

8504
628

VOLUMEN 1

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

OBJETIVO DE LA RED DE MONITOREO

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HIDRICO DE LA CIUDAD

MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

ANEXO: DECRETO 1594 / 84

ANEXO: PARAMETROS MONITOREADOS POR LA UNION
EUROPEA Y ESTADOS UNIDOS

ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA

CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE CALI

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES
GENERADORAS DE CONTAMINACION HIDIRICA EN LOS RIOS

SISTEMA DE MONITOREO

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA CONVENIENCIA DE UN
SISTEMA DE INFORMACION Y MONITOREO AMBIENTAL PARA
LOS RIOS DEL MUNICIPIO DE CALI

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UNA RED DE
MONITOREO

RED DE MONITOREO PARA EL RECURSO HIDIRICO DE LA
CIUDAD DE CALI

VOLUMEN 2

CONTENIDO

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO RED DE ALERTAS

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO RED 2 O RED DE ENTRADAS

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO RED 1 O RED DE SALIDAS

TOMA Y PRESERVACION DE MUESTRAS
ANEXO: PROTOCOLOS DEL IDEAM

MODELO LLUVIA CAUDAL A ALPICAR EN EL PROYECTO

- ANEXOS : REGISTRO MODELO LLUVIA CAUDAL
- ANEXO 1 : REGISTRO HIDROCLIMATOLOGICO
- ANEXO 1.1. : PRECIPITACION
- ANEXO 1.2. : CAUDAL
- ANEXO 1.3. : EVAPORACION TOTAL
- ANEXO 2 : CURVAS DOBLES MASAS
- ANEXO 2.1. : PRECIPITACION
- ANEXO 2.2. : CAUDAL
- ANEXO 3 : CALIBRACION Y VALIDACION DE MODELOS LLUVIA ESCORRENTIA
- ANEXO 4 : PLANOS

VOLUMEN 3

CONTENIDO

PRESUPUESTO DE INVERSION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO

TECNOLOGIAS DE MONITOREO - EQUIPOS DE MONITOREO Y MUESTREO AMBIENTAL

ANEXO: OFERTAS TECNOLOGICAS Y HOJAS TECNICAS DE POTENCIALES PROVEEDORES

ANEXO: EQUIPOS PARA TRANSMISION SATELITAL

SOFTWARE PARA LA ADQUISICION Y MANEJO ESTADISTICO DE LA INFORMACION

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL PARA LA OPERACIÓN DE LA RED HIDRICA DEL MUNICIPIO DE CALI

NECESIDADES DE CAPACITACION

PLIEGO DE CONDICIONES PARA LA LICITACION DE CONSTRUCCION INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DEL RECURSO HIDRICO PARA EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

ANEXO : PLIEGO DE CONDICIONES - IMPLEMENTACION SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. LICITACION PUBLICA N°__

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

Proyecto
DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO
EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI
CONTRATO UP -020-2000

EQUIPO TECNICO

Contratista
Coordinador Ingeniería
Coordinador Sistemas

Angela María Salazar
Germán Bolaños
Alex Amed Valencia

Economista
Ingeniero Sanitario
Ingeniero Civil
Arquitecto
Abogada
Hidrólogos

María Fernanda Díaz
Robert Corrales
William Galvis
Fernando Valderrama
Alba Regina Palomino
Yesid Carvajal
Claudia Grisales
Juan Guillermo Lozano
Dario Ballesteros

Ingeniero Químico

INTERVENTOR

Yeison Montoya Ríos

RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto **DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO PARA EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**, contratado por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA, se realizó como requisito para instalar y poner en funcionamiento el programa de monitoreo de los ríos que corresponde a la iniciativa del Ministerio del Medio Ambiente de establecer un sistema de identificación del estado de los recursos naturales, especialmente del agua y del suelo, que permiten el establecimiento de medidas precisas para del control de la contaminación.

El sistema de monitoreo de los ríos se compone de 3 redes: la red de salidas o red 1; la red de entradas de los ríos a la ciudad o red 2; y la red de alertas o red 3. Estas redes fueron propuestas con el fin de cumplir con los siguientes objetivos: conocer el estado de los ríos, atender las emergencias que se presenten oportunamente, suministrar información sobre la efectividad de los proyectos ambientales, e identificar en tiempo real las condiciones del recurso hídrico. Estos objetivos se consideraron esenciales para el desarrollo de las alternativas propuestas en el documento. Adicionalmente se consideraron aspectos organizativos, la vinculación de organizaciones e instituciones que se alimentan de la red, y los aspectos legales relacionados con la implementación del sistema.

