACATAL

ESTACION	ALTITUD	ZONA DE VIDA	I.D.B.	I.CA.
Bellavista	1.270	Bs-ST	39.9	69.5
Alto Aguacatal	1.200	Bs-ST	1.59	55.80
Colegio Nuestra Sra de la Gracia	1.150	Bs-ST	0.39	45.34
Antes Q. Chocho	1.100	Bs-T	0.17	24.9
Desembocadura	1.070	Bs-T	0.14	24.9

Fuente: Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA, 1996.

2.5 Río Cañaveralejo⁴⁵

El río Cañaveralejo nace cerca al sitio El Faro (Cordillera Occidental) a 1800 m.s.n.m y desemboca al Canal Interceptor Sur (ver mapa 2.1), en el cruce con la Autopista Simón Bolívar en el sector conocido como Puerto Rellena. Cerca de su nacimiento, la deforestación y exploración agrícola con cultivos limpios, han afectado la estructura de las comunidades acuáticas, a pesar de estos factores, un hecho que compensa es que el Río tiene pequeñas cascadas y remansos, los cuales permiten la acumulación de material orgánico en descomposición que sirve de refugio y alimento a la fauna acuática. Ha sido modificado profundamente desde su entrada a la parte plana del municipio, en donde se construyó una laguna de inundación entre el barrio Siloé y el Cerro La Bandera.

⁴⁵ Hidroingeniería Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000.

363

El río Cañaveralejo, cuyo curso es de solo 8 kilómetros, Limita con la cuenca del Meléndez al Sur y con la del Cali al Norte. Presenta un patrón de drenaje dendrítico poco denso, entre sus principales afluentes se encuentran la quebrada la Sirena, Las Brisas, La Carolina y la Guarrus a la altura del barrio Brisas de Mayo, la cual aporta gran cantidad de aguas servidas y deteriora su cauce.

En el área existe una red de pluviómetros y pluviógrafos que se han ido completando en la medida que crece la necesidad de información más detallada, más no sucede igual con otros registros de la misma importancia como son: Temperatura, humedad, vientos y otros de los cuales su variación esta en estudio.

Las características de la Cuenca del Cañaveralejo son similares a las del río Meléndez, por lo cual pueden extrapolarse los datos de temperatura a partir de la Estación Meteorológica de Meléndez , a 976 m.s.n.m., en el límite oriental de la cuenca, la temperatura media anual para el período de 8 años 1970-1977 promedió 23.6° C, al tiempo que la máxima anual promedió 34.8° C y la mínima anual tuvo un promedio de 13.8° C.

Como norma o patrón general para el resto del área del Proyecto se estima que las temperaturas medias fluctúan entre 24 ° C en la parte baja de las cuencas, 17° C en las partes medias y los 12° C en la zona de los farallones.

364

La información climática sobre la cuenca del Cañaveralejo no es muy completa; existen en el área objeto del proyecto Pance-Meléndez en el que esta incluido el Cañaveralejo, 12 estaciones pluviométricas en las que se han registrado sistemáticamente desde 1970 datos sobre precipitación, sólo ha existido desde la fecha indicada una estación meteorológica en Meléndez en la que se han hecho y anotado informaciones metódicas sobre temperatura, precipitación, recorrido de viento, tensión del vapor de agua, punto de rocío medio, brillo solar, humedad relativa y evaporación total.

Con base en los registros de la Estación Meteorológica de Meléndez y generalizando para la parte baja de las cuencas, puede establecerse que la humedad relativa es del 75%. De otro lado se estima con fundamentos en datos aislados, que la humedad relativa en las partes más altas es de 85%.

Cuadro 2.17 RELACIÓN DE LAS ÁREAS DE LOS CORREGIMIENTOS DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAVERALEJO

Corregimiento	Area (Ha)
La Buitrera	474.39
Villa Carmelo	354.12
Los Andes	759.66
Cali	1313.80
Total	2901.97

Fuente: Elaboración propia
Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA.

2.5.1. DIVISIÓN GEOMORFOLÓGICA

365

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

Cuenca Alta

Desde su nacimiento hasta la Sirena, la parte alta presenta pendientes entre los 20 ° y 40° grados, ha sufrido el impacto de la actividad ganadera y actualmente presenta procesos positivos de recuperación de cobertura vegetal por repoblamiento natural de bosques.

Cuenca Media

Desde la Sirena hasta la laguna de inundación al pie del Cerro de la Bandera, este último actualmente constituido en un Ecoparque, a partir del puente "La Sirena" hasta el "Crucero", la infraestructura domiciliar ocupa completamente la zona de reserva forestal, mediante construcciones que tienen como límite físico el propio río.

En el tramo que atraviesa el piedemonte, existen fuertes pendientes entre 25% y 50%; ha sido afectado por la explotación de minas de carbón, la tala y quemas de bosques, el sobre pastoreo y la construcción de viviendas sin ningún control. Inmediatamente después del sitio "El Crucero", Diagonal 51 OE, con calle 16 OE, el acceso físico a la zona de reserva forestal protectora está obstruida por cercos y construcciones.

Cuenca Baja

Está caracterizada por una topografía plana, con pendientes entre 0 ° y 5 ° grados, actualmente se encuentra totalmente urbanizada. Entre la Avenida Guadalupe y los barrios Cañaveralejo y Venezuela, existe una

366

zona de amortiguación de inundaciones, cuyo propósito cambió el curso natural de río. Después de esta zona se reduce el área de reserva forestal por construcciones privadas.

Hacia el sector de la Plaza de Toros, el río fue canalizado y desviado de su curso original, finalmente la calle 7ª, entregas sus aguas a un canal de aguas residuales, que está en el par vial de la Carrera 50. Desde la calle 5ª, hasta su desembocadura en el Canal CVS Sur, el río está totalmente canalizado. En este último tramo ha perdido su carácter natural tanto por la invasión de la zona de reserva como por el deterioro de sus aguas

Parámetros Geomorfológicos De La Cuenca Del Río Cañaveralejo

PARÁMETRO	VALOR
Area de la Cuenca	24.61 Km ² .
Perímetro	28.76 Km.
Ancho promedio	4.29 Km.
Indice de forma	0.76
Pendiente promedio	18%
Longitud cauce principal	4.65 Km.
Densidad de drenaje (Dd)	1.58
Sinuosidad	1.23
Indice de alargamiento	1.51
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.63

Fuente: Hidroingeniería Ltda Estudio Caudales Ecológicos. Nov/2000

367

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

2.5.2. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA

El río Cañaveralejo al ingresar al asentamiento de la Sirena, presenta condiciones de amenaza, debido a la presencia de depósitos no consolidados de tipo aluviales y torrenciales, formados por lodos y gran cantidad de bloques; la alta pendiente del cauce del río que lo hace tener una alta velocidad del río, el uso del suelo en la zona de la ronda esta pasando a ser de vivienda lo cual puede llegar a generar deslizamientos locales que podrían generar amenazas por avalancha, como efecto en cadena.

El cerro de la Bandera, debido a su origen sedimentario, puede llegar a presentar deslizamientos planares y rotacionales, en los sitios donde se hagan banqueos a favor de la estratificación, convirtiéndose en un factor de amenaza por uso del suelo, además de los espesores de suelo, unido a las altas pendientes pueden ocasionar deslizamientos de suelo y/o detritos.

La cuenca del río Cañaveralejo presenta grandes procesos de inestabilidad, correspondientes a la ladera Norte del río. Hacia el Corregimiento de Andes en la zona, se observa una particular forma de la microcuenca, que la sugiere un comportamiento altamente inestable de la ladera. En ese sector se encuentra un asentamiento desarrollado sobre depósitos de vertiente no consolidados, bastante vulnerables a de movimientos en masa. De igual forma la comuna 20 (Siloé), se encuentra en una zona altamente inestable, debido a los procesos de minería subterránea realizadas en la ladera, y los

368

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

procesos antrópicos como mal manejo de aguas superficiales y banquetes para la construcción.

Existen también algunos casos puntuales de amenaza alta como las Subzonas correspondientes a "La Hondonada" en el asentamiento de la Sirena en cercanías del nacimiento de la quebrada La Agustina, donde se observaron importantes procesos de cárcavamiento; este sector cubre un área de 2,3 Has, que en caso de fallar generaría un flujo de lodos y de escombros (Avalancha) que afectaría aguas abajo los asentamientos subnormales de Galanía y la Sirena.

En la quebrada La Agustina se encuentra un asentamiento de aproximadamente 60 viviendas construidas en zona de pendientes altas y moderadas conocida como Arrayanes, los cuales pueden eventualmente generar deslizamientos y avalanchas.

Se han producido varios eventos a partir de precipitaciones fuertes, que han producido altos caudales, desbordamientos y erosión en algunos tramos ribereños. El proceso de urbanización influye en la evacuación de aguas pluviales de una forma mucho mas amplia y compleja, afectando en unas ocasiones únicamente los caudales y en otras alterando los cauces o introduciendo restricciones en ellos, e incluso en algunos casos cambiando las cuencas.

A partir de la parte baja de la Sirena se presentan la confluencia de varios ríos y quebradas que salen de la zona montañosa y de

pedemonte, las cuales llegan a una zona plana convirtiéndose en una zona potencial de inundación.

Es importante resaltar que el hecho de que existen asentamientos subnormales invadiendo el río, se traduce en una alta amenaza por inundación sobre la población y la infraestructura.

Hacia el sector de la Bella Suiza, también se desborda el río y en ocasiones ha afectado los muros de protección del sector. Otro factor que aumenta la amenaza está relacionada con la entrega de los alcantarillados por debajo del nivel del río, cuando este aumenta su caudal se presenta un reflujo del río hacia las viviendas, caso que ocurrió en Mayo 5 del 2000 en la Sirena, Bella Suiza, Belisario Caicedo.

A partir de la zona del embalse, el río presenta una buena zona para soportar la crecientes y no presenta amenaza para la población.

En el recorrido del río a través de La Sirena hasta la calle 5ª, se encuentran una serie de puentes los cuales presentan insuficiencia hidráulica y están localizados en la parte alta, y se tienen como puntos críticos, en la entrada a la Agustina, vía a La Sirena y en la Sirena, donde se encontraron galibos inferiores a 2,5 metros, modificados por diferentes procesos como son la depositacion de materiales en los estribos (barras), depósitos de escombros y basuras, desprendimientos de orillas por socavacion lateral.

El tipo de construcción de las viviendas de los asentamientos, los hace vulnerables o no a determinados procesos, en la cuenca del río

Cañaveralejo se discrimina a continuación la vulnerabilidad de las construcciones, tomando la generalidad de las construcciones y sus características.

Los asentamientos de Galanía y Arrayanes, están contruidos con materiales mixtos, que en la mayoría de las viviendas, no presentan una estructura de soporte definida, hay ausencia de vigas y/o columnas, la cimentación es superficial y están construidas las viviendas en sitios con pendientes altas y moderadas.

En la Sirena, se evidenciã un comportamiento de las construcciones que permite mostrar 2 tendencias:

En el área de los asentamientos Los mangos, Andes y la Agustina, las construcciones, muestran discontinuidad estructural, ya que por tener una pendiente alta, el área útil de construcción es baja por lo cual se utiliza los "voladizos", sostenidos por columnas aisladas. La cimentación en estas pendientes, es difícil y muchas veces inadecuada.

En la parte alta de La sirena, sobre el río Cañaveralejo, las construcciones están técnicamente construidas, materiales homogéneos, aparecen vigas, losas y columnas que le dan solidez y consistencia a la vivienda.

2.5.3. FLORA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO

Las asociaciones vegetales existentes en la cuenca del río Meléndez se encuentran distribuidas como se indica en el siguiente Cuadro. Las especies dominantes de este sector son: Carbonero, Ficus, Laurelito, Cañaflecha, Pízamo, Guadua, Chiminango, Higuierón, Tumbamaco, Flor Amarillo y las especies acompañantes son las siguientes: Cascarillo, Aguacatillo, Cafecito, Amarillo y Mestizo.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO CAÑAVERALEJO

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Guázimo	Guazuma ulmifolia
Candelo	Hyeronima sp
Otobo	Dialyanthera lehemanni
Guadua	Guadua angustifolia
Carbonero	Calliandra pieltieri
Sangregao	Cortón sp
Flor Amarillo	Senna spectabilis
Chiminango	Pithecellobium dulce
Samán	Pithecellobium samán
Cafecito	Lacistema agragatum
Laurelito	Phoebe cinnamomifolia
Amarillo	Ocotea aurantiodora
Algarrobo	Hymaenea courbaril
Guamo	Inga edulis
Tachuelo	Xanthoxylum rhoifolium
Arrayán	Myrcia popayanensis
Jigua	Nectandra sp
Manteco	Laetia americana
Motriño	Miconia sp
Ceiba	Ceiba petandra
Higuerillo	Ricinus comunis
Gualanday	Jacaranda caucana
Guanábano	Anona muricata
Chitató	Muntingia calabura
Espino de mono	Pithecellobium lanceolado
Totocal	Achatocarpus nigricans
Pízamo	Erythrina sp
Tumbamaco	Didymopanax morototoni
Mestizo	Cupania americana
Macaguita	Aiphanes caryotaefolia
Caracolí	Anacardium excelsum

Algodoncillo	Alchornea sp
Aguacatillo	Persea caerulea
Yarumo	Cecropia sp
Cascarillo	Landenbergia magnifolia
Aguacate	Persea americana
Higuerón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos
Arenillo	Nectandra sp
Cañaflcha	Gynerum sagittatum
Nacedero	Euphorbia cotinifolia
Chirlobirlo	Tecoma stans
Manzanillo	Toxicodendron striatum
Sauce	Salis humboldtiana
Cedrillo	Brunelia stuebelli
Mamey	Mammea americana
Aromo	Vachellia farnesiana
Tabaquillo	Vernonia of patens
Balso	Ochroma sp
Lechero	Olmedia sp
Quiripití	Clusia menor
Jagua	Genipa americana
Ficus	Ficus sp
Chambimbe	Sapindus saponaria
Azulito	Petraea rugosa
Mango	Mangífera indica
Sasafráz	Xanthoxylum monophyllum
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Estudio de la Flora Asociada a los Ríos del Municipio (Zona urbana y suburbana) CELA- DAGMA. Marzo 1.996. Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA

2.5.4. FAUNA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO

Las aves encontradas en la parte alta de la cuenca son: Colibrí, Garza, Barranquero, Chamón, Gallinazo, Gavilán y Canario. En la parte urbana se encuentran: Pechirojos, Pechiamarillos, Mochilero, Mirla Ollera, Tyránidos, Tórtolas, Cucaracheros y Azulejos.

Se detectó la presencia de especies típicas de los Farallones como: parúlido (*Basileuterus fulvicauda*) no reportado para la región y un murciélago (*Platyrrhinus helleri*) el cual es dispersor de semillas, no encontrado en los ríos anteriores. En los siguientes Cuadros se resumen la fauna asociada a la cuenca del río Cañaveralejo.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO CAÑAVERALEJO

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Mariposa Cebra	<i>Helioconius claritonia</i>
Golondrina	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>
Rana	<i>Hyla columbiana</i>
Pájaro carpintero	<i>Dryocopus lineatus</i>
Lora cabeciazul	<i>Pionus menstrus</i>
Rapaz	<i>Buteo magnirostris</i>
Mochilero	<i>Cacicus cela</i>
Barranquero	<i>Momotus momota</i>
Chinches patinadores	<i>Rhagovelia sp</i>
Lagarto	<i>Ameiva ameiva</i>
Lagarto	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>
Sinsonte	<i>Mimus gilvus</i>
Cucúlidos	<i>Coccyzus pumilus</i>
Abeja	<i>Melipona sp</i>
Abeja	<i>Trigona sp</i>
Azulejo común	<i>Thraupis episcopus cana</i>
Torcaza naguiblanca	<i>Zenaida auriculata cauae</i>
Parúlido	<i>Basileuterus fulvicauda</i>
Libélula	<i>Coenagrionidae</i>
Golondrina	<i>Hirundinidae</i>
Tórtola	<i>Columbidea</i>
Garrapatero	<i>Falconidae</i>
Cucarachero	<i>Trogiodytidae</i>
Pájaro Carpintero	<i>Picidae</i>
Barranquero	<i>Momotidae</i>

Colibrí	Trochilidae
Mariposa	Chalcididae
Abeja	Apidae
Abispa	Vesplidae
Chicharra	Cicadidae
Gallo de roca roja	Rupícola peruviana sanguinolenta

Fuente: Estudio de la Fauna Asociada a los Ríos del Municipio (Zona urbana y suburbana) CELA- DAGMA. Marzo 1.996.

Principales insectos que habitan en las aguas del río Cañaveralejo

NOMBRES	CARACTERÍSTICAS
Leptohypes Gomphus Leptonema	Son indicadores del carácter fangoso del lecho y de presencia de detritus orgánico. Soportan variaciones continuas de la turbidez
Chironomidae	Esta familia presenta una gran capacidad de adaptación a bajos niveles de caudal y altos contenidos de carga orgánica de origen doméstico

Fuente: Estudio de la Fauna Asociada a los Ríos del Municipio (Zona urbana y suburbana) CELA- DAGMA. Marzo 1.996.

2.5.5. FLORA: PARTE BAJA DEL RÍO

La cuenca del río Cañaveralejo presenta en su parte plana una vegetación cultivada, lo que indica la intervención del hombre, a partir del Puente la Sirena y hasta el cruce, la infraestructura ocupa completamente la Zona de Reserva Forestal, mediante construcciones, que tienen como límite físico el propio río.

El tramo que atraviesa el piedemonte, ha sido afectado por la explotación de minas de carbón, la tala y quema de bosques, el sobrepastoreo y la construcción de viviendas sin ningún control.

Desde la Calle 2ª hasta la Calle 3ª, se recupera la vegetación arbórea en las riberas y se amplía el espacio de la zona de reserva protectora del río. Las especies dominantes en este sector son: Carbonero, Pízamo, Samán, Leucaena, Chiminango, Guayabo. Entre las especies acompañantes figuran: Higuerilla, Guanábana, Higuerón.

En los últimos tramos del río, éste ha perdido su carácter natural, por la invasión de la zona de reserva forestal como por el deterioro de sus aguas. La vegetación predominante en esta zona es rastrojo alto, bajo, pastos y gramíneas. Durante el recorrido de campo se observaron las siguientes especies : Chiminango, Samán, Leucaena, Higuerillo.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO CAÑAVERALEJO PARTE BAJA

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Chiminango	Pithecellobium dulce
Samán	Pithecellobium samán
Higuerillo	Ricinus comunis
Guanábano	Anona muricata
Aguacate	Persea americana
Higuerón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Estudio sobre la Flora asociada a los Ríos del Municipio de Cali (Zona urbana y Suburbana). CELA- DAGMA (1996).

2.5.6. FAUNA: PARTE BAJA DEL RÍO

Las condiciones ambientales del río Cañaveralejo, la alteración temprana de su cuenca, lo convierte en un caño de aguas residuales antes de ser canalizado, debido a los aportes de actividades agropecuarias en fincas

cobertura vegetal reducida, acentuando el deterioro con la acción de los asentamientos humanos; sin embargo se colectaron organismos distribuidos como se indica el Cuadro siguiente.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS EN EL TRAMO URBANO DEL RÍO CAÑAVERALEJO

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL %
Diptera	90
Trichóptera	2.35
Haplotáxida	1.94
Basommatophora	1.94
Glossifoniiforme	1.38
Ephemeroptera	1.10
Hemiptera	0.41
Tricladida	0.41
Coleóptera	0.28

Fuente: Estudio Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). ASOAMBIENTALES- DAGMA, 1.996.

Dominó el orden Díptera con un 90% del total de la fauna acuática. Los ordenes restantes presentaron una distribución muy baja Trichóptera 2.35%, seguido por Haplotáxida y Basommatophora con 1.94%, luego el orden Glossifoniiforme con 1.38%, Ephemeroptera con 1.10%, Hemiptera, Tricladida y Coleóptera presentaron valores cercanos a cero.

Caracterización Hidrobiológica del Río Cañaveralejo

del Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). Realizado Asesorías Ambientales ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA. Marzo 1.996, se puede hacer una caracterización del rio, en la parte media y baja de la cuenca,

donde se hicieron un total de cinco (5) estaciones de muestreo, donde se aprecia la variación de la fauna debido a diferentes factores.

Los resultados de este informe se muestran a continuación. Es conveniente anotar que, la cuenca del río Cañaveralejo posee un área de drenaje pequeña, cauce corto, pendiente moderada, cobertura vegetal reducida, acentuando el deterioro con la acción de los asentamientos humanos. Sin embargo se colectaron organismos distribuidos así:

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO CAÑAVERALEJO

ORDEN	PORCENTAJE %
Díptera	90
Trichóptera	2.35
Haplotáxida	1.94
Basommatophora	1.94
Glossifoniiforme	1.38
Ephemeroptera	1.10
Hemíptera	0.41
Tricladida	0.41
Coleóptera	0.28

Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA, 1.996

Dominó el orden Díptera con un 90% del total de la fauna acuática. Los ordenes restantes presentaron una distribución muy baja Trichóptera 2.35%, seguido por Haplotáxida y Basommatophora con 1.94%, luego el orden Glossifoniiforme con 1.38%, Ephemeroptera con 1.10%, Hemíptera, Tricladida y Coleóptera presentaron valores cercanos a cero.

- **Estación 1 Las Brisas:** La deforestación y explotación agrícola con cultivos limpios, ha afectado la estructura de las comunidades acuáticas.

378

AMSAngela María Salazar M.
Consultora

Santiago de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). Asesoría Ambientales ASOAMBIENTE, Marzo de 1.996.

A continuación se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos.

**ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS RIO CAÑAVERALEJO
MUNICIPIO DE CALI. ENERO DE 1996**

PARAMETROS	ESTACIONES		
	LAS BRISAS	PLAZA DE TOROS	SAN JUDAS
TURBIEDAD (U.T.J.)	9.0	125.0	150.0
SOLIDOS TOTALES (mg/l)	119.0	468.0	694.0
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	24.0	257.0	285.0
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	2.30	127.30	70.0
NITRATOS (mg/NO ₃)	35.0	40.0	40.0
FOSFATOS (mg/PO ₄)	0.21	3.95	0.40
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	4.600	460.000	2.400.000
COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	2.400	460.000	2.400.000
PH (unidades)	6.95	6.82	6.33
TEMPERATURA (°C)	19.3	22.7	25.1
OXIGENO DISUELTO (OD) mg/l	6.8	0.3	0.7

Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA, 1.996-

2.6. Río Cali⁴⁶

A nivel regional, la cuenca del Río Cali, se encuentra al Noroccidente del municipio, comprendida desde su nacimiento a 4000 m.s.n.m en la Cordillera Occidental, hasta su desembocadura en el río Cauca, entre las coordenadas 1059000E, 874000 N y 1041000 E, 874000 N.

Sus límites orográficos son: al Norte por el Alto de El Diamante, Alto de la Horqueta, Loma de Quintero, Barrio Terrón Colorado y La Legua. Al Oriente por el acueducto de San Antonio y Mameyal. Al Sur por el Cerro de Cristo Rey, cuchilla La Curtiembre y el Alto el Roble. Finalmente hacia el Occidente limita con la vertiente oriental de la Cordillera Occidental.

El área de la cuenca hasta el punto de cierre en la desembocadura del río Aguacatal⁴⁷, es de 11820.65 Has, de las cuales 7791 Has, pertenecen al Parque Nacional Natural "Los Farallones de Cali", lo que corresponde al 70% del área total de la cuenca. Su importancia no se limita solamente a su riqueza en bosques nativos, sino que posee la segunda fuente de agua potable del municipio después del río Cauca, ya que éste surte el acueducto de San Antonio.

⁴⁶ Hidroingeniería Ltda. Estudio Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez.

⁴⁷ Evaluación de la demanda hídrica en zona de influencia de embalses de regulación – Cuenca río Cali, CVC (1999).

De acuerdo con la división política del país, la Cuenca superior del Río Cali corresponde en su totalidad al municipio de Santiago de Cali, cuya extensión es de 54.000 hectáreas, de las cuales representa el 24 % de su superficie; está dividida en cuatro corregimientos, las áreas respectivas de cada corregimiento dentro de la cuenca, pueden observarse en el siguiente cuadro.

Relación de las áreas de los corregimientos de la Cuenca del río Cali

CUENCA	CORREGIMIENTOS	AREA (Ha)
Río Cali	Saladito	519.31
	Felidia	1388.13
	La Leonera	2573.12
	Pichinde	2537.28
	Los Andes	4802.81
	TOTAL	11820.65

Fuente: Elaboración propia SIG Geicol

Desde el punto de vista de los Recursos Naturales Renovables, corresponde al Proyecto de Administración de Cuencas Hidrográficas, establecido por C.V.C, denominado área Pance, Cali - Aguacatal, que abarca el área montañosa del Municipio de Cali, en una superficie de 33.479 Hectáreas y representa el área estudiada el 36.7 % de la superficie total de dicho Proyecto.

La Cuenca del Río Cali, presenta una forma espatulada y está conformada por tres subcuencas que son: Río Pichindé, Río Felidia y Río Cali.

Estas subcuencas están compuestas por un río principal, del cual toman su nombre y un gran número de afluentes, permanentes y temporales. La unión de los dos primeros ríos conforman el Río Cali al cual tributa sus

aguas la quebrada El Cabuyal. Estas subcuencas se han dividido en sectores de acuerdo con la conformación fisiográfica e hidrográfica loas cuales a su vez nos determinan áreas homogéneas de paisaje y usos. A continuación se puede observarse dicha división.

Sectorización de la Cuenca del río Cali

SUBCUENCA	SECTOR
Río Pichinde	Alto Pichinde
	Medio Pichinde
	Pichindecito
	Bajo Pichindé
Río Felidia	Alto Felidia
	Bajo Felidia

Fuente: Plan de Ordenación y desarrollo de la Cuenca Superior del río Cali (Cali-Valle), CVC 1974.

Respecto al Clima, se puede mencionar que dentro de la cuenca existe una estratificación térmica que decrece desde el piso cálido seco a la altura de la ciudad (1000 m.s.n.m), pasando por el templado (1800 - 2400 m.s.n.m), hasta llegar al frío (2500-4000 m.s.n.m).

En cuanto temperatura, el hecho de que la parte alta permanece constantemente nublada provoca temperaturas que oscilan entre los 15° y 18° C. A medida que se avanza hacia la parte baja de la cuenca, la temperatura va aumentando hasta llegar a temperaturas que oscilan entre los 25° y 30° C, esto se da a la altura de la ciudad.

La distribución de lluvias es variada, mientras en la porción baja de la cuenca existen dos periodos de verano (enero - abril y julio - septiembre), en la porción alta de la cuenca el clima es permanentemente húmedo, sin periodos secos bien definidos. la cuenca posee una precipitación comprendida entre los 1000 mm anuales en la parte oriental cerca de la ciudad de Cali y aumenta hacia el Occidente progresivamente hasta los 4000 mm en los nacimientos del Río Pichindé y las Nieves o Felidia. A continuación se muestra la precipitación media en Cali.

Precipitación Media Anual Multianual 1983-1994

ESTACION	PRECIPITACION MEDIA ANUAL MULTIANUAL (mm)
Lloreda	948
La Fonda	2097
La Ladrillera	1609
Las Brisas	1864
Los Cristales	1783
Planta Río Cali	1290
Planta Río Cauca	1017
El Palacio	1645
Univalle	1409
La Quinta	988

Fuente: Caracterización Fisiográfica dirección Regional Centro

Referente a la Humedad , este factor tiene variaciones con la altura del nivel del mar y es influenciado por los vientos que se dirigen, tanto del Valle hacia la cordillera, como los que vienen de la parte alta hacia el Valle. Basados en los registros que han determinado la variación de 0.6 grados centígrados cada 100 metros, se puede decir que la cuenca posee temperaturas promedio anual entre los 24 grados centígrados en su costado oriental y 8 grados en los Farallones de Cali.

2.6.1. CUENCA ALTA

Comprende desde su nacimiento a 4.000 m.s.n.m. en la Cordillera Occidental, hasta los 2.000 m.s.n.m., en las cercanías del corregimiento de Felidia. Gran parte de la cuenca, pertenece al Parque Nacional Natural "Los Farallones de Cali", por lo tanto en ella no se admite ningún uso relacionado con actividades humanas; sin embargo se viene dando un creciente desarrollo poblacional en el sector, con la construcción de viviendas y la dedicación de áreas para la agricultura alrededor de asentamientos ubicados dentro de su jurisdicción.

Posee relieve alto, con colinas alargadas, de cimas de tope agudo y paralelo, pendientes fuertes (en muchos casos superiores a 45 grados). Se caracteriza por la existencia de bosques nativos en la parte alta en lo que corresponde al corregimiento de Pichindé y corregimiento de los Andes. En la región comprendida entre la divisoria fluvial del río Pichindé y Pichindecito, se presenta una gran red de cursos permanentes que corren en un valle en "U" quizás producto de la última glaciación.

2.6.2. CUENCA MEDIA

Comprende el sector entre la población de Felidia y la entrada del río a la ciudad, a la altura del Zoológico. En este sector existen corrientes moderadamente rápidas, con un lecho constituido por bloques de piedra de tamaño medio, donde eventualmente se depositan arenas que sirven

384

de remansos marginales. Presenta un grado de intervención mucho mayor que el anterior, el cual se va incrementando conforme el río se acerca a la ciudad.

2.6.3. CUENCA BAJA

Comprende la zona plana del río desde el Zoológico hasta su desembocadura al río Cauca a la altura del barrio Floralia. En esta región, la mayoría de los cauces son estacionales los cuales forman un tipo de escurrimiento concentrado.

2.6.4. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Algunos elementos de la Geomorfología son de gran importancia para el análisis de las cuencas hidrográficas porque facilitan la predicción de la hidrología superficial. Para la interpretación de dichos parámetros, pueden ser agrupados según la morfometría (área, forma), los factores de Foma (Kc, Pendiente) y los parámetros relativos al relieve. En el cuadro siguiente se pueden observar algunos de los parámetros.

Parámetros geomorfológicos de la cueca del río Cali

PARAMETRO	VALOR
Area de la Cuenca	118.60
Perímetro	51.60
Indice de forma	0.45
Pendiente promedio	34.94 %
Longitud cauce principal	25.35
Densidad de drenaje (Dd)	2.79
Coefficiente de torrencialidad	3.55
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.33

Fuente: Caracterización Fisiográfica dirección Regional Centro

2.6.5. AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA

Se identificaron los procesos morfodinámicos que ocurren en las laderas y el cauce del río, de acuerdo con lo observado en campo, los procesos que inciden en la estabilidad de la cuenca urbana del río Cali, están relacionados con la dinámica del agua tanto superficiales como subterránea y con el uso actual del suelo. Los principales procesos corresponden a: movimientos en masa, caída de bloques rocosos, reptación e inundaciones.

Específicamente para el caso del río Cali, se presentan al inicio de la zona de estudio, donde predominan las vertientes con pendientes altas. Esta zona de ladera ha sido clasificada geotécnicamente como una zona estable no utilizable, ya que su uso debería ser exclusivamente como área de reserva. Actualmente ha presentado un continuo y acelerado poblamiento de asentamientos subnormales, en la parte alta, incluso invadiendo toda la ladera hasta el cauce del río.

Geológicamente, se identificó un interfase depósito - roca, que genera zonas de falla en la ladera, lo anterior combinado con el mal manejo de las aguas servidas, los banqueros y las acción de las aguas lluvias, han ocasionando movimientos en masa, como los identificado en el barrio Terrón Colorado, sector Alto Palermo.

Existen también bloques rocosos sobre las vertientes en los lugares donde se presentan los depósitos de flujo de escombros, como es el

caso del sector de la Fortuna, donde la matriz que los aglutina, ha sido lavado por acción del intemperismo.

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Cali, indican un comportamiento torrencial, a su vez la geología superficial, está determinado por depósitos fluviotorrenciales importantes, testigos de su régimen a lo largo del tiempo.

Dichos depósitos se caracterizan por la presencia de gran cantidad de bloques inmersos en una matriz limo arcillosa de color pardo. Por su dinámica y su relación bloques/matriz, puede ser clasificado como un flujo de escombros.

Inundaciones:

A partir de los registros de inundación presentados en el estudio de Ingesam Ltda. (1997), se deduce que el río se desborda a la altura de la Av. 7ª OE por ambas márgenes, por caudales superiores a 200 m³/s, que corresponden a un periodo de retorno de 2 a 25 años; este desbordamiento llega hasta un poco antes del Puente Ortiz. Por lo cual fue clasificado como una zona de amenaza alta para estos periodos de retorno. De acuerdo al estudio adelantado por HidroOccidente (1994), la mayoría de los puentes a lo largo del río, especialmente el puente de la calle 7ª OE, y los puentes aledaños al CAM, son puntos críticos ya que disminuyen la sección hidráulica y estrechan considerablemente el cauce del mismo, permitiéndose su represamiento y aumentan la amenaza por desbordamiento y avalanchas.

387

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

Los desbordamientos ocurridos por crecientes con caudales del orden de 200 m³/s han alcanzado la Avenida Colombia, e inundado edificaciones cercanas como el CAM, donde el agua llega hasta los sótanos. Desde el Puente Ortiz hasta el puente de la calle 26, la probabilidad de ocurrencia de inundación es media. Desde el puente de la calle 26 hasta la calle 70, el río se sale de su cauce cuando presenta caudales con un periodo de retorno de 2 a 25 años, que corresponde a una clasificación alta. La situación es crítica en el tramo entre las Calles 44 y 56, debido a la presencia de los asentamientos subnormales de la Isla y Camilo Torres.

A partir de la calle 70 y hasta la confluencia con el río Cauca, la amenaza de inundación es muy alta, pues el río se sale de su cauce con caudales que correspondan a un periodo de retorno de 2 años. Este sector pertenece a la llanura de inundación del río Cauca. Según los habitantes del sector de Floralia, en inmediaciones de la estación de bombeo al río se sale frecuentemente e inunda pequeñas zonas cultivadas, debido a la restricción que se está ocasionando en el cauce, como consecuencia del vertimiento continuo de escombros dentro de la zona comprendida entre el dique de protección y la orilla derecha del río.

Presencia de Asentamientos

El sector correspondiente al Barrio Vista Hermosa, está asociado a un mediano grado de vulnerabilidad, puesto que es un asentamiento en vía de normalización, sin embargo no cumplen con las características propias de cimentaciones adecuadas y buenos materiales de construcción. No existe un básico conocimiento sobre el tema de atención y prevención de

desastres como los incendios que se pueden generar en la ladera y los procesos generadores de inestabilidad de la ladera. Los asentamientos subnormales de Bajo y Alto Palermo, están asociados a una alta vulnerabilidad de las viviendas, ante los fenómenos de movimientos en masa e inundaciones.

El asentamiento es residencial, con algunos usos complementarios como tiendas. De un total de 27 viviendas registradas en la margen de protección, aproximadamente el 50% están construidas con materiales como el ladrillo con estructura de concreto, el 11% construidas con bahareque y el 39% en diferentes materiales como la madera, cartones, y guadua. El 100% de las viviendas posee acueducto y energía. Las aguas domiciliarias son arrojadas directamente al cauce del río.

En cuanto a los servicios asistenciales no se encontró ninguna institución localizada en el tramo registrado. No hay zonas verdes consolidadas, o infraestructura para la recreación y el deporte.

El asentamiento Bajo Palermo, es altamente vulnerable, ya que las casas están construidas con materiales de construcción no adecuados, adicionalmente su cercanía al cauce. Este sector es clasificado como vulnerable tanto ante amenazas por inundación, como amenaza por movimientos en masa provenientes de la parte alta de la ladera.

En la zona plana, los asentamientos de **La Isla y Camilo Torres**, ubicados sobre la margen derecha del río, han sido catalogados como

389

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

altamente vulnerables. Los límites de estos asentamientos lo constituye la Calle 38 al sur hasta la Calle 47 al norte, el río Cali al occidente y la Carrera 7ª al Oriente, para el primero; para el segundo entre el río Cali y la carrera 9ª N, con Calle 52 por el Norte hasta la Isla, y con la Calle 9ª N hasta el río Cali. La vivienda generalmente es de uso residencial, con algunos usos mixtos como en el caso de Algunas tiendas registradas.

No todo el asentamiento se encuentra localizado sobre la zona de protección. No hay existencia de espacios públicos, como zonas verdes, andenes o vías en los límites con el río. La totalidad de las viviendas no cuenta con el servicio de alcantarillado, el colector desemboca en la Calle 44 contribuyendo a la contaminación y degeneramiento del cuerpo de aguas del río. La parte de los asentamientos, ubicada en la zona de protección, se encuentran en zona de alta vulnerabilidad ante un fenómeno de inundación por carecer de obras de protección ante inundaciones.

Finalmente hacia la desembocadura, se encuentra el asentamiento **Jarillón de Floralia**, localizado sobre la margen derecha, aguas abajo del río Cali, presenta una distribución lineal, entre el Río y la Carrera 9ª Norte. En este asentamiento, se registraron un total de 48 Viviendas *sobre la margen de Protección del río*. El asentamiento como tal causa deterioro a las condiciones naturales del Jarillón, además su forma de construcción y ubicación lo hacen altamente vulnerable ante los fenómenos de inundación.

Flora

El tramo urbano de la cuenca es de especial interés, puesto que en ella suceden todas las descargas del casco urbano de la ciudad. Según el estudio de la Flora Asociada a los Ríos del Municipio de Cali -Zona urbana y suburbana- (CELA- DAGMA, 1.996), en el sector comprendido desde el Zoológico, la vegetación está compuesta por rastrojo alto y bajo, pastos, y vegetación arbórea nativa y cultivada. Un poco más arriba se localizan los asentamientos de Atenas y Palermo, este último con claros índices de expansión.

En la parte plana del río hasta su desembocadura, la zona de reserva forestal, ofrece espacios que están siendo recuperados para la recreación; la vegetación aledaña al río en ésta zona está compuesta básicamente por: rastrojo alto y bajo, gramíneas, pastizales y sólo en espacios cortos se empobrece la flora de las riberas debido a basuras y escombros que se depositan en ella.

Debido a las situaciones mencionadas la vegetación existente en la cuenca media y baja del río Cali, se ve afectada reduciéndose a relativamente pocas especies. Se encuentran árboles de gran porte caracterizados como dominantes, y se enuncian a continuación: Flor Amarillo, Guásimo, Ceiba, Samán, Chiminango, Carbonero, Gualanday, Leucaena.

Dentro de las especies acompañantes ubicadas en este sector se encuentran: Guanábano, Mango Higuerillo, Guadua. La frecuente

intervención del hombre en la cuenca, ha motivado campañas y programas de reforestación.

Las especies encontradas con frecuencia durante el recorrido por la cuenca del río Cali son las siguientes: Carbonero, Chiminango, Samán, Guadua, Flor Amarillo, Guayabo, Mango, Guanábano, Aguacate, Leucaena, Pata de Buey.

A continuación figuran los nombres científicos de la flora asociada al río Cali Parte Baja

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO CALI PARTE BAJA

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Guázimo	Guazuma ulmifolia
Guadua	Guadua angustifolia
Carbonero	Calliandra pieltieri
Flor Amarillo	Senna spectabilis
Chiminango	Pithecellobium dulce
Samán	Pithecellobium samán
Guamo	Inga edulis
Higuerillo	Ricinus comunis
Gualanday	Jacaranda caucana
Guanábano	Anona muricata
Aguacate	Persea americana
Leucaena	Leucaena leucocephala

Mango	Mangífera indica
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Estudio sobre la Flora asociada a los Ríos del Municipio de Cali (Zona urbana y Suburbana). CELA-DAGMA (1996).

En términos generales la cuenca de estudio del río Cali, desde la parte alta hasta la desembocadura se encuentra en condiciones decrecientes en lo referente a densidad de especies.

Fauna

Los principales limitantes para la fauna provienen de las características climáticas y la presión directa de los asentamientos a lo largo de todo su recorrido por la ciudad.

La fauna del río en general es uniforme en su distribución a lo largo de su recorrido, excepto en el tramo inicial hasta el Zoológico; según el Estudio de la Fauna Asociada a los Ríos del Municipio de Cali (CELA-DAGMA, 1996), la fauna característica del área urbana del río Cali, es la siguiente:

Vertebrados

En el río Cali se han disminuido los microhábitats disponibles para la fauna, debido posiblemente a los procesos de contaminación de sus aguas (aguas residuales, residuos sólidos), asentamientos subnormales, tala de árboles entre otros. Hacia la parte cercana a la desembocadura,

se encuentran básicamente las siguientes aves: rapaces, cucos, y garzas.

Teniendo en cuenta el recorrido de campo se observaron las siguientes especies faunísticas: Aves (Canarios silvestres, Torcazas, Pechirojos, Azulejos, Cucaracheros, Garzas), Ardillas y Roedores; éstos últimos se encontraron en lugares cercanos a la desembocadura del río.

Macroinvertebrados

Dentro del grupo de los Macroinvertebrados se presentan insectos como: cucos y garrapateros, abejas (*Melipona* sp y *Trigona* sp). También se destacan chinches (*Antiteuchus tripterus*), cucarachas, hormigas (*Ectatoma* sp, *Monomorium* sp, *Pseudomyrmex* sp, *Solenopsis* sp, *Atta auptable* sp), mariposas (*Eurema* sp, *Urbanus proteus*, *Adelpha* sp) y chicharras. Por la calidad del agua del río se encuentran tábanos, moscas y zancudos

El río Cali es considerado como parte del ornato de la ciudad, provee agua al Acueducto de San Antonio del cual se abastece el 20% de la Población Caleña, también se utiliza para generar energía en las dos Plantas de chidral. La distribución porcentual de los macroinvertebrados en la zona urbana del río Cali, se puede observar en el cuadro 5.9

El orden más abundante es el Díptera con un 63.1%, predomina la Familia Baetidae (*Camelobaetidius* sp y *Baetodes* sp), frecuente en aguas con material orgánico diluido y variaciones en pH y turbidez.

394

AMS

Angela María Balazar M.
Consultora

Seguido de Ephemeroptera los cuales son indicadores de aguas limpias, estos dos géneros han logrado adaptarse a ligeras alteraciones del medio. Le sigue en abundancia los ordenes Trichoptera y Plecóptera con 1.94%, luego el orden Odonata y finalmente los ordenes Hemiptera y Haplotáxida con escasa abundancia.

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS
EN EL TRAMO URBANO DEL RÍO CALI**

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL
	%
Díptera	63.1
Ephemeroptera	29.8
Trichoptera	1.94
Plecoptera	1.94
Odonata	1.29
Hemiptera	0.97
Haplotáxida	0.96

Fuente: Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali - Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca- (ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA, 1996)

Caracterización Hidrobiológica de la Cuenca Rio Cali

Como resultado del Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). Realizado Asesorías Ambientales ASOAMBIENTE LTDA - DAGMA. Marzo 1.996, se puede hacer una caracterización del rio, en la parte media y baja de la cuenca, donde se hicieron un total de cinco (5) estaciones de muestreo, donde se aprecia la variación de la fauna debido a diferentes factores. Los resultados de este informe se muestran a continuación.

- **Estación 1 Bocatoma** : Las aguas de esta corriente son moderadamente rápidas y se forman remansos donde se encuentran insectos superficiales como: (Rhagovelia sp) ó patinadores de agua. Las aguas son levemente contaminadas, con predominio de especies sensibles al impacto de la carga orgánica residual como: Anacroneuria sp (Orden Plecoptera), Trichopteros de las Familias Leptoceridae (Atanatólica sp) y Glossosomatidae (Mortoniella sp). Los Trichopteros son indicadores de aguas con saturación de oxígeno superior al 50% los cuales construyen casas de material mineral y las fijan a las rocas del centro del río donde filtran el alimento. En la estación No. 1 o de la Bocatoma, se presentan procesos de erosión concentrada y deslizamientos rotacionales que tienen implicaciones directas sobre la vegetación herbácea y ribereña...Según Serrato et al (1994) las fluctuaciones de la población bentónica en la zona estan influenciadas directamente por factores climáticos. La mayor incidencia del aporte de sedimentos es debida a la inestabilidad en la distribución de las lluvias. El mayor número de días son secos o con muy bajas precipitaciones y en pocos días caen lluvias intensas que transportan grandes cantidades de suelo por escorrentía y por consiguiente arrastran el material orgánico de origen vegetal que sirve de hábitat para las diferentes comunidades acuáticas. Debido a este hecho, en el muestreo fueron encontradas muy pocas especies en comparación con los datos obtenidos en años anteriores por Zuñiga et. al (1992)... en general, el comportamiento de los gremios detritívoros (Ephemeroptera, Trichoptera y Diptera) y predadores (Hemipetera, Plecóptera y Odonata) está dado en un patrón de distribución equillibrada que permite suponer buenas condiciones en la calidad del agua durante todo el año El ICA fue de 70.4 unidades el cual la cataloga como de buena calidad.