En el documento de **USUARIOS DE LA RED HIDRICA**, se presentó una descripción de la utilidad de la información generada por la red, las entidades que establecerán relaciones con el DAGMA para el intercambio

de información, las funciones del IDEAM como institución que rige las políticas en materia de manejo del recurso hídrico en el país, así como los requisitos para la constitución del comité local administrativo de esta red. Se hizo énfasis en los usuarios institucionales del sistema que aprovecharan la información para emitir conceptos sobre el estado de los recursos naturales y la gestión realizada en la ciudad por parte de los organismos encargados.

El **MARCO LEGAL DE LA CALIDAD DEL AGUA** comprende una presentación de la normatividad colombiana relacionada con la calidad del recurso hídrico, donde los decretos 1594 de 1984 y el decreto 475 de 1998 son los rectores de las medidas de protección de acuerdo a los usos dados al agua.

Dentro de los **ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA** se hizo una presentación completa del recurso incluyendo las características que determinan la calidad, que se consideran con más frecuencia y que son la base para evaluar las condiciones del agua, incluyendo la diversidad de especies.

Como preámbulo a la definición de las estaciones que componen la red de monitoreo, se elaboró el documento **CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**, donde se presentaron aspectos de los siete ríos de la ciudad como los fisiográficos en las partes alta, media y baja, las amenazas y vulnerabilidad, flora y fauna de la cuenca, y una caracterización físicoquímica de la calidad de las aguas. Se encontró que a excepción de la cuenca del río Pance, se presenta una gran vulnerabilidad y

amenazadas por diferentes factores que afectan directamente al recurso hídrico.

Se elaboro una compilación de las fuentes de contaminación en el documento **IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACION HIDRICA EN LOS RÍOS**, con el fin de conocer directamente las características de los ríos en sus partes alta, media y baja, así como las generadoras de contaminación en estos tramos. Se encontró nuevamente la vulnerabilidad de las fuentes de agua a las intervenciones humanas y a la sensibilidad de las variables de calidad frente a los malos usos.

La primera parte de la documentación relacionada con la evaluación de las estaciones de monitoreo se realizo en el documento **SISTEMAS DE MONITOREO**, donde se presentaron los tipos de estaciones más frecuentes, como las convencionales que se componen de instrumentos equipados con registradores, las estaciones automáticas entre las que se encuentran las limnimetricas y las limnigraficas, y una evaluación de las estaciones existentes en el Valle del Cauca en propiedad de la CVC y de algunas empresas privadas, cumpliendo con funciones específicas.

La **CONVENIENCIA DE UN SISTEMA DE INFORMACION Y MONITOREO AMBIENTAL** es el documento que reunión las razones que llevan a instalar en los ríos del municipio de Cali las estaciones que cumplen la función de recoger información sobre la calidad y las condiciones de los ríos que son aprovechados para consumo humano y otras actividades vulnerables a los efectos del agua. Adicionalmente, se presentan los criterios y fundamentos básicos para la definición de las

estaciones de monitoreo de los ríos, entre los cuales se encuentran la calidad del agua, forma y relieve, la erosión, el clima, el balance hídrico, la variabilidad del caudal, la cobertura vegetal, entre otros.

En el documento **CALIBRACION DE UN MODELO LLUVIA - ESCORRENTIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RIO CALI**, se efectuó un análisis para calibrar dos modelos de precipitación - escorrentía en las cuencas de los ríos Cali y Pichindé, con el objeto de formarse una idea del comportamiento hidrológico de la cuenca. Esta herramienta se considera una parte preliminar del conocimiento del proceso precipitación - escorrentía que permitirá afinar posteriormente la agregación temporal a intervalos de tiempo más pequeños, es decir, a nivel diario u horario, para acoplar el modelo a la predicción y simulación de caudal, mediante la alimentación de datos en tiempo real, que suministrará la red de alertas. Se utilizaron modelos de simulación de la precipitación o modelos de balance continuo para presentar ajustes ponderados en periodos secos y húmedos, simplificando el proceso de las crecientes. Se encontró que el modelo ABCD y el método de las isoyetas presentan los mejores resultados para ambas cuencas.