- **Estación 2 Zoológico** : Los niveles de oxígeno disuelto en el agua persisten, permitiendo el desarrollo de organismos tales como: Tricorythodes sp (F. Leptohypidae), Baetodes sp (F. Baetidae) los cuales muestran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de calidad de agua. El género Camelobaetidius sp es el que más soporta el incremento de carga orgánica y representa la mayor la mayor frecuencia poblacional del orden. En esta estación se demuestra la influencia de las descargas de origen doméstico. Aún cuando los niveles de oxigenación persisten, permiten el desarrollo de organismos de los conformados por los géneros Tricorythodes, Camelobaetidius, Baetis y Baetodes que muestran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de calidad de agua. El IDB fue de 2.88 el cual clasifica las aguas como limpias. El ICA fue de 52 unidades el cual la cataloga como de regular calidad.

- **Estación 3 y 4 (Licorera y Calle 44)** : En estos sectores el incremento de carga orgánica tiene su origen en aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad, situación que favorece la proliferación de grupos tolerantes a condiciones sépticas como: Dípteros de la Familia Chironomidae y Haplohyphes sp; este último es el único Ephemeroptero adaptado a bajos niveles de oxígeno disuelto y alta concentración orgánica. En. La estación licorera con un valor de 27.7 unidades puede ser considerada como de mal estado.

- **Estación 5 antes de la desembocadura al río Cauca** : Se encuentran larvas de Chironomus sp, características de zonas casi anaeróbicas y ausencia de otras especies bentónicas. En este sector el río se encuentra totalmente contaminado, debido a que durante épocas de sequía, las aguas que conforman el río se pueden considerar como

residuales por las descargas de aguas negras, que contienen sustancias tóxicas afectando la fauna acuática. Se encontró el género *Cúlex* sp (F. Cilicidae), indicador de aguas completamente contaminadas con gran concentración de sustancias oxidables, que únicamente permite el desarrollo de estos organismos. En la estación No. 5 antes de la desembocadura al Río Cauca, el río está totalmente contaminado, con la ocurrencia de organismos facultativos, como son las larvas de *Chironomus* sp características de zonas casi anaeróbicas y la ausencia de otras especies bentónicas. El IDB de las estaciones no difiere significativamente oscilaron entre 0.31 y 0.54 unidades, clasificandolas como aguas polucionadas, con el valor más alto para para la Estación de la desembocadura. El ICA fue de 23.7 y 21.9 respectivamente reflejando el mal estado y calificandola como de pesima calidad.

Caracterización físico - química y microbiológica del río Cali

Se tomó como referencia el estudio de caracterización hidrológica y evaluación de la calidad de las aguas de las subcuencas del municipio de Santiago de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca).elaborado por ASOAMBIENTES LTDA.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL RÍO CALI

ESTACIONES	ALTITUD m.s.n.m.	ZONA DE VIDA	(I.D.B.)	(I.C.A.)
Bocatoma	1.110	Bh-ST	3.11	70.4
Zoológico	1.100	Bs-ST	2.44	52.0

Licorera	980	Bs-T	0.31	27.7
Calle 44	970	Bs-T	0.51	23.7
Antes de la desembocadura	940	Bs-T	0.54	21.9

Fuente: Caracterización hidrológica y evaluación de la calidad de las aguas de las subcuencas del municipio de Santiago de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca)

Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA.

La Estación de la Bocatoma está clasificada como aguas muy limpias (3.11) y con calidad de agua buena (70.4). El Sector del Zoológico, demuestra la influencia de las descargas de origen doméstico, presenta unas aguas moderadamente contaminadas (2.44), con una calidad de agua regular(52.0). El índice de diversidad y el índice de calidad son directamente proporcionales, es decir que al existir un poco de contaminación la calidad del agua se afecta.

En las Estaciones La Licorera y Calle 44, la degradación es evidente, el enriquecimiento de carga orgánica tiene su origen en sus aguas residuales domésticas e industriales del centro urbano que atraviesa. Por lo tanto presentan una tendencia decreciente, alcanzando índices de diversidad de 0.31 y 0.51. La calidad del agua es pésima en las dos estaciones mencionadas arrojando valores de 27.7 y 23.7 respectivamente.

La Estación N°5 Antes de la desembocadura al río Cauca, el río se encuentra totalmente contaminado, con la presencia de organismos de zonas casi aeróbicas y ausencia de otras especies bentónicas, presentando un índice de diversidad 0.54, muy bajo y una calidad de

agua pésima 21.9; lo que permite corroborar que las especies tienen un límite de tolerancia y que sobrepasados los niveles de contaminación, las poblaciones no pueden sobrevivir.

En lo referente a las condiciones fecales, la Estación 1, se encuentra entre los rangos permitidos (1000/100 ml). La licorera arroja el valor mas alto, debido posiblemente a que en el trayecto que recorre el río, se reciben gran cantidad de descargas sumado a que el poder de dilución del mismo es bajo. Ya en la desembocadura se observa presencia de coliformes, pero en menor cantidad que las registradas en la estación anterior

Al relacionar el índice de diversidad biológica I.D.B. con el índice de calidad ambiental I.C.A se observa una tendencia decreciente (Ver Figura página siguiente), clasificando la cuenca en la parte alta con BUENA tanto en diversidad como en calidad de agua, en la parte media como REGULAR y finalmente en la desembocadura PESIMA.

**Análisis fisico-químicos y microbiológicos Río cali
Municipio de cali. Enero de 1.996**

PARAMETROS	ESTACIONES		
	BOCATOMA	LICORERA	DESEMBOCADURA
TURBIEDAD (U.T.J.)	31.0	23.0	25.3
SOLIDOS TOTALES (mg/l)	89.0	171.0	195.0
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	36.0	13.0	28.0
DEMANDA	3.12	2.0	2.50

BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)			
NITRATOS (mg/NO3)	35.0	33.0	35.0
FOSFATOS (mg/PO4)	0.12	0.43	0.79
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	450	110.000	2.400.000
COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	240	21.000.000	930.000
PH (unidades)	6.60	6.53	7.02
TEMPERATURA (°C)	16.1	17.8	20.4
OXIGENO DISUELTO (OD) mg/l	6.7	7.3	3.5

Fuente: Recopilación del estudio de ASOAMBIENTE, 1986.

Río Meléndez⁵

El área abarcada por esta cuenca se encuentra ubicada en el Municipio de Cali, Departamento del Valle del Cauca, en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, con los siguientes linderos generales: Al norte, por la divisoria de aguas con la cuenca del río Cali; al sur, por la divisoria de aguas con la cuenca del río Jamundí; al oriente, por el valle geográfico; y al occidente, por la cima de los llamados Farallones de Cali, en la porción de éstos que corresponde al Proyecto, y la cual constituye el divorcio de aguas con la vertiente del Pacífico. El extremo occidental de las cuencas forma parte del Parque Nacional de Los Farallones, de indiscutible belleza escénica.

⁵ Hidroingeniería Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000.

Geográficamente la zona está comprendido entre los 3° 18' y los 3° 26' de latitud norte y entre los 76° 32' y los 76° 44' de longitud oeste. Específicamente el río Meléndez nace en el sector La Corea (2800 m.s.n.m) localizado sobre la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental, arriba del corregimiento de La Buitrera. Está situado entre las cuencas de los Ríos Cañaveralejo y Lili, con una longitud aproximada de 25 kilómetros, donde se localizan los corregimientos de la Buitrera, Villacarmelo y parte del corregimiento de los Andes. Atraviesa la Zona Sur de Cali para entregar sus aguas al canal interceptor Sur (Antiguamente conocido como Canal CVC Sur).

El principal afluente del río Meléndez por su margen izquierda era el río Cañaveralejo, y por su margen derecha le tributaba el río Lili; actualmente los cursos de ambos río fueron desviados, convirtiéndose los tres: Meléndez, Cañaveralejo y Lili, en tributarlos del Canal CVC Sur.

También le confluyen al río Meléndez varias quebradas de curso muy corto que nacen del lado norte de su vertiente central y entre las cuales cabe mencionar las quebradas Iglesias y Soledad.

De acuerdo con la división política del país, la Cuenca superior del Río Meléndez corresponde en su totalidad al municipio de Santiago de Cali, que posee una extensión de 54.000 hectáreas.

La Cuenca esta dividida en cuatro corregimientos cuyas áreas respectivas son:

Relación de las áreas de los corregimientos de la cuenca del río Cali

Corregimiento	Hectáreas	Porcentaje
Cañaveralejo	1.790	11.9
La Buitrera	1.823	12.2
Villa Carmelo	3.523	23.5

Fuente: Hidroingeniería Ltda.

Los datos de la Estación Meteorológica de Meléndez a 976 m.s.n.m., en el límite oriental de la cuenca, la temperatura media anual para el período de 8 años 1970-1977 promedió 23.6° C, al tiempo que la máxima anual promedió 34.8° C y la mínima anual tuvo un promedio de 13.8° C.

Mediante el análisis de la precipitación total mensual y anual en 12 estaciones pluviométricas distribuidas en el área Pance-Lili-Meléndez se desprende que en dicha área existen cinco zonas muy diferenciadas en intensidad de precipitación anual, generalmente asociadas con su altura sobre el nivel del mar, observándose la coincidencia de los períodos más lluvioso para los meses de marzo-abril-mayo y octubre-noviembre, que alternan con los períodos menos lluviosos de diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto-septiembre.

En la parte más baja del área del proyecto, comprendida entre las cotas 950 y 1.200, la precipitación promedio anual varió entre 1.378 mmm en Cañaveralejo, 1.517 mm en Meléndez, 1.621 mm en El Palacio y 1.865 mm en Los Cristales. Predomina allí la zona de vida conocida como de bosque seco tropical (bs-T)

Entre las cotas 1.200 y 1.800, la precipitación anual total promedia los 2.150 mm: 2.387 mm en El Descanso; 1.994 mm en Las Brisas; 2.110 mm en La Fonda; 2.219 mm en El Faro; y 2.102 mm en El Silencio.

A la ancha franja de tierra comprendida en esa categoría corresponde al zona de vida de bosque húmedo subtropical (bh-T), observándose en las partes más altas una zona angosta de transición equivalente a la de bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST)

Por encima de la zona anterior y hasta aproximadamente la cota 2.600, la precipitación total anual en 1.970-1977 promedió 2.869 mm en la estación de Argentina, 2.985 mm en El Topacio, y 4.465 mm en Corea. La zona de vida correspondiente a esta área es la de bosque muy húmedo montano abajo (bmh-MB).

En toda el área situada por encima de la cota 2.600 la precipitación total anual es más abundante que las últimas indicada, correspondiéndole la zona de vida conocida como de bosque pluvial montano (bp-M).

Con base en los registros de la Estación Meteorológica de Meléndez (Cuadro 3.8) y generalizando para la parte baja de las cuencas, puede establecerse que la humedad relativa es del 75%. De otro lado se estima con fundamentos en datos aislados, que la humedad relativa en las partes más altas es de 85%.

División Geomorfológica

La cuenca del río Meléndez ha sido dividida según sus pendientes y características fisiográficas en tres unidades geomorfológicas: Cuenca alta, media y baja. En general el comportamiento de la cuenca es interpretado a partir de los parámetros geomorfológicos como se describe a continuación:

Cuenca Alta

Inicia en el nacimiento del río y llega hasta aproximadamente los 1800 m.s.n.m. Se caracteriza por un relieve alto, de pendientes fuertes, con tendencia a suavizarse en el sector de la Buitrera. Hay ausencia casi total de suelo residual, vegetación de tipo arbustivo, piso térmico correspondiente a Páramo.

Cuenca Media

Comprende desde 1800 m.s.n.m hasta la entrada a la ciudad a la altura del Club Campestre. Tiene cierta semejanza con la zona anteriormente descrita, con modificación por efectos de la cobertura vegetal, haciendo prevalecer los microclimas, las geoformas localizadas al occidente de la

cuenca presentan topes más agudas, suelos más pobres y pendientes más fuertes, la vegetación es de tipo arbustivo.

Al oriente del área se observan formas menos agudas, los valles de los cauces aparecen mas amplios como consecuencia de la disminución del gradiente, la erosión es normal y se generan suelos residuales aprovechables con espesores mayores, observándose actividad agrícola a pequeña escala. La vegetación es más densa y se desarrollan árboles de mediano porte.

Cuenca Baja

Comprende desde el Club Campestre hasta su desembocadura en el Canal Interceptor Sur. Corresponde casi en su totalidad a los afloramientos de rocas sedimentarias y limita inferiormente con el cambio de pendiente del piedemonte, donde se inicia la zona plana dominada por depósitos recientes, como el cono del río Meléndez. Las pendientes en esta zona van de moderadas a suaves, con una topografía de formas suaves, redondeadas, formando cuchillas alargadas en estratos sedimentarios más duros, debido a la erosión diferencial, lo mismo que zonas con pendientes pronunciadas, por fallamientos y fracturas.

La vegetación es pobre, en su mayoría pastos y arbustos, los valles formados por las corrientes son relativamente amplios, conservando la forma de "V", propia de un estado juvenil de la corriente, se nota un alto grado de intervención trópica por lo cual se ha modificado el uso del

407

suelo, al efectuar banqueos para: construcción de viviendas en zonas de ladera, explotación minera.

Parámetros Geomorfológicos DE LA CUECA DEL RÍO MELÉNDEZ

PARÁMETRO	VALOR
Area de la Cuenca	39.45 km ²
Perímetro	37.25 Km
Ancho promedio	2.82 Km
Indice de forma	0.20
Pendiente promedio	55.32 %
Longitud cauce principal	18.96 Km
Densidad de drenaje (Dd)	2.92
Sinuosidad	1.39
Indice de alargamiento	2.74
Coefficiente de torrencialidad	4.74
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.66

Fuente: Caracterización Fisiográfica dirección Regional

Suroccidental.

Consultor: GEICOL LTDA.

Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgos de la Cuenca

sector del asentamiento de la Choclona. El grado de amenaza se considera alto debido al uso del suelo inapropiado, ya que en muchas ocasiones, se hacen banqueos sin ninguna consideración de manejo de taludes que desestabiliza el terreno propiciando inestabilidad en la ladera, sumado a otros factores de susceptibilidad litológicos, meteorización, entre otros.

Los eventos de lluvias fuertes acompañados de desbordamientos del río Meléndez, se destacan los presentados en la Semana Santa de 1994 y 29

de mayo del mismo año. Estas lluvias han producido caudales de 100 m³/seg., los cuales han pasado bajo los puentes de la calle 5, pero desde allí hacia aguas abajo y en varios sectores, han registrado desbordamientos con severos efectos en la población y la infraestructura.

Los caudales mencionados, al alcanzar altos niveles de agua, se desbordaron por ambos márgenes y llenaron todo el sector bajo de los barrios La Playa y las Vegas, corriendo incluso por las carreras 94 y 96. El sitio por donde el agua ingresó primero, corresponde al de un vivero que se encuentra inmediatamente aguas abajo y a la derecha del puente de la calle 5, en el Barrio La Playa.

En la curva del río inmediatamente aguas abajo de los dos barrios afectados, el río arrastró material granular y vegetal grande, incluyendo arbustos y con su dinámica acentuó la erosión de la curva hacia la acequia conocida como El Aguacate, acercando peligrosamente los cauces de la acequia y del río.

En el sector de la calle 25 entre las carreras 80 y 83, se han presentado represamientos en los puentes de la vía y de la ciclo vía, a causa de tales crecientes. Los eventos mencionados producen palizadas en tales puentes y propician desbordamientos que afectan los sectores aledaños, especialmente el Barrio El Ingenio III.

El río Meléndez ha sido medianamente intervenido en su llanura de inundación; hacia la parte media y baja de la cuenca existen asentamientos como la Choclona, donde hay construcciones, en las terrazas del río,

llevando un desarrollo tanto de infraestructura vial y servicios públicos (energía), e incrementando y aumentando los asentamientos subnormales, lo cual se traduce en un alto grado de amenaza por inundación. Existen otros barrios como La Playa y el Ingenio, que resultan afectados como se anotó anteriormente.

Existe una zona de amenaza alta de ocurrencia de inundación en el cambio de pendiente del río en el sector del club campestre; en la orilla derecha del río aguas abajo se han construido una serie de obras de contención (gaviones), buscando controlar las eventuales avenidas del río.

Se considera como zona de amenaza media, la parte que limita con el barrio Meléndez y el puente sobre la calle 5ª, en este sector se han conformado terrazas que ejercen un control sobre las inundaciones, sin embargo se aumentan las probabilidades de inundación al aumentar su caudal, aguas abajo del sector, y es en el puente sobre la calle 5ª donde se genera un punto crítico de amenaza debido a que estrecha la sección y produce inundaciones en La Playa y Meléndez parte baja, catalogando dicho sector como una zona de amenaza alta por inundación.

Finalmente, después del sector de la Playa, el río presenta buena sección y buena zona de protección para soportar las crecientes, y es a nivel del puente sobre la Avenida Paso ancho y el puente sobre la avenida Simón Bolívar, donde se vuelven a generar puntos críticos de estrechamiento del río, lo que se ve traducido en una zona de amenaza alta para dichos puntos.

Flora Parte Alta y Media del Río Meléndez

Las asociaciones vegetales existentes en la cuenca del río Meléndez se encuentran distribuidas como se indica a continuación.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIPO DE VEGETACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO MELÉNDEZ

TIPOS DE VEGETACION	HECTAREAS	PORCENTAJE %
Vegetación paramuna	588	3.92
Bosque natural	5.530	36.87
Regeneración natural	1.000	6.67
Rastrojo alto	1.072	7.15
Cultivos limpios	210	1.40
Pastizales y rastrojo bajo	6.503	43.35
Area sin vegetación	97	0.64
Total	15.000	100.00

Fuente: Plan de Ordenación y Desarrollo del Proyecto Meléndez- Pance. C.V.C (1976)

Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA

Las 2/5 partes de la cuenca están poco intervenidas por el hombre, estando representadas 588 hectáreas por vegetación paramuna, en la franja alta más occidental de la cuenca, y por 5.530 hectáreas de bosques naturales localizados principalmente en la mitad occidental del corregimiento de Villa Carmelo y en las zonas central y occidental del corregimiento de Pance, hasta donde se inicia la vegetación de tipo paramuno.

Así mismo, 1.000 hectáreas se encuentran en proceso de regeneración natural y 1.072 hectáreas se encuentran en rastrojo alto. Pastizales y rastrojo se encuentran 6.503 hectáreas, ubicadas en la zona de piedemonte. En cultivos limpios se tiene 210 hectáreas y en áreas sin vegetación 97 hectáreas.

En la parte media ya en la zona sub-urbana, no se conservan los 30 metros de protección del río y en la margen izquierda se ven afectados por la localización de la estación Polvorines del ejército.

Después de la Bocatoma del acueducto la Reforma y pasando por la calle 5ª, el río recibe aguas servidas, basuras y escombros vertidos por viviendas y explotaciones agropecuarias.

Un poco más abajo se encuentra como lindero del río en su margen derecha el Club Campestre, cuyos límites comprimen la zona de reserva volviéndola de uso privado. Después del límite con el club, se recupera la zona de protección con arborización y cobertura vegetal.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Guázimo	Guazuma ulmifolia
Candelo	Hyeronima sp
Otobo	Dialyanthera lehemanni
Guadua	Guadua angustifolia

Carbonero	<i>Calliandra pieltieri</i>
Sangregao	Cortón sp
Flor Amarillo	<i>Senna spectabilis</i>
Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>
Samán	<i>Pithecellobium samán</i>
Cafecito	<i>Lacistema agragatum</i>
Laurelito	<i>Phoebe</i> <i>cinnamomifolia</i>
Amarillo	<i>Ocotea aurantiadora</i>
Algarrobo	<i>Hymaenea courbaril</i>
Guamo	<i>Inga edulis</i>
Tachuelo	<i>Xanthoxylum</i> <i>rhoifolium</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Jigua	<i>Nectandra</i> sp
Manteco	<i>Laetia americana</i>
Motriño	<i>Miconia</i> sp
Ceiba	<i>Ceiba petandra</i>
Higuerillo	<i>Ricinus comunis</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guanábano	<i>Anona muricata</i>
Chitató	<i>Muntingia calabura</i>
Espino de mono	<i>Pithecellobium</i> <i>lanceolado</i>
Totocal	<i>Achatocarpus</i> <i>nigricans</i>

Pízamo	Erythrina sp
Tumbamaco	Didymopanax morototoni
Mestizo	Cupania americana
Macaguita	Aiphanes caryotaefolia
Caracolí	Anacardium excelsum
Algodoncillo	Alchornea sp
Aguacatillo	Persea caerulea
Yarumo	Cecropia sp
Cascarillo	Landenbergia magnifolia
Aguacate	Persea americana
Zurrumbo	Trema micranta
Higuerón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos
Arenillo	Nectándra sp
Cañaflecha	Gynerum sagittatum
Nacadero	Euphorbia cotinifolia
Chirlobirlo	Tecoma stans
Manzanillo	Toxicodendron striatum
Sauce	Salís humboldtiana
Cedrilla	Brunelia stuebelli
Mamey	Mammea americana

Aromo	Vachellia farnesiana
Tabaquillo	Vernonia of patens
Balso	Ochroma sp
Lechero	Olmedia sp
Quiripití	Clusia menor
Jagua	Genipa americana
Ficus	Ficus sp
Chambimbe	Sapindus saponaria
Azulito	Petraea rugosa
Mango	Mangífera índica
Sasafráz	Xanthoxylum monophyllum
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Plan de Ordenación y Desarrollo del Proyecto
Meléndez- Pance. C.V.C (1976)

Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA

También se observaron en la cuenca del río Meléndez se observaron las siguientes especies vegetales: Carbonero, Balso, Samán, Chiminango, Higuerón, Guayabo, Pomarroso, Guanábano, Mango, Aguacate, Arrayán, Ceiba, Guadua, Bambú, Leucaena.

Fauna: Parte Alta y Media del Río Meléndez

Las características iniciales de buena cobertura vegetal, son paulatinamente degradadas, de tal forma que al entrar a la zona urbana presenta una fuerte alteración antrópica. Los potreros y zonas próximas

a ser urbanizadas acompañan al río Meléndez cuando entregan sus aguas al canal C.V.C. sur. La Fauna predominante en las riberas del río son: insectos de la familia Chalcididae (Hymenoptera), mariposas, abejas, abispos, chicharras, comunes en las partes altas de la cuenca.

Al entrar el río a la ciudad se nota una disminución de libélulas (Coenagrionidae y Libellulidae), posiblemente a que las primeras etapas de la vida, larvas e inmaduros tienen una vida acuática y necesitan de una buena calidad de agua. Los remanentes de vegetación ofrecen la presencia de aves como: carpintero (*Dryocopus lineatus*), lora cabeciazul (*Pionus menstrus*), una rapaz (*Buteo magnirostris*), mochilero (*Cacicus cela*) y el barranquero (*Momotus momota*), Torcaza (*Columbigallina talpacoti*), Chamón (*Crotophaga ani*), Pechirojo (*Pyrocephalus rubinus*), Titiribí (*Tyrannus melancholicus*), Azulejo (*Thraupis episcopus*).

Fauna Acuática (Macroinvertebrados):

La parte media del río Meléndez se encuentra intervenida por cultivos agrícolas, explotación minera, actividades agropecuarias y asentamientos humanos incrementando los procesos erosivos y por ende el deterioro ambiental del río, sin embargo se han colectado organismos distribuidos como se indica a continuación.

**NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO
MELÉNDEZ**

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL %
Díptera	68.09
Ephemeroptera	9.3
Haplotáxida	6.01
Trichoptera	5.56
Hemíptera	5.04
Tricladida	1.05
Basommatophora	1.5
Glossiphonifera	2.03
Otros	1.35

Fuente: Estudio, Evaluación de la calidad de los Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, Municipio de Santiago de Cali. Raúl Arias Consultores Ambientales Ltda.- DAGMA. Mayo 1.998.

Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA.

El orden de mayor dominancia es el Díptera, alcanzando el 68% de la fauna total. Seguido de Ephemeroptera con 9.3%. Haplotaxida 6.01%,

Trichoptera 5.56%, Hemiptera 5.04%. La fauna restante mostró una abundancia menor a 2%.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Mariposa Cebra	<i>Helioconius claritonia</i>
Golondrina	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>
Rana	<i>Hyla columbiana</i>
Pájaro carpintero	<i>Dryocopus lineatus</i>
Lora cabeciazul	<i>Pionus menstrus</i>
Rapaz	<i>Buteo magnirostris</i>
Mochilero	<i>Cacicus cela</i>
Barranquero	<i>Momotus momota</i>
Chinches patinadores	<i>Rhagovelia sp</i>
Lagarto	<i>Ameiva ameiva</i>
Lagarto	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>
Sinsonte	<i>Mimus gilvus</i>
Cucúlidos	<i>Coccyzus pumilus</i>
Abeja	<i>Melipona sp</i>
Abeja	<i>Trigona sp</i>
Azulejo común	<i>Thraupis episcopus cana</i>
Torcaza	<i>Zenaida auriculata cauae</i>

naguiblanca	
Parúlido	Basileuterus fulvicauda
Gallo de roca roja	Rupícola peruviana sanguinolenta

Fuente: Estudio, Evaluación de la calidad de los Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, Municipio de Santiago de Cali. Raúl Arias Consultores Ambientales Ltda.- DAGMA, 1.998.

FAMILIAS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	FAMILIA
Libélula	Coenagrionid ae
Golondrina	Hirundinidae
Tórtola	Columbidea
Garrapatero	Falconidae
Cucarachero	Trogiodytida e

Fuente: ASOAMBIENTE 1.99

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	FAMILIA
Pájaro	Picidae

Carpintero	
Barranquero	Momotidae
Colibrí	Trochilidae
Mariposa	Chalcididae
Abeja	Apidae
Abispa	Vespidae
Chicharra	Cicadidae

Fuente: ASOAMBIENTE 1.996

Flora: Parte Baja del Río Melendez

En la parte plana del río hasta su desembocadura, la zona de reserva forestal, ofrece espacios que están siendo recuperados para la recreación; la vegetación aledaña al río en ésta zona está compuesta básicamente por: rastrojo alto y bajo, gramíneas, pastizales y sólo en espacios cortos se empobrece la flora de las riberas debido a basuras y escombros que se depositan en ella, la vegetación predominante es: pastos, rastrojo y gramíneas.

Después de la Bocatoma del acueducto la Reforma y pasando por la calle 5ª, el río recibe aguas servidas, basuras y escombros vertidos por viviendas y explotaciones agropecuarias, un poco más abajo se encuentra como lindero del río en su margen derecha el Club Campestre, cuyos límites comprimen la zona de reserva convirtiéndola en uso privado. Después del límite con el club, se recupera la zona de protección con arborización y cobertura vegetal.

Desde la calle 5ª hasta los asentamientos La Vega y La Playa, predominan viviendas y construcciones invadiendo la zona forestal protectora y contribuyendo a depositar escombros y basuras afectando la vegetación existente. Los árboles dominantes en este Sector son: Guadua, Píamo, Higuierón, Chiminango, Samán, Mango, Aguacate, Guayabo, Leucaena .

Las especies ubicadas en el Estrato inferior ó acompañantes son: Macaguita (Palma), Caracolí. Es importante mencionar que después del Puente de la Calle 5ª desde el barrio La Playa hasta el Barrio Mayapán la Margen Izquierda del Río se encuentra reforestada. Desde la Avenida Pasoancho hasta la Autopista Simón Bolívar la vegetación de galería sigue el curso del río conservándose los 30 metros como zona de protección. De allí en adelante la zona forestal protectora se encuentra con mayor deterioro, existe poca vegetación. Los anteriores factores evidencian la intervención antrópica, disminuyendo la cobertura vegetal en esta zona. Vale la pena mencionar que existen algunas zonas de regeneración natural de la vegetación. Se encuentra rastrojo alto, bajo, gramíneas y pastizales.

**NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL
RÍO MELENDEZ PARTE BAJA**

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Chiminango	Pithecellobium dulce
Samán	Pithecellobium samán
Higuerillo	Ricinus comunis
Guanábano	Anona muricata
Aguacate	Persea americana
Higuerón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos
Mango	Mangífera indica
Guadua	Guadua angustifolia
Pízamo	Erythina
Guayabo	Psidium guajaba

Fuente: Estudio sobre la Fauna asociada a los ríos del Municipio de Cali (CELA 1996)

Fauna: Parte Baja del Río Meléndez

Según el Estudio sobre la Fauna Asociada a los Ríos del Municipio de Cali -Zona1 urbana y suburbana- (CELA, 1996) y el Plan de Ordenación y Desarrollo del Proyecto Meléndez (C.V.C., 1979), las características iniciales de buena cobertura vegetal, son paulatinamente degradadas,

de tal forma que al entrar a la zona urbana presenta una fuerte alteración antrópica. Los potreros y zonas próximas a ser urbanizadas acompañan al río Meléndez cuando entregan sus aguas al canal C.V.C. sur.

Vertebrados

Los remanentes de vegetación ofrecen la presencia de aves como: carpintero (*Dryocopus lineatus*), lora cabeciazul (*Pionus menstrus*), una rapaz (*Buteo magnirostris*), mochilero (*Cacicus cela*) y el barranquero (*Momotus momota*), Torcaza (*Columbigallina talpacoti*), Chamón (*Crotophaga ani*), Pechirojo (*Pyrocephalus rubinus*), Titiribí (*Tyrannus melancholicus*), Azulejo (*Thraupis episcopus*).

La Fauna observada durante la salida de campo fue la siguiente: Aves (Canarios y Pericos silvestres, Azulejos, Cucaracheros, Pechirojos, Torcazas), Ardillas e Insectos (Terrestres y Acuáticos).

Macroinvertebrados

La Fauna predominante en las riberas del río son: insectos de la familia Chalcididae (Hymenoptera), mariposas, abejas, abispas. Al entrar el río a la ciudad se nota una disminución de libélulas (*Coenagrionidae* y *Libellulidae*), posiblemente a que las primeras etapas de la vida, larvas e inmaduros tienen una vida acuática y necesitan de una buena calidad de agua.

423

AMSAngela María Salazar M.
Consultora

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS
EN EL TRAMO URBANO DEL RÍO MELENDEZ**

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL %
Díptera	68.09
Ephemeropter a	9.3
Haplotáxida	6.01
Trichoptera	5.56
Hemíptera	5.04
Tricladida	1.05
Basommatoph ora	1.5
Glossiphonifor me	2.03
Otros	1.35

Fuente: CELA 1996

El orden de mayor dominancia es el Díptera, alcanzando el 68% de la fauna total. Seguido de Ephemeroptera con 9.3%. Haplotaxida 6.01%, Trichoptera 5.56%, Hemíptera 5.04%. La fauna restante mostró una abundancia menor a 2%.

Caracterización Hidrobiológica

424

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

Como resultado del Estudio Caracterización hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). Realizado Asesorías Ambientales ASOAMBIENTE LTDA – DAGMA. Marzo 1.996, se puede hacer una caracterización del río, en la parte media y baja de la cuenca, donde se hicieron un total de cinco (5) estaciones de muestreo, donde se aprecia la variación de la fauna debido a diferentes factores. Los resultados de este informe se muestran a continuación.

Estación 1 la Fonda

Se mencionan: Simulium sp (Díptera), Baetodes sp (Ephemeroptera) y Maruina (Díptera). Los chinches patinadores (Rhagovelia sp) encontrados en los remansos del río.

Estación 2 Polvorines

Se encontraron las especies: Thraulodes sp (Ephemeroptera), Anacroneuria sp (Plecoptera), Atopsyche sp, Atanatólica sp, las cuales son sensibles al aumento de la turbiedad que en este sector se presenta. Los efectos de la contaminación doméstica no son muy drásticos ya que el buen caudal permite una buena dilución de nutrientes en época de lluvia.

Estación 3 y 4 La Playa y Puente Simón Bolívar

En este sector disminuyen los sustratos que sirven como hábitats para los organismos. Las poblaciones encontradas son indicadoras de

contaminación fecal: Leptohypes sp y Camelobaetidius sp (O. Ephemeroptera), Rhagovelia sp (Hemíptera), Hetaerina sp (Odonata) y Chironomidae (Díptera), además de gusanos anillados (F. Tubificidae y Glossiphoniidae).

Estación 5 Proximidades a la desembocadura al Canal C.V.C.

La diversidad de organismos en este sector disminuye y favorece la abundancia de organismos oportunistas mencionados en la estación anterior. Esto debido a los desechos de los cultivos de caña de azúcar y a la contaminación doméstica.

Caracterización Físico - Química Y Microbiológica Del Río Meléndez

Se tomó como referencia el estudio de caracterización hidrológica y evaluación de la calidad de las aguas de las subcuencas del municipio de Santiago de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca). Asesoría Ambientales ASOAMBIENTE, Marzo de 1.996.

**CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO RÍO
MELÉNDEZ**

ESTACION	ALTITUD	ZONA DE VIDA	(I.D.B.)	(I.C.A)
La Fonda	1.280	Bh-ST	3.20	72.0
Polvorines	1.100	Bs-T	2.79	56.7
La Playa	995	Bs-T	1.99	33.5
Puente Simón Bolívar	950	Bs-T	1.32	30.01
Desembocadura	950	Bs-T	0.92	27.04

Fuente: ASOAMBIENTALES LTDA, MARZO 1996

De las 5 Estaciones tomadas como referencia para los muestreos físico-químicos y biológicos se observa lo siguiente:

- La Fonda es el único sitio que presenta aguas limpias, arrojando un índice de diversidad de 3.2 y una calidad de agua buena, con un valor de 72.0. Por lo tanto los dos índices se encuentran relacionados de manera directa.

- La Estación Polvorines se puede clasificar como de aguas moderadamente contaminadas arrojando un valor de (2.79). Lo anterior se refleja en la calidad de agua del río siendo catalogada como regular (56.7).

427

AMSAngela María Salazar M.
Consultora

- De acuerdo a los valores obtenidos en la Playa, el índice de diversidad cataloga la zona como de aguas moderadamente contaminadas. Según el índice de calidad ambiental la zona se clasifica como mala.

- Como aguas contaminadas se clasifican las Estaciones Puente Simón Bolívar y Desembocadura con un índice de diversidad de (1.32) y (0.92) respectivamente. Siendo directamente proporcional a la mala calidad del agua reflejada en la reducción del número de especies y el bajo valor del I.C.A. (30.01) Y (27.04)

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS RÍO
MELÉNDEZ
MUNICIPIO DE CALI, ENERO DE 1996**

PARAMETROS	ESTACIONES		
	LA FONDA	LA PLAYA	DESEMBOCADUR A
TURBIEDAD (U.T.J.)	2.2	11.0	18.0
SOLIDOS TOTALES (mg/l)	139.0	76.0	11.0
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	10.0	12.0	29.0
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	2.5	4.0	8.5
NITRATOS (mg/NO ₃)	40.0	35.0	35.0
FOSFATOS (mg/PO ₄)	0.01	0.03	0.08
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	750	21.000	4.300.000

428

AMS

Angela Maria Salazar M.
Consultora

COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	40	9.000	1.500.000
PH (unidades)	6.7	6.90	7.01
TEMPERATURA (°C)	16.9	18.4	22.3
OXIGENO DISUELTO (OD) mg/l	6.1	7.8	5.5

Fuente: Elaboración propia
Consultor: HIDROINGENIERIA LTDA.

429

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

3. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

3. MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para la definición de los alcances y los tipos de sustancias que deben ser monitoreadas con el fin de conocer las condiciones de calidad de los ríos de la ciudad de Cali, es necesario tener en cuenta los aspectos legales referentes a los niveles máximos y las concentraciones permitidas que se fijan por los decretos 2811 de 1974 conocido como el código de los recursos naturales renovables, su decreto reglamentario 1541 de 1978 y 1594 de 1984, y el decreto 475 de 1998.

La calidad del agua según los decretos se encuentra en función de los usos y destinos actuales que se le da al recurso a su paso por los municipios y centros de producción, así se acepta la variación de sus condiciones en función de las actividades y demandas de agua presentes.

El Estado tiene como responsabilidad la regulación y vigilancia de la calidad del agua por medio de la realización de análisis periódicos que permitan decidir para qué fines puede ser utilizada y qué tipos de controles deben hacerse. Estos aspectos aparecen en **el decreto 2811 de 1974**, puntualmente en el artículo 134. En el artículo 137-145 se hace énfasis en que el Estado debe tratar de asegurar la calidad del agua mediante el control de los vertimientos, a través de las prohibiciones y condiciones especiales exigidas para el agua en los artículos. Estos son reglamentados por el decreto **1541 de 1978**.

En la **ley 9 de 1979** se regulan los usos del agua, dando prioridad al consumo humano con el control y seguimiento de sus condiciones, por parte del ministerio de salud. Es clara la ley en prohibir el uso de las fuentes de agua como receptoras o sitios de disposición final de residuos sólidos, y la recepción de vertimientos líquidos con autorización.

Con relación a la calidad del agua los decretos mencionan una lista de sustancias de interés sanitario con niveles de toxicidad variados que deben ser monitoreados para determinar su nivel de presencia en el agua.

Con base en la calidad y los diferentes usos, los organismos ambientales deben desarrollar un plan de ordenamiento del recurso (Art.22), teniendo en cuenta una serie de condiciones contempladas en el artículo 23 (en los artículos 7 y 8 del decreto 475/98 se presenta una selección de las sustancias más importantes que ameritan un monitoreo permanente).

Los puntos que contienen este artículo hacen énfasis en los factores que inciden en el ordenamiento, como la vinculación de caudal, la preservación de las características del recurso, y el alcance de las condiciones para el consumo humano.

El decreto 1594 de 1984 reglamenta en su artículo 24, nueve parámetros de análisis.

432

- a) DBO: Demanda bioquímica de oxígeno 5 días;
- b) DQO: Demanda química de oxígeno;
- c) SS: Sólidos suspendidos;
- d) pH: Potencial de ión hidronio, H;
- e) T: Temperatura;
- f) OD: Oxígeno disuelto;
- g) Q: Caudal;
- h) Datos hidrobiológicos;
- i) Coliformes (NNP).

Estos parámetros de análisis se tendrán en cuenta para la determinación de los usos del agua con base en sus condiciones, que se regulan en el artículo 29:

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

En el mismo decreto en los artículos 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36 se redefinen los usos del agua según los destinos y el empleo, indicando que la calidad requerida según los usos tendrá variaciones.

433

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

**4. ASPECTOS GENERALES SOBRE
UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y
MONITOREO AMBIENTAL PARA LOS
RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI**

4. ASPECTOS GENERALES SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL PARA LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI

La organización de las Naciones Unidas y la FAO señalan para el nuevo siglo una "PREOCUPANTE ESCASEZ DE AGUA" en los 2/3 de la población mundial; problemas que tienden a agravarse cuando la demanda de agua potable en el mundo se ha más que sextuplicado, sobrepasando el doble de la tasa de crecimiento de la población.

La alta tasa de crecimiento poblacional de Cali, como municipio receptor de la cotidiana migración y éxodo de comunidades desplazadas por la violencia en el resto de los municipios, ha generado una fuerte presión sobre los recursos naturales y en especial los ríos Cauca, Cali, Cañaveralejo, Lili, Aguacatal, Meléndez y Pance; Ríos que se constituyen en la principal oferta de aguas superficiales para atender la demanda, humana, agrícola, pecuaria, comercial, industrial y recreacional, los cuales a la postre y a medida que recorren la zona rural y urbana, se convierten en caños, basureros y alcantarillados abiertos, perdiendo en sus playas, riberas y cauces todos los parámetros propios de ríos caudalosos, sanos y limpios que tanto necesita la ciudad para atender su crecimiento y desarrollo.

El consumo de agua cruda y potable en el Municipio de Cali depende fundamentalmente del ingreso medio per cápita, la oferta disponible de agua en cantidad y calidad, los costos en tratamiento del producto, los

factores climáticos y la eficiencia como se dispone y se transporta el agua. Si nos preparamos para afrontar los problemas ambientales que surgen de la interrelación del hombre, la comunidad y los recursos naturales (Agua, Suelo, Bosque), generando una "NUEVA CULTURA DEL AGUA" estableciendo modelos medidas y parámetros para Priorizar, Racionalizar y Planificar toda la oferta hídrica superficial de los ríos Cauca, Cali, Cañaveralejo, Lili, Aguacatal, Meléndez y Pance entonces será más fácil equilibrar y armonizar el desarrollo.

4.1. LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL DE LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE CALI.

"Llueve sobre mojado" Cuando en los últimos veinte años las autoridades regionales encargadas del manejo y cuidado de los ríos y demás recursos naturales, comprometidos en largos periodos de escasez inundación y desastres ambientales, suelen responsabilizar a la comunidad y el clima como tutores primarios en la crisis ambiental y la dinámica propia de los desastres naturales que comprometen en especial a los ríos; olvidando que los fenómenos naturales asociados a los ríos, ningún daño causarían " si hubiéramos sido capaces de medir y entender cómo funcionan y de crear nuestros hábitats y comportamiento acorde con conocimiento propio de los Ríos.

Urge entonces establecer "Un sistema de información y monitoreo ambiental de todos los ríos de Cali", comprometidos tanto en la calidad

436

de vida del ciudadano que habita sus cuencas y el desarrollo propio de la segunda ciudad en población de Colombia.

Establecer tales sistemas de información y monitoreos, se constituye entonces en el primer paso hacia el manejo técnico sostenible y responsable de los ríos que toleran el crecimiento y el desarrollo de Cali.

4.2. JUSTIFICACION INSTITUCIONAL PARA LA CREACIÓN DE LA RED DE MONITOREO

Según el Instituto de Estudios Ambientales - IDEAM², los crecimientos en los consumos, pero sobre todo la deforestación y escasa gestión de los recursos naturales, al igual que la ausencia casi total de tratamiento de aguas residuales, han hecho emerger cada vez con mayores evidencias, **problemas de disponibilidad**, incluyendo las limitaciones por calidad, desabastecimiento y racionamiento en un número cada vez mayor de municipios del país, con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y las actividades económicas.

Pese a la situación relativamente favorable de oferta y disponibilidad hídrica con que cuenta parte del territorio nacional, ya se presentan serias señales de preocupación e incluso de alarma en algunos municipios y áreas urbanas del país, por lo cual el IDEAM llama la atención de los organismos nacionales y territoriales involucrados de diferente manera en la gestión de los recursos hídricos a acelerar los planes de gestión, ordenamiento del uso de los recursos naturales,

manejo y regulación de las cuencas, especialmente las áreas que presentan indicadores de escasez de agua mas desfavorables.

Finalmente, en el conocimiento y el análisis efectuado a partir de la información básica de la red de referencia de estaciones hidrometeorológicas que opera el IDEAM, parte del proceso de planificación y gestión del recurso que debe adelantar el país en los próximos años para evitar dificultades cada vez mayores en las disponibilidades, requiere evaluaciones más detalladas a partir de información regional y local que mejore el conocimiento e información disponible, en lo cual se requiere la participación activa tanto de las Corporaciones Autónomas Regionales y las autoridades ambientales en los grandes centros urbanos aso como de los entes territoriales y los diferentes sectores usuarios.

4.3. CRITERIOS Y FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA " UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL DE LOS RÍOS; CAUCA, CALI, CAÑAVERALEJO, LILI, AGUACATAL, MELENDEZ Y PANCE".

Al establecer estaciones de Monitoreo y Control de los ríos básicos al crecimiento y desarrollo de Cali, como ciudad y Municipio dichas estaciones deberán, Recoger, Evaluar y Medir los siguientes indicadores y parámetros:

²Vcr IDEAM: <http://www.ideam.gov.co>.

4.3.1. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua esta determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa o caudal de agua a que se refiera. **Las características hidrológicas** son importantes, ya que indican la procedencia u origen del agua el flujo o cantidad del producto y el tiempo de residencia o permanencia del agua en la cuenca, la hidrodinámica propia del río, las características del suelo, fragilidad y deterioros y demás medios o sustratos por los que discurre el río, su contaminación dependiendo de la carga de sales y materiales solubles.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar causas determinantes en la calidad final del agua, dada la elevada contaminación universal por el incremento cotidiano de nuevas sustancias tóxicas solubles en el agua, además de la proliferación de permanentes, conflictos, intereses y agentes generadores de peligrosas contaminaciones, que comprometen la **salud pública** y la supervivencia de especies en vías de extinción. **El agua que actualmente disponemos** para consumo humano, agrícola, pecuario y recreativo **"nunca la encontraremos en estado puro"**, en razón a la contaminación universal de nuestros ecosistemas hídricos, razones que fundamentan el establecimiento de redes de información y monitoreo, en la búsqueda de obtener modelos de calidad en el servicio y disposición del agua **acordes con la necesidad y características de la demanda**. Logrando así el mejor aprovechamiento posible de la oferta hídrica y demás recursos naturales asociados en todos y en cada una de las cuencas

4.3.1.1. INFORMACIÓN Y MONITOREO DE INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Se deberá tener en cuenta en las estaciones de información y monitoréo: Los parámetros más comunes, que hoy utiliza la OMS (Organización Mundial de la Salud), la OPS (Organización Panamericana de Salud) y los decretos 2105 / 83 en torno al suministro del agua, 1549 / 84 sobre los usos del agua y residuos líquidos, 2314/86 sobre uso de productos químicos para el tratamiento de aguas de consumo humano; parámetros básicos para evaluar, medir y corregir problemas e impactos en la calidad del agua. Igualmente se podrán emplear bioindicadores acuáticos para evaluar la calidad media que mantiene el agua entre los ecosistemas que la contienen, regulan y distribuyen para análisis más finos, que permitirán en las **estaciones de monitoreo** establecer el efecto puntual de ciertos y diversos contaminantes sobre la comunidad de especies, que hacen parte de los valores naturales de una región o ecosistema.

Es pertinente aclarar que la practica de establecer parámetros y principios de Bioindicación en los ríos tutelares del Municipio de Cali, permitirá detectar a tiempo la aparición de elementos y factores contaminantes, nuevos o insospechados, que puedan colocar o poner en peligro la salud humana y la de la fauna asociada al sistema en un momento indeterminado

4.3.2. FORMA Y RELIEVE

El funcionamiento de una de las cuencas, del Municipio de Cali, Cañaveralejo, Lili, Aguacatal, Meléndez o Pance, se asemeja al de "colectores que reciben" la precipitación en función de las condiciones climáticas.

La influencia de la forma y Relieve de una cuenca es determinante sobre el escurrimiento y el flujo de caudales procedentes de una precipitación dada, para así poder establecer recomendaciones puntuales sobre el manejo de las escorrentias, los drenajes, así como el verdadero diseño hidráulico que deberán tener las obras civiles, puentes, carreteras y el diseño de las bocatomas de los acueductos regionales, los cuales por lo general resultan mal diseñados frente a los inesperados cambios hidrológicos de los ríos en períodos de invierno y verano prolongados.

Es importante definir entonces "La curva Hipsométrica" de la cuenca, que representa gráficamente las cotas del terreno en función de la superficies correspondientes, lo cual permite finalmente caracterizar el relieve.

4.3.2.1. PARÁMETROS RELIEVE Y EROSIÓN

Es importante considerar este parámetro ya que las cuencas tienen diferentes características de relieve, que a su vez se consideran determinantes en los diferentes grados de erosión. Las cuencas de los

ríos Lili, Pance, Meléndez y Cañaveralejo son similares en el tamaño y la altura media y tienen proclividad a la erosión.

4.3.3. RED HIDROLOGICA

Se entiende como red- hidrológica al "**drenaje natural**" permanente o temporal por el que fluyen las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca. La red hidrográfica se analizara a través o mediante una serie de clasificaciones, tales como la "**densidad del drenaje**", la longitud media y las pendientes, así como la superficie de la cuenca.

4.3.4. PERMEABILIDAD

La mayor o menor facilidad con que el agua desciende o se transmite en el perfil o los horizontes del suelo de la cuenca, indica la importancia que tiene "**la permeabilidad**" como parámetro en el fenómeno de "Escurrimiento" de las cuencas del Municipio de Cali.

El agua contenida en el suelo y la que éste es capaz de absorber, retener o "REGULAR" es de importante valor para entender el comportamiento de las cuencas, durante los periodos largos de invierno crudo, sobretodo durante fuertes y largas precipitaciones sobre cuencas hidrográficas erosionadas y poco permeables, como el caso del río Cali y sus émulos, los ríos Aguacatal, Pance y Meléndez.

4.3.5. CLIMA

Sabemos que el clima en una localidad en nuestro caso "una cuenca río" quedará definido por las estadísticas que a largo plazo van fijando "Los caracteres que describen el tiempo" de esa localidad, tales como: La temperatura, la humedad, viento, precipitación, zona geográfica etc.

La importancia que cobra la determinación del clima para monitorear los ríos del Municipio de Cali, es fundamental para el ordenamiento de las cinco cuencas; Además el clima determina "El tipo de Suelo" y "La Vegetación" de la cuenca. En muchos casos es ostensible la estrecha relación entre el clima y la topografía.

En nuestro caso del monitoreo de los ríos Cauca, Cali, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Pance y Aguacatal es importante establecer estaciones meteorológicas y pluviométricas y completas, que proporcionen información básica y al día, en torno a los cambios climáticos que de manera muy significativa vienen afectando la agricultura, ganadería y el comercio sin que nadie pueda entender, las precauciones técnicas que hoy existen para enfrentar y superar tales eventos.

4.3.6. BALANCES HIDRICOS

A partir de los datos meteorológicos disponibles en los ríos: Cali, Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo y Aguacatal, debe calcular los BALANCES HIDRICOS, para las diferentes hipótesis de Capacidad de Campo del Suelo tiempo de residencia en la masa boscosa de la cuenca, niveles de evapotranspiración potencial, pluviometría media mensual, obtenida a

partir de los registros en la zona, agua almacenada en la vegetación y el suelo, meses secos Vs. Meses húmedos.

Los balances hídricos de los ríos del Municipio de Cali, servirán entonces, como fundamento para las siguientes actividades:

- PRIORIZACION DE LOS CAUDALES HIDRICOS DE LA CUENCA, determinando derechos propios del consumo.
- RACIONALIZACION DE LOS CONSUMOS, fijando topes de uso y consumo a todos y cada uno de los distintos usuarios de la cuenca.
- PLANIFICACIÓN en el tiempo en turno al manejo de la cuenca.

4.3.7. PRECIPITACIONES MAXIMAS

Las estaciones de información y monitoreo deberán estar en capacidad de proporcionar las precipitaciones máximas en 24 horas, por lo cual deberá recurrirse a procedimientos estadísticos.

Es importante que para facilitar que en las estaciones de monitoreo de la cuenca se puedan evaluar las precipitaciones máximas, se zonifique la cuenca por el método de **polígonos**, la cual permite que la zonificación comprenda superficies con características homogéneas. Esta valoración de **máximas precipitaciones** serian empleadas en posteriores cálculos de escorrentias y caudales máximos, que servirán para prevenir emergencias por inundación o avalancha en comunidades integradas a la cuenca.

444

4.3.8. EVALUACIÓN DE ESCORRENTIAS

Es importante para la Cali urbana la valoración y calculo de las escorrentias, como parte de las precipitaciones que discurren por la cuenca, dando lugar a importantes caudales, que por su volumen y tiempo de evacuación o descarga pueden afectar seriamente la agricultura, los suelos, la vivienda y las comunidades asentadas en línea paralela con el cauce de los ríos y venas de escorrentia de la cuenca.

Es importante tener en cuenta al momento de monitorear, que las escorrentias superficiales, sub-superficiales y subterráneas, dan como resultado el CAUDAL BASE que discurre por la red de escorrentias entre aguaceros.

Es importante instalar en las cuencas de los ríos de Cali, dos o tres pluviómetros además de realizar aforos de caudal para dar garantía en el calculo de las escorrentias en sus periodos mensual y anual.

4.3.9. CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA

Para los sistemas de información y monitoreo de ríos, es de vital importancia la correcta estimación de los caudales de máxima crecida con el fin de poder dimensionar correctamente el diseño hidráulico de puentes, bocatomas y el desagüe de las obras civiles encargadas de recibir y conducir importantes caudales responsables de inundación y desastre en zonas agrícolas y núcleos urbanos, como en el caso de los ríos: Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali. Para esto es

443

absolutamente necesario el estudio del problema, por métodos estadísticos, hidrológicos y de correlación.

Para la Cali urbana es importante conocer los alcances de las crecidas de punta de caudales muy altos cuando cruzan la ciudad de occidente a oriente entre obras de ingeniería civil y sanitaria ostensiblemente insuficientes para evacuar caudales de máxima crecida.

4.3.10. AFOROS E ISOCRONAS

El aforo al día de recursos hídricos disponibles en una cuenca, es fundamental para proyectar las demandas que pueda tener el recurso hacia el futuro. En la planificación del recurso, la operaciones de priorización de usuarios y racionalizar los consumos, son parte de aforos conocidos durante los 10 últimos años.

El método de isocronas, o de "curvas tiempo/área, se fundamenta en el calculo de la velocidad de propagación del caudal de avenida en una cuenca. Este método considera solo la transmisión y no el almacenamiento del agua en una cuenca receptora.

El método de monitoréo por isocronas va asociado y relacionado al recorrido de una gota o volumen de agua al momento de caer en la cuenca y el tiempo que tarda en alcanzar la salida de esa misma cuenca; así nos permite medir "El coeficiente de escorrentia" de la cuenca.

446

4.3.11. HIDROGRAMA UNITARIO

Se denomina hidrograma el gráfico que relaciona las propiedades del flujo del agua en un medio de transporte en un determinado tiempo. Este monitoreo en los ríos del Municipio de Cali, nos permitirá conocer la capacidad de desagüe de la cuenca en cuestión.

Todo hidrograma está asociado a un aguacero: midiendo la intensidad de la lluvia caída y su duración. El hidrograma se construye entonces por las datos que definen su geometría. (escorrentía, agotamiento, escurrimiento, descenso, picos etc.)

El hidrograma, podrá entenderse como la expresión integral de las características físicas y climáticas de una cuenca; algo así como la **huella hídrica** de cada uno de los ríos de Cali, parecidos pero jamás iguales.

Los HIDROGRAMAS entonces facilitarán en cada uno de los ríos, entender su precipitación y escorrentía, con el fin de ir detectando puntos débiles que podrían ocasionar represamiento, inundación o avalancha.

4.3.12. PERIODO DE RETORNO

En el conocimiento y manejo de ríos materia del presente estudio, los cuales tienen incidencia directa con núcleos de población, caso Cañaveralejo, Meléndez, Aguacatal y Cali, es fundamental conocer los

períodos de retorno. Se establece así con estos monitoreos para "períodos de retorno" las bases conceptuales para definir o calcular los eventos extremos.

Pese a que los períodos de retorno es uno de los conceptos que más se presentan a error, el proceso hidrológico es predecible en la medida en que se realicen los monitoreos complementarios y se cuente con una base de datos y buenos años de investigación, condición que amerita iniciar cuanto antes las observaciones y métodos estadísticos que así lo faciliten o permitan.

La probabilidad de determinar la ocurrencia o períodos de retorno, permite en los casos de los ríos, Pance, Lili, Cañaveralejo, Meléndez, Cauca y Cali, establecer mecanismos y acciones de mitigamiento por inundación y avalancha, sobre comunidad urbana y rural

4.3.13. PARÁMETROS DE POBLACIÓN

La presencia de la población en una cuenca urbana o rural, determina el grado de vulnerabilidad y riesgo, en relación con los procesos climáticos e hidrológicos de una cuenca. En el caso de los ríos del Municipio de Cali, es fundamental y necesario cuantificar, localizar y monitorear los hábitos y acciones de la población en la cuenca, con el fin de predeterminar los impactos del medio ambiente y la hidro-meteorología en comunidades asentadas en lugares de alta vulnerabilidad y riesgo.

Los sistemas de información y monitoreo ambiental, motivo del presente estudio hacen necesario CENSOS AL DÍA de la comunidad asociada con la cuenca, pues es la presencia de ésta la que le da sentido a los conceptos de "eventos y probabilidad" del fenómeno físico, hidrológico y meteorológico.

4.3.14. EROSION HIDRICA

Los monitoreos o modelos para medir o evaluar la EROSIÓN HIDRICA de una cuenca son fundamentales para poder medir **las pérdidas de suelo**, fenómeno asociado a la contaminación desagüe y velocidad de escorrentia en las cuencas que se traduce en serios impactos ambientales relacionados con la comunidad y el desastre.

En éste monitoreo es importante, considerar conjuntamente los parámetros más representativos de la erosión hídrica (cubierta vegetal, pendiente, longitud cuenca, precipitación, erosionabilidad etc.)

El monitoreo por estación, de la erosión hídrica, es fundamental para los ríos Meléndez, Cali y Cauca, con el propósito de programar acciones de mitigación y tratamiento a estos caudales que constituyen la oferta hídrica superficial para atender la demanda de agua potable para consumo humano en el 90% de la población.

4.3.15. EROSION LAMINAR

Conceptual y técnicamente la erosión laminar es la pérdida de suelo por metro cuadrado o unidad de superficie.

El monitoreo de la erosión laminar como una de las etapas primarias de la erosión que más tarde concluirá con las características de surco o cárcavas remontantes, es fundamental con el fin de PREVENIR con eficacia posteriores fenómenos erosivos en la cuenca, que finalizan con altos costos de mitigación y tratamiento.

En el caso de los ríos del Municipio y especialmente los ríos Pance, Meléndez y Cali, es recomendable la aplicación de la ECUACIÓN UNIVERSAL de "USLE" pues éste modelo paramétrico con más de 40 años de investigación aplicada se constituye en el mejor método de evaluación y monitoreo en las erosiones de primer horizonte.

4.3.16. FACTOR COBERTURA VEGETAL

La masa boscosa y los cultivos en una cuenca se constituyen en el primer factor de protección del suelo de una región o cuenca. Es importante tener en cuenta, que la influencia de los cultivos en la erosión, se manifiesta según y a través de la especie cultivada (arbustos vs. pastos) y dependiendo del periodo o época del año (lluvia o verano) en que se realizó el cultivo.

El factor cobertura vegetal se ha definido como el más determinante entre las pérdidas de suelo y su relación con los agentes causantes de erosión.

Los monitoreos en tal sentido serán de gran valor, al momento de realizar planes de ordenamiento dentro de una cuenca del Municipio de Cali; aprovechando el efecto protector de la cobertura vegetal para racionalizar el uso del suelo en la relación Hombre-Naturaleza. Igualmente, los monitoreos en tal sentido serán de extrema utilidad en los modelos de agricultura "UMATA" que presupongan siembra, establecimiento, crecimiento y cosecha de cultivos en las cuencas ríos Pance, Meléndez, Lili y Cali.

4.3.17. MOVIMIENTOS MASALES

Todas las cuencas de piedemonte por regla general se encuentran sometidas a procesos gravitatorios, por los cuales importantes y significativas masas de terreno se separan del conjunto al que pertenecieron y se desplazan con gran impacto al medio hasta una cuota inferior, siendo tan solo necesario que estas masas se desestabilicen al superar el ángulo de reposo en que se encuentran cuando se humedece o sobrecarga la tierra generando movimiento o rotación abajo al romperse el punto de equilibrio de esta masas.

Las condiciones previas en la formación y rotura de los movimientos masales pueden monitorearse teniendo en cuenta factores de pre-aviso como el tamaño de flancos, bordes, pandeos, grietas, coladas, crestas, filtraciones, escarpes y roturas que hacen parte de la evaluación y monitoreo de tales fenómenos, comunes especialmente en los ríos, Pance, Meléndez, Aguacatal y Río Cali.

4.3.18. DESENCADENANTES

Para complementar la información y monitoreo de una cuenca, se deberá tener en cuenta la intensidad general de la cuenca como:

- DERRUMBES:** Desprendimientos y vuelcos.
- DESLIZAMIENTOS:** Translaciones rotacionales.
- FLUJOS:** Reptaciones, masivas y superficiales.
- PLASTICOS:** Soliflucción y flujos de tierra.
- VISCOSOS:** Avalanchas, corrientes de lodos.
- ROTURA PLANAR:** Como deslizamientos translaciones en superficies planas.
- ROTURA POR CUNAS:** La superficie de rotura esta formada por 2(dos) superficies.
- ROTURA CIRCULAR:** La masa en movimiento adopta la forma de un cilindro.
- RELLENOS A MEDIA LADERA:** Depósitos naturales o artificiales en la pendiente de una ladera.
- TALUDES INESTABLES:** Desestabilizados en la construcción de vías o demás obras civiles o fenómenos tectónicos.

CARGA DE LAVADO

Este monitoreo dirigido a conocer la "Capacidad de Auto-evacuación" de productos que integran la sedimentación en las playas y cauces, de los

452

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

4.4. CONCLUSIONES

Es de vital importancia para el manejo de los ríos, teniendo en cuenta el gran número de variables que constituyen su hidrodinámica llevar un Sistema de Información y Monitoreo Ambiental completo.

Los trabajos de investigación y monitoreo propuestos en ésta sección, permitirán sin lugar a dudas; una evaluación y cuantificación completa de los principales fenómenos que afectan la interrelación cotidiana Hombre-Río-Naturaleza entre la cual se centra la atención de la ecología, la economía y el desarrollo sostenible.

5.1. MORFOLOGÍA FLUVIAL

Grosso modo, la calidad del agua en un río está determinada por los tramos, Alto, Medio y Bajo, que éste recorre desde su cabecera hasta su desembocadura o entrega del caudal a otro afluente mayor o receptor. Caso de los seis ríos que atraviesan la zona urbana del Municipio de Cali, para desembocar al río Cauca.

Para evaluar, monitorear y tratar con eficacia los ríos es importante aprovechar la morfología de los ríos, en virtud de "CONOCER SUS PARTES" y procesos de dinámica fluvial, que nos permitirán en el caso de los ríos del Municipio de Cali: (A) caracterizarlos (B) establecer sus partes, permitiendo así evaluar, medir y corregir todos y cada una de las "ACCIONES Y ACTIVIDADES" que modifican y contaminan las condiciones naturales que traen las aguas de un río: desde su cabecera o nacimiento, hasta su desembocadura o vertimiento a otro afluente.

5.2. LAS PARTES DE UN RÍO

Prácticamente el cauce de un río queda definido longitudinalmente por el espacio ocupado por el río en su recorrido desde su nacimiento hasta su desembocadura. Transversalmente se puede definir el cauce atendiendo los distintos niveles que puedan alcanzar las aguas, con relación al flujo y frecuencia de las aguas.

5.2.1. LA CABECERA

El perfil longitudinal de un río comienza con la cabecera o nacimiento de un río; esta parte o tramo inicia desde la cota más alta en donde nacen las aguas. En la mayoría de los casos éste tramo inicia la regulación de aguas a partir de la masa boscosa que se encuentra en el piedemonte o falda de cordillera; las aguas de éste sector son de mejor característica o calidad a efecto de torrencialidad y fuertes pendientes además de la baja densidad de población que usualmente habitan esta primera parte de un río en cuestión.

5.2.2. PARTE MEDIA

Prácticamente al terminar el tramo de cotas altas de un río y cambiar de rumbo hacia tramos de alta planicie aluvial, con cotas más estables entre cada una de las partes de su recorrido en terrenos de sedimentación y playas anchas constituye la "parte Media" de un río.

Las aguas de un río en este tramo, por lo regular, suelen atravesar importantes núcleos de población, los cuales a medida que invaden la ribera, playa y cauce de estos, van creando conflictos de uso del caudal y elevando geoméricamente la contaminación hasta convertir un río en recurso en conflicto de aguas, al desplomarse los indicadores de calidad del caudal a niveles próximos o cercanos a "Río Muerto" es decir aquel que comienza a quemar los estándares mínimos admisibles de productos físico-químicos y de contaminación bacteriológica.

5.2.3. PARTE BAJA

Luego de atravesar importantes núcleos de población urbana, los ríos Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Cali, Aguacatal y Cauca adquieren en su parte final niveles de alta contaminación bacteriológica y físico-química, con unos estándares de calidad, que se les puede asimilar o definir como "Ríos Alcantarilla". Es oportuno aclarar que convertir un río en alcantarilla no tiene costo alguno, pero convertir una alcantarilla en río ocasiona costos enormes, además de largos años de recuperación, vigilancia y tratamiento".

5.3. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL PRIMER TRAMO

La calidad del agua en éste tramo esta muy relacionada con la hidrología y la biología de la masa de agua, así como por la presencia del hombre y sus seculares métodos de pastoreo y contaminación animal. No han de faltar los impactos ambientales ocasionados por las actividades propias de las obras de ingeniería, Civil, Forestal, Minería y sanitaria que regularmente se acometen en la cabecera de la cuencas, afectando de manera significativa la calidad de las aguas antes de llegar al segundo tramo o territorio del río caudal.

5.3.1. CONTAMINANTES

1. SOLIDOS SUSPENDIDOS, procedentes del suelo de la cuenca, con partículas que van de gramo grueso a partículas finas y coloidales.

- 2. **MATERIA ORGANICA**, En partículas gruesas y disuelta en "partículas finas", procedentes de la masa boscosa, rastrojo y barbecho procedente de arroyos y tramos más altos de la cuenca.
- 3. **ALTA TURBIEDAD**, Saturación de partículas gruesas y finas en limos procedentes de fenómeno meteorológico, aludes, solifluxión, lixiviación de productos o actividades abiertas en minería o ejecución de obras de ingeniería civil.
- 4. **ALCALINIDAD Y PH**, Corte de yacimientos de Cal, Cobre, Carbón en el cauce.
- 5. **COLOR RESIDUAL**, Presencia partículas orgánicas ricas en taninos y corte de vetas ricas en arcillas y coloides.

5.3.2. FACTORES DE CONTAMINACIÓN:

ALCANTARILLADOS ABIERTOS de comunidades asentadas en la cuenca, con valores que oscilan entre 2.000 y 5.000 habitantes en cada una de las cabeceras de los ríos de Cali, aportando bacterias de coliformes que exceden la concentración promedio exigidas por la normatividad legal³.

AGUAS MIELES- Procedentes del despulpado, lavado y beneficio del café. Altamente contaminantes como caldo de cultivo de bacterias presentes en el agua cruda.

GRANJAS AGRÍCOLAS Y PORCINAS- Son bastante frecuentes en la parte alta de los ríos, que integran la red hídrica del municipio. Es oportuno aclarar que el área de contaminación por estiércol porcino es

tres veces más alto que el estiércol humano; por ejemplo 500 cerdos equivale a 1.500 personas por día.

AGROQUÍMICOS- La agricultura del piedemonte, aunque en menor proporción a las actividades agrícolas de la zona media, en la relación de 3:1 descargan por lixiviación a las aguas de los 6 ríos del Municipio Organo clorados, fosforados, carbonatos, fertilizantes y abonos ricos en fósforo, nitrógeno y potasio. Además es abundante la presencia de hierro, cobre y talio en las aguas de este sector.

MINERÍAS- En los 6 ríos del Municipio se han acometido numerosas exploraciones en busca de oro, carbón, aluminio, magnesio etc. En la actualidad se explotan las minerías de carbón con influencia en los ríos Meléndez, Cañaveralejo, Cali y Aguacatal; minería de bauxita en la parte alta del río Lili; minería de basaltos, lavas, gravas, diabasas y areniscas, en canteras abiertas con influencia en los ríos Aguacatal, Cali y Cauca.

Es bastante ostensible la presencia de SST, (sólidos suspendidos) gruesos en las aguas de los ríos afectados por la actividad minera.

Las minerías de carbón, abundantes en el piedemonte de los 6 ríos del Municipio, contaminan por lixiviación de polvillo de carbón, los ríos Cañaveralejo, Meléndez, Cali y Aguacatal, alterando significativamente la acidez de las aguas en estos ríos.

³Ver Decreto 1594 de 1984.

GANADERÍAS- El sobrepastoreo y la ganadería intensiva se constituye en causa primaria en la destrucción del suelo y la contaminación por desprendimiento de sólidos suspendidos a efecto de la "erosión por pata de vaca" que afecta ostensiblemente los suelos de cabecera en las cuencas de los ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali. Además es importante reiterar que la presencia de ganaderías en la parte superior o cabecera de las cuencas, tiende a mantener contaminadas por presencia permanente de coliformes las bocatomas de importantes acueductos caso de los ríos Pance, Meléndez, Aguacatal y Cali.

RECREACIÓN- Actividades de recreación con soporte en el baño y la pesca, durante días festivos o dominicales, contaminan seriamente la calidad de las aguas en éste primer tramo con preponderancia en los ríos: Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali.

5.4. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL SEGUNDO TRAMO

El segundo tramo o "Tramo Medio" se caracteriza por efecto de que las aguas de primer tramo pierden velocidad al tiempo que el cauce se ensancha y los lechos de fondo quedan constituidos por gravas, arenas y cantos rodados.

Este tramo medio regularmente discurre entre suelos de planicie aluvial, con cotas de altimetría más estables, condición que las destina a poblarlas e invadirlas a lo largo y ancho de su cauce y caudal.

La contaminación en el sector medio de ríos que recorren zonas pobladas, tales como el Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali puede clasificarse bajo la denominación de "Tramo de Contaminación Urbana" y está conformada por los siguientes efluentes o descargas de contaminación:

- Aguas residuales procedentes de comunidades, hogares, escuelas etc.

- Efluentes y productos hospitalarios de alta contaminación bacteriológica.

- Efluentes y descargas industriales con presencia de metales como:
 - Arsénico
 - Asbesto
 - Amonio
 - Bario
 - Talio
 - Cloro
 - Berilio
 - Cadmio
 - Plomo
 - Cromo
 - Cianuro
 - Hierro
 - Floruro

- Mercurio
 - Plata
 - Magnesio
 - Aluminio
 - Cobre, y
 - Azufre
-
- Efluentes y descargas industriales ricos en compuestos y sustancias químicas.
 - Cloruros
 - - Sulfuros
 - Cianuros
 - Nitritos
 - Nitratos
 - Fosfatos
 - Fluoruros
 - Fenoles
 - Amoniaco
 - Policlorados
 - Sales
 - DDT
 - Grasas
 - Aceites
 - Hidrocarburos
 - Alcoholes
 - Esteres
 - Tensoactivos

- Edulcorantes
- Alimentos
- Acidos
- Alquenos
- Alcãnos
- Anilinas
- Abonos
- Nutrientes
- Calor
- Cetonas
- Coloides
- Ioduros
- Lipasas
- Sacarosas

5.5. ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL TERCER TRAMO

El tercer tramo o desembocadura de los ríos, discurre regularmente por valles abiertos y amplias llanuras de inundación en forma de abanico, en cuyo cauce predominan los sedimentos finos. En este tramo y parte final de un río, las aguas van turbias y sobrecargadas de contaminaciones mixtas en cada kilómetro que recorre hasta desembocar en un río o afluente más grande.

En éste sector las aguas son mucho más lentas lo que permite el desarrollo de vegetación indeseable que germina, florece y crece por la

abundancia de nutrientes nitrogenados y fosforados que abundan en éste tramo causando grandes efectos ecológicos asociados con la alta abundancia de productos orgánicos e inorgánicos.

Estas condiciones de contaminación y de calidad en las aguas de cada tramo del río restringen especies que solo viven en determinadas condiciones de contaminación, temperatura, luz y oxígeno disuelto.

5.5.1. ACCIONES Y ELEMENTOS DE CONTAMINACIÓN

- **PROCESOS DE EUTROFICACIÓN** Como resultado del exceso de nutrientes vegetales inorgánicos. Los más comunes son nitrógeno y fósforo.

- **LIXIVIACION DE AGROQUÍMICOS** procedentes de la agricultura, herbicidas, fungicidas, insecticidas, fertilizantes, abonos, compuestos, fertilizantes foliares, acaricidas e inoculantes.

- **EFLUENTES INDUSTRIALES CON ALTA DEMANDA** de oxígeno disuelto DBO. DBO₅. DQO. Paradójicamente la recuperación de los niveles de oxígeno se produce mediante la dilución del efluente y la reducción del oxígeno por óxido-reducción y descomposición; más la re-oxigenación que mejoraría la capacidad del río para diluir contaminación es cada vez más escasa a medida que éste se acerca a la desembocadura.

- **DUREZA** Como resultado de mezclas complejas y variables de aniones y cationes, el calcio y el magnesio son los elementos más comunes, procedentes de un gran número de productos industriales que en zona urbana van a las aguas de los ríos, Lili, Cañaveralejo, Meléndez Aguacatal y Cali.

5.5.2. COMPONENTES ORGÁNICOS QUE MÁS INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL TERCER TRAMO:

- Arsénico
- Amoniaco
- Bario
- Berilio
- Cadmio
- Cianuro
- Cromo
- Bromo
- Floruros
- Plomo
- Níquel
- Mercurio
- Plata
- Nitritos
- Nitratos
- Sodio
- Selenio

464

5.5.3. COMPONENTES ORGÁNICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE AGUAS Y LA SALUD

- Aldrin
- Dieldrin
- Bencenos
- Benzopirenos
- Clorobencenos
- Cloroformo
- D.D.T
- 2.4 D.
- 1.2 Dicloroetano
- Heptacloro
- Hexaclorobenceno
- Pentaclorofenol
- Tetracloruro-C
- Trihalometanos

5.5.4. MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN LAS AGUAS

FIEBRE TIFOIDEA	Bacteria Salmonella Typhi
SALMONELOSIS	Bacteria Salmonella
COLERA	Bacteria VIGRIO CHOLERAEE
DIARREAS GASTROENTERICAS	Bacterias ESCHERICHIA COLI
HEPATITIS	Virus HEPATITIS ABC
POLIOMELITIS	Virus SALIK o POLIO

DISENTERIA
GIORDIASIS

Bacteria ENTAMOEBAS HYSTOLITICA
Protozoo Siardia Intestinalis

Agentes comúnmente presentes en las aguas que los ríos: Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali, al desembocar al río Cauca.

466

AMS

Angela María Salazar M.
Consultora

DISENTERIA

Bacteria ENTAMOEBA HYSTOLITICA

GIORDIASIS

Protozoo Siardla Intestinalis

Agentes comúnmente presentes en las aguas que los ríos: Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal y Cali, al desembocar al río Cauca.

PARTE B

RED DE MONITOREO 1, 2 Y DE ALERTAS

468

AMS

Angela María Solazar M.
Consultora

6. OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

6. OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

La creación e instalación de la red de monitoreo fue propuesta por el DAGMA como la opción para analizar y tener un registro permanente del comportamiento y las condiciones de calidad de los ríos de Cali, que por ser objeto de diferentes usos presentan características especiales y son afectados por el mal manejo dado por las instituciones y la comunidad a lo largo del tiempo, cuando se consideraba la oferta de agua como suficiente para abastecer toda la población caleña independiente de las tasas de crecimiento. Se plantean entonces los siguientes objetivos:

1. **CONOCER EL ESTADO DE LOS RÍOS.** La calidad de los ríos se considera importante como indicador para medir el bienestar de las comunidades, así como la disponibilidad de agua en el tiempo.
2. **ATENDER EMERGENCIAS OPORTUNAMENTE:** La disponibilidad de información confiable sobre el comportamiento de los ríos facilita las acciones de prevención y atención de la población que habita en las áreas cercanas a los ríos que presentan variaciones significativas del caudal en el tiempo.
3. **SUMINISTRAR INFORMACIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LOS PROYECTOS AMBIENTALES:** Las inversiones del municipio deben ser evaluadas a través de indicadores de eficiencia que muestren los

cambios presentados en el recurso que ha sido objeto del gasto institucional.

4. IDENTIFICAR EN TIEMPO REAL LAS CONDICIONES DEL

RECURSO: El sistema de análisis de la calidad de agua constituido en red facilita la posibilidad de identificar claramente el estado del río con relación a la presencia de contaminantes, las concentraciones y las tendencias en el tiempo.

Las metas planteadas con la construcción de una red de monitoreo de entradas y salidas de agua de la ciudad permiten a las instituciones comprometidas con la protección y conservación del recurso hídrico tomar decisiones basadas en hechos y datos sobre el futuro de los ríos a través de las inversiones y la implementación de planes de manejo. Es importante anotar que las inversiones realizadas en las cuencas y representadas en posibles cambios en las variables fisicoquímicas, deben ser organizadas a través de indicadores bajo el modelo de Presión, Estado, Respuesta.

7. SISTEMAS DE MONITOREO

7.1. PRESENTACIÓN

Un sistema de monitoreo es un conjunto de puestos de observación donde se encuentran instrumentos que sirven para medir los elementos Meteorológicos, Climáticos y de Calidad, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico y de los recursos naturales, en las diferentes zonas del territorio regional, nacional y el intercambio internacional.

Estos sistemas de monitoreo pueden estar compuestos por estaciones meteorológicas, climáticas y de calidad, que a su vez pueden ser convencionales y automáticas, las cuales se diferencian en el tiempo de respuesta de cada una de ellas. Mientras que la primera requiere de una logística para recolección y edición de datos de manera manual, la estación automática garantiza la información de datos en tiempo real, optimizando la toma de decisiones.

7.2 CLASIFICACION SEGÚN EL TIEMPO DE RESPUESTA

7.2.1 ESTACIONES CONVENCIONALES

Estas estaciones permiten obtener la información ambiental de manera continua en instrumentos equipados con registradores. Dichos registros son colectados, procesados y evaluados días después de realizadas las mediciones. Son ideales para tener registros históricos del comportamiento meteorológico y climático, con lo que le permite a las entidades de control ambiental, predecir su comportamiento en el tiempo y tomar acciones preventivas con base en esas predicciones. Estas estaciones miden parámetros como brillo solar, velocidad y dirección del viento, precipitación, etc.

7.2.1.1 Estaciones Meteorológicas.

De manera general, son aquellos puestos de observación que se utilizan para determinar y medir los cambios ocurridos en la atmósfera terrestre. Se clasifican en:

Pluviométricas: Miden el total de la precipitación atmosférica en un período de tiempo dado (24 horas).

Pluviográficas: Registran en forma continua la precipitación para determinar la intensidad, duración y el total de las lluvias.

Meteorológicas Especiales: Se utilizan para medir eventos especiales tales como las temperaturas extremas y la humedad relativa. La mayoría de ellas hacen parte de la denominada Red de Heladas en sitios ubicados por encima de los 2.000 metros sobre el nivel del mar.

Climatológicas Ordinarias: Miden en forma continua y por observación directa, los parámetros relacionados con la temperatura, humedad, evaporación y precipitación.

Climatológicas Principales: Están establecidas para medir por observación los parámetros meteorológicos relacionados con la precipitación, evaporación, recorrido del viento, radiación solar, punto de rocío, cantidad de horas de sol, temperaturas sobre el suelo a 5 y 10 centímetros de altura, dirección y recorrido del viento, temperaturas del ambiente máxima, mínima, seca y húmeda y la humedad relativa.

Agrometeorológicas Principales: Miden en forma continua y por observación los parámetros meteorológicos relacionados con la precipitación, evaporación, recorrido del viento, radiación solar, punto de rocío, cantidad de horas de sol,

temperaturas máximas y mínimas del suelo a 5, 10, 20, 50 y 100 cm, temperaturas sobre el suelo a 5 y 10 centímetros de altura, dirección y velocidad del viento, temperaturas del ambiente máxima, mínima, seca y húmeda, la humedad relativa y la evapotranspiración.

Sinópticas Suplementarias: Miden en forma continua y por observación los parámetros meteorológicos relacionados con la precipitación, dirección y velocidad del viento, temperaturas del ambiente máxima, mínima, seca y húmeda y la presión atmosférica de los aeropuertos donde se encuentran instaladas.

Sinópticas Principales: Miden en forma continua y por observación los parámetros meteorológicos relacionados con la precipitación, dirección y velocidad del viento, temperaturas del ambiente máxima, mínima, seca y húmeda y la presión atmosférica de los aeropuertos donde se encuentran instaladas.

Radiosonda: Registra en un equipo receptor en tierra, los datos de presión, la temperatura y humedad en un corte vertical de la atmósfera, desde la superficie hasta unos 30 kilómetros de altura, aproximadamente, enviados por un equipo provisto de los sensores correspondientes y sistemas electrónicos de transmisión, el cual es llevado al espacio por un globo inflado generalmente con hidrógeno. Además, por las diferentes posiciones del globo en su ascenso se pueden calcular la dirección y velocidad del viento.

7.2.1.2 Estaciones Hidrológicas.

Son aquellos puestos de observación donde se encuentran instaladas miras hidrométricas o registradores de nivel. Se clasifican de manera general en:

Limnimétricas: Disponen de reglas graduadas o limnímetros que sirven para determinar el nivel de un río o fuente de agua. Por lo general disponen de un sistema de paso de una orilla a la otra para medir mediante molinete o

correntómetro la velocidad y profundidad del cauce para la determinación de los caudales.

Limnigráficas: Además de poseer los elementos de medida de una estación limnimétrica, tienen una estructura especial donde se ubica un registrador continuo de niveles.

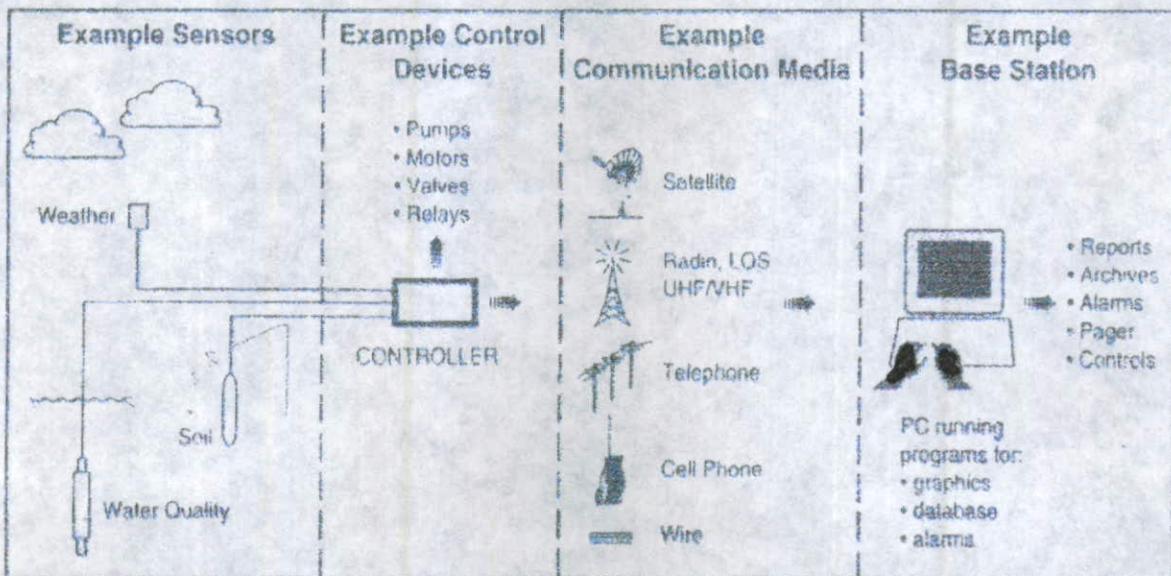
7.2.1.3 Estación Meteorológica Marina.

Registra en forma continua la variación del nivel del mar. Se mide también la temperatura y densidad del agua de mar.

7.2.2 ESTACIONES AUTOMATICAS.

Estas estaciones permiten obtener la información ambiental en tiempo real, la cual es procesada y enviada vía modem, celular o satélite a la Oficina de Control Central. Estas estaciones miden parámetros como velocidad y dirección del viento, precipitación, radiación solar, temperatura, humedad relativa, nivel de agua, calidad de aire y calidad de las aguas superficiales. En la Figura No. 7.1, se puede observar el esquema integrado de la instalación de una estación de monitoreo continua.

Figura No. 4.1 Sistema Integrado de una Estación de Monitoreo Continua



Fuente: Catalogo HYDROLAB. Water Quality Instrumens.

De la figura se observa que los sistemas integrados de monitoreo, son flexibles en cuanto a su configuración, la cual depende de : las necesidades de evaluación de la entidad administradora del recurso, tiempo de respuesta de las mediciones, disponibilidad de líneas de energía y teléfono en los sitios de evaluación, señal de satélite, seguridad, etc.

Es decir, una estación automática puede medir instantáneamente parámetros meteorológicos y climáticos, parámetros de calidad de agua y suelo. Estos a su vez pueden ser almacenados en diferentes mecanismos de memoria de datos, para su posterior transmisión vía satélite, teléfono o radio hasta la Oficina de Control Central, donde por medio de software especiales, se le permite al operador interactuar con el sistema y generar reportes sobre el comportamiento de los parámetros en el recurso no renovable evaluado y sobre la activación de sistemas de alertas para prevención de riesgos y catástrofes que afecten directamente a la comunidad.

7.2.3 ESTACIONES EXISTENTES.

En el País existen un sin numero de estaciones meteorológicas, climáticas y de monitoreo de calidad de los recursos, convencionales y automáticas, que han sido instaladas y son administradas por diferentes entidades estatales y privadas como son el IDEAM, la Corporaciones Autónomas Regionales, empresas de servicios públicos entre otras.

Estas estaciones tienen como función principal, la colección de datos en tiempo real o no, de registros del régimen normal de los vientos, los ríos, la temperatura, las lluvias, etc, y determinar de esta manera su comportamiento en diferentes periodos del año.

Los datos obtenidos de las estaciones, deben ser validados conforme con la antigüedad, cantidad y calidad de los registros, de tal manera que esta información sea utilizada por las entidades propietarias y administradoras, en la definición mas

476

acertada y aproximada a la realidad de programas de prevención, mitigación y control de los recursos.

7.2.3.1 ESTACIONES EXISTENTES EN EL PAIS.

La red más importante de Estaciones Hidroclimatológica mas importante del país, es manejada por el IDEAM, el cual en el transcurso de su historia a retomado incluso los datos y manejo de muchas estaciones que en su momento fueron instaladas por las Corporaciones Autónomas Regionales. En el Figura 7.2 se muestra un esquema de la ubicación de estas estaciones a nivel nacional.

7.2.3.2 ESTACIONES EXISTENTES EN LA REGION.

En el Departamento del Valle del Cauca, hay un sin numero de estaciones meteorológicas, climáticas y de monitoreo de calidad de los recursos, convencionales y automáticas, que han sido instaladas y son administradas por diferentes entidades estatales y privadas como son el IDEAM, la CVC, el DAGMA y CENICAÑA entre otras.

7.2.3.2.1 Estaciones Hidrológicas.

Conforme con los alcances del proyecto de implementación de la Red de Monitoreo para el Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, hacemos una mención especial sobre las estaciones hidrológicas existentes en los ríos de jurisdicción del municipio, las cuales son de propiedad y administración de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC.

En la Tabla No. 7.1, se registra el nombre de la estación, la cuenca a la que pertenece, su ubicación geográfica, la fecha de instalación y suspensión, y finalmente el tipo de estación. En dicha tabla se encuentran definas las categorías de las estaciones como sigue:

- ☛ PG : Estación pluviográfica, para la determinación de los niveles de precipitación en las cuencas.
- ☛ PM : Estación pluviométrica, para la determinación de los niveles de precipitación en las cuencas.
- ☛ LG : Estación Limnigráfica, para la determinación de los niveles del agua en los ríos.
- ☛ LM : Estación Lmnimétrica, para la determinación de los niveles del agua en los ríos.
- ☛ CO : Estaciones Climatológicas, para la determinación de precipitación, dirección y velocidad de vientos, humedad relativa, etc.
- ☛ CA : Estaciones de Climatológicas y de Calidad, para la determinación de precipitación y calidad del agua

El conocer la ubicación geográfica y el tipo de estaciones hidrológicas y climatológicas dentro de las cuencas en estudio, facilita la definición de ubicación de algunos puntos de medición de la Red Hídrica.