EL DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO O RED DE ALERTAS se propuso para ser instalado en la parte alta de los ríos donde se presentan los mayores niveles de torrencialidad que son los generadores de aumentos del caudal y riesgos en la población ubicada aguas debajo de los eventos. Se presentaron los parametros a monitorear en cada una de las estaciones que forman parte de esta red, y los sitios donde se ubicarán, así como los equipos que serán empleados como el pluviografo el sensor de nivel. Estos equipos enviaron la información a

través del sistema satelital GOES con una frecuencia de monitoreo de acuerdo a los eventos a registrar. Se estimo la inversión de los equipos para su instalación.

El DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO O RED 2 DE ENTRADAS A LA CIUDAD reunió la caracterización de las aguas de los ríos al entrar a la ciudad, para la definición de los parametros más importantes que deben ser monitoreados, y la definición de los equipos más apropiados para el cumplimiento de este punto. La selección de los sitios para los ríos Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Melendez y Lili, se realizo considerando un listado de parametros entre los cuales la seguridad tuvo un peso importante. El sistema de comunicación que se selecciono fue el del sistema de telemetría GOES, que funciona de manera optima en zonas montañosas.

El documento que se construyo para hacer referencia al **DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO RED 1 O RED DE SALIDAS**, se baso en la caracterización de las aguas de los ríos al salir de la ciudad las cuales presentaron una alta concentración de plomo, mercurio y zinc principalmente, que generan efectos nocivos en la salud de los humanos. Estos parametros sirvieron de base para determinar los equipos y los tipos de muestreos que deben realizar. La selección de los sitios de ubicación fue determinada por los niveles de vertimientos y por esto se encontraran en la parte baja de los ríos donde se reúnan la mayor parte de los vertimientos de la ciudad a los ríos donde serán ubicadas estas estaciones. Se realizo un estimativo de la inversión.

Como elemento adicional para la validación de las muestras que se tomaran con los equipos propuestos en las estaciones 1 y 2 se construyó el instructivo para la realización de análisis de laboratorio y el uso de equipos con base en las recomendaciones del IDEAM, que como aspecto importante autoriza algunos equipos y tomas de muestras en diferentes ambientes para varios parametros. Se considera importante tener en cuenta las recomendaciones del IDEAM, que es la máxima autoridad en recurso hídrico del país.

Para la operación de la red y como requisito dentro de los productos de la consultoría, se elaboro una propuesta de **ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL A INSTITUCIONAL PARA LA OPERACIÓN DE LA RED HIDRICA DEL MUNICIPIO DE CALI** que revisó las funciones de las dependencias del DAGMA, y asigno responsabilidades asociadas con la puesta en funcionamiento de la red de monitoreo, incluyendo todo el proceso desde la apertura de la licitación hasta la operación y mantenimiento, con la coordinación de la subdirección de control ambiental, que actualmente es la encargada de la operación de la red de aire en el municipio.

En un solo capítulo se integraron los costos totales de la red incluyendo la operación y el mantenimiento, considerando la opción de la operación directa por parte de la subdirección de control del DAGMA que tiene una completa experiencia con la coordinación de la red de aire que en este momento se encuentra en funcionamiento. Los costos incluyen aquellos aspectos necesarios para poner en funcionamiento la red en el primer año, presentados a precios constantes de diciembre de 2000.

Finalmente se elaboro una propuesta de **PLIEGOS DE CONDICIONES PARA LA LICITACION DE CONSTRUCCION, INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO PARA EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**, donde se reúnen todas las especificaciones técnicas, de equipos y de condiciones de los contratistas para la instalación y puesta en marcha de los equipos y estaciones que conforman cada una de las redes de monitoreo (1, 2 y de alertas).

Se considera el producto de esta consultoría como un soporte importante para la apertura de la licitación y posterior contratación de la red que actualmente se considera necesaria para conocer el estado de los ríos de la ciudad y como soporte para la aplicación de correctivos y la destinación de recursos encaminados a mejorar la calidad y la disponibilidad de agua en el futuro.

OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

TABLA DE CONTENIDO

1.PRESENTACIÓN.....2

2.OBJETIVOS GENERALES2

OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

1. PRESENTACIÓN

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:

2. OBJETIVOS GENERALES

Este proyecto de creación de la red de monitoreo se compone de 3 redes a su vez: la red 1 o de salidas la cual se ubica en la parte baja del río; la red 2 o de entrada a la ciudad, ubicada antes de entrar el río al casco urbano; la red 3 o red de alertas que informara sobre eventos.

La gran red estará diseñada e instalada para cumplir 3 grandes 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.

El proyecto de Implementación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, tiene como objetivos específicos a cumplir con su desarrollo:

- 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.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE 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.

- 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.

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.

El establecimiento de estas redes de base, deben suministrar datos que permitan conseguir los siguientes objetivos, basados en su naturaleza y su función y con el fin de cumplir con las funciones para la cual serán instaladas.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Con la realización de este proyecto se espera cumplir con los objetivos planteados que a largo plazo, serán esenciales para prevenir y corregir aquellos impactos negativos sobre el estado del recurso hídrico en el municipio de Cali.


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

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA DE LA CIUDAD



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, Enero de 2001.

**USUARIOS DE LA RED
DE MONITOREO HÍDRICA
DE LA CIUDAD**

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HIDRICA

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACION 3

1. UTILIDAD DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED..... 6

 1.1. CALIDAD 7

 1.2. ALERTAS Y VARIACIONES DEL CAUDAL..... 8

 1.3. CONTRIBUCIONES Y VENTAJAS DE LA INSTALACION DE LAS REDES DE MONITOREO PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RIOS DE LA CIUDAD 9

2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES..... 13

 2.1. ESTUDIOS DE INTEGRACION DE LAS INSTITUCIONES14

 2.2. ORGANIZACIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA EXISTENTES EN CALI....15

 2.2.1. Proyecto SIGAM 15

 2.2.2. Otras Organizaciones 20

3. FUNCIONES DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA..... 22

 3.1. FUNCIONES RELACIONADAS CON LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA RED. 23

 3.2. FUNCIONES RELACIONADAS CON LOS PROTOCOLOS PARA TOMA DE MUESTRAS26

 3.2.1. Información de la Red como elemento de Investigación. 27

 3.2.2. Propuesta para establecer relaciones institucionales DAGMA - IDEAM 29

4. USUARIOS DEL SISTEMA..... 32

 4.1. UNIVERSIDAD DEL VALLE 33

 4.2. ALCALDÍA MUNICIPAL..... 34

 4.2.1. Contraloría 34

 4.2.2. Departamento Administrativo de Planeación..... 35

 4.2.3. Oficina de Atención y Prevención de Desastres. 35

 4.3 SECRETARIA DE SALUD PUBLICA MUNICIPAL 36

 4.4. EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - EMCALI..... 36

 4.5. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC..... 37

 4.6. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - MMA. 39

 4.7. INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM..... 40

 4.8. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED 40

 4.9 OTRAS INSTITUCIONES 41

5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA 44

 5.1. PROPUESTA PARA LA CONSTITUCION DEL COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO .46

 5.1.1. Función de los Laboratorios..... 47

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

5.2. CONSTITUCIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO. 3

CONCLUSIONES..... 3

BIBLIOGRAFIA..... 3

PRESENTACION

En el proceso de constituir la red de monitoreo de agua para los siete ríos de la ciudad de Cali: Cauca, Cali, Aguacatal, Meléndez, Cañaveralejo, Lili y Pance, compuesta por las redes de entradas y de salidas de agua, así como la red de alertas, se considera un elemento importante la integración de las instituciones que pueden formar parte de la gran red de información sobre el recurso hídrico que se deriva de las posibilidades de aprovechar todos los datos posibles sobre el estado y la calidad del recurso.

Se realiza en este documento una presentación general de las instituciones o entidades generadoras de información que potencialmente pueden aprovechar la producida por la red, con miras a formar parte del Comité Local Administrativo que las reúna para planificar de forma eficiente el aprovechamiento sostenible del agua en Cali.

Se considera importante el aporte de las instituciones ambientales existentes a nivel departamental y nacional para la creación de líneas especiales de trabajo, investigación y protección del recurso hídrico en Cali, es por esto que se realiza una presentación de las funciones del IDEAM como principal coordinador y responsable de la política ambiental nacional que se centra en este plan de desarrollo en la protección del agua.