El ubicar una estación de monitoreo automática en algunos de los puntos de instalación de las estaciones existentes de la CVC, tiene muchas ventajas, a saber:

- ☛ Los puntos de monitoreo ya han sido ampliamente estudiados y definidos en cuanto al área transversal, registros de niveles históricos de los ríos, niveles de precipitación, etc.
- ☛ Cuentan con infraestructura física disponible, a partir de las cuales sería mas económico conectar las estaciones automáticas del DAGMA.
- ☛ Se tienen otorgados los permisos de ubicación de las estaciones en los predios donde se vayan a instalar.

- ☛ Se tiene realizado el levantamiento de la Posición Geográfica Global (GPS), ósea que los puntos de medición, ya cuentan con coordenadas geográficas.
- ☛ Son puntos que llevan mucho tiempo de ubicados y aun existen, lo que garantiza estabilidad estructural y mínimos riesgos de destrucción a causa de crecidas e inundaciones.
- ☛ Se podría optimizar el recurso de personal, ya que el mismo equipo de trabajo de campo, podría encargarse de las labores de mantenimiento y operación de las dos estaciones CVC y DAGMA.

Para poder tener acceso a estos sitios de monitoreo y a sus instalaciones, es necesario que entre las Direcciones de las dos entidades de control ambiental CVC y DAGMA, definan y firmen algún tipo de convenio de transferencia de información de la cual ambas entidades pueden favorecerse.

El convenio que se propone realizar entre estas entidades estatales, debe considerar que ambas instituciones coincidan en la necesidad de profundizar en la definición y aplicación de políticas y directrices para la protección de los recursos hídricos del municipio, a fin de preservar los bienes y servicios que éstos brindan a poblaciones, actividades productivas y al mantenimiento de la calidad de la vida de los ecosistemas naturales involucrados.

Las definiciones generales que se proponen a las instituciones partícipes, para avanzar en el proceso son:

- ☛ Profundizar los acuerdos existentes a fin de alcanzar consenso bilateral para definir mecanismos de coordinación institucional que permitan la realización de las actividades que se proponen en las Cuencas y para el intercambio de información y experiencia entre las instituciones.

- ☛ Definir el interés de ambas instituciones, en la clasificación de los cursos y cuerpos de agua de la región, en función de "usos considerados" y calidad deseable, e intercambiar puntos de vista al respecto a convenir en una clasificación de los cuerpos de agua de las Cuencas.

- ☛ Avanzar en la zonificación ambiental de la Cuenca, con identificación de la capacidad de uso de la tierra, con metodologías que permitan su correlación analítica. Identificar los ecosistemas críticos a ser preservados o restaurados, así como las áreas y actividades potencialmente adversas para la calidad del agua.

480

Figura 7.2 - Esquema de ubicación de estaciones del IDEAM a nivel nacional.

TABLA

ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS C.V.C CORP. AUTÓNOMA REGIONAL

CUENCA	NOMBRE	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)	FECHA DE INICIO	FECHA DE SUSPENSION	CATEGORIA
AGUACATAL	AGUACATAL	CALI	3.29	76.37	1649	71/03/1		PG
AGUACATAL	MONTEBELLO	CALI	3.29	76.33	1260	69/07/1		PM
AGUACATAL	SAN PABLO	CALI	3.30	76.27	1871	68/12/1		PM
AGUACATAL	VILLA ARACELY	CALI	3.31	76.37	2040	81/03/1		PG
CALI	BOCATOMA	CALI	3.27	76.34	997	48/01/1		LG
CALI	BOMBOS	CALI	3.27	76.31	989	71/07/1	79/12/1	LG
CALI	BRASILIA	CALI	3.26	76.39	1864	65/05/1		PG
CALI	COLEGIO SAN LUIS	CALI	3.28	76.33	1053	35/01/1		PG
CALI	LA LEONERA	CALI	3.26	76.39	1869	53/10/1	91/05/1	PM
CALI	LA TERESITA	CALI	3.27	76.40	1950	68/12/1		CO
CALI	PLANTA RIO CALI	CALI	3.26	77.03	1070	53/10/1		PG
CALI	VIVERO CALI	CALI	3.28	76.31	980	90/01/1		PM
CALI	FLORALIA	CALI				98/10/1		CA
CANAL NAVARRO	AGUABLANCA	CALI	3.25	76.29	980	64/06/1	69/07/1	PM
CANAL NAVARRO	CANAL NAVARRO	CALI	3.23	76.30	954	73/04/1	85/03/1	LG
CAÑAVERALEJO	CAÑAVERALEJO	CALI	3.25	76.35	1056	68/02/1		PG
CAÑAVERALEJO	COLEGIO SAN JUAN B.	CALI	3.27	76.32	1000	60/04/1		PG
CAÑAVERALEJO	EDIFICIO C.V.C	CALI	3.24	76.33	985	84/03/1		PG
CAÑAVERALEJO	EL DESCANSO	CALI	3.24	76.35	1172	69/02/1	91/07/1	PM
CAÑAVERALEJO	EL FARO	CALI	3.25	76.36	1816	68/01/1	84/04/1	PM
CAÑAVERALEJO	EL JARDIN	CALI	3.25	76.34	997	74/04/1		LG
CAÑAVERALEJO	LAS BRISAS	CALI	3.24	76.36	1228	69/02/1		PM
CAÑAVERALEJO	LOS CRISTALES	CALI	3.26	76.35	1312	69/02/1		PM
CAUCA	HORMIGUERO	CALI	3.18	76.29	955	62/01/1		LG
CAUCA	PASO DEL COMERCIO	CALI	3.29	76.29	947	77/01/1	88/12/1	LG
CAUCA	PLANTA RIO CAUCA	CALI	3.27	76.30	956	60/03/1		PG
LILI	CANASGORDAS	CALI	3.21	76.32	1000	82/11/1	94/08/1	LG
LILI	LA LADRILLERA	CALI	3.22	76.35	1180	82/11/1		PG
LILI	PASOANCHO	CALI	3.22	76.32	989	94/08/1		LG
LILI	PTE. FERROCARRIL	CALI	3.21	76.32	1050	54/01/1	64/06/1	LG
MELENDEZ	ALTO IGLESIAS	CALI	3.22	76.38	1705	81/02/1		PG
MELENDEZ	CALLE QUINTA	CALI	3.22	76.33	996	82/11/1		LG
MELENDEZ	COREA	CALI	3.21	76.40	2580	64/12/1	86/02/1	PM
MELENDEZ	LA FONDA	CALI	3.23	76.36	1298	64/12/1		PM
PANCE	COMFAMILJAR	CALI	3.18	76.33	990	78/01/1	92/01/1	LM
PANCE	EL GUANABANO	CALI	3.20	76.37	1365	81/02/1	90/01/1	PG
PANCE	EL TOPACIO	CALI	3.19	76.39	1678	64/12/1		CO
PANCE	LA ARGENTINA	CALI	3.20	76.40	1794	71/11/1		PG
PANCE	LA VORAGINE	CALI	3.19	76.35	1000	62/03/1	69/07/1	LG

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. División de Monitoreo Ambiental.

8. DESCRIPCION DE LA RED DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO.

8.2 OBJETIVOS.

El proyecto de Implementación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, tiene como principales objetivos :

- Obtener información climatológica y de niveles de corrientes de agua en tiempo real, para su aplicación en el modelo de simulación hidrológica Lluvia-Caudal para la cuenca del río Cali.
- Posibilitar la detección temprana de eventos hidrológicos extremos en las cuencas monitoreadas por el DAGMA y de jurisdicción del municipio.
- Suministrar los datos necesarios para comunicar las alertas correspondientes de prevención a los posibles desbordamientos del río Cali, en coordinación con la Oficina Regional de Atención y Prevención de desastres y los comités locales de emergencia.
- Establecer un sistema automático de calidad de las aguas que permita obtener en tiempo real la información sobre la calidad de este recurso, para poder establecer de manera clara el manejo de las cuencas, la limitación de los vertimientos contaminantes y su depuración en origen, ya sean industriales, agropecuarios o urbanos.
- Posibilitar la transmisión de la información a otros sistemas hidrometeorológicos que operan bajo el sistema satelital GOES.

Para el logro de estos objetivos, el proyecto de implementación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico, definió la realización del:

- ☛ Diseño del sistema de monitoreo **Red 1 o Red de Salidas**. En esta red se tendrá en cuenta la determinación de parámetros de cantidad y calidad de las aguas a la salida del municipio de Santiago de Cali.
- ☛ Diseño del sistema de monitoreo **Red 2 o Red de Entradas**. En esta red se tendrá en cuenta la determinación de parámetros de cantidad y calidad de las aguas a la entrada al municipio de Santiago de Cali. Adicionalmente, se incluirá una **Red Alertas** y lluvias en las cuencas, para la aplicación del modelo lluvia caudal.
- ☛ Implementación del modelo Lluvia – Caudal en las cuencas, con el cual se podrá predecir de una manera muy objetiva y veraz, la presencia de inundaciones en la parte baja de la cuenca.

Conforme con los objetivos planteados en los términos de referencia del proyecto y con base en visitas y recorridos realizados a lo largo de todas las cuencas, los consultores confirmaron la necesidad de implementar una red de monitoreo Climatológica para el sistema de alertas, la cual determinará parámetros de cantidad de las aguas a la entrada de la ciudad de Santiago de Cali. Esta **Red de Alertas** funcionará a través de la operación de Estaciones Climatológicas, y de la interacción con la Red No.2, la cual se detallará a mas adelante, de tal forma que la obtención paulatina de datos climatológicos permita la modelación hidrológica de la cuenca y la calibración de la misma

En la parte alta de las cuencas, se ubicará la **Red de Alertas**, cuya única finalidad será la medición de la cantidad de lluvia (precipitación); valores que serán alimentados en el modelo lluvia caudal, permitiendo de esta manera disponer de mas tiempo en la difusión de los estados de alerta por parte de la Oficina de

484

Control Central del DAGMA a la Oficina Regional de Atención y Prevención de desastres y los comités locales de emergencia.

8.3 MANEJO DE LA INFORMACIÓN GENERADA EN LA RED.

La red de monitoreo del Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, suministrará una fuente objetiva de información para responder preguntas que cuestionan la adecuada administración del recurso y adicionalmente suministrará las bases para mantener informada a la administración (DAGMA) a lo largo del proceso de la toma de decisiones, ya que un adecuado monitoreo de los recursos hídricos se necesita a muchas escalas: la Cuenca, la Región, el Departamento y el Estado.

Para realizar una adecuada gestión sobre el recurso agua, los administradores o entidades reguladoras deben llevar a cabo acciones de gestión o planes de acción que estén íntimamente ligados con un programa de monitoreo, estos son:

Acciones de gestión:

- ☛ Identificación del problema.
- ☛ Análisis de las opciones de la gestión.
- ☛ Selección del plan de acción.
- ☛ Diseño y ejecución de los programa de prevención, mitigación o control.
- ☛ Evaluación de la efectividad de los programas.
- ☛ Realización de ajustes al plan de acción.

Propósitos de los monitoreos:

- ☛ Determinar las condiciones de la calidad del agua.
- ☛ Caracterización de la existencia y surgimiento de problemas ambientales por tipo, magnitud y extensión geográfica.

- ☛ Suministrar las bases para el diseño y operación de los programas de prevención de la contaminación de las aguas, mitigación y administración de los recursos.
- ☛ Suministrar las bases para la evaluación y cumplimiento de la efectividad de los programas.
- ☛ Suministrar las tendencias en el tiempo, que den las pautas para la revisión y ajuste de los planes de acción.

Un proceso metodológico en sus diferentes etapas se puede observar en el esquema de la Figura No.8.1, en el cual se observan las etapas de Gestión y Propósitos de los monitoreos.

Históricamente, algunas preguntas han sido difíciles o imposibles de responder, especialmente a las escalas regionales y nacionales, pero con unas adecuadas acciones de gestión, ligadas con un efectivo programa de monitoreo (Red Hídrica), se suministrará respuestas cuantitativas a las siguientes preguntas:

¿ Cual es la condición de las aguas superficiales de la región ?

¿ Donde, como, y por qué están cambiando las condiciones de la calidad del agua a través del tiempo?

¿ Dónde se están presentando los problemas relacionados con la calidad del agua? ¿ Qué esta ocasionando estos problemas?

¿ Están trabajando efectivamente los programas para prevenir, mitigar o controlar dichos problemas ?

¿ Están siendo satisfechas las metas y normas de la calidad del agua ?

En la fase inicial del proyecto de implementación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, se generara información sistemática sobre la calidad de las aguas de las cuencas que recorren el municipio, a la que accederán todas las entidades estatales que comparten la responsabilidad del manejo de las cuencas e identificar todos los factores que determinan esa calidad.

El mecanismo que aportara esta información será la instrumentación y ejecución del programa de monitoreo de la calidad del agua, con el cual le permitirá a las instituciones encargadas del recurso, proponer, definir y acordar, los usos a dar a los diferentes cuerpos de agua de las cuencas. La calificación " por usos " de los cuerpos de agua, permitiera resolver los conflictos que por su utilización se plantean, o pueden plantearse, entre los diferentes sectores sociales y productivos interesados en su utilización.

8.4 DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS DE LA INFORMACIÓN.

En las 3 últimas décadas, en la región se han llevado a cabo varios programas de monitoreo de las aguas superficiales, contratados por el DAGMA y la CVC, los cuales han arrojado una gran cantidad de datos, muchos de ellos no han sido analizados de manera veraz y confiable, por lo tanto no suministran a los administradores y reguladores del recurso agua, la información necesaria para dirigir sus esfuerzos a responder las preguntas listadas arriba.

Una explicación a esta falta de análisis de datos, es la ilimitada apreciación del uso del recurso, por un sin numero de usuarios de la información de la calidad del agua.

En realidad, la información de los monitoreos realizados al recurso agua, es usada por una gran variedad de entes, tales como los gobiernos municipal, departamental y estatal, legisladores, reguladores y administradores de los

recursos naturales, adicional a estos, esta la industria privada, las instituciones educativas, científicos y el publico en general.

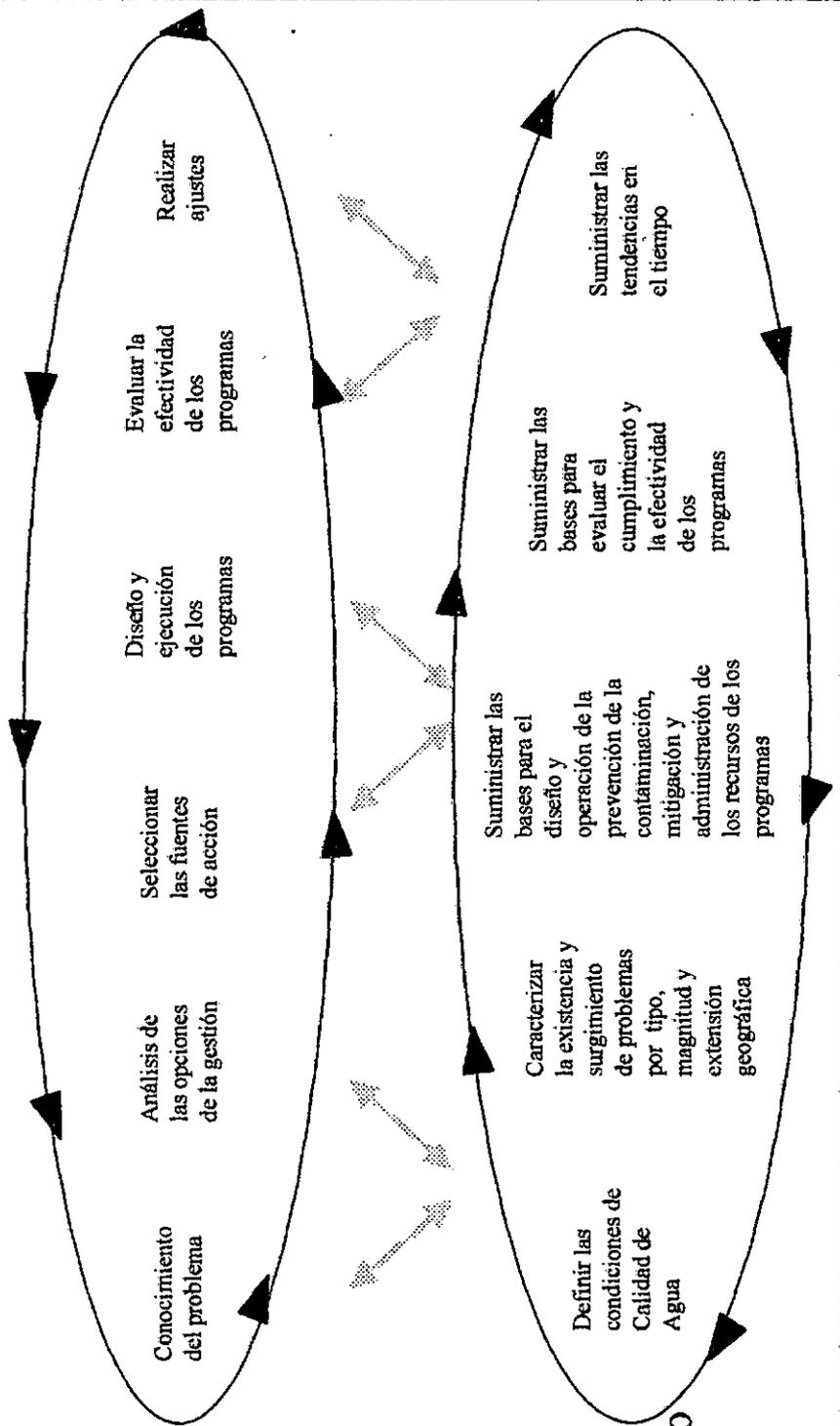
Entre los usos y usuarios de la información hidrológica y de calidad del agua que la red generará, se incluyen los siguientes:

1. Comunidad. Utilizan la información para comprender la potencialidad de los riesgos ambientales y de esta manera ejercer una gestión ambiental a través de un comportamiento responsable.
2. Legisladores. Les permite desarrollar metas, políticas y programas relacionados con la calidad del agua y evaluar el progreso en la ejecución de dichas metas.
3. Reguladores. La enfocan a planear, operar y evaluar los programas; proteger la salud publica, el hábitat acuático y la fauna poblacional. Con base en ellas determinan las normas de calidad de agua y evalúan que estándares estén siendo satisfechos, adicionalmente, les permite llevar a cabo las acciones apropiadas cuando así se requieran.
4. Administradores de los recursos. Utilizan la información para desarrollar los planes y políticas que apoyan las decisiones operacionales, resolver las disputas sobre el uso del agua y evaluar el éxito de los programas.
5. Municipalidad e industrias. Con base en la información obtenida, planean y administran el abastecimiento y la manera de descarga sobre el recurso agua. Adicionalmente, les permite identificar los sitios para desarrollo, conservación y otros propósitos. Les da las pautas para ejecutar programas de cumplimiento de las normas y requerimientos de la calidad del agua.
6. Grupos ambientales. Utilizan la información para evaluar los programas y políticas del Gobierno Nacional y Local, identificando los problemas que necesitan ser dirigidos.

FUENTE: Science For Changing World - USGS. The Strategy for Improving Water - Quality Monitoring in the United States.

Figura No. 5.2 PASOS PARA IDENTIFICAR Y CORREGIR PROBLEMAS

DE CALIDAD DE AGUA



- 489
7. Científicos. Con base en la información del recurso agua, mejoran la comprensión de la relación entre los procesos y las condiciones ecológicas, químicas, físicas, biológicas e hidrológicas.

8.5 GENERALIDADES DE LA RED DE MONITOREO.

El proyecto de implementación de la Red de Monitoreo para el Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, considera estaciones provistas de instrumentos de medición para parámetros como : Precipitación, nivel de agua y sensores de calidad del agua superficial (pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto y Turbiedad).

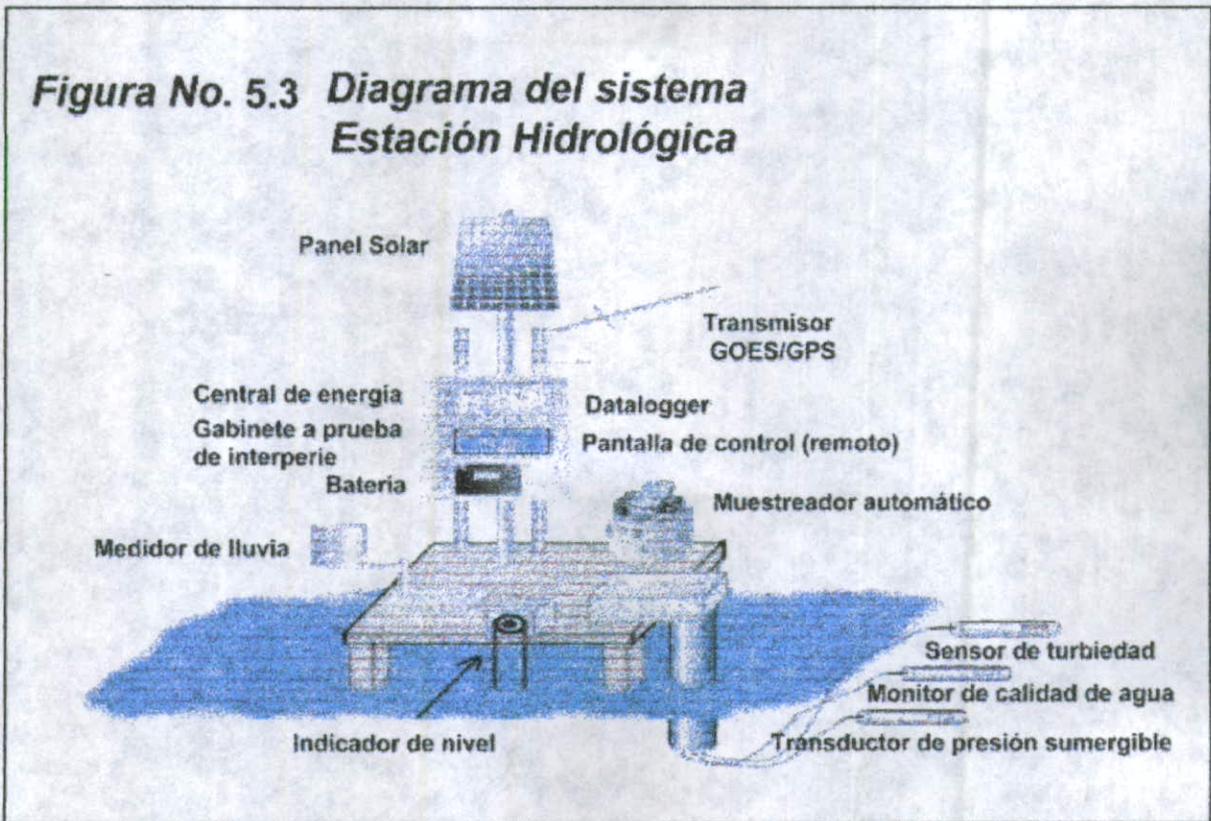
La determinación de que sean estaciones automáticas, se debe tomar principalmente debido a que la información colectada en los puntos de monitoreo, debe ser disponible de manera inmediata (tiempo real), debido a que los fenómenos climatológicos y el uso del suelo de las cuencas, impacta de manera directa e indirecta el cuerpo de agua superficial, poniendo en peligro la salud y vida de las personas que se abastecen del recurso o de las que se asientan en las riberas de los ríos.

Los datos obtenidos en tiempo real ayudan a las autoridades encargadas de la administración del recurso (DAGMA, CVC), tomar las medidas preventivas y correctivas que sean del caso, como respuesta a eventos extremos presentados en el comportamiento normal de los cuerpos de agua.

8.5.1 ESQUEMA BASICO DE LAS ESTACIONES.

Un esquema típico de una estación de monitoreo automática para evaluar la precipitación y la calidad del agua, se puede observar en la Figura No. 5.2.

Figura No. 5.3 Diagrama del sistema Estación Hidrológica



Con base en el esquema típico de una estación de monitoreo automática, se observan los diferentes sistema que la componen, a saber:

- ☛ Sistema de comunicación
- ☛ Sistema de transmisión
- ☛ Sistema de almacenamiento de datos
- ☛ Sistema de suministro de energía
- ☛ Sistema de montaje (plataforma)
- ☛ Sistema de Alertas (lluvia)
- ☛ Sistema de medición de nivel de agua
- ☛ Sistema de medición de parámetros de calidad de agua
- ☛ Sistema de toma de muestras de agua.

En un Capítulo más adelante, se hace una descripción más amplia de cada componente.

9. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO

Los criterios a tenerse en cuenta en el diseño de una red de monitoreo de calidad de agua son:

- ☛ Selección de los sitios de monitoreo
- ☛ Definición del tipo de estación (Fija o Móvil)
- ☛ Toma de muestras de agua y medición de parámetros.
- ☛ Frecuencia en la toma de datos.
- ☛ Parámetros a monitorear.
- ☛ Métodos de colección de datos.

9.1 OBJETIVOS DE LA UBICACIÓN DE REDES DE MONITOREO.

El establecimiento de estas redes de base, deben suministrar datos que permitan conseguir los siguientes objetivos:

- Establecer leyes de variación en espacio y Tiempo de los elementos del régimen hidrológico de las corrientes de agua, lo cual ofrece la posibilidad de obtener valores característicos del régimen hidrológico en otras secciones que carezcan parcial o totalmente de observaciones y mediciones hidrométricas directas.
- Reconstruir el régimen hidrológico natural de las corrientes en caso de que dicho régimen haya sido alterado por la utilización de las aguas.
- Determinar los elementos del régimen hidrológico en las secciones en que estén previstas obras hidráulicas de importancia ambiental y/o económica.
- Elaborar las previsiones hidrológicas necesarias para tomar medidas de defensa contra avenidas, inundaciones y otros eventos que puedan tener consecuencias catastróficas.

- Tomar las medidas necesarias para relacionar los programas de aprovechamiento de recursos hídricos de las diferentes entidades, de tal manera que se asegure la explotación racional de las aguas y el funcionamiento normal de las entidades de importancia nacional.

- Determinar elementos del régimen hidrológico de las corrientes de agua en donde dichas corrientes cruzan las fronteras nacionales o desembocan al mar.

A continuación se detallaran los criterios de diseño que se deben tener en cuenta en la implementación de una red de monitoreo de calidad de agua. Estos criterios se presentan de manera general, y mas adelante se retomaran para desarrollar de manera mas clara el Diseño de la Red Hídrica de la ciudad de Cali, en la que se incluye la **Red 1, Red 2 y Red de Alertas**.

9.2 INSTRUCCIONES PARA LA ELECCIÓN DE AREAS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS E HIDROGRAGIFAS.

9.2.1 Etapas para la Selección de los Sitios de Monitoreo.

La elección de sitios para ubicación de estaciones climatológicas y de calidad de aguas, comprende diversas etapas a saber:

- Actividades de oficina, las cuales comprenden la elección de tramos de corrientes de agua en los cuales se necesita ubicar las estaciones, teniendo en cuenta principios y consideraciones que indicaremos a continuación.

- Actividades de campo, comprende la elección de los sitios de ubicación de las estaciones, teniendo en cuenta las características del terreno y respetando en lo posible, los criterios que se indicaran mas adelante.

9.2.2 Elementos a Considerar en la Selección de los Sitios de Monitoreo.

Para alcanzar los objetivos anteriormente citados, las estaciones se deben ubicar teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- En función de las leyes de variación en espacio y tiempo de los elementos fisiográficos determinantes del régimen hidrológico.
- Aguas arriba y debajo de los tramos de las corrientes en los cuales la utilización de las aguas produce alteración del régimen hidrológico.
- En secciones de las corrientes que corresponden a la ubicación de futuras obras hidráulicas de importancia ambiental y/o económica, y también en las cuencas tributarias correspondientes, para intensificar el conocimiento de los respectivos regímenes hidrológicos.
- Aguas arriba y en las poblaciones, localidades y sitios de ubicación de obras hidráulicas expuestas a peligro de avenidas e inundaciones. Además, entre otros sitios las cuencas tributarias de los ríos principales, con el objetivo de prever, lo eventos anteriormente citados.

La elección de los tramos de las corrientes de agua efectuada según lo expuesto en apartes anteriores, no suponen mayores dificultades si se realiza de acuerdo con las posibilidades y necesidades concretas del terreno.

9.2.2.1 EN FUNCION DE ELEMENTOS FISIOGRAFICOS.

De manera general, para la elección de los tramos de las corrientes donde se han de ubicar estaciones climatológicas e hidrológicas, destinadas a determinar las leyes de variación del régimen hidrológico, debe hacerse de acuerdo con la

variación territorial de los principales elementos fisiográficos determinantes del régimen hidrológico. El nivel de aplicación de estos pasos y estudios debe ser tan riguroso, como la medida que los objetivos y alcances de la Ubicación de las estaciones, tiene su incidencia a nivel regional o nacional. Para el caso específico de la red en estudio, estos alcances se ven limitados al manejo del recurso en el radio de jurisdicción de la Ciudad.

➤ **PRECIPITACIÓN:** El primer elemento del régimen hidrológico cuya variación se necesita conocer para el resultado anteriormente mencionado, es la Precipitación. Por lo tanto es necesario el estudio de la variación de las precipitaciones medias anuales y mensuales para determinar las leyes de variación territorial y temporal de las precipitaciones medias, y sobre esta base, elaborar un mapa de las zonas de variación característica.

➤ La elección de tramos de corrientes de agua destinada a las futuras estaciones hidrométricas se hará para cada una de las zonas del mapa anteriormente indicado.

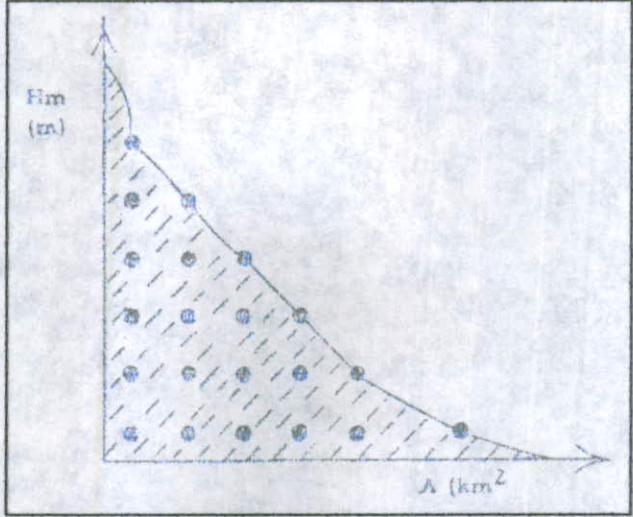
➤ **ELEVACIÓN:** En las zonas en las cuales el relieve tiene variación de altura, la elección de los tramos se realizará teniendo en cuenta la posibilidad de ajustar el campo de puntos elegidos, a un campo de puntos distribuidos conforme a la siguiente Figura¹, lo cual esta relacionado con la variación de las áreas y elevaciones medias de las cuencas hidrográficas de la respectiva zona. Al mismo tiempo, se tendrá en cuenta, como condición mínima, que la diferencia de nivel entre dos estaciones sucesivas no debe sobre pasar los 500 m.

De esta manera, los tramos elegidos, corresponden a cuencas hidrográficas caracterizadas por los valores de áreas y elevaciones medias que cubrirán

¹ Estaciones Fluviométricas y Las Instalaciones. Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, Bogota, Noviembre 1969.

aproximadamente toda la gama de variación posible dentro de la respectiva zona.

El Esquema de la Figura No.9.1 proporciona un ejemplo de cubrimiento con estaciones Fluviométricas en una zona de variación característica, en la cual el relieve tiene variación altitudinal.



Hm = Elevaciones Medias de las Cuencas Hidrográficas en msnm.

A = Área de las Cuencas Hidrográficas en Km².

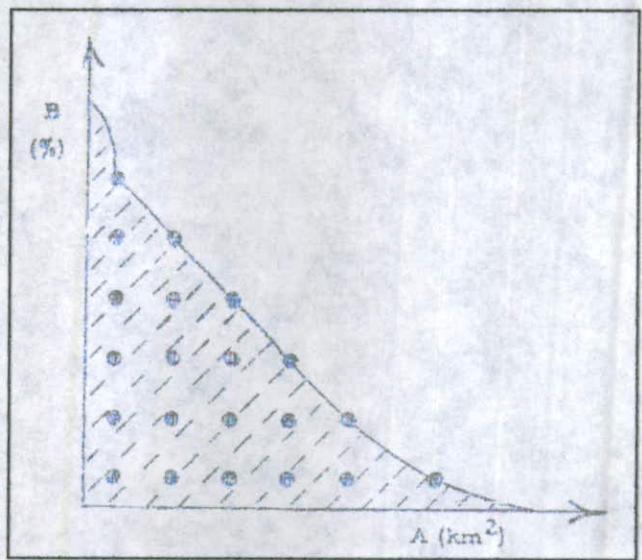
Figura 9.1

- En ciertas situaciones en las cuales es evidente la presencia de cuencas hidrográficas de características fisiográficas similares, siendo diferentes solamente algunos caracteres como serian índices de permeabilidad, el porcentaje de cubrimiento con bosque o la pendiente media, se elegirán en cada zona tramos suplementarios de corrientes de agua (por lo menos de 4 a 5) con el fin de determinar las posibles influencias generadas por la distinta variación territorial de estas características fisiográficas.
- Con el fin de determinar la variación específica, de los mas importantes elementos fisiográficos del régimen hidrológico es necesario elaborar mapas especiales. En este sentido, por ejemplo

apoyándose en los mapas pedológico, litológico y geológico, se necesita elaborar el mapa de las zonas en las cuales las condiciones litológicas superficiales se caracterizan por índices semejantes de permeabilidad.

- En las zonas en las cuales el relieve no tiene variación de altura, la elección de los tramos de corrientes destinadas a estaciones hidrométricas se deben realizar teniendo en cuenta la posibilidad de ajustar el campo de puntos elegidos, a un campo de puntos distribuidos conforme a la Figura No. 6.2, de esta manera los tramos elegidos corresponderán a cuencas hidrográficas caracterizadas por áreas y valores de índices de permeabilidad o porcentajes de cubrimiento con bosque u otro elemento principal del régimen hidrológico, que cubrirán aproximadamente toda la gama de variación de estos elementos en la respectiva zona.

El Esquema de la Figura No.9.2 proporciona un ejemplo de cubrimiento con estaciones Fluviométricas en una zona de variación característica, en la cual el relieve NO tiene variación altitudinal.



B% = Porcentaje de Cubrimiento con Bosque de las Cuencas Hidrográficas.

497

A = Área de las Cuencas Hidrográficas en Km².

FIGURA 9.2

9.2.3 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN.

Con base en Objetivos, características y criterios para la selección de los sitios de monitoreo, mencionados anteriormente, se construye el siguiente orden metodológico para la ubicación de las mismas:

9.2.3.1 PARA ESTACIONES FIJAS.

Como regla general, las corrientes superficiales con una longitud entre 40 a 80 kilómetros requieren de dos estaciones permanentes y las de mayor extensión, requieren de tres o mas estaciones. Las áreas con fuentes de contaminación diferentes y significativas y con problemas de calidad de agua, requieren la instalación o suministro de estaciones adicionales, bien sea permanentes o móviles, que permitan valorar la calidad del agua en los eventos de máxima descarga de contaminantes. Los sitios de monitoreo seleccionados, deben ser los que mejor representen las condiciones de calidad del cuerpo de agua.

Con el animo de aplicar los sistemas de trabajo indicados en los párrafos anteriores es necesario determinar los valores de los elementos morfológicos y fisiográficos genéticos principales del régimen hidrológico para todas las cuencas mayores de 100 Km² en los puntos característicos de la red hidrográfica (aguas arriba y debajo de las confluencias principales) y también en los puntos de interés hidrométrico (Estaciones, localidades importantes, sitios de obras hidráulicas etc.).

Todos Estos datos se incluirán en un catastro de datos morfométricos y fisiográficos de interés hidrológico, el cual debe contener los valores de los siguientes elementos:

- Área de las cuencas hidrográficas en Km².
- Elevación media de las cuencas en m.
- Longitud de las corrientes de agua en Km.
- Porcentaje de cubrimiento de bosque de las cuencas.
- Pendiente media.

Al aplicar estas metodologías se debe tener en cuenta que el número de estaciones no este por debajo de los límites indicados por la Organización Mundial de Meteorología - OMM para una red mínima². Para las condiciones de nuestro país, estos límites se muestran en la siguiente Tabla:

Cuenca o Grupos de Cuencas hidrográficas.	Km ² POR ESTACION	
	LLANOS	MONTAÑAS
Magdalena	1.000	700
Pacífico y Caribe	2.500	1.000
Orinoco y Amazonas	10.000	1.000

Además de la elección de los tramos de corrientes de agua conforme a los métodos indicados anteriormente, la actividad de oficina establece el análisis de mapas, la verificación de los tramos elegidos para que cumplan las siguientes condiciones:

- Ubicación cercana de una población.
- Fácil Acceso por las vías comunes de comunicación, esto con el fin de disminuir los costos durante la fase de construcción de las estructuras civiles e hidráulicas de las estaciones fijas de monitoreo, y para facilitar al personal de campo durante la fase de operación, desarrollar las rutinas de mantenimiento de las estaciones de monitoreo y calibración a los sensores de medición, colección de

² Proyecto de Organización de Redes de Hidrométricas en la cuenca Hidrográfica del Río Cauca. 1970.

las muestras recolectadas con el muestreador automático y su transporte hacia el laboratorio para que se realice los análisis correspondientes.

- Tramo de corriente recta, de orillas paralelas de por lo menos cinco (5) veces el ancho del cauce.
- Presencia de tramo de valle estrecho, con preferencia de una sección transversal de forma de "V" o de "U", sin zona inundable.
- Tramo de cauce sin irregularidades y obstrucciones, sin bloques de piedra, vegetación y de pendiente uniforme, poco fuerte y perfil longitudinal sin escalones, lo que asegura la regularidad del flujo de agua, sin remolinos ni turbulencias.
- Sección en la cual el régimen hidrológico natural no este influido por los aprovechamientos de aguas y obras técnicas (en el caso de estaciones elegidas para establecer las leyes de variación de los elementos del régimen hidrológico).
- Estabilidad en el lecho de la corriente, tanto en perfil longitudinal como en perfil transversal.
- Ausencia de confluencia con otras corrientes de agua en las cercanías, aguas arriba o abajo que pudieran producir remanso.

9.2.3.2 PARA ESTACIONES TEMPORALES.

Además de las estaciones hidrométricas fijas que constituyen las estaciones de base, se pueden instalar, en función de las necesidades, varias estaciones hidrométricas temporales.

- Los sitios de ubicación para estaciones temporales se eligen respetando los mismos principios que se tienen en cuenta para la ubicación de las estaciones de base.
- Las estaciones temporales tendrán programas de actividad intermitente que se ejecutarán de tal manera que ofrezcan datos suficientes para poder establecer las correlaciones con las estaciones de base, las cuales tendrán actividad continua, lo que permitirá la interpolación y la prolongación de las series de datos incompletos e insuficientes que se obtendrán de las estaciones temporales.

9.2.4 UBICACIÓN GEODESICA.

La ubicación de las estaciones de una manera geográficamente diferenciada, se denomina Ubicación Geodesica. Esta ubicación proporciona específicamente la determinación de puntos fijos de amarre para diversas actividades a ejecutar en el sitio, como lo son ubicación de estructuras, ubicación de equipos, georeferenciación, entre otras.

La elección de estos punto fijos de referencia se debe realizar de la siguiente manera:

- Puntos Geodésicos o de triangulación que se encuentren muy cerca de las estaciones, con distancias menores de 100 m o sean visibles por la luneta del instrumento topográfico, directamente desde las estaciones.
- Clavos metálicos que se implantan en construcciones fuertes y estables (Diques, puentes etc.) cercanos y visibles directamente desde las estaciones.
- Puntos fijos metálicos y de concreto que se implantarán con las condiciones ya mencionadas.

9.2.5 TRAMOS ARTIFICIALES.

En medida de lo posible, la construcción de secciones o tramos artificiales invariables de control será preferible a la de cualquier clase de instalación para las determinaciones de lamina de agua y velocidad. La decisión de construirlas se puede tomar en un futuro, para lo cual se debe tener en cuenta las condiciones morfométricas del cauce y las características del régimen hidrológico de la corriente de agua, de acuerdo a lo siguiente:

- Ancho del Cauce el cual es generalmente menor del máximo recomendado para tomar este tipo de medidas, 50 m.
- Profundidades medias de las aguas generalmente menores de 1 m.
- Régimen hidrológico con fase de estiaje que permita ejecutar obras civiles en el cauce de la corriente.

Los siguientes criterios se consideran en la selección de ubicación de sitios de monitoreo de la calidad del agua y por tanto, en los que se debería ubicar las estaciones de monitoreo.

9.2.6 LA CALIDAD DEL AGUA

En los tramos de los ríos en los que se presente diferentes variaciones de la calidad del agua o se presente áreas con alto potencial de contaminación, se deberá colocar estaciones de monitoreo. Esto permitirá coleccionar datos representativos de la calidad del agua en ese tramo de la cuenca. La aplicación de este criterio se basa en resultados cuantitativos o cualitativos con que se disponga y que hayan sido obtenidos de previos estudios hidrológicos y de calidad del agua de los ríos en estudio.

Para la evaluación de las fuentes de contaminación significativas, se ubicará las estaciones de monitoreo aguas abajo de las descargas, pero se debe tener en cuenta que la calidad del agua en estos sitios, no son representativos de las condiciones del cuerpo de agua, a menos que se realice el monitoreo aguas abajo y después del punto de mezcla.

9.2.7 SITIOS HISTÓRICOS.

Los datos de calidad de agua registrados en sitios históricos son muy útiles, ya que permiten evaluar el nivel de uso y deterioro del río en ese punto. La existencia de estos sitios, facilita la decisión de continuar con el monitoreo de la calidad del agua en esos puntos o de lo contrario cambiarlos hacia otros de mayor impacto.

De la misma manera sucede con los puntos ubicados para la medición de niveles de precipitación y niveles de agua, en los cuales se tiene registros de muchos años y son sitios que ya tienen montada toda una infraestructura para su operación, permitiendo disminuir costos durante la fase de construcción de las estructuras civiles e hidráulicas, debido a que ya se tiene adelantado algunos estudios de altimetría, topografía, etc.

9.3 DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN.

9.3.1 ESTACION FIJA.

Con la implementación de estaciones fijas se reporta en forma directa y continua (tiempo real), el comportamiento de la masa de agua que cruza a través de la sección donde esta ubicada la estación, durante el tiempo que se determine para su funcionamiento.

Estas estaciones fijas están compuestas tal como se mostró en la el esquema de la Figura 9.2., por:

- ☛ Sistema de comunicación
- ☛ Sistema de transmisión
- ☛ Sistema de almacenamiento de datos
- ☛ Sistema de suministro de energía
- ☛ Sistema de montaje (plataforma)

- ☛ Sistema de Alertas (lluvia)
- ☛ Sistema de medición de nivel de agua
- ☛ Sistema de medición de parámetros de calidad de agua
- ☛ Sistema de toma de muestras de agua.

9.3.2 ESTACION MOVIL.

De igual forma que para las estaciones Fijas, con la implementación de estaciones Móviles se reporta en forma directa y continua (tiempo real), el comportamiento de la masa de agua que cruza a través de la sección donde esta ubicada la estación.

Adicionalmente, presenta características adicionales como:

- Es posible caracterizar diferentes masas de agua de manera continua y por intervalos definidos de tiempo (generalmente cortos).
- Su ubicación se define en función de eventos extremos de contaminación presentes en los ríos o por el cumplimiento de programas de seguimiento y control en diferentes tramos de los ríos.

La composición básica de estas estaciones móviles es igual a las estaciones fijas, y solo difieren en el Sistema de montaje o plataforma, el cual en este caso es un vehículo, o una plataforma arrastrada por un vehículo, lo cual le da sus características de movilidad y facilidad de instalación en cualquier punto.

La definición de que el tipo de estación sea fija o móvil, básicamente se soporta en la necesidad y disponibilidad en la colección de los datos. Mientras que en la estación fija se reporta en forma directa y continua (tiempo real), el comportamiento del río durante mucho tiempo, con las estaciones móviles es posible caracterizar diferentes masas de agua de manera continua y por intervalos definidos de tiempo. Esta última característica de movilidad, representaría grandes vacíos de información si se pensará en monitorear solamente con estaciones

móviles. Es por esta razón que la adecuada operación del sistema requiere de tener las estaciones fijas con el apoyo operativo de las estaciones móviles.

- Para el proyecto se plantea la operación de dos (2) estaciones móviles, las cuales se deben ubicar por parte de la autoridad ambiental competente, de acuerdo con los criterios mencionados, y con los eventos relevantes en el momento del inicio de operaciones.

9.4 DEFINICIÓN DEL TIPO DE COMUNICACIÓN.

Las estaciones permiten obtener la información ambiental en tiempo real, la cual es procesada y puede ser enviada a la Oficina de Control Central, por diferentes medios:

- Vía MODEM.
- Celular
- Satélite.

En la Figura 7.1, se observó que los sistemas integrados de monitoreo, son flexibles en cuanto a su configuración, y que esta depende de las necesidades de evaluación de la entidad administradora del recurso con criterios como:

- Tiempo de respuesta de las mediciones.
- Disponibilidad de líneas de energía.
- Disponibilidad de líneas de teléfono.
- Señal de satélite.
- Disponibilidad de Recursos de Inversión.
- Seguridad.

Bajo estos puntos de análisis y para el caso específico de la red de la ciudad de Cali, aparece como la mejor opción la utilización de un medio satelital.

9.5 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS.

La medición de los parámetros físico químicos de un cuerpo de agua se deben realizar in situ, o de lo contrario, implementar un sistema de toma de muestras, que simule las condiciones del cuerpo de agua sin variar sus parámetros físicos.

9.5.1 TOMA DE MUESTRAS.

Para realizar la toma de muestras de aguas de los ríos y la correspondiente determinación de los parámetros físico químicos, se debe llevar a cabo el monitoreo en el centro de la masa de agua del río, ya que el monitoreo realizado en las riberas de los ríos son métodos poco aceptables, debido a que por lo general, las descargas contaminantes de diferentes fuentes, son vertidas hacia los ríos sobre las márgenes derecha o izquierda, lo cual no representaría la condición real del cuerpo de agua. Las características técnicas de la estructura diseñada para este fin, se observan en el Item de Diseño de Estructuras Hidráulicas y Civiles.

9.5.2 INSTALACION DE EQUIPOS.

La instalación de los equipos directamente sobre los cuerpos de agua (flotantes o fijos), con el objetivo de medir in situ los parámetros físicos químicos del agua por medio de sondas multiparamétricas u otros equipos, dependen circunstancialmente de la vulnerabilidad de los equipos en cuanto a:

- ☛ Variabilidad en el nivel del agua.
- ☛ Arrastre de material sólido.
- ☛ Ocurrencia de crecidas intempestivas.
- ☛ Inseguridad (expuestas a ser robados).
- ☛ Necesidad de mantenimiento.

☛ Otros.

9.5.3 CONDICIONES ESPECIALES DE MONITOREO.

En los sitios en los cuales se defina la ubicación de las estaciones de monitoreo (estaciones fijas) o en los tramos en los cuales se llegaran a ejecutar estudios especiales (estaciones móviles), se debe disponer de un sistema para medir el caudal del río, bien sea de manera automática (sensores de nivel), mecánica (molinetes) o por medio de lecturas en estaciones limnimétricas (miras) con sección conocida.

Estudios especiales pueden requerir que el monitoreo de datos y muestras se ejecute bajo algunas condiciones específicas, como por ejemplo monitorear a diferentes condiciones de clima (tiempo húmedo y seco). La red de monitoreo de calidad de agua debe incluir la colección de datos y muestras a diferentes condiciones de flujo y variaciones de caudal. Cuando la colección de la información sea lograda durante condiciones de flujo altas o bajas, se debe registrar la condición de flujo en la Bitácora de cada estación. También es importante incluir la severidad del flujo y los días transcurridos desde la última precipitación, esto es muy útil en la interpretación de los datos.

Las muestras colectadas para determinar metales presentes en el agua, no deberán ser realizadas durante periodos de turbiedad anormal (alta), ya que estas muestras son inestables en términos de metales solubles, lo que repercutirá en la representatividad de los análisis.

Las técnicas para la colección, preservación y análisis de las muestras de agua a utilizar, serán aquellas previstas en el "Standard Methods for Examination Water and Wasterwater de la American Water Work Association", las normas técnicas indicadas por la Organización Mundial de la Salud y los procedimientos estipulados en los protocolos del IDEAM que otro capitulo se definiran.

9.6 FRECUENCIA EN LA TOMA DE DATOS.

Para la operación de red de estaciones de monitoreo, en a toma de datos se deben definir diferentes frecuencias, a saber:

➤ Frecuencia en la toma de datos de la estación automática de monitoreo. Para el caso específico de las **Redes No.1 y No.2**, es frecuencia debe ser de Quince (15) minutos, con una transmisión a la central alrededor de las 3 horas. Esta frecuencia de transmisión se debe definir detalladamente, de acuerdo al protocolo final de comunicación y los permisos que se obtengan para la transmisión de datos. Estas frecuencias, así como los parámetros a monitorear, se retomarán en el Item de Definición de Parámetros a evaluar y Forma de Toma de Muestras para cada Red.

➤ Frecuencia para el desarrollo de los programas de monitoreo puntuales : Esta puede ser definida por la entidad administradora del recurso, quien de acuerdo con las necesidades y programas de seguimiento y control, variaran en las frecuencias de medición de manera diaria, semanal, mensual o una vez cada dos o tres meses, dependiendo del nivel potencial de descargas contaminantes sobre el cuerpo de agua y la importancia del río en términos de uso del recurso.

La frecuencia en la toma de muestras de agua para realizar parámetros específicos, también dependerá de la capacidad de recepción y análisis de las muestras por parte del laboratorio químico de la entidad o de uno subcontratado. Deberá considerarse realizar las campañas de monitoreo periódicamente y no de manera permanente, a fin de evitar costos fijos innecesarios.

9.7 PARAMETROS A MONITOREAR.

Los parámetros a ser determinados en el monitoreo de la calidad del agua, se conciben con la idea de realizar un seguimiento a los parámetros estipulados en la normatividad ambiental vigente del sitio de ubicación de la red de monitoreo de la calidad del agua, así mismo teniendo en cuenta características de la cuenca como

usos del suelo, actividades industriales entre otras, por tal razón deben definirse en función del objetivo específico del muestreo, los cuales pueden ser de dos tipos:

- ☛ Cuando el objetivo del muestreo es generar información sobre el estado de los ecosistemas (investigación), el número de parámetros a ser considerado debe ser el más amplio posible, de acuerdo con la limitante económica. Los parámetros determinados para evaluar el estado de los ecosistemas a través de la calidad del agua, se los define como "parámetros de investigación".
- ☛ Cuando se trata de coleccionar información para implantar acciones preventivas o correctivas y controlar impactos ambientales adversos (control), es recomendable emplear un número menor de variables. A estos parámetros se los ha denominado "parámetros de control" de la contaminación.

Los parámetros de investigación se analizan en puntos fijos y los parámetros de control en puntos móviles. En los puntos fijos se realiza la investigación de la calidad y en los puntos que pueden variar, se efectúa el control de la contaminación. El monitoreo de los parámetros de investigación indica cuales son los parámetros a ser utilizados para el control de la contaminación. Sin embargo, con la información que se tiene disponible a través de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C. y entidades privadas se establecen los planes de monitoreo en la fase inicial. Aunque es conveniente resaltar que esta información aún es insuficiente para orientar las decisiones sobre los parámetros de control de la contaminación que se proponen ; por tal razón estos parámetros se derivan del diagnóstico realizado a partir de la información disponible, pero podrán ser modificados al irse incorporando mayor información.

Admitiendo que la disponibilidad de información específica y de datos analíticos con respecto a las cuencas es limitada, debe apoyarse en los siguientes principios generales para alcanzar su finalidad:

- ☛ Para la investigación de la calidad del agua, deben realizarse conjuntamente análisis físico-químicos y biológicos en los puntos de muestreo fijos, tanto en la fase acuosa como en los sedimentos de fondo, con la finalidad de correlacionar los datos y lograr un mejor conocimiento de la realidad.
- ☛ La primer campaña de muestreo para evaluar la calidad del agua, por razones de incertidumbre, debe examinar el mayor número de variables por muestra, las que serán reducidas una vez que se disponga de información que oriente técnicamente a las campañas sucesivas.
- ☛ En la rutina de monitoreo a realizar posteriormente a la primer campaña, debe eliminarse el análisis de aquellos parámetros cuyos valores queden incluidos dentro de los niveles permisibles estipulados en la normatividad del sitio de evaluación, también se limitarán las muestras de aquellos parámetros en los que pocos análisis son suficientes para reflejar su estado.
- ☛ Al diseñar las campañas de tomas de muestras, por razones de economía, se debe tener presente que el costo de la colección de las muestras, en algunos casos puede ser superior al costo del análisis de laboratorio.
- ☛ Es necesario disponer de los datos de caudales al momento del muestreo, para la localización de los puntos de muestreo se tomará en cuenta la red hidrométrica existente, de forma tal que los datos de monitoreo se complementen con datos de caudal. De no existir estación hidrométrica, estos datos serán calculados en base a los parámetros del sitio seleccionado.
- ☛ En el control de la contaminación debe analizarse un número reducido de parámetros en puntos variables, donde se examinará la evolución de las características de calidad del agua. Se ampliará el número de puntos propuestos y la frecuencia del muestreo si fuese considerado necesario en el

proceso de análisis. Sin embargo, cuando se efectúe el monitoreo de puntos variables, debe siempre tomarse un mínimo de 20% de muestras provenientes de los puntos fijos, en la medida que éstos son puntos importantes como referencia y deben ser siempre considerados para relacionar información. Los puntos variables, detectan la vulnerabilidad de la calidad de las aguas superficiales y deben ser localizados en áreas donde se conoce o se sospecha la existencia de contaminación.

9.8 MÉTODOS DE COLECCIÓN DE DATOS.

Dos diferentes métodos de colección de datos de calidad del agua se pueden utilizar:

- ☛ Continuo: en el cual se realiza el monitoreo de las propiedades físicas del agua en forma directa y sin interrupciones en el tiempo. Este tipo de suministro de datos se domina de Tiempo Real.
- ☛ Periódico: la colección de datos se realiza de manera manual y las muestras de agua son analizadas en el Laboratorio. Este tipo de método de colección de datos se realiza para unos parámetros químicos específicos.

El monitoreo continuo y periódico, posibilita la identificación de las tendencias a cambios, tanto en las propiedades físicas y químicas de los constituyentes del agua.

En el monitoreo en tiempo real no se registran datos de metales, pesticidas u otros parámetros que pueden tener implicación sobre la salud de las personas y la población acuática, únicamente se relaciona datos de las propiedades físicas del agua, por lo tanto, se presenta la necesidad de desarrollar herramientas que relacionen las propiedades físicas monitoreadas continuamente, con los análisis periódicos de los constituyentes químicos.

El monitoreo en tiempo real de la calidad del agua, se realiza a unas propiedades específicas del agua como son: conductancia específica, pH, temperatura, turbiedad y oxígeno disuelto. Las concentraciones físicas del agua pueden ser relacionadas con concentraciones de iones disueltos. Un ejemplo claro, es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad (conductancia específica), la cual es afectada por la concentración del ion cloruro. El pH y la temperatura del agua son útiles indicadores de equilibrio químico y la turbiedad puede ser un indicador de la cantidad de sedimento y material en suspensión que es transportado por la corriente. El oxígeno disuelto a menudo es utilizado para evaluar la bioquímica del agua, ya que el oxígeno es requerido para la supervivencia de los peces y otra vida acuática.

Dado a que las condiciones hidrológicas de un vertimiento pueden afectar la variabilidad de muchos constituyentes químicos, las muestras de agua también pueden ser colectadas manualmente en un tramo determinado de la corriente de flujo. Estas muestras periódicas y eventuales de calidad de agua en el laboratorio para algunos constituyentes químicos específicos, incluyendo iones especiales, nutrientes, metales totales y disueltos, pesticidas seleccionados y bacterias.

En la Figura No. 9.3, se observa el esquema del municipio de Santiago de Cali y la distribución de la Red Hídrica: Red No.1, Red 2 y Red de Alertas.

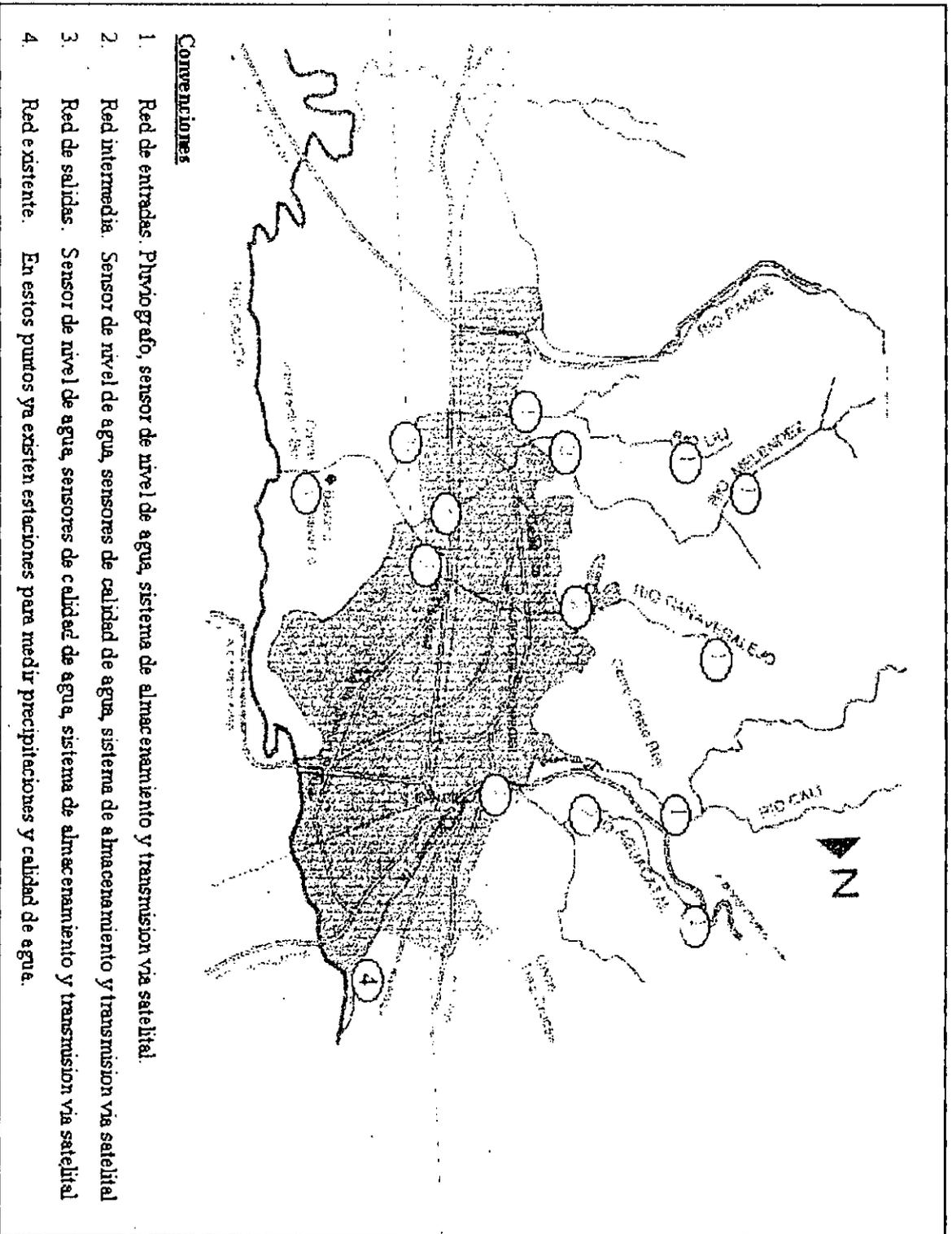


Figura No. 9.3 Esquema del municipio de Santiago de Cali y a distribución de la Red Hidrica: Red 1, Red 2 Y Red de Alertas.

Fuente: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA. La Ciudad de los Siete (7) Rios. Diciembre de 1997.

10. RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL RECURSO HÍDRICO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

10.1 DESCRIPCION

La Red de Monitoreo para el Recurso Hídrico del municipio de Santiago de Cali, define un sistema integrado continuo y en tiempo real, para el monitoreo de parámetros hidrológicos y de Calidad del Agua en los Ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Meléndez y Lili , en base a:

- a) Definición de un modelo lluvia caudal y sistema de alertas.
- b) Medición de parámetros físico químicos in situ.
- c) Toma de muestras en una red de puntos de monitoreo.
- d) Definición de la manera de transmisión de datos al centro de control.
- e) Actividades necesarias de realizar para el análisis de las muestras.
- f) Alternativas respecto a capacidades y requerimientos institucionales, que posibiliten su ejecución y la coordinación entre los mismos.

En principio, la red de monitoreo del recurso hídrico se ha definido como un sistema integrado de estaciones automáticas de monitoreo de parámetros hidrológicos y de calidad de aguas, el cual estará conformado de cuatro (4) tipos de redes a saber:

- **Red de Alertas** : estará conformada por estaciones automáticas fijas, las cuales estarán ubicadas en la parte alta de la cuenca y cuya función principal será la determinación y transmisión de parámetros climatológicos (precipitación) en tiempo real. Los datos registrados serán utilizados para la aplicación del modelo lluvia caudal, que en la fase de arranque y operación de la red, únicamente será desarrollado para el Río Cali. Conforme con la validación que se obtenga del modelo lluvia caudal, realizada a partir de la

colección de registros de precipitación y caudal en la red de monitoreo, se deberá implementar para los demás ríos de la ciudad.

• **Red de Entradas definida como Red No.2:** estará conformada por estaciones automáticas fijas, ubicadas a la entrada de los ríos a la ciudad. Su función principal es el registro y transmisión en tiempo real de parámetros hidrológicos (nivel de agua) y de calidad de agua in situ (pH, Temperatura, etc). Al igual que la Red 1, incluirán un sistema de toma de muestras automático, para la colección de muestras y posterior determinación de parámetros físico químicos en el Laboratorio. Los resultados obtenidos en esta red intermedia, dará las pautas para el desarrollo de programas de mejoramiento de usos de suelo en las cuencas y del manejo de las mismas.

• **Red de salidas definida como Red 1:** esta red al igual que la Red 2, estará conformada por estaciones automáticas fijas, las cuales se ubicaran en las salidas o en los puntos de descarga final de los ríos, después de que hayan atravesado la ciudad. Tendrán como función principal el registro y transmisión en tiempo real de parámetros hidrológicos (nivel de agua) y de calidad de agua in situ (pH, Temperatura, etc). Adicionalmente, dispondrán de un sistema de toma de muestras automático, para la colección de muestras y posterior determinación de parámetros físico químicos en el Laboratorio. Con esta red se busca determinar el estado de deterioro de los ríos en sus correspondientes desembocaduras, como resultado de la afectación de la ciudad sobre los mismos, esto le permitirá a la entidad administradora del recurso (DAGMA), desarrollar planes y programas de prevención de descargas sobre estos cuerpos de agua.

• Se ha considerado en el proyecto del diseño de la red, la implementación de Dos (2) estaciones móviles para la determinación en tiempo real de parámetros de calidad y cantidad de agua. Estas estaciones móviles suponen la realización muestreos puntuales y actividades de monitoreo de periodos

mas prolongados, los cuales se llevaran a cabo como programas de control y seguimiento a algunas descargas especificas sobre los ríos o durante eventos extremos de derrames presentados en diferentes sitios de la ciudad.

En general, todas las estaciones que conformen las estaciones de monitoreo de las distintas redes (fijas y móviles), tendrán como funciones especificas:

- Efectuar las mediciones con los sensores hidrológicos, climatológicos y de calidad del agua en cualquier sistema de unidades definido y a los intervalos de tiempo prefijados.
- Registrar dichas mediciones, junto a los cálculos matemáticos que se le indiquen (sumatorias, promedios, mínimos, máximos, funciones, etc.) en la memoria prevista para tal fin en el datalogger.
- Transmitir la información almacenada en el datalogger, al Centro de Control por vía satelital, conforme con el protocolo de comunicación que defina la empresa proveedora de los equipos de monitoreo y telemetría.

Con base en la definición y función de cada red que compone el sistema integrado de monitoreo de calidad del agua para el recurso hídrico, en adelante se determinará de manera descriptiva y metodológica, los estudios y obras civiles e hidráulicas que se deben llevar a cabo por parte del contratista encargado de suministro, instalación y montaje de la red de monitoreo de calidad de agua, para poner en operación la red de monitoreo.

11. DISEÑO RED DE ALERTAS.

11.1 PRESENTACION.

La Red de Alertas, formara parte del sistema integrado de monitoreo del recurso hídrico para la ciudad de Santiago de Cali y estará conformada por estaciones automáticas fijas, las cuales estarán ubicadas en la parte alta de la cuenca y cuya función principal será la determinación y transmisión de parámetros climatológicos (precipitación) en tiempo real.

Los datos registrados serán utilizados para la aplicación del modelo lluvia caudal, que en la fase de arranque y operación de la red, únicamente será desarrollado para el Río Cali (Ver capítulo Modelo Lluvia Caudal).

Conforme con la validación que se obtenga del modelo lluvia caudal, realizada a partir de la colección de registros de precipitación, en futuros proyectos se deberá implementar un modelo similar para los demás ríos de la ciudad.

En el diseño de la red de monitoreo Climatológica para la parte alta de las cuencas de los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Lili y Meléndez, se tuvo en cuenta aspectos técnicos e hidráulicos, que aseguraran la viabilidad al proyecto una vez puesto en marcha.

Entre los aspectos técnicos tenidos en cuenta para la definición de la red Alertas están :

- El sitio de monitoreo que se seleccionara, debería ser tan representativo de la cuenca, que permitiera coleccionar registros de precipitación, los cuales al ser aplicados al modelo lluvia caudal, fueran predictivos de los posibles eventos a presentarse en el tiempo y a lo largo de la cuenca.

En el punto que se definiera la ubicación de la estación de monitoreo, debería tener acceso a señal satelital, dado a que la distancia y la no disponibilidad de líneas de teléfono al sector, serian muy relevantes en la definición del sistema de comunicación a utilizar.

11.2 COMPONENTES

Con base en el objetivo principal de la implementación de una red de monitoreo climatológica para la parte alta de las cuencas de la ciudad, a continuación se define las partes que conformaran cada estación fija de la red de Alertas.

11.2.1 CASETA

El diseño típico de la caseta para las diferentes estaciones de monitoreo estará provista de muros de ladrillo y con encerramiento de malla para evitar actos vandálicos. Adicionalmente, tendrá acceso para el personal encargado de realizar actividades de calibración y mantenimiento preventivo o correctivo a los dispositivos electrónicos que conforme la estación.

En esta estructura se almacenaran todos los dispositivos básicos encargados de que la estación opere adecuadamente. Entre estos dispositivos se tiene:

- Bateria.
- Datalogger.
- Regulador de Carga con corte por baja tensión de batería.
- Sistema electrónico de interfase que hace posible la comunicación entre todas las partes de la estación climatológica.

En la misma estación y en los exteriores de la caseta sobre la plancha, se ubicara el pluviógrafo, el panel solar, la antena de transmisión satelital GOES y la antena pararrayos.

En adelante se mostrará de manera mas detallada el diseño arquitectónico de la caseta mencionada. El diseño detallado civil y estructural de la misma deberá ser desarrollado por el contratista encargado de la obra.

11.2.2 PLUVIOGRAFO.

Este sistema registrara de forma continua la precipitación presentada en el punto de monitoreo, con la cual se determinara la intensidad, duración y el total de las lluvias.

La precipitación será la variable independiente a tener en cuenta dentro del modelo lluvia-caudal que se implemente para estimar los caudales esperados a lo largo de la cuenca (el modelo será valido únicamente para el Río Cali).

Los valores de precipitación registrados por el Pluviógrafo y transferidos al Datalogger para su respectiva transmisión al Centro de Control, serán los que definan en que momento se deberá activar el sistema de alerta.

La implementación del modelo lluvia-caudal se desarrollara a partir del análisis hidrológico realizado a los datos existentes para la cuenca, del cual se definen diferentes curvas IFD (intensidad-frecuencia-duración) para varios años de ocurrencia. Los registros obtenidos en el Pluviógrafo de cada estación, serán los datos de entrada para el modelo lluvia-caudal, los que a su vez realizaran la correspondiente predicción de eventos de crecidas a lo largo de la cuenca.

Si el Pluviógrafo es parte de la estación de calidad del agua, y la estación de calidad del agua está utilizando comunicaciones basadas en el satélite de GOES,

entonces lo ideal seria que la información de alerta sea transmitida y recibida por la oficina central inmediatamente, para lo cual se requerirá una estación de tierra basada en el satélite de GOES para lograr esta situación.

Las especificaciones técnicas del Pluviógrafo a instalar en la red climatológica e hidrológica, se describirá en un ítem mas adelante.

11.2.3 DATALOGGER

El datalogger es el sistema de almacenamiento de datos en el sitio de monitoreo, el cual le permite a la estación tener las características de ser automática y continua, en cuanto a la recolección de los datos y la toma de los mismos. Este sistema de registro almacena los datos de tiempo real y los envía posteriormente a través de señal satelital, de acuerdo al protocolo de comunicación implementado:

El datalogger como sistema de registro de datos tendrá como funciones principales:

- ☛ Ejecutar el programa estipulado de medición de los sensores climáticos, cada periodo de tiempo que se le haya definido.
- ☛ Grabar en una de sus memorias los datos solicitados de acuerdo a una determinada programación y/o alarmas.
- ☛ Efectuar junto a la medición de los sensores climáticos, la medición del nivel de batería y de humedad interna con su respectivo sensor incorporado.
- ☛ Efectuar los cálculos necesarios para cumplir con su programación, archivando los mismos en la memoria que posee para tal fin y permitiendo su recolección y transmisión al Centro de Control para su análisis (impresión de reportes).

Las especificaciones técnicas correspondientes al Datalogger a instalar en la red climatológica, se describirá en un ítem mas adelante.

11.2.4 BATERIA DE ELECTROLITO.

Unidad de poder principal y acumulador de energía, la cual proveniente del panel solar. Tiene como función el mantener operando los dispositivos de la red de monitoreo. Las especificaciones técnicas correspondientes a la Batería de Electrolito a instalar en la red climatológica, se describirán mas adelante.

11.2.5 PANEL SOLAR.

El panel solar es ideal para los sitios remotos donde la toma de corriente continua AC no es disponible.

La función principal del panel solar, es la de mantener cargada la batería principal de suministro de poder, permitiendo la optima operación de las estaciones de monitoreo.

Las especificaciones técnicas correspondientes al Panel Solar a instalar en la red climatológica , se describirá en un ítem mas adelante.

11.3 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

Para la ubicación de las estaciones de la Red de Monitoreo se tuvieron en cuenta las consideraciones técnicas y de campo, mencionadas anteriormente en el Ítem de Criterios Generales de Diseño de una Red de Monitoreo, obteniéndose los siguientes resultados:

Se plantea el funcionamiento de la **Red de Alertas**, con la operación de Estaciones Climatológicas, de tal forma que la obtención paulatina de datos climatológicos permita la modelación hidrológica de la cuenca y la calibración de la misma.

11.3.1 RÍO AGUACATAL.

- Estación Climatológica: Se plantea la Instalación de una Estación Pluviográfica Automática a la altura de la Quebrada San Pablo, específicamente en el sitio donde la C.V.C. tiene instalada la estación Pluviométrica San Pablo a una altura de 1871 msnm (Ver Tabla 4.1 de Ubicación de estaciones de C.V.C.).

11.3.2 RÍO CALI.

- Red Climatológica : Aun con las difíciles condiciones topográficas que presenta la parte alta de la cuenca del río Cali, se localizo un tramo que reúne las características de Topografía, acceso, seguridad, Infraestructura etc. que se requieren, es por esto que se plantea la Instalación de una Estación Pluviográfica y una Estación Hidrológica Automáticas (adicional a la Estación Hidrológica Intermedia de la bocatoma del Acueducto de san Antonio), a la altura del corregimiento de Pichindé, a 400 m aguas debajo de la confluencia de los ríos Pichindé y Pichindecito, contiguo al puente la Sofia, en el sitio donde la C.V.C. tuvo instalada una estación Limnigráfica (ver Plano de ubicación General y Anexo Fotográfico).

11.3.3 RÍO CAÑAVERALEJO.

- Estación Climatológica: Se plantea la Instalación de una Estación Pluviográfica Automática en el sitio donde la C.V.C. tiene instalada la

estación Pluviométrica Las brisas a una altura de 1228 msnm (Ver Tabla 4.1 de Ubicación de estaciones de C.V.C.).

11.3.4 RÍO MELÉNDEZ.

Estación Climatológica: Se plantea la Instalación de una Estación Pluviográfica Automática en la Bocatoma del Acueducto de la Reforma, en jurisdicción del corregimiento de Villa Carmelo.

11.3.5 RÍO LILÍ.

Estación Climatológica: Se plantea la Instalación de una Estación Pluviográfica Automática en el sitio donde la C.V.C. tiene instalada la estación Pluviográfica La Ladrillera a una altura de 1180 msnm (Ver Tabla 4.1 de Ubicación de estaciones de C.V.C.).

11.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA A TRAVÉS DEL SISTEMA SATELITAL GOES.

El sistema está previsto que se comunique vía GOES, aunque se debe diseñar para que en un futuro pueda trabajar con otros sistemas de transmisión más eficientes. Por ello, como se ha indicado con anterioridad, el sistema de transmisión debe ser independiente del sistema de adquisición de datos.

Si el sistema de transmisión es GOES, los equipos deberán contar con la aprobación y homologación por parte de la NATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITE, DATA, AND INFORMATION SERVICE (NESDIS) que forma parte de la NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION de los Estados Unidos de América (NOAA). En caso tal que utilicen otro satélite los equipos deberán contar con la aprobación y homologación de quien los agencie.

Las estaciones remotas almacenarán los datos correspondientes de los sensores climatológicos e hidrológicos, junto a la medición del voltaje de la batería y humedad interna cuando se determine en forma periódica.

El concepto fundamental de la red hídrica proyectada, es que cada una de las estaciones fijas (remotas) es una unidad inteligente, la cual posee en su datalogger un programa que recibe la señal de los sensores, los procesa y los almacena. Con todas las opciones de comunicación: radio, módem dedicado, módem telefónico, módem celular y satélite. Para el proyecto en estudio, todas las comunicaciones serán vía satélite.

Si bien durante el desarrollo de esta proyecto se brinda la información básica sobre la forma como debería operarse este sistema, luego de la adjudicación del contrato de suministro de equipos, instalación, montaje y operación de la red hídrica, es necesario delinear en forma más precisa su operación (tiempo de toma de datos, máximos, mínimos, promedios, etc.), y la forma de desarrollar el programa inicial de los dataloggers, de las estaciones remotas.

Este sistema brinda la posibilidad de ser ampliado con mayor cantidad de sensores para cualquiera de las estaciones existentes, afrontando solo el costo del sensor a instalarse, dado que el datalogger posee una capacidad superior y fácilmente expandible.

De igual modo, este sistema brinda la posibilidad de ser agregada una cantidad ilimitada de estaciones, sin importar su ubicación, dado que el vínculo no posee ningún condicionamiento de ubicación para su sencilla instalación, ni estudios de propagación previos para determinar su mejor asentamiento. Así mismo, el hardware y software previsto para las estaciones maestras, no posee tampoco limitaciones para la incorporación de nuevas estaciones, otros tipos de comunicaciones, etc.

Por lo tanto, posibilita la incorporación futura de nuevas estaciones remotas, en forma independiente de su ubicación en el terreno.

11.5 EQUIPOS.

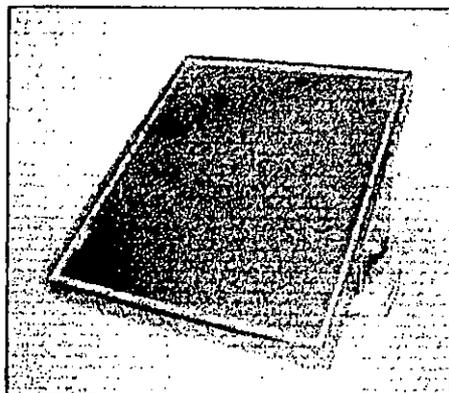
11.5.1 DATALOGGER.

El equipo de telemetría y monitoreo puede ser integrado con cualquier tipo de analizador específico o sensor que tenga como salida una señal eléctrica proporcional a la variable medida en mV o mA.

- El Módulo de medición y control debe estar protegido en cubierta de acero inoxidable, con microprocesador configurado para 32K ROM, 64k RAM.
- Sistema de operación tipo multi-tarea que permite simultáneamente la medición y comunicación de las diferentes variables.
- Capacidad de almacenamiento de 60.000 datos, con opción de expansión a 500.000 datos.
- Programable a través de 30 instrucciones de medición, 43 instrucciones de proceso y 15 programas de control.
- Módulo de cableado en acero inoxidable, con protección de transientes para todas las entradas y salidas. Los datos son recolectados selectivamente de acuerdo a tiempos o eventos definidos por el usuario.
- Entradas análogas: 6 canales diferenciales o hasta 12 canales sencillos, configurables.

- Puertos digitales de entrada o salida: 8 puertos seleccionables como entradas binarias o salidas de control.
- Gabinete: Para colocación del modulo de suministro de potencia y sistema de telecomunicaciones. Dimensiones 16"x18"x5.5", en fibra de vidrio NEMA estabilizado contra UV y para la reflexión de la luz solar, reduciendo el gradiente de temperatura dentro del gabinete.

11.5.2 PANEL SOLAR.



Especificaciones técnicas.

- Panel solar de 20 W, con soportes, cableado y conectores.
- Dimensiones del panel: 56.9 cm x 33 cm x 3.3 cm

11.5.3 PLUVIOGRAFO.

Sensor pluviográfico para medición de nivel de lluvia en zonas tropicales con aguaceros torrenciales (picos de hasta 9 pulgadas/hr) y de uso en estaciones remotas (bajo mantenimiento)



Especificaciones técnicas.

- ☛ Capacidad de memoria: 62 días de lecturas diarias
- ☛ Energía: Externa o 8 celdas alcalinas "D", 2 mA en 12 V
- ☛ Rango de temperatura de operación: Registros desde -20°C a 60°C
- ☛ Peso aproximado: 10 kg.

11.6 INVERSION ESTIMADA PARA LA RED No. 2.

Conforme con la definición de la cantidad de estaciones que conformaran la **Red de Alertas**, para el monitoreo de parámetros climatológicos que en este caso será la precipitación, a continuación en la Tabla No.8.1, se estima el valor de la inversión que deberá realizarse para la adquisición, instalación y montaje de una estación de monitoreo climatológica (precipitación) con base al siguiente presupuesto.

En este presupuesto se incluye un sensor de nivel de agua, el cual será destinado a ubicarse en la parta alta de la cuenca del Río Cali, esto con el fin de validar el modelo lluvia-caudal a implementarse solo para este río.

Tabla No.11.1. Presupuesto de Inversión para la Red de Alertas en US Dólares
(valor a Diciembre de 2000:

Datalogger	5	2974	14870
Gabinete	5	750	3750
Sistema de Montaje de Gabinete	5	300	1500
Bateria DC, 12 V	5	175	875
Panel Solar, 20 W	5	795	3975
Cableado de poder	5	100	500
Pluviógrafo con sistema y cableado	5	1200	6000
Unidad de transmisión GOES	5	3755	18775
Antena superior de transmisión	5	444	2220
Sensor de nivel ultrasonico	1	1380	1380
Unidad de Display de datos y cables	5	1343	6715
Construccion caseta y encerramiento	5	1500	7500
Instalacion de equipos (20%)			12112
Entrenamiento al personal (3%)			1817
Visitas y diseño de tareas especificas (3%)			1817
PRESUPUESTO ESTIMADO EN COMPRA DE EQUIPOS E INSTALACION DE LA RED DE ALERTAS			83806

**CUADRO DE UBICACIÓN DE ESTACIONES
REDES DE ALERTAS.**

TIPO DE RED	RIOS				
	Aguacatal	Cali	Cañavalejo	Meléndez	Lili
Red de Alertas.					
Ubicación:	San Pablo	Pichindé	Las Brisas	Bocatoma Acue. La Reforma	La Ladrillera
Altitud (msnm).	1871		1228		1180
Latitud.	3.30		3.24		3.22
Longitud.	76.27		76.36		76.35
Tipo	Climatológica	Climatológica e Hidrológica	Climatológica	Climatológica	Climatológica

12. DISEÑO REDES No.1 Y No.2 .

12.1 PRESENTACION.

La Red de Salidas definida como Red No.1 y la Red de Entradas definida como Red No.2, formaran parte del sistema integrado de monitoreo del recurso hídrico para la ciudad de Santiago de Cali y estará conformada por estaciones automáticas fijas, las cuales se ubicaran en las entradas y salidas de los ríos a la ciudad de Santiago de Cali.

Tendrán como función principal el registro y transmisión en tiempo real de parámetros hidrológicos (nivel de agua) y de calidad de agua in situ (pH, Temperatura, Conductividad, Turbiedad y Oxígeno Disuelto). Adicionalmente, dispondrán de un sistema de toma de muestras automático, para la colección de muestras y posterior determinación de parámetros físico químicos en el Laboratorio. Con estas dos redes se busca determinar el estado de deterioro de los ríos desde dos puntos de vista: La calidad del agua a la entrada a la ciudad, la cual esta afectada por las descargas generadas en las distintas actividades de uso de suelo sobre la cuenca y las salidas, con la que se determina la afectación generada por efecto de las descargas domesticas e industriales generadas dentro de la ciudad.

Esto registros le permitirán a la entidad administradora del recurso (DAGMA) y a otras entidades estatales encargadas (CVC, EMCALI, etc), desarrollar planes de mejoramiento de manejo de las cuencas y programas de prevención de descargas sobre estos cuerpos de agua tanto a nivel rural y urbano.

En el diseño de la red de monitoreo Hidrológico y de Calidad de Agua para la parte media y baja de las cuencas de los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Lili y

Meléndez, se tuvo en cuenta aspectos técnicos e hidráulicos, que aseguraran la viabilidad al proyecto una vez puesto en marcha.

Entre los aspectos técnicos e hidráulicos tenidos en cuenta para la definición de la red de salidas de las Redes No.1 y No.2 están :

- ☛ El sitio de monitoreo que se seleccionara, debería ser tan representativo de la cuenca, que permitiera coleccionar registros de nivel y de calidad de agua en la zona de estudio, los cuales permitan determinar el nivel de afectación de la ciudad sobre los ríos y la carga contaminante con que entregan a su colector final.
- ☛ El área donde se planteara la ubicación de la estación hidrológica y de calidad de agua, debería ser uniforme, de manera tal que se pudiera seccionar un tramo representativo de la zona y hacer un levantamiento del área transversal del lecho del río, esto permitiría estimar el caudal que cruza por un punto determinado, en el cual se estaría midiendo continuamente el nivel de agua del cuerpo superficial.
- ☛ En el punto que se definiera la ubicación de la estación de monitoreo, debería tener acceso a señal satelital, dado a que la comunicación satelital aunque exige una inversión inicial alta, no conlleva unos costos fijos que en el tiempo pueden ser bastante relevantes.

12.2 COMPONENTES.

Con base en el objetivo principal de la implementación de una red de monitoreo hidrológica y de calidad de agua para la parte baja y media de las cuencas de la ciudad, a continuación se define las partes que conformaran cada estación fija.

12.2.1 CASETA.

El diseño típico de la caseta para las diferentes estaciones de monitoreo estará provista de muros de ladrillo y con encerramiento de malla para evitar actos vandálicos. Adicionalmente, tendrá acceso para el personal encargado de realizar actividades de calibración y mantenimiento preventivo o correctivo a los dispositivos electrónicos que conforme la estación.

En esta estructura se almacenaran todos los dispositivos encargados de que la estación opere adecuadamente. Entre estos dispositivos se tiene: Batería, Datalogger, regulador de carga con corte por baja tensión de batería, muestreador automático, pozo de quietamiento en el cual estará sumergidos los sensores de medición de calidad de agua y el sistema electrónico de interfase que hace posible la comunicación entre todas las partes de la estación hidrológica y de calidad de agua, y estas a su vez con el Centro de Control.

En la misma estación y en los exteriores de la caseta sobre la plancha, se ubicara el pluviógrafo, el panel solar, la antena de transmisión satelital GOES y la antena pararrayos.

En adelante se encontrara de manera mas detallada el diseño civil y estructural de la caseta mencionada.

12.2.2 DATALOGGER.

El datalogger es el sistema de almacenamiento de datos en el sitio de monitoreo, el cual le permite a la estación tener las características de ser automática y continua, en cuanto a la recolección de los datos y la toma de los mismos. Este sistema de registro almacena los datos de tiempo real y los envía posteriormente a través de señal satelital, de acuerdo al protocolo de comunicación implementado.

El datalogger como sistema de registro de datos tendrá como funciones principales:

- Ejecutar el programa estipulado de medición de los sensores hidrológicos y de calidad de agua, cada periodo de tiempo que se le haya definido.
- Grabar en una de sus memorias los datos solicitados de acuerdo a una determinada programación y/o alarmas.
- Efectuar junto a la medición de los sensores climáticos y de calidad de aguas, la medición del nivel de batería y de humedad interna con su respectivo sensor incorporado.
- Efectuar los cálculos necesarios para cumplir con su programación, archivando los mismos en la memoria que posee para tal fin y permitiendo su recolección y transmisión al Centro de Control para su análisis (impresión de reportes).

Las especificaciones técnicas correspondientes al Datalogger a instalar en la red climatológica y de calidad de agua, se describirá en un ítem mas adelante.

12.2.3 BATERIA DE ELECTROLITO.

Unidad de poder principal y acumulador de energía proveniente del panel solar. Tiene como función el mantener operando los dispositivos de la red de monitoreo

Las especificaciones técnicas correspondientes a la Batería a instalar en la red climatológica y de calidad de agua, se describirá en un ítem mas adelante.

12.2.4 PANEL SOLAR.

El panel solar es ideal para los sitios remotos donde la toma de corriente continua AC no es disponible.

La función principal del panel solar, es la de mantener cargada la batería principal de suministro de poder, permitiendo la óptima operación de las estaciones de monitoreo.

Las especificaciones técnicas correspondientes al Panel solar a instalar en la red climatológica y de calidad de agua, se describirá en un ítem mas adelante.

12.2.5 SENSOR DE NIVEL.

Dispositivo electrónico o mecánico, que tiene como función principal el registro continuo de los niveles del cuerpo de agua en la sección transversal definida para tal fin.

A partir del levantamiento topográfico (altimetría y planimetría) de la sección transversal del río a la altura donde se ubicara la estación, se calculara el caudal de agua que cruza esa sección. Esta tarea debe ser realizada por quien se le adjudique la instalación y arranque de los equipos.

La manera de calcular el caudal a partir de los registros de niveles del cuerpo de agua que se obtengan en la estación, se describirá mas adelante a manera de metodología.

Las especificaciones técnicas del Sensor de Nivel a instalar en la red hidrológica y de calidad de agua, se describirá en un ítem mas adelante.

12.2.6 SENSORES DE CALIDAD DE AGUA.

Sensores diseñados para monitorear continuamente parámetros de calidad de agua. Estos sensores necesitan menos de 2 pulgadas de agua libre para ejecutar la lectura.

Los sensores de calidad de agua pueden ser en dos presentaciones: sensores individuales para parámetros específicos o sondas multiparamétricas para lectura de diversos parámetros físico químicos.

Para el proyecto de implementación de las **Redes No.1 y No.2**, se determino la utilización de sondas multiparamétricas. Este tipo de sondas permiten registrar simultáneamente hasta 10 parámetros, lo que permite en un futuro, incluir otro tipo de sensores que sean relevantes en la evaluación de la contaminación de las aguas superficiales.

La estructura compacta de la sonda multiparamétrica que cubre los sensores, les da mayor seguridad contra daños por impacto y facilidad en las jornadas de calibración y mantenimiento.

12.2.7 MUESTREADOR AUTOMATICO (REFRIGERADOS).

Los muestreadores automáticos con sistema de refrigeración, aseguran la colección de muestras de agua a intervalos de tiempo definidos en el programa de operación o se activa a partir de señales transmitidas por lectura de algún otro parámetro de lectura directa que este por fuera de los rangos definidos o permisibles.

La colección de muestras en un muestreador automático con sistema de refrigeración, permite el análisis de un mayor numero de parámetros químicos en el laboratorio.

Este dispositivo de toma de muestra, permite la colección de muestras compuestas o la colección de diversos tipos de muestras en recipientes independientes.

12.3 Distribución de la Estación.

Estas estaciones tendrán básicamente la siguiente distribución (Ver Plano 9.1):

- ☛ Bocatoma de Fondo.
- ☛ Tanque de Monitoreo.
- ☛ Tanque de Bombeo.
- ☛ Caseta de Controles.

La bocatoma de fondo tomará un caudal de diseño de 5 l/s , desde el centro del cauce del río y llevará el agua hasta el tanque de monitoreo, donde por efectos de colmatación se tendrá aproximadamente un caudal constante de 2.5 L/s. En el tanque de monitoreo se tendrá una boya flotante, la cual tendrá asegurada en su base, la sonda multiparamétrica en sentido horizontal. Desde la sonda hasta el datalogger se comunicará vía cableado. Contiguo al Tanque monitoreo estará el tanque de bombeo, desde el cual se bombeará el agua de retorno al río.

El sistema de determinación de caudal, se realizará directamente sobre el río, a través de un sensor ultrasónico que se instalará a una altura de seguridad, sobre el máximo nivel del río, tal como se detallará mas adelante.

12.4 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

12.4.1 RED DE SALIDAS – RED No. 1

Para la **Red De Salidas** se prevé la instalación de una Red Hidrográfica y de Calidad de aguas Finales (ver Item de descripción de Red de Salidas), de tal forma que permita hacer una correlación entre los datos de entrada y los de salida, y obtener el impacto real que la ciudad tiene sobre estas fuentes de agua superficial, así como sus posibles recuperaciones, criterios de manejo, medidas de manejo etc.

12.4.1.1 Río Aguacatal

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Debido a las características de Ubicación de este río, la Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el puente de el Club la Rivera se convierte en Red de Entradas y Red de Salidas a la vez.

12.4.1.2 Río Cali.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Teniendo en cuenta la existencia una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el jarillon de Floraría, 150 m antes de la desembocadura al río Cauca, (ver Plano de Ubicación General), la cual es de propiedad de la C.V.C., se recomienda la realización de un convenio Interinstitucional que permita la retroalimentación e intercambio de resultados.

12.4.1.3 Río Cañaveralejo.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el sitio de descarga al canal interceptor sur (ver Plano de Ubicación General).

12.4.1.4 Río Meléndez.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, 100 m antes de la descarga al canal interceptor sur, en predios de la constructora el Limonar (ver Plano de Ubicación General).

12.4.1.5 Río Lili.

Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, 200 m antes de la descarga al canal interceptor sur, en predios de la constructora Melendez (ver Plano de Ubicación General).

12.4.2 RED No.2.

Para la **Red De Entradas** se prevé la instalación de una Red Hidrográfica y de Calidad de aguas Finales, de tal forma que permita hacer una correlación entre los datos de entrada y los de salida, y obtener el impacto real que la ciudad tiene sobre estas fuentes de agua superficial.

12.4.2.1 Río Aguacatal

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el puente de el Club la Ribera (ver Plano de Ubicación General y Anexo Fotográfico).

12.4.2.2 Río Cali.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el sitio de bocatoma del acueducto San Antonio (ver Plano de Ubicación General y Anexo Fotográfico), específicamente en el sitio donde la C.V.C. tiene instalada la estación Pluviográfica y Limnimétrica Planta Río Cali (Ver Tabla 4.1 de Ubicación de estaciones de C.V.C.).

12.4.2.3 Río Cañaveralejo.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el sitio de el Puente de el crucero, en la entrada al corregimiento de la Sirena a una altura aproximada de 945 msnm (ver Plano de Ubicación General y Anexo Fotográfico), específicamente en el sitio donde la C.V.C. tiene instalada una estación Limnimétrica.

12.4.2.4 Río Meléndez.

- Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el sitio de el Puente de la Base Militar de Polvorines, corregimiento de la Buitrera a una altura aproximada de 990 msnm (ver Plano de Ubicación General y Anexo Fotográfico).

12.4.2.5 Río Lili.

• Estación Hidrológica y de Calidad de Agua: Se plantea la Instalación de una Estación Automática de medición de flujo y calidad de agua, en el sitio de el Puente de la Antigua mina de Carbon de cementos del Valle, a 200 m de la estación de policía del corregimiento de la Buitrera a una altura aproximada de 985 msnm (ver Plano de Ubicación General y Anexo Fotográfico).

**CUADRO RESUMEN DE UBICACIÓN DE ESTACIONES
REDES DE ALERTAS, ENTRADAS Y SALIDAS.**

TIPO DE RED	RIOS				
	Aguacatal	Cali	Cañaveralajo	Meléndez	Lili
Red de Alertas.					
Ubicación.	San Pablo	Pichindé	Las Brisas	Bocatoma Acue. La Reforma	La Ladrillera
Altitud (msnm).	1871		1228		1180
Latitud.	3.30		3.24		3.22
Longitud.	76.27		76.36		76.35
Tipo	Climatológica	Climatológica e Hidrológica	Climatológica	Climatológica	Climatológica
Red No.2 - Red de Entradas.					
Ubicación.	Puente Club La Ribera	Bocatoma Acue. San Antonio.	Puente el Crucero - entrada Sirena.	Puente Base Militar Polvorines	Puente Mina de Carbón Cementos del Valle
Altitud (msnm).			945	990	985
Tipo	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad
Red No.1 - Red de Salidas.					
Ubicación.		YA EXISTE	Descarga al Canal Interc. Sur	Descarga al Canal Interc. Sur	Descarga al Canal Interc. Sur
Tipo		Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad	Hidrológica y de Calidad

045

12.5 DEFINICION DE PARÁMETROS A EVALUAR.

Con base en la revisión de experiencias nacionales e internacionales respecto a la instalación de redes de monitoreo de la calidad del agua, como es el caso de la red de monitoreo de la CVC y a nivel internacional el programa de monitoreo que se lleva a cabo en los ríos de Malasia por el Departamento del Ambiente, se pudo determinar que los parámetros de calidad de agua que se monitorean in situ con las estaciones automáticas en tiempo real y de manera continua, son la turbiedad, conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto. El implementar un programa de seguimiento a estos parámetros, define de manera rápida y veraz unos resultados que permiten evaluar las condiciones de contaminación en que se encuentra un cuerpo de agua.

Hay otros parámetros importantes para evaluar la calidad del agua como la DBO₅, DQO, NO₃, PO₄, etc, pero estos suponen análisis de laboratorio y por tanto, un tiempo prolongado para el análisis y la evaluación de los resultados. Adicionalmente, los equipos para medir estos parámetros de manera directa y continua, requieren de unas inversiones individuales muy grandes, que en principio del proyecto, no es factible considerar, hasta que no se tenga un diagnostico inicial del tipo de contaminantes y su afectación sobre los cuerpos de agua.

Enmarcándonos en la legislación Colombiana para el control de la calidad del agua en todo el territorio nacional, en el Artículo 24 del Decreto 1594/84, se definen 9 parámetros relevantes para la definición y simulación de la calidad de un cuerpo de agua. Estos son:

- ☛ DBO₅ : Demanda bioquímica de oxígeno
- ☛ DQO : Demanda química de oxígeno
- ☛ SST : Sólidos suspendidos totales
- ☛ pH : Potencial del ion hidronio, H⁺
- ☛ T : Temperatura

- ☛ OD : Oxigeno Disuelto
- ☛ Q : Caudal
- ☛ Datos Hidrobiológicos
- ☛ Coliformes (NMP)

Con base en el listado anterior, se observa que los parámetros que necesariamente deben ser medidos in situ a fin de que no cambien su características físicas son : pH, temperatura y oxigeno disuelto. Así mismo, toda caracterización sobre un cuerpo de agua debe incluir la determinación del caudal, de manera que permita determinar la calidad del agua en función de la carga contaminante.

Aunque la turbiedad y la conductividad no están incluidos dentro de los 9 parámetros de control estipulados en el Decreto 1594/84, son parámetros representativos y de determinación directa de contaminación de las aguas.

Los demás parámetros como la DBO₅, la DQO, los Coliformes y los datos hidrobiológicos, son representativos del grado de deterioro de las aguas, pero el procedimiento de análisis para obtener unos resultados finales, conlleva un tiempo prolongado y no es favorable para la toma de decisiones en el corto tiempo.

Con base en lo anterior, los consultores consideran que en la primera etapa del proyecto de implementación de la red de monitoreo para el recurso hídrico, los dispositivos a instalar en las estaciones automáticas fijas de monitoreo de las Redes No.2 y No.1 (entradas y salidas), deben ser sensores de lectura continua y directa que estén registrando valores para:

- ☛ Conductividad
- ☛ Turbidez
- ☛ PH
- ☛ Temperatura y

☛ Oxígeno disuelto.

Adicional a estos parámetros, se incluirá en las estaciones de calidad de aguas, un muestreador automático de colección de muestras, las cuales serán analizadas en un laboratorio donde se determinarán analíticamente otros parámetros contaminantes. Con base en lo anterior, el DAGMA debe considerar la necesidad de implementar un laboratorio propio para el análisis de las muestras o de lo contrario, contratar esta actividad con laboratorios externos con sede en la ciudad de Santiago de Cali. La selección de una u otra opción, depende del análisis económico de la inversión que suponga cada una

La selección de los parámetros contaminantes a evaluar en el laboratorio, depende del uso del suelo y el uso del agua que se le esta dando en cada cuenca o del tipo de descargas que se generen como producto de actividades antropogénicas, como por ejemplo:

- ☛ Actividades domesticas: DBO₅, DQO, PO₄, Grasas y Aceites
- ☛ Desechos contaminantes: NH₄, Coliformes totales y E.coli
- ☛ Desarrollo de suelos: Turbiedad, sólidos suspendidos
- ☛ Escorrentía de zona agrícolas: K, NO₃
- ☛ Contaminación industrial: As, Hg, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe

Si después de una campaña de monitoreo de un o dos años, se tienen identificados alguno o algunos parámetros contaminantes muy frecuentes en el cuerpo de agua, los cuales además sobrepasen los niveles permisibles para cuerpos de agua, los administradores del recurso, deberán considerar la posibilidad de invertir en sensores o equipos de lectura directa y continua para estos parámetros, para con base en resultados en tiempo real, tomar las medidas preventivas y correctivas que sean del caso.

A fin de determinar los parámetros contaminantes a analizar en el laboratorio, respecto al seguimiento que se le debe realizar a cada río (Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Lili y Meléndez) durante la primera etapa de operación de la red de monitoreo del recurso hídrico, a continuación se analizara para cada cuenca, el uso de suelo y el uso de agua que se le esta dando al recurso a todo lo largo de su recorriendo. Con esta información y con la información existente de caracterizaciones físico químicas realizadas en los diversos ríos, se planteara cuales son los parámetros contaminantes que deben ser monitoreados, en la primera etapa del proyecto.

En las Tablas No.12.3 y No.12.4, se clasifica de manera resumida y general el uso de los ríos en el municipio de Cali³.

TABLA No. 12.3. RESUMEN CLASIFICACION DEL USO DE LOS RIOS DE CALI

RIO	TRAMO	USOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Parte alta			■							
AGUACATAL	Parte media (ND)										
	Parte baja						■				
	Parte alta			■	■						
CALI	Parte media									■	
	Parte baja								■	■	■
	Parte alta			■	■						■
CAÑAVERALEJO	Parte media						■*				■
	Parte baja										■
	Parte alta						■**				■
LILI	Parte media						■				■
	Parte baja			■							■
	Parte alta			■							■
MELENDEZ	Parte media	■					■				
	Parte baja			■	■	■					■

- 1. Consumo humano y doméstico
- 2. Preservación de flora y fauna
- 3. Agrícola
- 4. Pecuario
- 5. Recreativo

- 6. Industrial
- 7. Transporte
- 8. Paisaje
- 9. Recepción de aguas lluvias (drenajes)
- 10. Recepción de aguas residuales

* En esta parte de la cuenca existe una gran actividad minera que contamina las aguas del río de forma significativa

** El río es receptor de desechos provenientes de la explotación minera de su parte alta y media.

TABLA No. 12.4. CLASIFICACION DEL USO DE LOS RIOS DE CALI

RIO	TRAMO	USOS DEL AGUA	CARACTERISTICAS
Aguacatal	Parte alta	Transporte de desechos domésticos	Sobre uso del agua y del suelo
	Parte media	N.D.	Asealamientos subnormales
Cali	Parte baja	Receptor de aguas residuales domésticas y para la actividad minera, Agricultura y pastoreo	Deterioro de la calidad del agua, Explotación de minas y canteras, Desarrollo poblacional y agrícola
	Parte alta: desde su nacimiento a 4000 msnm hasta 2000 msnm (Feldidia)	Consumo humano, drenajes de aguas lluvias y receptor de aguas residuales	Descarga de aguas residuales,
	Parte media: desde la población de Feldidia hasta el Zoológico de Cali	Receptor de aguas residuales y drenajes de aguas lluvias	Población de playas y riberas Existencia de sustancias tóxicas en el agua
	Parte baja: desde el Zoológico hasta la desembocadura (Carrío Floralla)	Cultivos limpios, Receptor de aguas residuales y ganadería	Criaderos de cerdos,
Cahaveralajo	Parte alta: desde el nacimiento cerca al sitio El Faro (1800 msnm) hasta la Sirena	Receptor de aguas residuales y minería	Canalización del río, entrega de las aguas al canal de aguas residuales
	Parte media: desde la Sirena hasta Ecoparque la Bandera	Receptor de desechos provenientes de explotación minera	Receptor de aguas residuales
	Parte baja: desde Ecoparque la Bandera hasta la desembocadura Canal Interceptor Sur	Receptor de desechos provenientes de explotación minera	Uso residencial, erosión por actividad minera
Lili	Corregimiento de la Buitrera	Recreación, receptor de residuos domésticos y descargas de minas.	Contaminación de las aguas por asentamientos suburbanos
	Parte media: desde la Buitrera hasta el Puente en la vía Panamericana-Jamundí	Agricultura (caña) y receptor de aguas residuales	Modificación del lecho
	Parte baja: desde la carretera Panamericana hasta el Canal Interceptor Sur	Receptor de sedimentos provenientes de la minería de carbón, agricultura	Explotación de canteras de carbón, erosión desilzamientos y derrumbes,
	Parte alta: desde el nacimiento en el sector la Corea (2800 msnm) hasta la Buitrera	Recreación restringida, consumo doméstico (acueducto)	Bocatorna acueducto La Reforma
Meléndez	Parte media: desde 1800 msnm hasta la entrada a la ciudad sobre el Club Campestre	Agricultura mecanizada, ganadería, Receptor de residuos sólidos	Invasiones
	Parte baja: desde el Club Campestre hasta su desembocadura en el Canal Interceptor Sur		

975

A continuación en la Tabla No. 12.5 se definirá los parámetros de calidad del agua conforme al uso y control que se tenga dispuesto para el recurso. Decreto 1594/84.

TABLA No. 9.5 PARÁMETROS DE CALIDAD PARA USO Y CONTROL DEL AGUA

SUSTANCIA PRESENTE EN EL AGUA	USO (mg/L)						CONTROL
	CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO	FLORA Y FAUNA	AGRICOLA	PECUARIO	RECREATIVO CONTACTO PRIMARIO	RECREATIVO CONTACTO SECUNDARIO	
Aluminio			5.0	5.0			
Amoniaco	1.0						
Arsénico	0.05		0.1	0.2			0.5
Barlo	1.0						5.0
Berilio			0.1				
Boro			0.3-0.4	5.0			
Cadmio	0.01		0.01	0.05			0.1
Cianuro	0.2						1.0
Cinc	15.0		2.0	25.0			
Cloruros	250.0						
Cobalto			0.05				
Cobre	1.0		0.2	0.5			3.0
Compuestos fenólicos	0.001				0.02		0.2
Cromo	0.05		0.1	1.0			0.5
Difenil policlorados	No detectable						No detectable
Flúor			1.0				
Fluoruros	1.2						
Fosfatos	0.2						
Hierro			5.0				
Litio			2.5				
Manganeso			0.2				
Mercurio	0.002			0.01			0.02
Molibdeno			0.2				
Nitratos	10.0			1000.0			
Nitritos	1.0			10.0			
Niquel			0.2				2.0
Plata	0.05						0.5
Plomo	0.05		5.0	0.1			0.5
Sales				3000.0			
Selenio	0.01		0.02				0.5
Sulfatos	400.0						
Tensoactivos	0.5				0.5	0.5	
Vanadio			0.1				
CONVENCIONALES							
pH (unidades)	5.0-9.0		4.5-9.0		5.0-9.0	5.0-9.0	
Oxígeno Disuelto					70%	70%	
Temperatura (°C)							40.0
Color (unidades)	75.0						
DQO							
DBO	30.0						
Turbiedad	5.0	30.0					
Coliformes totales # /100 mL	20000		5000		1000	5000	
Coliformes fecales # /100 mL	2000		1000		200		

12.5.1 RIO AGUACATAL.

Para determinar los parámetros de control o seguimiento a ser tenidos en cuenta en el río Aguacatal, como parte del programa de monitoreo de la red hídrica, nos basaremos en la tabla anterior respecto a usos del agua y en caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en diferentes puntos sobre el río.

Los resultados obtenidos en las caracterizaciones, serán comparados con los estándares estipulados en el D1594/84 y aquellos que excedan los estándares, se estimara como un posible parámetro al cual se le realice seguimiento y control en el programa de monitoreo.

En la Tabla No.12.6, se presenta los resultados de una caracterización fisicoquímica realizada sobre el río Aguacatal, en tres puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca.

TABLA No.9.6 RESULTADOS DE CARACTERIZACIONES FISICOQUIMICAS

Lugar :	RÍO AGUACATAL		
Fecha :	Agosto 25 de 2000		
Sitios:	En el río		
PARÁMETRO	Punto No. 1	Punto No. 2	Punto No. 3
	Límite Río	Puente A. Abajo Club la Ribera	Desembocadura Río
Acidez (mg/L CaCO ₃)	12.00	14.00	12.00
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	120.00	120.00	84.00
Cadmio (mg/L- Cd)	<0,01	n.m	<0,01
Cianuros (mg/L-CN)	<0,1	n.m	<0,1
Cloruros (mg/L-Cl)	4.78	n.m	14.35
Cobre (mg/L-Cu)	0.008	n.m	0.171
Color (UPC)	30.00	40.00	60.00
Conductividad (uS/cm)	222.00	258.00	400.00
Cromo (mg/L-Cr)	0.012	n.m	0.034
DBO5 (mg/l)	17.90	18.90	15.60
Detergentes (mg/L- SAAM)	0.04	0.04	0.04
DQO (mg/L)	40.00	40.00	30.00
Fenoles (mg/L-fenol)	<0,04	<0,04	<0,04
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	0.44	n.m	0.23
Fósforo (mg/L-P)	0.11	n.m	0.058
Grasas (mg/L)	2.37	3.88	4.72
Hierro (mg/L-Fe)	0.10	<0.02	3.363
Manganeso (mg/L-Mn)	<0.01	<0,01	<0,01
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)	1.90	2.30	1.70
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)	0.249	0.267	0.118
N.Amoniacal (mg/L N-NH ₃)	0.21	n.m	0.04
Nitrógeno Total (mg/L N)	7.87	16.12	7.68
O.D (mg/L-O ₂)	7.30	6.70	5.50
SST (mg/L)	40.00	90.00	60.00
Sulfatos (mg/L SO ₄)	2.00	5.00	115.00
Turbiedad (UNF)	4.00	4.00	25.00
Coliformes Fecales (NMP)	1,1*10 ⁵	1,1*10 ⁵	2,4*10 ⁵
Coliformes Totales (NMP)	2,4*10 ⁶	2,4*10 ⁶	2,4*10 ⁶

n.m = parámetro no medido

Fuente: Estudio de Caudal Ecológico, Balance Hídrico, Indicadores Ambientales e Inventario del Recurso hídrico en los Ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez.

Comparando los resultados obtenidos en la caracterización de Agosto de 2000, con los estándares del 1594/84 para uso del agua y para control de sustancias de interés sanitario, se construye la Tabla No. 9.7 se determina los parámetros que están superando los niveles permisibles y que pueden ser tenidos en cuenta en el programa de monitoreo. Adicionalmente en el cuadro se observará que los parámetros conocidos como convencionales (DBO5, DQO, SST, Grasas y Alcalinidad-Acidez) están incluidos dentro del programa de monitoreo, así no estén superando los niveles permisibles, esto debido a que son parámetros buenos indicadores de la calidad del agua y de fácil determinación, evitando sobrecostos en el proyecto.

TABLA No. 12.7 ANALISIS DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE LA RED HIDRICA

PARAMETRO	SUPERA LA NORMA DEFINIDA PARA:				INCLUIR EN LA RED HIDRICA	
	USO		CONTROL		SI	NO
	SI	NO	SI	NO		
Acidez (mg/L CaCO ₃)					X	
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)					X	
Cadmio (mg/L.- Cd)		X		X		X
Cianuros (mg/L.-CN)		X		X		X
Cloruros (mg/L.-Cl)		X		X		X
Cobre (mg/L.-Cu)		X		X		X
Color (UPC)		X				X
Conductividad (uS/cm)					Automático	
Cromo (mg/L.-Cr)		X		X		X
DBO5 (mg/l)					X	
Detergentes (mg/L.- SAAM)		X		X		X
DQO (mg/L)					X	
Fenoles (mg/L.-fenol)	X		X		X	
Fosfatos (mg/L.-PO ₄)	X		X		X	
Fósforo (mg/L.-P)					X	
Grasas (mg/L)					X	
Hierro (mg/L.-Fe)		X		X		X
Manganeso (mg/L.-Mn)		X		X		X
Nitratos (mg/L.-N-NO ₃)		X				X
Nitritos (mg/L.-N-NO ₂)		X				X
N. Amoniaco (mg/L N-NH ₃)						
Nitrógeno Total (mg/L N)						
O.D (mg/L.-O ₂)					Automático	
SST (mg/L)					X	
Sulfatos (mg/L. SO ₄)		X		X		X
Turbiedad (UNF)					Automático	

Analizando el uso de suelos en la cuenca, se incluirán otros parámetros en el programa de monitoreo de la red hídrica, los cuales son típicos en el tipo de actividades que se realicen.

En la parte alta de la cuenca se llevan a cabo actividades agrícolas, se da por entendido la aplicación de plaguicidas sobre los cultivos, lo que genera que una vez se presenten lluvias, la escorrentía de estas zonas, finalmente descargara sobre el río. Por lo tanto, para este tipo de actividades los consultores plantean que en la red de entradas del río a la ciudad, se realice el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrín y dieldrín, DDT.
- ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etroprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
- ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
- ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, Nitrógeno total, DBO₅ y DQO

En la parte baja de la cuenca, se observa que uso del agua para actividades industriales y así mismo recibe descargas de las mismas, como es el caso de la Mina de Explotación Trituradora el Chocho. Para este tipo de descargas se plantea realizar análisis de:

- ☛ Sulfatos, Acidez, Dureza total, Calcica, DQO
- ☛ Metales: Fe, Cd
- ☛ Sustancia de interes sanitario: Cianuros

12.5.2 RIO CALI.

Para determinar los parámetros de control o seguimiento a ser tenidos en cuenta en el río Cali, nos basaremos en la tabla anterior respecto a usos del agua y en caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en diferentes puntos sobre el río.

Los resultados obtenidos en las caracterizaciones, serán comparados con los estándares estipulados en el D1594/84 y aquellos que excedan los estándares, se estimara como un posible parámetro al cual se le realice seguimiento y control en el programa de monitoreo.

En la Tabla No.9.8, se presenta los resultados de una caracterización fisicoquímica realizada sobre el río Cali, en tres puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca.

TABLA No.12.8 RESULTADOS DE CARACTERIZACIONES FISICOQUIMICAS

Lugar : RÍO CALI					
Fecha : Agosto 31 de 2000					
Sitios: Puntos 1,2,3, en el río					
PARÁMETRO	Punto No. 1	Punto No. 2	Punto No. 3	Punto No. 4	Punto No. 5
	Aguas arriba Bocatoma	Aguas Abajo de la Bocatoma	Aguas Arriba Río Aguacatal	Río Cali Calle 70	Desembocadura Río Cali
Acidez (mg/L CaCO ₃)	4.00	4.00	6.00	24.00	32.00
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	64.00	56.00	64.00	172.00	140.00
Cadmio (mg/L.- Cd)	<0,01	<0,01	n.m	n.m	<0,01
Cianuros (mg/L.-CN)	<0,1	<0,1	n.m	n.m	<0,1
Cloruros (mg/L.-Cl)	4.35	4.78	n.m	n.m	23.92
Cobre (mg/L.-Cu)	0.00	<0,001	n.m	n.m	0.02
Color (UPC)	5.00	5.00	15.00	70.00	90.00
Conductividad (uS/cm)	111.00	110.00	125.00	319.00	402.00
Cromo (mg/L.-Cr)	<0,001	<0,001	n.m	n.m	<0,001
DBO ₅ (mg/l)	3.23	3.63	24.20	34.80	102.60
Detergentes (mg/L.- SAAM)	<0,01	<0,01	0.04	0.48	0.54
DQO (mg/L)	7.20	7.80	38.00	62.00	160.00
Fenoles (mg/L.-fenol)	<0,04	1.91	1.27	1.71	<0,04
Fosfatos (mg/L.-PO ₄)	0.16	0.10	n.m	n.m	1.90
Fósforo (mg/L.-P)	0.04	0.03	n.m	n.m	0.48
Grasas (mg/L)	2.40	3.46	2.66	12.63	61.84
Hierro (mg/L.-Fe)	<0,002	0.0026	0.05	1.21	1.42
Manganeso (mg/L.-Mn)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitratos (mg/L.-N-NO ₃)	1.50	1.20	1.70	1.10	2.00
Nitritos (mg/L.-N-NO ₂)	0.001	0.003	0.008	0.003	0.008
N. Amiacal (mg/L N-NH ₃)	0.05	0.00	n.m	n.m	2.31
Nitrógeno Total (mg/L N)	3.92	1.20	4.87	9.18	12.75
O.D (mg/L.-O ₂)	7.70	7.00	6.50	0.90	0.10
SST (mg/L)	70.00	71.00	30.00	80.00	80.00
Sulfatos (mg/L SO ₄)	1.00	2.00	1.00	71.00	73.00
Turbiedad (UNF)	1.16	1.96	1.97	16.60	41.30
Coliformes Fecales (NMP)	1,5*10 ⁴	1,5*10 ⁴	2,1*10 ⁶	>1,1*10 ⁸	>1,1*10 ⁸ 2
Coliformes Totales (NMP)	2,1*10 ⁴	2,1*10 ⁴	2,8*10 ⁶	>2,4*10 ⁸	>2,4*10 ⁸

Fuente: Estudio de Caudal Ecológico, Balance Hídrico, Indicadores Ambientales e Inventario del Recurso hídrico en los Ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez.

Comparando los resultados obtenidos en la caracterización de Agosto de 2000, con los estándares del 1594/84 para uso del agua y para control de sustancias de interés sanitario, se construye la Tabla No.9.9 se determina los parámetros que están superando los niveles permisibles y que pueden ser tenidos en cuenta en el programa de monitoreo. Adicionalmente en el cuadro se observará que los parámetros conocidos como convencionales (DBO5, DQO, SST, Grasas y Alcalinidad-Acidez) están incluidos dentro del programa de monitoreo, así no estén superando los niveles permisibles, esto debido a que son parámetros buenos indicadores de la calidad del agua y de fácil determinación, evitando sobrecostos en el proyecto.

TABLA No. 12.9 ANALISIS DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE LA RED HIDRICA

PARAMETRO	SUPERA LA NORMA DEFINIDA PARA:				INCLUIR EN LA RED HIDRICA	
	USO		CONTROL		SI	NO
	SI	NO	SI	NO		
Acidez (mg/L CaCO ₃)					X	
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)					X	
Cadmio (mg/L- Cd)		X		X		X
Cianuros (mg/L-CN)		X		X		X
Cleruros (mg/L-Cl)		X		X		X
Cobre (mg/L-Cu)		X		X		X
Color (UPC)		X	X		X	
Conductividad (uS/cm)					Automático	
Cromo (mg/L-Cr)		X		X		X
DBO5 (mg/l)					X	
Detergentes (mg/L- SAAM)		X	X		X	
DQO (mg/L.)					X	
Fenoles (mg/L-fenol)	X		X		X	
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	X		X		X	
Fósforo (mg/L-P)					X	
Grasas (mg/L)					X	
Hierro (mg/L-Fe)		X		X		X
Manganeso (mg/L-Mn)		X		X		X
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)		X				X
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)		X				X
N.Amoniacal (mg/l. N-NH ₃)					X	
Nitrógeno Total (mg/L N)					X	
O.D (mg/L.-O ₂)					Automático	
SST (mg/l.)					X	
Sulfatos (mg/L SO ₄)		X		X	X	
Turbiedad (UNF)					Automático	

Analizando el uso de suelos en la cuenca, se incluirán otros parámetros en el programa de monitoreo de la red hídrica, los cuales son típicos en el tipo de actividades que se realicen.

Al igual que en la cuenca parte alta del Río Aguacatal, en la parte alta de esta cuenca también se llevan a cabo actividades agrícolas y además pecuarias. En la parte media se observa el uso de consumo domestico y descargas de aguas lluvias. Con base en estas observaciones, para este tipo de actividades y descargas se plantea que en la red de entradas del río a la ciudad, se realice el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrín y dieldrín, DDT.
- ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etroprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
- ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
- ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, K, Nitrogeno total, DBO₅, DQO y SST.
- ☛ Biológicos: Coliformes fecales (NMP).

En la parte baja de la cuenca del río Cali, esta se ve afectada por las descargas de tipo domestico, industrial y de lluvias. Por tanto, se plante el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Convencionales: DBO₅, DQO, SST, Grasas y aceites.
- ☛ Nutrientes: Nitrogeno total, amoniacal, NO₂, NO₃ y PO₄
- ☛ Metales: Zn, Cd, Pb, Fe, Cr

12.5.3 RIO CAÑAVERALEJO

Para determinar los parámetros de control o seguimiento a ser tenidos en cuenta en el río Cañaveralejo, nos basaremos en la tabla anterior respecto a usos del agua y en caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en diferentes puntos sobre el río.

Los resultados obtenidos en las caracterizaciones, serán comparados con los estándares estipulados en el D1594/84 y aquellos que excedan los estándares, se estimara como un posible parámetro al cual se le realice seguimiento y control en el programa de monitoreo.

En la Tabla No.12.10, se presenta los resultados de una caracterización fisicoquímica realizada sobre el río Cañaveralejo, en tres puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca.

**TABLA No.12.10 RESULTADOS DE CARACTERIZACIONES
FISICOQUIMICAS**

Lugar : RÍO CAÑAVERALEJO
 Fecha : Agosto 26 de 2000
 Sitios: Puntos en el río

PARÁMETRO	Punto No. 1 Límite Aguas arriba de la Sirena	Punto No. 2 Aguas Abajo de la Sirena	Punto No. 3 Río Aguas arriba Canal San. Fdo.	Punto No. 4 Desembocadura
Acidez (mg/L CaCO ₃)	9.00	10.00	18.00	56.00
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	64.00	72.00	116.00	88.00
Cadmio (mg/L- Cd)	<0,01	n.m	n.m	<0,01
Cianuros (mg/L-CN)	<0,1	n.m	n.m	<0,1
Cloruros (mg/L-Cl)	7.83	n.m	n.m	28.27
Cobre (mg/L-Cu)	0.058	n.m	n.m	0.10
Color (UPC)	20.00	50.00	80.00	90.00
Conductividad (uS/cm)	128.00	181.00	350.00	492.00
Cromo (mg/L-Cr)	0.04	n.m	n.m	0.12
DBO ₅ (mg/l)	3.98	8.20	93.56	96.50
Detergentes (mg/L- SAAM)	<0,01	<0,01	0.54	0.12
DQO (mg/L)	10.00	20.00	142.00	160.00
Fenoles (mg/L-fenol)	1.05	1.70	<0,04	<0,04
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	0.25	n.m	n.m	0.20
Fósforo (mg/L-P)	0.06	n.m	n.m	0.05
Grasas (mg/L)	2.10	4.32	17.35	35.79
Hierro (mg/L-Fe)	0.66	1.11	1.37	30.25
Manganeso (mg/L-Mn)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)	1.30	2.20	3.00	13.00
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)	0.003	0.183	0.003	0.003
N.Amoniacal (mg/L N-NH ₃)	0.06	n.m	n.m	3.06
Nitrógeno Total (mg/L N)	3.37	20.80	11.62	19.50
O.D (mg/L-O ₂)	7.90	5.30	3.00	0.10
SST (mg/L)	130.00	30.00	150.00	150.00
Sulfatos (mg/L SO ₄)	1.00	14.00	38.00	140.00
Turbiedad (UNF)	2.00	14.00	116.00	311.00
Coliformes Fecales (NMP)	2,4*10 ⁵	2,4*10 ⁵	1,2*10 ⁷	2,1*10 ⁷
Coliformes Totales (NMP)	4,6*10 ⁵	4,6*10 ⁵	9,3*10 ⁷	2,4*10 ⁸

n.m = parámetro no medido

Fuente: Estudio de Caudal Ecológico, Balance Hidrico, Indicadores Ambientales e Inventario del Recurso hídrico en los Ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez.

Comparando los resultados obtenidos en la caracterización de Agosto de 2000, con los estándares del 1594/84 para uso del agua y para control de sustancias de interés sanitario, se construye la Tabla No. 9.11 se determina los parámetros que están superando los niveles permisibles y que pueden ser tenidos en cuenta en el

programa de monitoreo. Adicionalmente en el cuadro se observará que los parámetros conocidos como convencionales (DBO5, DQO, SST, Grasas y Alcalinidad-Acidez) están incluidos dentro del programa de monitoreo, así no estén superando los niveles permisibles, esto debido a que son parámetros buenos indicadores de la calidad del agua y de fácil determinación, evitando sobrecostos en el proyecto.

**TABLA No.9.11 ANALISIS DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL
PROGRAMA DE MONITOREO DE LA RED HIDRICA**

PARAMETRO	SUPERA LA NORMA DEFINIDA PARA:				INCLUIR EN LA RED HIDRICA	
	USO		CONTROL		SI	NO
	SI	NO	SI	NO		
Acidez (mg/L CaCO ₃)					X	
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)					X	
Cadmio (mg/L- Cd)		X		X		X
Cianuros (mg/L-CN)		X		X		X
Cloruros (mg/L-Cl)		X		X		X
Cobre (mg/L-Cu)		X		X		X
Color (UPC)		X	X		X	
Conductividad (uS/cm)					Automático	
Cromo (mg/L-Cr)		X		X		X
DBO5 (mg/l)					X	
Detergentes (mg/L- SAAM)		X	X		X	
DQO (mg/L)					X	
Fenoles (mg/L-fenol)	X		X		X	
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	X		X		X	
Fósforo (mg/L-P)					X	
Grasas (mg/L)					X	
Hierro (mg/L-Fe)		X	X		X	
Manganeso (mg/L-Mn)		X		X		X
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)		X			X	
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)		X			X	
N.Amoniacal (mg/L N-NH ₃)					X	
Nitrógeno Total (mg/L N)					X	
O.D (mg/L-O ₂)					Automático	
SST (mg/L)					X	
Sulfatos (mg/L SO ₄)		X		X	X	
Turbiedad (UNF)					Automático	

Analizando el uso de suelos en la cuenca, se incluirán otros parámetros en el programa de monitoreo de la red hídrica, los cuales son típicos en el tipo de actividades que se realicen.

En la parte alta de la cuenca se llevan a cabo actividades agrícolas y pecuaria, por lo tanto se plantea los mismos parámetros de control en la parte media de la cuenca. Adicional a estos, hay presencia de descargas de aguas residuales. En

la parte media se tiene identificado las descargas provenientes de minas de carbon, con base en estas observaciones se plantea que en la red de entradas del rio a la ciudad, se realice el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrín y dieldrín, DDT.
- ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etoprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
- ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
- ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, K, Nitrogeno total, DBO₅, DQO y SST.
- ☛ Biológicos: Coliformes fecales (NMP).
- ☛ Fe, Sulfatos, Dureza total, calcica y magnesica, acidez, DQO, cianuros, cadmio.

Para la parte baja de la cuenca del río, se presentan descargas de tipo orgánico, por lo cual se plante el seguimiento a los siguientes análisis:

- ☛ Convencionales: : DBO₅, DQO, SST, Grasas y aceites, NO₃, NO₂.

12.5.4 RIO LILI

Para determinar los parámetros de control o seguimiento a ser tenidos en cuenta en el río Lili, nos basaremos en la tabla anterior respecto a usos del agua y en caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en diferentes puntos sobre el río.

Los resultados obtenidos en las caracterizaciones, serán comparados con los estándares estipulados en el D1594/84 y aquellos que excedan los estándares, se estimara como un posible parámetro al cual se le realice seguimiento y control en el programa de monitoreo.

560

En la Tabla No.12.12, se presenta los resultados de una caracterización fisicoquímica realizada sobre el río Lili, en tres puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca.

TABLA No.12.12 RESULTADOS DE CARACTERIZACIONES FISICOQUIMICAS

PARAMETRO	RIO O CANAL	Rio Lili	Rio Lili	Rio Lili
	ESTACION	Puente la Riverita	Pte ppal, via a Jamundi	Antes alto Rosario
	FECHA	Marzo 31/97	Marzo 31/97	Marzo 31/97
pH	unidades	2.80	3.50	6.00
Temperatura	°C	21.00	24.00	17.00
Color	unidades	35.00	20.00	10.00
Turbiedad	FTU	34.00	18.00	6.50
Solidos totales	mg/l	598.00	316.00	109.00
Solidos suspendidos	mg/l	68.00	41.30	8.70
Solidos disueltos	mg/l	530.00	274.70	100.30
DBO5	mg/l			
DQO	mg/l	19.60	12.40	8.30
Oxigeno disuelto	mg/l	3.20	5.50	7.30
Dureza total	mg/l	205.30	115.70	51.70
Dureza calcica	mg/l	84.00	59.10	20.30
Dureza magnesica	mg/l	121.40	56.60	31.40
Calcio	mg/l	33.60	23.60	8.10
Magnesio	mg/l	29.10	13.60	7.50
Alcalinidad a la fenol	mg/l	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad total	mg/l	0.00	0.00	31.40
Carbonatos	mg/l	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	0.00	0.00	38.30
Conductancia especific.	uS/cm	617.00	105.80	250.00
Hierro	mg/l	27.50	6.31	<0.005
Mnaganeso	mg/l	2.71	1.13	0.42
Sodio	mg/l	4.49	2.55	1.93
Potasio	mg/l	1.39	1.66	0.89
Cobre	mg/l	0.07	0.05	0.02
Zinc	mg/l	0.47	0.21	<0.001
Cloruros	mg/l	1.33	3.54	0.74
Sulfatos	mg/l	356.20	163.30	32.89
Fosfatos	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001
Fosforo total	mg/l	0.01	0.13	0.02
Nitrógeno total	mg/l	1.11	2.45	1.02
Nitrogeno amoniacal	mg/l	0.00	0.00	0.00
Nitratos	mg/l	0.52	0.42	0.45
Nitritos	mg/l	0.01	0.01	0.00
Coliformes totales	NMP	23.00000	240.00000	2400.00000
Coliformes fecales	NMP	0.00000	2.30000	240.00000

Fuente: Registros de Caracterizaciones fisicoquímicas desarrolladas por el Laboratorio de la CVC en el Río Lili.

Comparando los resultados obtenidos en la caracterización de Agosto de 2000, con los estándares del 1594/84 para uso del agua y para control de sustancias de interés sanitario, se construye la Tabla No. 9.13 se determina los parámetros que están superando los niveles permisibles y que pueden ser tenidos en cuenta en el programa de monitoreo. Adicionalmente en el cuadro se observará que los parámetros conocidos como convencionales (DBO5, DQO, SST, Grasas y Alcalinidad-Acidez) están incluidos dentro del programa de monitoreo, así no estén superando los niveles permisibles, esto debido a que son parámetros buenos indicadores de la calidad del agua y de fácil determinación, evitando sobrecostos en el proyecto.

TABLA No. 12.13 ANALISIS DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE LA RED HIDRICA

PARAMETRO	SUPERA LA NORMA DEFINIDA PARA:				INCLUIR EN LA RED HIDRICA	
	USO		CONTROL		SI	NO
	SI	NO	SI	NO		
Acidez (mg/L CaCO ₃)					X	
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)					X	
Cadmio (mg/L- Cd)		X		X	X	
Cianuros (mg/L-CN)		X		X	X	
Cloruros (mg/L-Cl)		X		X	X	
Cobre (mg/L-Cu)		X		X		X
Color (UPC)		X		X	X	
Conductividad (uS/cm)					Automático	
Cromo (mg/L-Cr)		X		X	X	
DBO5 (mg/l)					X	
Detergentes (mg/L- SAAM)		X		X		X
DQO (mg/L)					X	
Fenoles (mg/L-fenol)		X		X		X
Fosfatos (mg/L-PO ₄)		X		X		X
Fósforo (mg/L-P)						X
Grasas (mg/L)					X	
Hierro (mg/L-Fe)	X		X		X	
Manganeso (mg/L-Mn)	X		X		X	
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)		X		X		X
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)		X		X		X
N. Amoniacal (mg/L N-NH ₃)						X
Nitrógeno Total (mg/L N)						X
O.D (mg/L-O ₂)					Automático	
SST (mg/L)					X	
Sulfatos (mg/L SO ₄)	X		X		X	
Turbiedad (UNF)					Automático	

Analizando el uso de suelos en la cuenca, se incluirán otros parámetros en el programa de monitoreo de la red hídrica, los cuales son típicos en el tipo de actividades que se realicen.

En la parte alta de la cuenca, se conoce de la existencia de minas de carbón, lo que genera la presencia de caparrosa sobre el cuerpo de agua. Es importante anotar que la parte media es utilizada para recreación por lo que se plantea la necesidad de realizar control para evitar daños físicos y riesgos de toxicidad. Con base en esto, se considera que los análisis a ser evaluados en la red intermedia deben ser:

- ☛ Convencionales: DBO₅, DQO, SST, Grasas y aceites.
- ☛ Biológicos: Coliformes fecales (NMP).
- ☛ Sulfatos, Acidez, Dureza total, Calcica, DQO
- ☛ Metales: Fe, Cd, Cu
- ☛ Sustancia de interes sanitario: Cianuros, Hg

En la parte baja de la cuenca se llevan a cabo actividades agrícolas, con base en estas observaciones, para este tipo de actividades y descargas se plantea que en la red de salidas del rio, se realice el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrin y dieldrin, DDT.
- ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etroprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
- ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
- ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, K, Nitrogeno total, DBO₅, DQO y SST.

12.5.5 RIO MELENDEZ

Para determinar los parámetros de control o seguimiento a ser tenidos en cuenta en el río Meléndez, nos basaremos en la tabla anterior respecto a usos del agua y en caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en diferentes puntos sobre el río.

Los resultados obtenidos en las caracterizaciones, serán comparados con los estándares estipulados en el D1594/84 y aquellos que excedan los estándares, se estimara como un posible parámetro al cual se le realice seguimiento y control en el programa de monitoreo.

En la Tabla No.12.14, se presenta los resultados de una caracterización fisicoquímica realizada sobre el río Meléndez, en tres puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca.

TABLA No.12.14 RESULTADOS DE CARACTERIZACIONES FISICOQUIMICAS

564

Lugar : RÍO MELENDEZ
 Fecha : Agosto 30 de 2000
 Sitios : Puntos 1, 2, 3, 4 y 5 en el río

PARÁMETRO	Punto No. 1	Punto No. 2	Punto No. 3	Punto No. 4	Punto No. 5
	Límite Río	Aguas		Río Aguas Arriba	Desembocadura
	A. A. La Chocloná	Arriba Polvorines	Río Calle 5	Canal Nápoles	Río Meléndez
Acidez (mg/L CaCO ₃)	0.00	4.00	6.00	6.00	18.00
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	56.00	36.00	36.00	44.00	80.00
Cadmio (mg/L- Cd)	<0,01	n.m	n.m	n.m	<0,01
Cianuros (mg/L-CN)	<0,1	n.m	n.m	n.m	<0,1
Cloruros (mg/L-Cl)	5.22	n.m	n.m	n.m	16.96
Cobre (mg/L-Cu)	0.01	n.m	n.m	n.m	0.0019
Color (UPC)	<5,0	5.00	5.00	5.00	50.00
Conductividad (uS/cm)	106.00	87.00	92.00	106.00	248.00
Cromo (mg/L-Cr)	<0.001	n.m	n.m	n.m	<0,001
DBO ₅ (mg/l)	3.13	8.23	23.70	35.41	48.50
Detergentes (mg/L- SAAM)	<0,01	0.01	0.20	0.31	0.27
DQO (mg/L)	9.00	14.00	40.00	60.00	80.00
Fenoles (mg/L-fenol)	1.08	0.18	1.27	1.11	0.05
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	0.04	n.m	n.m	n.m	2.19
Fósforo (mg/L-P)	0.01	n.m	n.m	n.m	0.55
Grasas (mg/L)	0.77	2.22	2.77	3.05	9.01
Hierro (mg/L-Fe)	0.46	3.81	3.78	2.26	0.81
Manganeso (mg/L-Mn)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)	1.60	1.50	1.60	2.00	1.00
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)	<0,001	0.001	0.004	0.03	0.004
N. Amoniacal (mg/L N-NH ₃)	0.07	n.m	n.m	n.m	2.75
Nitrógeno Total (mg/L N)	7.31	5.81	14.43	12.93	3.75
O.D (mg/L-O ₂)	8.00	7.80	5.20	6.30	0.60
SST (mg/L)	20.00	40.00	10.00	100.00	170.00
Sulfatos (mg/L SO ₄)	8.00	9.00	10.00	11.00	23.00
Turbiedad (UNF)	4.9	4.33	4.71	3.54	15.40
Coliformes Fecales (NMP)	1,5*10 ⁴	1,5*10 ⁴	1,5*10 ⁶	2,1*10 ⁵	4,6*10 ⁶
Coliformes Totales (NMP)	2,1*10 ⁴	2,8*10 ⁴	2,1*10 ⁶	2,4*10 ⁶	1,1*10 ⁷

Fuente: Estudio de Caudal Ecológico, Balance Hídrico, Indicadores Ambientales e Inventario del Recurso hídrico en los Ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez.

Comparando los resultados obtenidos en la caracterización de Agosto de 2000, con los estándares del 1594/84 para uso del agua y para control de sustancias de interés sanitario, se construye la Tabla No.9.15 en la que se determinan los parámetros que están superando los niveles permisibles y que pueden ser tenidos en cuenta en el programa de monitoreo. Adicionalmente en el cuadro se observará que los parámetros conocidos como convencionales (DBO₅, DQO, SST, Grasas y Alcalinidad-Acidez) están incluidos dentro del programa de monitoreo, así no estén superando los niveles permisibles, esto debido a que son parámetros buenos

565

indicadores de la calidad del agua y de fácil determinación, evitando sobre costos en el proyecto.

566

TABLA No.12.15 ANALISIS DE PARÁMETROS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE MONITOREO DE LA RED HIDRICA

PARAMETRO	SUPERA LA NORMA DEFINIDA PARA:				INCLUIR EN LA RED HIDRICA	
	USO		CONTROL		SI	NO
	SI	NO	SI	NO		
Acidez (mg/L CaCO ₃)					X	
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)					X	
Cadmio (mg/L- Cd)		X		X		X
Cianuros (mg/L-CN)		X		X		X
Cloruros (mg/L-Cl)		X		X	X	
Cobre (mg/L-Cu)		X		X		X
Color (UPC)		X		X	X	
Conductividad (uS/cm)					Automático	
Cromo (mg/L-Cr)		X		X		X
DBO5 (mg/l)					X	
Detergentes (mg/L- SAAM)		X		X		X
DQO (mg/L)					X	
Fenoles (mg/L-fenol)		X	X		X	
Fosfatos (mg/L-PO ₄)	X			X	X	
Fósforo (mg/L-P)					X	
Grasas (mg/L)					X	
Hierro (mg/L-Fe)		X		X		X
Manganeso (mg/L-Mn)		X		X		X
Nitratos (mg/L-N-NO ₃)		X		X		X
Nitritos (mg/L-N-NO ₂)		X		X		X
N.Amoniacal (mg/L N-NH ₃)						X
Nitrógeno Total (mg/L N)						X
O.D (mg/L-O ₂)					Automático	
SST (mg/L)					X	
Sulfatos (mg/L SO ₄)	X		X		X	
Turbiedad (UNF)					Automático	

Analizando el uso de suelos en la cuenca, se incluirán otros parámetros en el programa de monitoreo de la red hídrica, los cuales son típicos en el tipo de actividades que se realicen.

Con base en los usos del agua en la cuenca parta alta y media, los parámetros a analizar serian:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrín y dieldrín, DDT.
 - ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etoprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
 - ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
 - ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, K, Nitrogeno total, DBO₅, DQO y SST.
- Biológicos: Coliformes fecales (NMP).

En la parte baja de la cuenca se llevan a cabo actividades agrícolas, por lo que se plantea realizar el seguimiento a los siguientes parámetros:

- ☛ Plaguicidas clorados: aldrín y dieldrín, DDT.
- ☛ Plaguicidas organofosforados: caduzafos, diazinón, etoprofos, foxin, malatión, metil malatión, metamidofos, paratión, terbufos.
- ☛ Plaguicidas carbamatos: carbaril, carbofurán, mancozeb, oxamil, propoxur.
- ☛ Nutrientes: PO₄, NO₂, NO₃, K, Nitrogeno total, DBO₅, DQO y SST.

Como resumen general de los parámetros a monitorear en los diferentes ríos, se construye la siguiente Tabla.

12.6 EQUIPOS

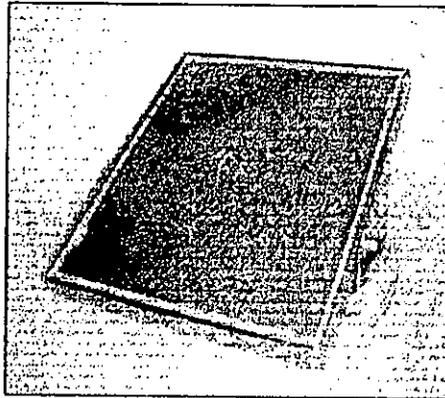
12.6.1 DATALOGGER.

El equipo de telemetría y monitoreo puede ser integrado con cualquier tipo de analizador específico o sensor que tenga como salida una señal eléctrica proporcional a la variable medida en mV o mA.

- El Módulo de medición y control debe estar protegido en cubierta de acero inoxidable, con microprocesador configurado para 32K ROM, 64k RAM.
- Sistema de operación tipo multi-tarea que permite simultáneamente la medición y comunicación de las diferentes variables.
- Capacidad de almacenamiento de 60.000 datos, con opción de expansión a 500.000 datos.
- Programable a través de 30 instrucciones de medición, 43 instrucciones de proceso y 15 programas de control.
- Modulo de cableado en acero inoxidable, con protección de transientes para todas las entradas y salidas. Los datos son recolectados selectivamente de acuerdo a tiempos o eventos definidos por el usuario.
- Entradas análogas: 6 canales diferenciales o hasta 12 canales sencillos, configurables.
- Puertos digitales de entrada o salida: 8 puertos seleccionables como entradas binarias o salidas de control.

- Gabinete: Para colocación del modulo de suministro de potencia y sistema de telecomunicaciones. Dimensiones 16"x18"x5.5", en fibra de vidrio NEMA estabilizado contra UV y para la reflexión de la luz solar, reduciendo el gradiente de temperatura dentro del gabinete.

12.6.2 PANEL SOLAR



Especificaciones técnicas.

- Panel solar de 20 W, con soportes, cableado y conectores.
- Dimensiones del panel: 56.9 cm x 33 cm x 3.3 cm

12.6.3 SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO.

Las tecnología ultrasónica utiliza una serie de ondas de sonido transmitidas por el sensor de forma cónica. Las ondas de sonido se reflejan en la superficie del liquido y son recibidas por el sensor. El sensor mide el intervalo de tiempo entre la transmisión y la recepción de la señal, convirtiéndola en una medida de distancia basada en la velocidad del sonido.

Este sensor no es afectado por el tipo de liquido o por el color del mismo (turbiedad) y funciona perfectamente en ambientes severos.

Especificaciones técnicas

12.6.4.1 pH

Rango	:	0 a 14
Rango de temperatura	:	0°C a 70°C
Exactitud	:	± 0.1 unidad de pH
Longitud de cable	:	30 m

12.6.4.2 Temperatura

Rango	:	0°C a 50 °C
Exactitud	:	± 0.1 °C
Longitud de cable	:	30 m

12.6.4.3 Conductividad

Rango	:	5 a 7500 microsiemens/cm
Exactitud	:	± 0.001 mS/cm
Longitud de cable	:	30 m

12.6.4.4 Turbiedad

Rango	:	0 a 400 NTU
Exactitud	:	± 0.01 NTU
Longitud de cable	:	30 m

12.6.4.5 Oxígeno Disuelto

Rango	:	0 a 50
-------	---	--------

Tipo	:	Celda galvanica auto-polarizante con compensacion automativa por temperatura.
Salida	:	mV
Temperatura	:	+ 4 / +40°C
Repetibilidad	:	± 0.2 mg/l

12.6.5 MUESTREADOR AUTOMATICO CON REFRIGERACIÓN.

Este muestreador esta diseñado para monitorear de 12 a 24 muestras separadamente. Las muestras pueden ser colectadas de manera compuesta o en recipientes independientes. La frecuencia se define a intervalos de tiempo definidos o se puede activar la colección de muestras por el registro de otro parámetro de lectura directa que este excediendo algunos valores predefinidos.



Especificaciones técnicas generales:

- ☛ Dimensiones: Ancho 24" (61 cm), Profundidad 24" (61 cm), Alto 44 2 (112 cm), Peso 14 Lb (63 Kg).
- ☛ Bomba de muestreo: Velocidad peristáltica alta, rodillo dual, con tubo de la bomba de 3/8" (.95 cm) ID por 5/8" (1.59 cm)
- ☛ Cuerpo de la bomba: Resistente a fuertes impactos y a la corrosión, reforzado con fibra de vidrio.
- ☛ Elevación vertical: máxima de 27 ft (8.2 m)

- ☛ Rata de flujo de bombeo: 60 ml/s en una elevación de vertical de 3 ft (0.9 m) en un tubo de entrada de 3/8" ID.
- ☛ Volumen de muestra: programado en milímetros con incrementa de a 1 ml desde 10 a 9999 ml.
- ☛ Repetibilidad en el volumen de muestra: ± 10 ml
- ☛ Capacidad de la botellas de muestreo:
 - Compuestas
 - Botellas individuales
- ☛ Intervalos entre muestras: Seleccionable en incrementos individuales de 1 a 9999 pulsos de flujo o de 1 a 9999 minutos con incrementos de 1 minuto.
- ☛ Multiplex: Modo de botellas multiples: Múltiples muestras por botella y/o múltiples botellas para colección de muestras.
- ☛ Purga a la entrada: El aire es purgado automáticamente antes y después de cada toma de muestra. La duración es automáticamente compensada con la variación en las líneas de entrada.
- ☛ Caparazón de bomba/controlador: Resistente a los impactos, a prueba de agua y polvos, resistente a la corrosión y al hielo.
- ☛ Panel de control: teclado de membrana de 18 teclas y pantalla líquida para 24 caracteres alfanuméricos.
- ☛ Reloj interno: Indica el tiempo real y la fecha. Precisión de tiempo base de 0.007%
- ☛ Diagnósticos: Pruebas de RAM, ROM, bombas y distribuidores
- ☛ Programa postergado: el muestreo inicia a la hora y minutos programados.
- ☛ Muestreo manual: Inicia una colección de muestras independiente del programa de muestreo en progreso.
- ☛ Enjuague a la entrada: La línea de entrada automáticamente realiza un enjuague previo a la toma de la muestra, de 1 a 3 enjuagues.
- ☛ Fallas a la entrada: el ciclo de colección de muestreo automáticamente se repite de 1 a 3 veces, si la muestra no ha obtenido la orden de inicio.
- ☛ Múltiples programas: Almacena hasta cinco programas de muestreo.

- ☛ Registrador de datos: Registra la hora y fecha de inicio de programas de muestreo, almacena hasta 400 datos de hora y fecha de colección de muestras, estado operacional del equipo en el que se incluye el numero de minutos o pulsos, numero de botellas, numero de muestras colectadas, volumen de muestra colectada, numero de identificación de la muestra.
- ☛ Bloqueo de programa: Código de acceso para proteger la entrada al sistema operacional del muestreador.
- ☛ Tubo de entrada: 1 / 4" (.64 cm) ID vinilo. 3/8" (.95 cm) ID vinilo. 3/8" ID línea de polietileno con protección externa de cubierta.
- ☛ Requerimientos de energía: 115 VAC, 60 Hz; Compresor amperage 1.5-2.0 A. Corriente del rotor de bloqueo 12 Amps.
- ☛ Batería interna: Vida útil de 5 años, batería de litio, mantiene la configuración de los programas de muestreo y la hora real del reloj.
- ☛ Protector de sobrecargas: Controlador: fusible de 5 amp DC. Compresor : La sobrecarga térmica se dispara por encima de los 110 °C.
- ☛ Sistema de refrigeración: Compresor de 1/10 HP, 75 Watt, 400 BTU/hr. Condensador del ventilador de 120 CFM. Aislamiento rígido de espuma. Termostato capaz de mantener el liquido en 4° a temperatura ambiente de 49°C. Precisión de ± 0.8 °C. Sello de puerta magnético. El cuerpo del refrigerador es de acero 22, recubierta con lamina de vinilo. Los componentes de refrigeración y la tubería de cobre son protegidos con resinas fenólicas.
- ☛ Rango de temperatura: Uso general: 0°C a 50°C; Pantalla de cristal liquido: opera entre -10°C a 70°C; Almacenamiento: -40°C a 80°C.

12.7 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA A TRAVÉS DEL SISTEMA SATELITAL GOES.

El sistema está previsto que se comunique vía GOES, aunque se debe diseñar para que en un futuro pueda trabajar con otros sistemas de transmisión más eficientes. Por ello, como se ha indicado con anterioridad, el sistema de transmisión debe ser independiente del sistema de adquisición de datos.

Si el sistema de transmisión es GOES, los equipos deberán contar con la aprobación y homologación por parte de la NATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITE, DATA, AND INFORMATION SERVICE (NESDIS) que forma parte de la NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION de los Estados Unidos de América (NOAA). En caso tal que utilicen otro satélite los equipos deberán contar con la aprobación y homologación de quien lo agencie.

Las estaciones remotas almacenarán los datos correspondientes de los sensores climatológicos e hidrológicos, junto a la medición del voltaje de la batería y humedad interna cuando se determine en forma periódica.

El concepto fundamental de la red hídrica proyectada, es que cada una de las estaciones fijas (remotas) es una unidad inteligente, la cual posee en su datalogger un programa que recibe la señal de los sensores, los procesa y los almacena. Con todas las opciones de comunicación: radio, módem dedicado, módem telefónico, módem celular y satélite. Para el proyecto en estudio, todas las comunicaciones serán vía satélite.

Si bien durante el desarrollo de esta proyecto se brinda la información básica sobre la forma como debería operarse este sistema, luego de la adjudicación del contrato de suministro de equipos, instalación, montaje y operación de la red hídrica, es necesario delinear en forma más precisa su operación (tiempo de toma de datos, máximos, mínimos, promedios, etc.), de forma de desarrollar el programa inicial de los dataloggers, de las estaciones remotas.

Este sistema brinda la posibilidad de ser ampliado con mayor cantidad de sensores para cualquiera de las estaciones existentes, afrontando solo el costo del sensor a instalarse, dado que el datalogger posee una capacidad superior y fácilmente expandible.

De igual modo, este sistema brinda la posibilidad de ser agregada una cantidad ilimitada de estaciones, sin importar su ubicación, dado que el vínculo no posee ningún condicionamiento de ubicación para su sencilla instalación, ni estudios de propagación previos para determinar su mejor asentamiento. Así mismo, el hardware y software previsto para las estaciones maestras, no posee tampoco limitaciones para la incorporación de nuevas estaciones, otros tipos de comunicaciones, etc.

Por lo tanto, posibilita la incorporación futura de nuevas estaciones remotas, en forma independiente de su ubicación en el terreno.

12.8 INVERSION ESTIMADA PARA LA RED No. 1 Y RED No.2.

Conforme con la definición de la cantidad de estaciones que conformaran la Red de Entradas o Red No.2 y la Red de Salida o Red No.1, para el monitoreo de parámetros hidrológicos y calidad del agua, a continuación en la Tabla No.9.3, se estima el valor de la inversión que deberá realizarse para la adquisición, instalación y montaje de las estaciones de monitoreo hidrológicas y de calidad de agua con base al siguiente presupuesto.

576

Presupuesto de Inversión para la Red No. 1 y Red No.2 en US

Dólares (valores de Diciembre de 2000)

DETALLE	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	TOTAL
Datalogger	8	2974	23792
Gabinete	8	750	6000
Sistema de Montaje de Gabinete	8	300	2400
Bateria DC, 12 V	8	175	1400
Panel Solar, 20 W	8	795	6360
Cableado de poder	8	100	800
Unidad de transmisión GOES	8	3755	30040
Hardware convertir señal GOES-Telefonica	1	50000	50000
Software para Windows	1	1105	1105
Antena superior de transmisión	8	444	3552
Antena GPS, con encerramiento y cableado	8	45	360
Caja de expansion SDI para los sensores- 3p	2	376	752
Sensor de nivel ultrasonico	8	1380	11040
Sensor de Turbiedad	8	2950	23600
Cable de sensor de turbiedad (30 m)	8	405	3240
Sonda Conductividad, Temperatura, Oxigeno Disuelto y pH	8	4792	38336
Unidad de Display de datos y cables	8	1343	10744
Muestreador Automatico con Refrig.	8	12000	96000
Construccion caseta y encerramiento	8	3000	24000
Instalacion de equipos (20%)			42704
Entrenamiento al personal (3%)			6406
Visitas y diseño de tareas especificas (3%)			6406
PRESUPUESTO ESTIMADO EN COMPRA DE EQUIPOS E INSTALACION DE LOS MISMOS - RED 2 Y 1			389036

577

13. PROPUESTA METODOLOGICA: DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y CIVILES

13.1 INTRODUCCION.

En este estudio, los alcances del diseño de estructuras hidráulicas y civiles, llegan al planteamiento de una metodología para el diseño definitivo de las obras, este servira de consulta base al DAGMA, al momento de definir la contratación del diseño y construcción de la obra. Se presentara un acercamiento al predimensionamiento de la infraestructura requerida para la instalación de la infraestructura requerida para la instalación y localización de los Sistemas de Monitoreo. Se buscó adaptar que la infraestructura sea sencilla, funcional y permitiera registrar la información para las condiciones reales que se presentan en el río a lo largo del tiempo de monitoreo.

Hay que tener en cuenta que los Sistemas de Monitoreo de Hidrología, se componen en términos generales de las siguientes partes: Unidad de control de sistemas, pluviómetros, muestreadores atmosféricos, sensor de nivel y muestreador de calidad del agua. En el caso de la ciudad de Cali, se implementará una red de monitoreo para los ríos de la ciudad, que básicamente constara de: Un sensor de nivel y un muestreador de calidad del agua.

En este aparte del documento se presenta los predimensionamientos de la infraestructura requerida para la instalación y localización

Para la instalación del muestreador de calidad del agua se predimensionó una bocatoma de fondo que captará el agua del río y la conducirá hasta un pozo donde se instalarán los sensores que realizarán los registros de los parámetros de calidad del agua. Como el propósito es medir durante las 24 horas del día los parámetros de calidad, se tomó como criterio mantener una lámina de agua de 0.80 m y un orificio (tipo vertedero) que permita mantener tiempos de retención inferior a 15 minutos aproximadamente en el pozo de medición, por esta razón se

diseño un pozo húmedo que captará los excedentes y mediante una bomba tipo sumergible se entregará el agua captada al río. Al lado de los pozos o sobre la parte superior se instalará la caseta donde estará la unidad de control del sistema.

Para llevar a cabo el predimensionamiento típico el consultor con base en su experiencia elaboró unos supuestos a saber:

1. Para el diseño de la bocatoma, rejilla y canal de aducción se tomó un caudal de 5 LPS.
2. El caudal medio y máximo del río es de 200 y 500 LPS.
3. El ancho de la sección típica se trabajó con 20 m.
4. Las cotas de diseño son arbitrarias, tomando como cota de fondo en el río la 100 msnm.
5. La profundidad de los pozos se tomó para efectos del cálculo de cantidades de obra de 4.50 m y con espesores de muros de 0.20 m. Estos muros se deben construir en hormigón armado de 3000 PSI.
6. El ancho de la bocatoma será de 0.50 m y la profundidad de 1.0 m. Su construcción será en concreto ciclópeo, excepto el canal de aducción.

Partiendo de lo anterior, se predimensionó una estación típica y a partir de ella describirá la metodología que debe emplear el proponente para su diseño y construcción definitiva.

13.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEFINITIVO.

Los estudios que se deben realizar para llevar a cabo los diseños definitivos y proponer alternativas de estructuras para la medición de los parámetros de calidad y aforo en cada uno de los ríos de la ciudad son:

Recopilación de información cartográfica de cada una de las cuencas y datos de precipitaciones máximas, medias y mínimas mensuales o anuales. En caso de existir información sobre caudales también deben ser recopilados.

Calcular los caudales esperados en cada una de las cuencas para diferentes períodos de retorno y en especial en época de estiaje.

Una vez se tengan los caudales realizar una simulación hidráulica del sistema, para conocer los niveles o alturas de láminas de agua en los cauces de los ríos, específicamente en el punto donde se localizará la estación de medición o monitoreo.

Hacer un levantamiento altimétrico y planimétrico de los sitios donde se localizarán las estaciones de medición y aforo. Con secciones cada 20 m y en una longitud aproximada de 200m.

Realizar un estudio de suelos en cada uno de los puntos donde se localizarán las estructuras de medición.

Presentar las alternativas del tipo de estructuras para medición y llevar a cabo el diseño de la alternativa seleccionada.

13.3 CALCULOS HIDRÁULICOS DE LA BOCATOMA DE FONDO, REJILLA, CANAL DE ADUCCIÓN, DEL POZO DE MONITOREO Y DEL POZO HUMEDO.

En el cuadro siguiente se presentan los cálculos hidráulicos requeridos para el predimensionamiento de las diferentes estructuras.

En el pozo húmedo se instalará una bomba tipo sumergible, cuyas condiciones preliminares de operación pueden ser:

Caudal de Bombeo : 30 LPS

Altura dinámica total : 15 m

Diámetro de conexión 3"

Potencia de la bomba: 5HP

La anterior información deberá ser corroborada en los diseños definitivos.

13.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

13.4.1 Bocatoma y canal de aducción

Por estar localizada en el eje, del cauce del río, se deberá inspeccionar periódicamente con el propósito de retirar manualmente con un rastrillo las hojas y piedras que puedan obstruirla y no permitan captar el caudal esperado y poder mantener los niveles en el pozo y entrada de agua continuamente.

Después de crecientes fuertes también se deberá inspeccionar una vez los caudales en el río hayan disminuidos, para verificar el comportamiento estructural de la bocatoma.

13.4.2 Pozo de monitoreo.

Se debe inspeccionar diariamente que el flujo de entrada al pozo sea de manera continua y que los orificios del excedente de caudal se encuentren trabajando adecuadamente.

El mantenimiento del pozo consistirá en retirar las arenas o material flotante una vez al mes. Para ello se puede utilizar una vara de madera que permita medir la altura del lecho de arena el cual no debe ser superior a 40 cm. La limpieza se realizará con valdes y en forma manual. Una vez se extraiga el material sedimentado, este se deberá pesar con el propósito de llevar un registro de la

cantidad de sedimentos que puede transportar el río y que será de gran utilidad para estudios posteriores. También se debe describir su composición física y química de ser posible.

13.4.3 Pozo húmedo.

Al igual que para el pozo de monitoreo, también se debe inspeccionar diariamente para saber si la bomba sumergible está trabajando adecuadamente. La limpieza del pozo se debe realizar simultáneamente con el pozo de monitoreo y una vez se retiren los sedimento estos deben ser evaluados tal como se describió en el párrafo anterior.

En cuanto a los equipos mecánicos deberán recibir el mantenimiento preventivo según las especificaciones del fabricante. Para el caso de la bomba sumergible se debe tener una de repuesto en caso de mantenimiento de la bomba en operación o por falla mecánica.

13.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

13.5.1 ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS PRELIMINARES

13.5.1.1 Programa de los Trabajos.

Antes de iniciar la obra el CONTRATISTA presentará al INTERVENTOR un programa de trabajo en el cual no sólo se fije el orden de la ejecución sino el periodo de duración para cada parte de la misma.

El programa será discutido entre el INTERVENTOR y el Constructor, sin olvidar las previas consultas al DAGMA.

El INTERVENTOR aprobará el programa de trabajo, el cual debe ser presentado en forma gráfica o de memorándum, en formato de computador.

Oficinas y Depósitos

El CONTRATISTA, con anterioridad a la iniciación de los trabajos deberá disponer de un sitio apropiado que sirva como oficina de la obra, para depósito de herramientas, materiales y el equipo que se requiera.

El INTERVENTOR constatará que el espacio destinado al depósito de cemento ofrezca las seguridades del caso en cuanto a sequedad del piso, cubierta a prueba de goteras, protección contra inundaciones, etc.

13.5.1.2 Equipos y Herramientas.

El INTERVENTOR exigirá que el CONTRATISTA tenga en su depósito el equipo y las herramientas para ejecución de la obra, o en caso de que algunos elementos no se encuentren por no ser estrictamente indispensables para su iniciación, fijará un plazo, de acuerdo con el programa de trabajos, para que el CONTRATISTA los lleve a la obra.

13.5.1.3 Materiales.

Las especificaciones de los materiales representan los estándares mínimos que se consideran necesarios para lograr un proyecto satisfactorio. No se admitirán sustituciones de los materiales especificados sin el permiso escrito del INTERVENTOR del Proyecto.

El CONTRATISTA deberá remover del sitio del Proyecto materiales que a juicio del INTERVENTOR son defectuosos o no cumplen con las especificaciones. Los materiales instalados que presenten defectos o que no sean aceptables deberán removerse y reemplazarse por materiales apropiados.

El INTERVENTOR comprobará que el agua empleada en la obra, sea de buena calidad.

13.5.1.4 Seguridad en la Obra.

El CONTRATISTA deberá tomar las medidas necesarias para la seguridad del personal dentro del sitio de construcción, deberá equipar a sus trabajadores con elementos de protección, tales como zapatos, cascos y ropa de trabajo adecuada.

Se colocarán señales de seguridad apropiadas indicando peligros, se instalarán barandas y guardas según se requieran y se mantendrán durante la obra, hasta que se haya alcanzado la terminación del proyecto. El CONTRATISTA además, proveerá un acceso adecuado del sitio de construcción que sea seguro para los trabajadores y personal autorizado.

13.5.1.5 Protección de la Propiedad.

El CONTRTISTA deberá proteger: árboles, cercas, señales, postes, mallas, conexiones aéreas o subterráneas de cualquier índole, estructuras, etc., y cualquier daño acaecido en propiedad ajena serán reparados en forma satisfactoria por su propia cuenta.

13.5.1.6 Localización y Replanteo.

Este trabajo consiste en dejar referencias de nivel y tránsito que sólo se retirarán con autorización del INTERVENTOR. Antes de acometer la construcción deberá notificarse al INTERVENTOR para que compruebe la correcta colocación del estacado.

Deben tomarse medidas con cinta metálica, ejecutando, los trazados con tránsito y nivelando con aparatos de precisión.

13.5.1.7 Medida y Pago.

La medida y pago se harán de manera global conforme a lo estipulado en las Cantidades de obra y Presupuesto, precio y pago que incluye el suministro de toda la planta, dirección, ingeniería, equipo, mano de obra y demás gastos requeridos para las obras a construirse.

La aprobación de los trabajos topográficos, por parte del INTERVENTOR, no exime al CONTRATISTA de responsabilidad, si se cometen errores de localización o nivelación en cualquier sector de la obra.

13.5.1.8 Campamento.

En el sitio escogido por el CONTRATISTA y aprobado por el INTERVENTOR se levantará una edificación provisional según el caso, suficientemente resistentes para la instalación de oficinas, almacenamiento de materiales, equipos y accesorios de construcción.

El INTERVENTOR y su personal, tendrán libre acceso a todas las áreas e instalaciones del CONTRATISTA.

Todos los materiales utilizados en el campamento y oficina son de propiedad del CONTRATISTA, quien podrá disponer de ellos una vez terminado su contrato. El CONTRATISTA sólo podrá desmontar las instalaciones del campamento una vez finalizada la construcción.

13.5.1.9 Accesos y Señales.

La construcción y/o mejoras de los caminos provisionales que se requieran para trasladar a los sitios de trabajo el personal, equipos, elementos y materiales, se harán de acuerdo a las recomendaciones del INTERVENTOR, incluyendo entre otros, barandas y otros elementos de protección indispensables para evitar accidentes y resguardar obras terminadas.

Se proveerán también señales preventivas y en caso necesario, se dispondrán vigilantes para controlar los accesos a zonas restringidas por razones de trabajo o riesgo de accidente.

El descuido o negligencia del CONTRATISTA en lo referente a señales y accesos, lo hará responsable ante El DAGMA y/o ante terceros.

Será de responsabilidad del CONTRATISTA cualquier daño que se produzca por la realización de los trabajos y/o la movilización de los equipos. No hará pago por separado por concepto de accesos y señales.

13.5.2 MANEJO DEL AGUA DURANTE LA CONSTRUCCION

13.5.2.1 Generalidades

Esta especificación se refiere al manejo de las aguas subterráneas y superficiales durante la ejecución de las obras contratadas que deben ejecutarse en seco. El

control del agua comprende el suministro y aplicación de todos los medios, materiales, organización, mano de obra y equipos, necesarios para mantener libres de agua las obras en ejecución que así lo requieran.

13.5.2.2 Manejo de Aguas

El CONTRATISTA deberá ejecutar las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones superficiales e infiltraciones subterráneas las zonas de construcción, y demás sitios, donde la presencia del agua afecte la calidad o el rendimiento de la construcción.

Los trabajos y obras provisionales a que se refiere esta especificación, servirán para desviar, contener, evacuar y/o bombear las aguas, de modo tal que no interfieran con el adelanto de las obras por construir, ni con ejecución y conservación adecuadas. El CONTRATISTA deberá mantener continuamente estas condiciones de trabajo durante el tiempo que sea necesario a juicio del INTERVENTOR.

El CONTRATISTA deberá efectuar todos los trabajos necesarios para remover las obras de control de aguas o anular su efecto cuando ya no requieran o el INTERVENTOR lo ordene. En general, deberá adelantar los trabajos que sean necesarios para que las zonas afectadas por las obras de control queden en el estado más conveniente de acuerdo con los fines que persigue el proyecto.

El CONTRATISTA deberá proveer y mantener suficiente equipo en la obra, para las emergencias previsibles en los trabajos que abarca esta especificación.

Antes de iniciar las excavaciones el CONTRATISTA deberá someter a la aprobación del INTERVENTOR el plan detallado que piensa poner en marcha para el control y manejo de las aguas superficiales y freáticas, indicando la localización y características de las obras provisionales que llevará a cabo con

este propósito, así como el tipo y las capacidades de equipo de bombeo o sistema de desecación que se propone usar. El CONTRATISTA deberá tener aprobado el plan ocho (8) días antes de la iniciación de cada obra específica.

La aprobación por parte del INTERVENTOR a dicho plan de trabajo y la autorización para que se ejecute cualquier otro trabajo con el mismo fin, no relevan al CONTRATISTA de su responsabilidad con el mismo; por consiguiente, deberá tener el cuidado suficiente de ejecutar las obras y trabajos de tal manera que no ocasione daños ni perjuicios al DAGMA y/o a terceros, y será el único responsable por los que se produzcan por causas derivadas de estos trabajos.

13.6 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Basados en los esquemas del Plano No. 10.1 se calcularon las cantidades de obra y el presupuesto que aproximadamente se requiere para la construcción de cada una de las estructuras predimensionadas, tomando como base los precios unitarios de EMCALI, resolución 726 de abril 17 de 2000 y de la CVC del año 2000.

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

PROYECTO: BOCATOMA FONDO TIPICA Y POZOS

CUADRO DE TEMES, CANTIDADES Y PRECIOS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
A MATERIALES					
1	Suministro de Bomba sumergible, Caudal 30 lps, 5HP, conexión 3"3" para pozo húmedo	#	2	\$ 6,867,000	\$ 13,734,000
2	Suministro de Codo 90°3" en HF, extremo liso para PVC	#	2	\$ 64,986	\$ 129,976
3	Suministro Valvula de retención de 3" HF, extremo liso para PVC	#	1	\$ 351,000	\$ 351,000
4	Suministro de tubería PVC unión mecánica diámetro 3"	ml	20	18,899	377,987
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 14,592,956
B MANO DE OBRA					
1	Localización, Trazado y Replanteo Estación Medicion. Se ejecutará con nivel de precisión, personal calificado, incluye entrega de planos y canchales.	m ²	3000	\$ 496	\$ 1,488,000
2	Excavación a máquina bajo agua en material común hasta 4m de profundidad	m ³	116	\$ 4,139	\$ 480,124
3	Relieros con material seleccionado de la excavación 95% Proctor Modificado compactado con equipo vibracompadador	m ³	25	\$ 3,637	\$ 90,925
4	Retiro de materiales sobrantes para esparcir en el sitio	m ³	91	\$ 1,193	\$ 108,563
5	Mezcla y fundida de hormigon 210 kg/cm ² (300 psi), incluye materiales y mano de obra y colocación del concreto (No incluye formaleta)	m ³	9	\$ 257,579	\$ 2,318,211
6	Suministro, corte, figuración y colocación acero de refuerzo	Kg	720	\$ 2,197	\$ 1,581,840
7	Elaboración de formaleta en madera (2 usos), incluye mano de obra y materiales	m ²	25	\$ 11,830	\$ 295,750
8	Suministro y colocación de concreto ciclopeo, 40% piedra y 60% mezcla de 2500 PSI incluye materiales y mano de obra, para bocatomas de fondo (No incluye formaleta)	ml	20	\$ 160,966	\$ 3,219,320
9	Instalaciones eléctricas incluye el diseño y los materiales	Gl	1	\$ 2,253,250	\$ 2,253,250
10	Estudio de suelos dos apique cono mínimo	Gl	1	\$ 1,560,000	\$ 1,560,000
	SUBTOTAL				\$ 13,395,983
	TOTAL MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$ 27,888,939

485

14. TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

14.1 INTRODUCCION

Este capítulo es aplicable para las labores realizadas por el personal de campo, durante las actividades de instalación de las botellas de monitoreo en el muestreador automático y a la recolección, almacenamiento y transporte de las muestras de las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua, hacia el laboratorio de análisis químico.

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) para la cual se analizaran las variables fisicoquímicas de interés. El volumen del material captado se transporta hasta el lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera, etc.), para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características del material original. Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

En algunos casos, el objetivo del muestreo es demostrar que se cumplen las normas especificadas por la legislación (resoluciones de las autoridades ambientales). Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la responsabilidad de las condiciones y validez de las mismas debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y el transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis.

14.2 TIPOS DE MUESTRAS

Muestra simple o puntual: Una muestra representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extensos. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por muestras simples, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces, efluentes residuales.

Cuando se sabe que un cuerpo de agua varía con el tiempo, las muestras simples tomadas a intervalos de tiempo precisados, y analizadas por separado, deben registrar la extensión, frecuencia y duración de las variaciones. Es necesario escoger los intervalos de muestreo de acuerdo con la frecuencia esperada de los cambios, que puede variar desde tiempos tan cortos como 5 minutos hasta 1 hora o más. Las variaciones estacionales en sistemas naturales pueden necesitar muestreos de varios meses. Cuando la composición de las fuentes varía en el espacio más que en el tiempo, se requiere tomar las muestras en los sitios apropiados.

Muestras compuestas: En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo (time-composite)" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, tomar muestras compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren tales descargas.

No se debe emplear muestras compuestas para la determinación de componentes o características sujetas a cambios significativos e inevitables durante el almacenamiento; sino hacer tales determinaciones en muestras individuales lo más pronto posible después de la toma y preferiblemente en el sitio de muestreo. Ejemplos de este tipo de determinaciones son: gases disueltos, cloro residual, sulfuros solubles, temperatura y pH. Los cambios en componentes como oxígeno o dióxido de carbono disueltos, pH, o temperatura, pueden producir cambios secundarios en determinados constituyentes inorgánicos tales como hierro, manganeso, alcalinidad, o dureza. Las muestras compuestas en el tiempo se pueden usar para determinar solamente los componentes que permanecen sin alteraciones bajo las condiciones de toma de muestra, preservación y almacenamiento.

Tomar porciones individuales del cuerpo de agua en estudio en botellas de boca ancha cada hora (en algunos casos cada media hora o incluso cada 5 min.) y mezclarlas al final del período de muestreo, o combinarlas en una sola botella al momento de tomarlas. Si las muestras van a ser preservadas, agregar previamente las respectivas sustancias a la botella, de tal manera que todas las porciones de la composición sean preservadas tan pronto como se recolectan. Algunas veces es necesario el análisis de muestras individuales.

Es deseable, y a menudo esencial, combinar las muestras individuales en volúmenes proporcionales al caudal. Para el análisis de aguas residuales y

efluentes, por lo general es suficiente un volumen final de muestra de 2 a 3 L. Para este propósito existen muestreadores automáticos, que no deben ser empleados a menos que la muestra sea preservada; limpiar tales equipos y las botellas diariamente, para eliminar el crecimiento biológico y cualquier otro depósito.

Muestras integradas: Para ciertos propósitos, es mejor analizar mezclas de muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos, o lo más cercanas posible. Un ejemplo de la necesidad de muestreo integrado ocurre en ríos o corrientes que varían en composición a lo ancho y profundo de su cauce. Para evaluar la composición promedio o la carga total, se usa una mezcla de muestras que representan varios puntos de la sección transversal, en proporción a sus flujos relativos. La necesidad de muestras integradas también se puede presentar si se propone un tratamiento combinado para varios efluentes residuales separados, cuya interacción puede tener un efecto significativo en la tratabilidad o en la composición. La predicción matemática puede ser inexacta o imposible, mientras que la evaluación de una muestra integrada puede dar información más útil.

Los lagos naturales y artificiales muestran variaciones de composición según la localización horizontal y la profundidad; sin embargo, estas son condiciones bajo las cuales las variaciones locales son más importantes mientras que los resultados promedio y totales no son especialmente útiles. En tales casos se deben examinar las muestras separadamente antes que integrarlas.

La preparación de muestras integradas requiere generalmente de equipos diseñados para tomar muestras de una profundidad determinada sin que se contaminen con la columna de agua superior. Generalmente se requiere conocer el volumen, movimiento, y composición de varias partes del cuerpo de agua a ser estudiado. La toma de muestras integradas es un proceso complicado y especializado que se debe describir adecuadamente en el plan de muestreo.

Caudal de Bombeo : 30 LPS

Altura dinámica total : 15 m

Diámetro de conexión 3"

Potencia de la bomba: 5HP

La anterior información deberá ser corroborada en los diseños definitivos.

13.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

13.4.1 Bocatoma y canal de aducción

Por estar localizada en el eje, del cauce del río, se deberá inspeccionar periódicamente con el propósito de retirar manualmente con un rastrillo las hojas y piedras que puedan obstruirla y no permitan captar el caudal esperado y poder mantener los niveles en el pozo y entrada de agua continuamente.

Después de crecientes fuertes también se deberá inspeccionar una vez los caudales en el río hayan disminuidos, para verificar el comportamiento estructural de la bocatoma.

13.4.2 Pozo de monitoreo.

Se debe inspeccionar diariamente que el flujo de entrada al pozo sea de manera continua y que los orificios del excedente de caudal se encuentren trabajando adecuadamente.

El mantenimiento del pozo consistirá en retirar las arenas o material flotante una vez al mes. Para ello se puede utilizar una vara de madera que permita medir la altura del lecho de arena el cual no debe ser superior a 40 cm. La limpieza se

realizará con valdes y en forma manual. Una vez se extraiga el material sedimentado, este se deberá pesar con el propósito de llevar un registro de la cantidad de sedimentos que puede transportar el río y que será de gran utilidad para estudios posteriores. También se debe describir su composición física y química de ser posible.

13.4.3 Pozo húmedo.

Al igual que para el pozo de monitoreo, también se debe inspeccionar diariamente para saber si la bomba sumergible está trabajando adecuadamente. La limpieza del pozo se debe realizar simultáneamente con el pozo de monitoreo y una vez se retiren los sedimento estos deben ser evaluados tal como se describió en el párrafo anterior.

En cuanto a los equipos mecánicos deberán recibir el mantenimiento preventivo según las especificaciones del fabricante. Para el caso de la bomba sumergible se debe tener una de repuesto en caso de mantenimiento de la bomba en operación o por falla mecánica.

13.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

13.5.1 ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS PRELIMINARES

13.5.1.1 Programa de los Trabajos.

Antes de iniciar la obra el CONTRATISTA presentará al INTERVENTOR un programa de trabajo en el cual no sólo se fije el orden de la ejecución sino el periodo de duración para cada parte de la misma.

El programa será discutido entre el INTERVENTOR y el Constructor, sin olvidar las previas consultas al DAGMA.

El INTERVENTOR aprobará el programa de trabajo, el cual debe ser presentado en forma gráfica o de memorándum, en formato de computador.

Oficinas y Depósitos

El CONTRATISTA, con anterioridad a la iniciación de los trabajos deberá disponer de un sitio apropiado que sirva como oficina de la obra, para depósito de herramientas, materiales y el equipo que se requiera.

El INTERVENTOR constatará que el espacio destinado al depósito de cemento ofrezca las seguridades del caso en cuanto a sequedad del piso, cubierta a prueba de goteras, protección contra inundaciones, etc.

13.5.1.2 Equipos y Herramientas.

El INTERVENTOR exigirá que el CONTRATISTA tenga en su depósito el equipo y las herramientas para ejecución de la obra, o en caso de que algunos elementos no se encuentren por no ser estrictamente indispensables para su iniciación, fijará un plazo, de acuerdo con el programa de trabajos, para que el CONTRATISTA los lleve a la obra.

13.5.1.3 Materiales.

Las especificaciones de los materiales representan los estándares mínimos que se consideran necesarios para lograr un proyecto satisfactorio. No se admitirán sustituciones de los materiales especificados sin el permiso escrito del INTERVENTOR del Proyecto.

El CONTRATISTA deberá remover del sitio del Proyecto materiales que a juicio del INTERVENTOR son defectuosos o no cumplen con las especificaciones. Los materiales instalados que presenten defectos o que no sean aceptables deberán removerse y reemplazarse por materiales apropiados.

El INTERVENTOR comprobará que el agua empleada en la obra, sea de buena calidad.

13.5.1.4 Seguridad en la Obra.

El CONTRATISTA deberá tomar las medidas necesarias para la seguridad del personal dentro del sitio de construcción, deberá equipar a sus trabajadores con elementos de protección, tales como zapatos, cascos y ropa de trabajo adecuada.

Se colocarán señales de seguridad apropiadas indicando peligros, se instalarán barandas y guardas según se requieran y se mantendrán durante la obra, hasta que se haya alcanzado la terminación del proyecto. El CONTRATISTA además, proveerá un acceso adecuado del sitio de construcción que sea seguro para los trabajadores y personal autorizado.

13.5.1.5 Protección de la Propiedad.

El CONTRATISTA deberá proteger: árboles, cercas, señales, postes, mallas, conexiones aéreas o subterráneas de cualquier índole, estructuras, etc., y

cualquier daño acaecido en propiedad ajena serán reparados en forma satisfactoria por su propia cuenta.

13.5.1.6 Localización y Replanteo.

Este trabajo consiste en dejar referencias de nivel y tránsito que sólo se retirarán con autorización del INTERVENTOR. Antes de acometer la construcción deberá notificarse al INTERVENTOR para que compruebe la correcta colocación del estacado.

Deben tomarse medidas con cinta metálica, ejecutando, los trazados con tránsito y nivelando con aparatos de precisión.

13.5.1.7 Medida y Pago.

La medida y pago se harán de manera global conforme a lo estipulado en las Cantidades de obra y Presupuesto, precio y pago que incluye el suministro de toda la planta, dirección, ingeniería, equipo, mano de obra y demás gastos requeridos para las obras a construirse.

La aprobación de los trabajos topográficos, por parte del INTERVENTOR, no exime al CONTRATISTA de responsabilidad, si se cometen errores de localización o nivelación en cualquier sector de la obra.

13.5.1.8 Campamento.

En el sitio escogido por el CONTRATISTA y aprobado por el INTERVENTOR se levantará una edificación provisional según el caso, suficientemente resistentes

para la instalación de oficinas, almacenamiento de materiales, equipos y accesorios de construcción.

El INTERVENTOR y su personal, tendrán libre acceso a todas las áreas e instalaciones del CONTRATISTA.

Todos los materiales utilizados en el campamento y oficina son de propiedad del CONTRATISTA, quien podrá disponer de ellos una vez terminado su contrato. El CONTRATISTA sólo podrá desmontar las instalaciones del campamento una vez finalizada la construcción.

13.5.1.9 Accesos y Señales.

La construcción y/o mejoras de los caminos provisionales que se requieran para trasladar a los sitios de trabajo el personal, equipos, elementos y materiales, se harán de acuerdo a las recomendaciones del INTERVENTOR, incluyendo entre otros, barandas y otros elementos de protección indispensables para evitar accidentes y resguardar obras terminadas.

Se proveerán también señales preventivas y en caso necesario, se dispondrán vigilantes para controlar los accesos a zonas restringidas por razones de trabajo o riesgo de accidente.

El descuido o negligencia del CONTRATISTA en lo referente a señales y accesos, lo hará responsable ante El DAGMA y/o ante terceros.

Será de responsabilidad del CONTRATISTA cualquier daño que se produzca por la realización de los trabajos y/o la movilización de los equipos. No hará pago por separado por concepto de accesos y señales.

13.5.2 MANEJO DEL AGUA DURANTE LA CONSTRUCCION

13.5.2.1 Generalidades

Esta especificación se refiere al manejo de las aguas subterráneas y superficiales durante la ejecución de las obras contratadas que deben ejecutarse en seco. El control del agua comprende el suministro y aplicación de todos los medios, materiales, organización, mano de obra y equipos, necesarios para mantener libres de agua las obras en ejecución que así lo requieran.

13.5.2.2 Manejo de Aguas

El CONTRATISTA deberá ejecutar las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones superficiales e infiltraciones subterráneas las zonas de construcción, y demás sitios, donde la presencia del agua afecte la calidad o el rendimiento de la construcción.

Los trabajos y obras provisionales a que se refiere esta especificación, servirán para desviar, contener, evacuar y/o bombear las aguas, de modo tal que no interfieran con el adelanto de las obras por construir, ni con ejecución y conservación adecuadas. El CONTRATISTA deberá mantener continuamente estas condiciones de trabajo durante el tiempo que sea necesario a juicio del INTERVENTOR.

El CONTRATISTA deberá efectuar todos los trabajos necesarios para remover las obras de control de aguas o anular su efecto cuando ya no requieran o el INTERVENTOR lo ordene. En general, deberá adelantar los trabajos que sean necesarios para que las zonas afectadas por las obras de control queden en el estado más conveniente de acuerdo con los fines que persigue el proyecto.

El CONTRATISTA deberá proveer y mantener suficiente equipo en la obra, para las emergencias previsibles en los trabajos que abarca esta especificación.

Antes de iniciar las excavaciones el CONTRATISTA deberá someter a la aprobación del INTERVENTOR el plan detallado que piensa poner en marcha para el control y manejo de las aguas superficiales y freáticas, indicando la localización y características de las obras provisionales que llevará a cabo con este propósito, así como el tipo y las capacidades de equipo de bombeo o sistema de desecación que se propone usar. El CONTRATISTA deberá tener aprobado el plan ocho (8) días antes de la iniciación de cada obra específica.

La aprobación por parte del INTERVENTOR a dicho plan de trabajo y la autorización para que se ejecute cualquier otro trabajo con el mismo fin, no relevan al CONTRATISTA de su responsabilidad con el mismo; por consiguiente, deberá tener el cuidado suficiente de ejecutar las obras y trabajos de tal manera que no ocasione daños ni perjuicios al DAGMA y/o a terceros, y será el único responsable por los que se produzcan por causas derivadas de estos trabajos.

13.6 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Basados en los esquemas del Plano No. 10.1 se calcularon las cantidades de obra y el presupuesto que aproximadamente se requiere para la construcción de cada una de las estructuras predimensionadas, tomando como base los precios unitarios de EMCALI, resolución 726 de abril 17 de 2000 y de la CVC del año 2000.

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

PROYECTO: BOCATOMA FONDO TIPICA Y POZOS

CUADRO DE ITEMS, CANTIDADES Y PRECIOS

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
A MATERIALES					
1	Suministro de Bomba sumergible, Caudal 30 lps, 5HP, conexión 3"3" para pozo húmedo	#	2	\$ 6,867,000	\$ 13,734,000
2	Suministro de Codo 90°3" en HF, extremo liso para PVC	#	2	\$ 64,988	\$ 129,976
3	Suministro Válvula de retención de 3" HF, extremo liso para PVC	#	1	\$ 351,000	\$ 351,000
4	Suministro de tubería PVC unión mecánica diámetro 3"	ml	20	\$ 18,899	\$ 377,980
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 14,592,956
B MANO DE OBRA					
1	Localización, Trazado y Replanteo Estación Medición. Se ejecutará con nivel de precisión, personal calificado, incluye entrega de planos y canteos.	m ²	3000	\$ 496	\$ 1,488,000
2	Excavación a máquina bajo agua en material común hasta 4m de profundidad	m ³	116	\$ 4,139	\$ 480,124
3	Rellenos con material seleccionado de la excavación 95% Proctor Modificado compactado con equipo vibrcompactador	m ³	25	\$ 3,637	\$ 90,925
4	Retiro de materiales sobrantes para esparcir en el sitio	m ³	91	\$ 1,193	\$ 108,563
5	Mezcla y fundida de hormigón 210 kg/m ³ (300 psi), incluye materiales y mano de obra y colocación del concreto (No incluye formateo)	m ³	9	\$ 257,579	\$ 2,318,211
6	Suministro, corte, figuración y colocación acero de refuerzo	Kg	720	\$ 2,197	\$ 1,581,840
7	Elaboración de formateo en madera (2 usos), incluye mano de obra y materiales	m ²	25	\$ 11,830	\$ 295,750
8	Suministro y colocación de concreto ciclópeo, 40% piedra y 60% mezcla de 2500 PSI incluye materiales y mano de obra, para bocatoma de fondo (No incluye formateo)	ml	20	\$ 160,966	\$ 3,219,320
9	Instalaciones eléctricas incluye el diseño y los materiales	Gl	1	\$ 2,253,250	\$ 2,253,250
10	Estudio de suelos dos alique como mínimo	Gl	1	\$ 1,560,000	\$ 1,560,000
	SUBTOTAL				\$ 13,395,983
	TOTAL MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$ 27,988,939

109

602

TABLA No. 1 RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE ACUERDO CON LAS MEDICIONES

Determinación	Recipiente ²	Volumen mínimo de muestra, ml	Tipo de muestra ³	14.10 Preservación ⁴	Almacenamiento máximo recomendado ⁵
Acidez	P, V	100	S	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P, V	200	S	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	s, c	No requiere	6 meses
Bromuro	P, V	100	S, c	No requiere	28 d
COT	V	100	S, c	Analisis inmediato; o refrigerar y agregar H ₃ PO ₄ o H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 d
Cianuro total	P, V	500	S, c	Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad	14 d
Clorable	P, V	500	S, c	Agregar 100 mg Na ₂ S ₂ O ₃ /L	14 d
Cloro residual	P, V	500	S	Analisis inmediato	
Clorofila	P, V	500	S, c	30 d en la oscuridad	30 d
Cloruros	P, V	50	S, c	No requiere	28 d
Color	P, V	500	S, c	Refrigerar	48 h
Compuestos organicos:					
Sustancias activas azul de metileno	al P, V	250	S, c	Refrigerar	48 h
Plaguicidas	V(S) tapón de TFE	1000	S, c	Refrigerar; agregar 1000 mg Acido Ascórbico/L si hay cloro residual	7 d hasta la extracción
Fenoles	P, V	500	S, c	Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2	40 d después de extraer
Conductividad	P, V	500	S, c	Refrigerar	28 d
DBO	P, V	1000	S	Refrigerar	48 h

Dióxido de carbono	P, V	100	S	Analisis inmediato	
Dióxido de cloro	P, V	500	S	Analisis inmediato	
DQO	P, V	100	S, c	Analizar lo mas pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Dureza	P, V	100	S, c	Agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses
Fluoruro	P	300	S, c	No requiere	28 d
Fosfato	V(A)	100	S	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h
Gas digestor de lodos	V, botella de gases				
Grasa y Aceites	V, boca ancha calibrado	1000	S, c	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar	28 d
Metales, general		500	S	Filtrar ^o , agregar HNO ₃ hasta pH<2	6 meses
Cromo VI	P(A), V(A)	300	S	14.11 Refrigerar	24 h
Cobre, colorimetria	P(A), V(A)				
Mercurio	P(A), V(A)	500	S, c	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, 4°C, refrigerar	28 d
Nitrogeno:					
Amoniaco	P, V	500	S, c	Analizar lo mas pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrato	P, V	100	S, c	Analizar lo mas pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitrato + nitrito	P, V	200	S, c	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrito	P, V	100	S, c	Analizar lo mas pronto posible o refrigerar	48 h
Organico Kjeldahl	P, V	500	S, c	Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 d
Olor	V	500	S	Analizar lo mas pronto posible; refrigerar	
Oxigeno disuelto	G, botella	300	s		

Electrodo	DBO				Analisis inmediato	
Winkler					La titulacion puede aplazarse despues de la acidificacion	8 h
Ozono	V	1000	S		Analisis inmediato	
pH	P, V	50	S		Analisis inmediato	
Sabor	V	500	S		Analizar lo mas pronto posible; refrigerar	
Salinidad	V, sello de cera	240	S		Analisis inmediato o usar sello de cera	
Silica	P	200	S, c		Refrigerar, no congelar	28 d
Solidos	P, V	200	S, c		Refrigerar	2-7 d, ver protocolo
Sulfato	P, V	100	S, c		Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	100	S, c		Refrigerar: agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d
Temperatura	P, V		S, c		Analisis inmediato	
Turbidez	P, V	100	S, c		Analizar el mismo dia; para mas de 24 h guardar en oscuridad; refrigerar	48 h
Yodo	P, V	500	S, c		Analisis inmediato	

Notas a tener en cuenta:

1.- Para detalles adicionales ver el texto y los protocolos respectivos. Para las determinaciones no enumeradas, usar recipientes de vidrio o plástico; preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.

2.- P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o P(A) = enjuagado con HNO₃ 1+1; V(B) = vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.

3.- s = simple o puntual; c = compuesta.

4.- Refrigerar = almacenar a 4° C en ausencia de luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección. Cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a 4° C hasta que se complete la composición.

5.- Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. Los tiempos listados son los periodos máximos que pueden transcurrir antes del análisis para considerarlo válido. Las muestras pueden dejarse por periodos más prolongados solo si su monitoreo en el laboratorio ha demostrado que la muestra en estudio es estable durante un mayor tiempo. Algunas muestras pueden no ser estables por el periodo máximo dado en la tabla. Si se envían las muestras por correo, deben cumplir con las regulaciones de transporte de materiales peligrosos (consultar EPA Methods.)

6.- Si la muestra está clorada, consultar su pretratamiento en el protocolo o en Standard Methods.

7.- El máximo tiempo de almacenamiento es de 24 h, si está presente el sulfuro, el cual se puede detectar mediante papel con acetato de plomo antes de ajustar el pH; si el sulfuro está presente, puede removerse por adición de nitrato de cadmio en polvo hasta que se obtenga prueba negativa; después se filtra la muestra y se adiciona NaOH hasta pH 12.

8.- Para metales disueltos las muestras deben filtrarse inmediatamente en el sitio de muestreo, antes de adicionar el ácido.

14.12 AFORO DE CAUDALES Y EFLUENTES

Una vez determinados el tipo de descarga y ubicación del sitio donde se va a realizar la caracterización, se diseña el plan de aforo y muestreo. En la determinación de caudales debe adoptarse la forma más práctica de aforar dependiendo del tipo de descarga que se tenga; si se hace necesario adecuar el sitio de muestreo, se deben dar las instrucciones para la implementación de la adecuación. Los factores que se han de tener en cuenta en el momento de seleccionar un sistema de medición son los siguientes:

Tipo de conducto y accesibilidad.

El intervalo de medida debe cubrir con la mejor precisión posible, los caudales máximo y mínimo previstos teóricamente. Si el punto de medida recoge aguas pluviales e interesa determinar su caudal, habrá que tener en cuenta la lluvia máxima registrada caída en la zona.

Economía de compra, instalación y servicio, así como de fácil puesta en marcha, comprobación y ajuste.

Posibilidad de recuperación una vez finalizada la serie de medidas, para su aplicación en otros puntos.

Debido a que los vertidos de aguas residuales se hacen por gravedad, el método seleccionado deberá producir la mínima pérdida posible de carga.

Distancia mínima a la que se encuentran todos aquellos servicios generales precisos para el funcionamiento de todos los aparatos de medida (aire a presión, corriente eléctrica, etc.).

Máxima sencillez de manejo y lectura.

Características del agua residual a medir, y su influencia en el equipo (corrosión, abrasión, ataque químico, taponamiento, etc.).

Como norma general, todas las partes en contacto con el líquido deben estar totalmente protegidas, y en aquellos casos en que se puedan desprender gases o vapores, los equipos y el personal se separan de su acción lo más lejos que sea posible, o bien se dotan con la protección adecuada.

En el caso de utilización de aparatos comerciales, se valorará la experiencia, garantía y servicio posventa del proveedor.

Medición volumétrica manual. La medición del caudal se realiza de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado. El procedimiento a seguir es tomar un volumen de muestra cualquiera y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en ese instante de tiempo. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella.

Siendo Q = caudal en L/s, V = volumen en L, y t = tiempo en s, el caudal se calcula como:

$$Q = V / t$$

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga. Entre sus desventajas se cuenta que la mayoría de veces es necesario adecuar el sitio de aforo y toma de muestras para evitar pérdida de muestra en el momento de aforar; también se deben evitar represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.

Medición en canales abiertos. El vertedero es un canal en el cual se coloca una represa cuyo rebosadero puede adoptar distintas formas; el líquido represado alcanzará distintas alturas en función del caudal, relacionadas por ecuaciones dependientes del tipo de vertedero, que puede ser rectangular, triangular o trapezoidal. Las ventajas de este tipo de vertederos radican en su fácil construcción, bajo costo, y buen rango de precisión en líquidos que no contengan sólidos.

Cuando la cabeza sobre un vertedero triangular es menor de 10 cm hay posibilidad de que se formen vacíos, por lo tanto no se recomienda su uso. En los vertederos hay que tener especial cuidado debido a que estos al represar el agua van acumulando sólidos y sustancias como grasas que interfieren en la calidad del agua y, en la representatividad de la muestra.

Medición por velocidad. Las canaletas se usan más comúnmente en canales abiertos donde:

- ☛ La rata de flujo no pueda medirse adecuadamente por un vertedero.

-
- ☛ Haya una significativa cantidad de partículas y otros materiales que podrían llenar un vertedero.
 - ☛ La capacidad de la cabeza hidráulica sea insuficiente para utilizar el vertedero.
 - ☛ La velocidad de flujo de una canaleta puede ser establecida tal que, sedimentos y otros sólidos pueden ser lavados a través de ella.
 - ☛ La instalación de una canaleta puede ser relativamente más cara que un vertedero.
 - ☛ El diseño típico de una canaleta debe incluir lo siguiente: las secciones rectas del canal deben estar corriente arriba de la entrada de la canaleta, el flujo debe ser bien distribuido a través del canal, la velocidad corriente arriba del canal debe ser menor que la velocidad crítica, y la canaleta no debe estar sumergida y debe tener una descarga libre aguas abajo.

Otras técnicas de medición. Existen equipos de medición electromagnética o por ultrasonido, que pueden ser consultados en la bibliografía.

15. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PARA METODOS DE COLECCIÓN DE MUESTRAS Y DATOS.

15.1 CONTENIDO DEL SEGUIMIENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

El seguimiento de aseguramiento de la calidad al programa de monitoreo de la calidad del agua, se llevara a cabo cada año fiscal y se realizara por parte del Grupo de Aseguramiento de Calidad (Coordinador del Programa de Monitoreo). El propósito del seguimiento es asegurar que el personal de campo este llevando a cabo los procedimientos de monitoreo definidos dentro del programa de monitoreo para colección y transporte de muestras de agua y manejo de datos. El seguimiento de aseguramiento de la calidad realizado por parte del coordinador del programa, debe incluir entrenamiento especifico en campo de los procedimientos de monitoreo para colección y transporte de muestras de agua y manejo de datos.

15.2 REVISIÓN DE REGISTROS.

El seguimiento del aseguramiento de la calidad incluye la revisión de los siguientes registros:

Diario de datos de campo: debe ser guardado en un archivo especifico en el Centro de Control. En él, se almacena todos los inconvenientes presentados en la estación y sirven como un registro permanente de observaciones y mediciones de campo, realizadas durante muchos eventos de monitoreo.

Diario de calibración: Los registros de calibración de igual manera se deben almacenar en un diario de calibración y deben ser guardados en el centro de control. Es importante mantener los diarios de calibración separados, es decir, un portafolio por cada instrumento que necesite calibración (ej. Sonda multiparamétrica). Cada uno de esos documentos deberá contener los datos pre y

post calibración, como también las notas referentes a motivos de la descalibración y daños provocados en los componentes.

Formatos de datos de flujo: Los datos de medición de flujo realizados en campo, deben ser guardados en un archivo en el centro de control. Esta información deberá ser registrada y mantenida como parte de los diarios de datos de campo.

Registros de Coliformes fecales: Los registros de los análisis de Coliformes, son guardados en un archivo específico en el centro de control. Estos registros deben incluir información de volúmenes de muestras y conteo de colonias.

Aseguramiento de la calidad para los resultados de las muestras: Copias de los resultados de las muestras blancos y duplicados, deben ser guardadas en un archivo en el centro de control. El aseguramiento de calidad a estos resultados será evaluado por el grupo de Aseguramiento de Calidad y Administración de Datos.

15.3 PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.

El personal encargado de cada estación de monitoreo, deberá demostrar el uso apropiado de cada instrumento para los procedimientos de pre y post calibración del medidor de oxígeno disuelto, ph, temperatura y conductancia específica. Donde dos o más personas compartan responsabilidad del manejo de una estación, ellos podrán de manera independiente ser requeridos para demostrar el uso apropiado de los procedimientos de calibración.

Se les realizara evaluaciones periódicas en la medición de pH y conductividad de muestras. Estas muestras deben ser estándares de pH y conductividad conocidas, pero desconocidas para el personal a evaluar. Los resultados de estas evaluaciones deben ser registradas en el control central en el respectivo Kardex de cada personal.

Todas las actividades de calibración y mantenimiento de los instrumentos de medición serán ejecutados por el personal de campo y serán registradas en el Diario de Calibración de Instrumentos. Si la calibración o el mantenimiento se realiza en campo, esta información se podrá incluir en el Diario de Datos de Campo.

15.4 PROCEDIMIENTOS DE COLECCIÓN DE MUESTRAS Y DATOS.

Un mínimo de una persona por cada estación de monitoreo, deberá demostrar el adecuado procedimiento de colección de muestras y datos. El procedimiento de colección, incluye pero no se limita a los siguientes aspectos:

- ☛ Mediciones en campo de oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductancia, sólidos suspendidos y flujo.
- ☛ Colección, preservación y transporte de muestras para calidad de agua, metales y compuestos orgánicos.
- ☛ Colección y preparación de muestras para Coliformes fecales
- ☛ Cálculo del flujo de agua a partir de los datos de campo.

15.5 PASO SIGUIENTE AL SEGUIMIENTO DEL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Cada seguimiento de aseguramiento de calidad es continuado con una descripción escrita o verbal de los hallazgos obtenidos en la visita de seguimiento. De ser posible, esta descripción se debe realizar en presencia del supervisor directo del personal de campo o del coordinador del programa de monitoreo.

Se discutirán los aspectos concernientes a:

- ☛ Materiales y procedimientos evaluados durante el seguimiento de aseguramiento de calidad.

- ☛ Sugerir y/o realizar cambios en los procedimientos de muestreo, y plantear acciones para corregir cualquier deficiencia.

Las acciones correctivas discutidas durante esta revisión verbal, serán puestas en marcha de manera inmediata. Todas las acciones correctivas definidas, deberán ser registradas en un Memorando interno y guardadas en el respectivo archivo del Programa de Aseguramiento de Calidad que para tal fin se debe disponer.

El personal encargado de realizar el programa de aseguramiento de calidad, enviara este memorando al Director del Programa de monitoreo de calidad de agua, con copia al personal evaluado. Este documento suministrara la siguiente información:

- ☛ Descripción de materiales y procedimientos usados en el monitoreo, evaluados durante el seguimiento.
- ☛ Acciones requeridas para corregir las deficiencias en la colección de muestras y datos de calidad de aguas
- ☛ Acciones propuestas basadas sobre cambios en el programa de monitoreo.

Con base en este memorando y dentro de los 30 días de emitido este documento, el Coordinador del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua, estará en la obligación de responder por escrito a las no conformidades encontradas y registradas en el memorando de seguimiento de aseguramiento de calidad. En su respuesta, el coordinador deberá describir una o todas las acciones correctivas que se deban tomar para mitigar las deficiencias en el futuro.

El próximo seguimiento de aseguramiento de la calidad (el año fiscal siguiente) incluirá una revisión que asegure que las acciones correctivas fueron iniciadas y continuadas. Si dichas acciones correctivas no se realizaron, la oficina de control central deberá tomar medidas que aseguren la calidad de los datos en el programa de monitoreo del recurso hídrico. Si a través de una revisión de cálida

de los datos se observa que estos han sido comprometedores, estos se cuestionaran y serán removidos de la base de datos existente, evitando la toma de decisión equivocadas.

15.6 CAPACITACIONES ANUALES DE MONIOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Cada año, todo el personal responsable del programa de monitoreo de la calidad del agua, tendrá la obligación de participar en una jornada de capacitación que durara tres (3) días. En este espacio se revisara las poltticas existentes y se aprenderán nuevos procedimientos de monitoreo de la calidad del agua. Adicional a esta capacitación anual, se deben llevar a cabo durante el año, varios cursillos que permitan al personal de control central y al de campo, desarrollar nuevas técnica en monitoreo, mediciones hidráulicas, análisis y reporte de datos.

15.7 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los análisis de laboratorio realizados a las muestras, deberán satisfacer o exceder los requerimientos definidos el "Standard Methods for the Examination for Water and Wasterwater", y los protocolos desarrollados por el IDEAM.

El laboratorio implementado por el DAGMA o en su defecto los laboratorios contratados para realizar el análisis a las aguas, participaran en un programa de intercalibración consistente de dos (2) jornadas de monitoreo. Con este programa se buscara determinar la exactitud y precisión de sus análisis, como también la comparabilidad de sus resultados con otros laboratorios participantes en el programa de intercalibración.

15.8 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LOS METODOS DE COLECCIÓN DE MUESTRAS

Pruebas periódicas de campo referentes a la colección de muestras de aguas y al manejo de habilidades en el transporte, deben ser incluidas en el programa de aseguramiento de calidad. Los métodos de colección, preservación, almacenamiento y transporte de las muestras se deben llevar a cabo conforme a los protocolos desarrollados por el "Standard Methods for the Examination for Water and Wasterwater", y por el IDEAM.

15.9 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE LOS DATOS.

El manejo de la información detallada de los datos será consignada en una Guía de Referencia de Manejo de Datos del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua. Todos los datos a ser adicionados a la base de datos del programa de monitoreo, experimentaran las siguientes revisiones .

Revisión de los formatos de datos.

Cada formato de datos que sea recibido en el Centro de Control, será revisado bajo los siguientes aspectos:

Descripción de la estación / Código: Comparar la descripción de la estación con el código de la misma, asegurando que representen el mismo punto de muestreo.

Toma de muestra: Verificar que el código de la estación, fecha, hora y profundidad de la toma de muestra, son correctas y están registradas en el correspondiente formato de Solicitud de Análisis.

Composición de la muestra: Revisar que la información de la composición de la muestra este completa y registrada en el formato de Solicitud de Análisis. La información de la composición de la muestra incluye la fecha de inicio y fin, hora de inicio y fin, profundidad de inicio y fin.

Códigos de parámetros: Asegurarse que cada valor sea representativo a un código valido de parámetro.

Valores de parámetros: Revisar los resultados de laboratorio para valores mínimos y máximos, esto con el fin de verificar que estos valores estén comprendidos en el rango de lectura para cada parámetro específico.

Reporte de datos de laboratorio: Hacer una revisión total de los datos reportados por el laboratorio y comparar los valores mínimos y máximos, con el limite de detección para cada parámetro. Esto indicará que los datos han sido validados.

16. SEGURIDAD

Este capítulo ha sido incorporado para asistir al personal de campo en la seguridad que deben tener, durante la colección de datos de calidad de aguas. El trabajo de campo requiere de muchos cuidado en la presencia de peligros potenciales y de conocimientos básicos en procedimientos de seguridad. En la rutina del trabajo de campo, el personal tiene contacto directo e indirecto con patógenos flotantes, químicos, animales y plantas potencialmente peligrosas. La seguridad no es mas que usar el sentido común y ser precavido con las cosas que lo rodean.

16.1 PREPARACIÓN DE SEGURIDAD BASICA

La preparación básica de seguridad debe ser una rutina antes de ejecutar cualquier actividad. Como mínimo, se debe definir un plan de trabajo de campo, el cual será depositado en un lugar previamente definido en el Centro de Control. El plan de trabajo deberá incluir la siguiente información:

- ☛ Participantes en la salida de campo
- ☛ Fecha y hora de salida y de regreso
- ☛ Datos de algún medio de comunicación (radio, teléfono celular, etc).
- ☛ Itinerario básico en el que se incluya donde y cuando usted estará monitoreando.

El trabajo de campo deberá ser realizado en parejas. Si es posible, se debe cargar un teléfono celular u otro medio de comunicación.

Cargar el equipo de seguridad básico: Botiquín, linterna, botas, impermeable, jabón antibacterial o limpiador de manos.

Se debe tener mucha precaución con los cambios climatológicos, como inundaciones repentinas y tormentas.

Ser muy precavido con los peligros potenciales del sitio de monitoreo.

Es necesario hacer habito de cargar siempre un registro de información general, y mantenerlo en cada vehículo o bote cuando se requiera:

- ☛ Hojas de datos de material de seguridad para preservativos.
- ☛ Protocolos de primeros auxilios
- ☛ Números telefónicos de emergencia
- ☛ Localización de instituciones de emergencia (Hospitales, Departamento de Policía y Bomberos, etc).

16.2 TRANSPORTE DE QUÍMICOS.

Para proteger al personal de campo, todos los químicos deben ser transportados en un contenedor resistente, de manera que contenga los reactivos en el evento de un accidente. Se recomienda que el contenedor sea sellado y resistente a fracturas y derrames. Los reactivos mas comúnmente transportados durante una jornada de monitoreo, son el Acido Sulfúrico y el Acido Nítrico. Un kit de derrames que contenga agentes neutralizantes se debe también incluir cuando se transporte químicos. Todos los contenedores de los químicos deberán ser etiquetados claramente y tener a la mano la ficha técnica de cada químico.

16.3 TRABAJOS DESDE PUENTES

En algunos casos puede ser necesario coleccionar algunas muestras desde los puentes. Estas actividades son peligrosas y debe tenerse mucho cuidado para minimizar los riesgos. Algunos equipos de seguridad básicos para monitorear

desde puentes deben incluir chalecos reflectivos y conos anaranjados de seguridad. Si el vehículo de campo es parqueado sobre el puente, nunca pararse en frente mientras se este monitoreando. El personal de campo no podrá ver el trafico y los conductores no podrán verlos a ellos. Se debe considerar el trabajar con chalecos salvavidas, cuando se este monitoreando desde puentes y sobre ríos de grandes caudales.

16.4 TRABAJOS DESDE BOTES.

Un itinerario de cada rutina de monitoreo a realizarse desde botes, deberá ser dejado en el sitio destinado para ello dentro de la oficina de Control Central. El plan debe incluir:

- ☛ Fecha y propósito de la salida
- ☛ Nombre de los operadores y participantes
- ☛ Destino y ruta a seguir
- ☛ Hora de partida y hora estimada de regreso
- ☛ Numero telefónico de algún celular o frecuencia de algún radio
- ☛ Tipo de bote a utilizar incluyendo: color, longitud, numero de identificación y cualquier otro tipo de información.

Asegurarse que el bote este en buenas condiciones de operación y lleno de combustible antes de partir aguas adentro.

El bote deberá ser equipado con equipos de seguridad general:

- ☛ Chalecos salvavidas para cada pasajero
- ☛ Kit de primeros auxilios
- ☛ Extinguidor
- ☛ Linterna
- ☛ Luces de bengala o silbatos

• Impermeables

Revisar las condiciones climatológicas antes de partir. Si una tormenta esta por caer mientras estén dentro del río, es preciso regresar a la orilla. Si es posible, cargar un radio o teléfono celular y nunca operar con menos de dos personas.

16.5 AGUAS CONTAMINADAS

Siempre considerar la posibilidad que el agua que ha sido muestreada, puede estar contaminada con patógenos o químicos peligrosos. Use todas las medidas de precaución y protección cuando trabaje en o alrededor de aguas que se conoce o se supone estén contaminadas. Las etiquetas en las muestras indicaran al personal de laboratorio el nivel de contaminación y así les permitirá manejar la muestra apropiadamente. Es preciso comunicar a los encargados de la toma de muestras la posible presencia de contaminantes en el agua. Organismos causantes de enfermedades patógenas se encuentran en los alrededores de los sistemas de agua superficial. Los patógenos entran al agua a través de descargas de desechos no tratados, esorrentías de las zonas agrícolas y por contacto directo. Las bacterias, virus y otros patógenos pueden generarse en los más puros ambientes. Nunca se deberá beber del agua monitoreada, por mas que a simple apariencia parezca ser pura. Para minimizar la exposición y los efectos de las aguas contaminadas, varias vacunas deberán ser incluidas dentro del Botiquín. Tener presente en realizar un lavado con jabón antibacterial o limpiador de manos, terminada la rutina de monitoreo y transporte de muestras.

16.6 CLIMA.

El rango ideal para el confort de las personas esta entre los 10 a 32 °C. La Hipotermia (frío) y la Hipertermia (calor) ocurre normalmente, cuando sé está laborando por fuera de este rango de temperatura.

16.6.1 EMERGENCIAS DE HELADAS

La hipotermia es una condición de reducción de la temperatura del cuerpo, causada por exposiciones al frío y agravada por la humedad de la ropa, viento, hambre y exhaustividad. La hipotermia puede ocurrir con temperaturas de aire por debajo de los 16°C y bajo condiciones de humedad y/o muchos vientos.

Signos de advertencia: Convulsiones incontrolables, tiritadera, incoherencias, torpeza en las manos, frecuentes estornudos, adormecimiento y la incapacidad de pararse después de estar sentado.

Tratamiento : Quitar las personas del frío y llevarlas a un lugar seco. Reemplazar las ropas húmedas con secas. Calentar el cuerpo lentamente y dar bebidas calientes no alcohólicas. Estas son medidas temporales hasta mientras es ayudado y oscultado por un medico.

Prevención : La mejor manera para prevenir la hipotermia es mantenerse caliente y seco. Colocarse un impermeable antes de caer la lluvia. Vestirse con chaquetas y aumentar de vestimentas antes que se enfríe el cuerpo. Buscar refugio cuando las condiciones del clima lleguen a ser severas. Durante las temporadas frías, disponer de un equipaje completo de vestidos secos.

16.6.2 EMERGENCIAS POR CALOR

La hipertermia es causada por el incremento de la temperatura del cuerpo, debido a la exposición de calores extremos. Las emergencias por calor pueden ser generadas por una combinación de factores: esfuerzo físico, exceso de ropas, humedad, cero brisa y la temperatura del aire. El trabajar en condiciones extremas de calor, se crea una amenaza de sufrir de alguna forma de calor relacionado con stress.

Signos de advertencia: Escalofríos, dolor de cabeza, inestabilidad, vértigos, náuseas, resequeidad de la piel (o bien caliente y rojo o frío y pálido), pulsación rápida y espasmos musculares.

Tratamiento: El tratamiento general para emergencias por calor, es refrescar hasta baja la temperatura y beber líquidos en abundancia. Un síntoma común de deshidratación es un dolor de cabeza. Los picazones en la cabeza requieren de atención médica y son considerados de vida o muerte.

- **Prevención:** Beber agua en cantidades moderadas y no esperar hasta estar sedientos. Evitar el alcohol, cafeína y la soda, estos líquidos no son sustitutos del agua. Vestir prendas livianas y amplias. Programar actividades que requieran el máximo esfuerzo durante las tempranas horas de la mañana o en las últimas de la tarde. Durante el día, se debe buscar sombra para los intervalos de descanso.

7. SISTEMAS DE MONITOREO 7

7.1. PRESENTACIÓN 1

7.2. CLASIFICACION SEGÚN EL TIEMPO DE RESPUESTA 1

7.2.1 ESTACIONES CONVENCIONALES 1

7.2.1.1 Estaciones Meteorológicas. 2

7.2.1.2 Estaciones Hidrológicas. 3

7.2.1.3 Estación Meteorológica Marina. 4

7.2.2 ESTACIONES AUTOMATICAS. 4

7.2.3 ESTACIONES EXISTENTES. 5

7.2.3.1 ESTACIONES EXISTENTES EN EL PAIS. 6

7.2.3.2 ESTACIONES EXISTENTES EN LA REGION. 6

7.2.3.2.1 Estaciones Hidrológicas. 6

8. DESCRIPCION DE LA RED DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO. 12

8.2 OBJETIVOS. 12

8.3 MANEJO DE LA INFORMACIÓN GENERADA EN LA RED. 14

8.4 DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS DE LA INFORMACIÓN. 16

8.5 GENERALIDADES DE LA RED DE MONITOREO. 19

8.5.1 ESQUEMA BASICO DE LAS ESTACIONES. 19

9. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO 21

9.1 OBJETIVOS DE LA UBICACIÓN DE REDES DE MONITOREO. 21

9.2 INSTRUCCIONES PARA LA ELECCIÓN DE AREAS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS E HIDROGRAGIFAS. 22

9.2.1 Etapas para la Selección de los Sitios de Monitoreo. 22

9.2.2 Elementos a Considerar en la Selección de los Sitios de Monitoreo. 23

9.2.2.1 EN FUNCION DE ELEMENTOAS FISIOGRAFICOS. 23

9.2.3 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN. 27

9.2.3.1 PARA ESTACIONES FIJAS. 27

9.2.3.2 PARA ESTACIONES TEMPORALES. 29

9.2.4 UBICACIÓN GEODESICA. 30

9.2.5 TRAMOS ARTIFICIALES. 30

9.2.6 LA CALIDAD DEL AGUA. 31

9.2.7 SITIOS HISTÓRICOS. 32

9.3 DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN. 32

9.3.1 ESTACION FIJA. 32

9.3.2 ESTACION MOVIL. 33

9.4 DEFINICIÓN DEL TIPO DE COMUNICACIÓN. 34

9.5 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS. 35

9.5.1 TOMA DE MUESTRAS. 35

9.5.2 INSTALACION DE EQUIPOS. 35

9.5.3 CONDICIONES ESPECIALES DE MONITOREO. 36

9.6 FRECUENCIA EN LA TOMA DE DATOS. 37

9.7	PARAMETROS A MONITOREAR.	37
9.8	MÉTODOS DE COLECCIÓN DE DATOS.	40
10.	RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL RECURSO HÍDRICO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI	43
10.1	DESCRIPCION	43
11.	DISEÑO RED DE ALERTAS.	46
11.1	PRESENTACION.	46
11.2	COMPONENTES	47
11.2.1	CASETA	47
11.2.2	PLUVIOGRAFO.	48
11.2.3	DATALOGGER	49
11.2.4	BATERIA DE ELECTROLITO.	50
11.2.5	PANEL SOLAR.	50
11.3	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.	50
11.3.1	RÍO AGUACATAL.	51
11.3.2	RÍO CALI.	51
11.3.3	RÍO CAÑAVERALEJO.	51
11.3.4	RÍO MELÉNDEZ.	52
11.3.5	RÍO LILÍ.	52
11.4	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA A TRAVÉS DEL SISTEMA SATELITAL GOES.	52
11.5	EQUIPOS.	54
11.5.1	DATALOGGER.	54
11.5.2	PANEL SOLAR.	55
11.5.3	PLUVIOGRAFO.	55
11.6	INVERSION ESTIMADA PARA LA RED No. 2.	56
12.	DISEÑO REDES No.1 Y No.2:	60
12.1	PRESENTACION.	60
12.2	COMPONENTES.	61
12.2.1	CASETA.	62
12.2.2	DATALOGGER.	62
12.2.3	BATERIA DE ELECTROLITO.	63
12.2.4	PANEL SOLAR.	63
12.2.5	SENSOR DE NIVEL.	64
12.2.6	SENSORES DE CALIDAD DE AGUA.	64
12.2.7	MUESTREADOR AUTOMATICO (REFRIGERADOS).	65
12.3	Distribución de la Estación.	66
12.4	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.	66
12.4.1	RED DE SALIDAS - RED No. 1	66
12.4.1.1	Río Aguacatal	67
12.4.1.2	Río Cali.	67
12.4.1.3	Río Cañaveralejo.	67
12.4.1.4	Río Meléndez.	67
12.4.1.5	Río Lill.	68
12.4.2	RED No.2.	68
12.4.2.1	Río Aguacatal	68

12.4.2.2	Río Cali.	68
12.4.2.3	Río Cañaveralcjo.	69
12.4.2.4	Río Meléndez.	69
12.4.2.5	Río Lili.	69
12.5	DEFINICION DE PARÁMETROS A EVALUAR.	71
12.5.1	RIO AGUACATAL.	78
12.5.2	RIO CALI.	81
12.5.3	RIO CAÑAVERALEJO	85
12.5.4	RIO LILI	89
12.5.5	RIO MELENDEZ	92
12.6	EQUIPOS	97
12.6.1	DATALOGGER.	97
12.6.2	PANEL SOLAR	98
12.6.3	SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO.	98
12.6.4	SENSORES DE CALIDAD DE AGUA.	99
12.6.4.1	pH	100
12.6.4.2	Temperatura	100
12.6.4.3	Conductividad	100
12.6.4.4	Turbiedad	100
12.6.4.5	Oxigeno Disuelto	100
12.6.5	MUESTREADOR AUTOMATICO CON REFRIGERACIÓN.	101
12.7	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA A TRAVÉS DEL SISTEMA SATELITAL GOES.	103
12.8	INVERSION ESTIMADA PARA LA RED No. 1 Y RED No.2.	105
13.	PROPUESTA METODOLOGICA: DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y CIVILES	107
13.1	INTRODUCCION.	107
13.2	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEFINITIVO.	108
13.3	CALCULOS HIDRÁULICOS DE LA BOCATOMA DE FONDO, REJILLA, CANAL DE ADUCCIÓN, DEL POZO DE MONITOREO Y DEL POZO HUMEDO.	109
13.4	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES	110
13.4.1	Bocatoma y canal de aducción	110
13.4.2	Pozo de monitoreo.	110
13.4.3	Pozo húmedo.	111
13.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN	111
13.5.1	ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS PRELIMINARES	111
13.5.1.1	Programa de los Trabajos.	111
13.5.1.2	Equipos y Herramientas.	112
13.5.1.3	Materiales.	112
13.5.1.4	Seguridad en la Obra.	113
13.5.1.5	Protección de la Propiedad.	113
13.5.1.6	Localización y Replanteo.	113
13.5.1.7	Medida y Pago.	114
13.5.1.8	Campamento.	114
13.5.1.9	Accesos y Señales.	115
13.5.2	MANEJO DEL AGUA DURANTE LA CONSTRUCCION	115
13.5.2.1	Generalidades	115
13.5.2.2	Manejo de Aguas	116
13.6	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	117

14. TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS _____ 119

14.1 INTRODUCCION _____ 119

14.2 TIPOS DE MUESTRAS _____ 120

14.3 CONTROL Y VIGILANCIA DEL MUESTREO, PRESERVACIÓN Y ANALISIS
123

14.4 METODOS DE MUESTREO _____ 125

14.5 RECIPIENTES PARA LAS MUESTRAS _____ 126

14.6 PRECAUCIONES GENERALES _____ 126

14.7 NUMERO DE MUESTRAS _____ 128

14.8 CANTIDAD DE MUESTRA _____ 129

14.9 PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA _____ 129

14.10 Preservación ⁴ _____ 132

14.11 Refrigerar _____ 133

14.12 AFORO DE CAUDALES Y EFLUENTES _____ 136

**15. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PARA METODOS DE COLECCIÓN DE
MUESTRAS Y DATOS.** _____ 140

15.1 CONTENIDO DEL SEGUIMIENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD _____ 140

15.2 REVISIÓN DE REGISTROS. _____ 140

15.3 PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS. _____ 141

15.4 PROCEDIMIENTOS DE COLECCIÓN DE MUESTRAS Y DATOS. _____ 142

15.5 PASO SIGUIENTE AL SEGUIMIENTO DEL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
142

15.6 CAPACITACIONES ANUALES DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
144

15.7 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO
144

15.8 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LOS METODOS DE COLECCIÓN DE
MUESTRAS _____ 145

15.9 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE LOS DATOS. _____ 145

16. SEGURIDAD _____ 147

16.1 PREPARACIÓN DE SEGURIDAD BASICA _____ 147

16.2 TRANPORTE DE QUÍMICOS. _____ 148

16.3 TRABAJOS DESDE PUENTES _____ 148

16.4 TRABAJOS DESDE BOTES. _____ 149

16.5 AGUAS CONTAMINADAS _____ 150

16.6 CLIMA. _____ 150

16.6.1 EMERGENCIAS DE HELADAS _____ 151