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

El documento esta presentado en capítulos, con un contenido esencial para la constitución del Comité Local Administrativo, aunque se menciona que el trabajo de constitución de esta organización apenas comienza un largo camino con la elaboración de otros proyectos como el SIGAM (Sistema de Gestión Ambiental Municipal) que se realizo por parte del DAGMA, así como las iniciativas de organización de algunas agrupaciones de ciudadanos y ambientalistas.

Con el presente proyecto se logra generar las líneas básicas de relación entre el DAGMA como institución ambiental del municipio de Cali, con el resto de iniciativas provenientes de las empresas privadas, los centros educativos, los grupos de investigadores y el cumulo de entidades que ven el recurso agua, que corre por 7 majestuosos ríos como el elemento mas importante para lograr el bienestar y el desarrollo socioeconómico de este municipio.

**1. UTILIDAD DE LA INFORMACION
GENERADA POR LA RED**

1. UTILIDAD DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA RED

Los resultados de los análisis y tomas de muestras in situ a través de equipos automáticos conectados en cada una de las estaciones de calidad de agua que se ubican en la parte alta y baja de los ríos de la ciudad, se constituyen en un elemento esencial para conocer:

- a) **El estado de los ríos de la ciudad:** que diariamente son expuestos a la contaminación.
- b) **Los posibles factores de contaminación:** que arrojan información sobre aquellas actividades que generan impactos en las condiciones del agua.
- c) **Las posibilidades de solucionar los daños generados:** a partir de la identificación y reconocimiento de las causas de la contaminación y del cambio de las características del río.
- d) **La programación de las inversiones destinadas a los ríos:** al hacer énfasis en aquellos ríos donde las condiciones de salud o de calidad de agua exigen una solución oportuna.
- e) **Arrojar información oportuna sobre los ríos para la toma de decisiones:** relacionadas con el futuro aprovechamiento del recurso, la planificación de las inversiones, el diseño de obras de infraestructura, entre otras.

La lista de beneficios del monitoreo del agua son una parte de las innumerables ventajas que representa tener instalado un sistema de vigilancia de los ríos que además de constituirse en elemento importante para el desarrollo de Cali, se convierten en un riesgo inminente en los

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

periodos de invierno o con la aparición de fuertes aguaceros. A continuación se presentan algunas de las justificaciones clasificadas por tópicos:

1.1. CALIDAD

El análisis de la calidad del agua se realiza considerando los parámetros estipulados en el decreto 1594 de 1984 que comprende un grupo de nueve elementos que son de obligatoria vigilancia para empresas e instituciones comprometidas con los ríos.

- 1. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.
- 2. Demanda Química de Oxígeno.
- 3. Sólidos Suspendidos.
- 4. Potencial de Ion Hidronio, H⁺.
- 5. Temperatura.
- 6. Oxígeno Disuelto.
- 7. Caudal.
- 8. Datos Hidrobiológicos.
- 9. Coliformes (NMP)¹.

Uno de los objetos de crítica al listado de parámetros presentados es que no se consideran elementos importantes que permiten evaluar la calidad de agua a partir de las concentraciones de sustancias presentes en el agua, que representan un peligro para la salud humana cuando se encuentran en concentraciones superiores a las permisibles.

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

Los datos generados por el sistema de monitoreo, conformado por la red 2 de entradas a la ciudad, y la red 1 de salidas de agua, generan información valiosa para conocer no solo el estado del río, sino para determinar cuales son las acciones más urgentes a implementar con el fin de reducir el impacto en la comunidad que tiene el uso del agua contaminada que no cumple con los valores de concentraciones establecidos por la ley.

Dentro del estudio se han determinado los parámetros a monitorear para cada río, los cuales presentan variaciones de acuerdo a las condiciones de cada uno y del uso del agua.

1.2. ALERTAS Y VARIACIONES DEL CAUDAL

Específicamente la red de alertas arrojará información en tiempo real sobre las variaciones de caudal que se estén presentando en las partes alta y media de los ríos que representen un riesgo para la vida de la población de los barrios que se encuentra ubicados dentro de la zona de amortiguación de los ríos de la ciudad, facilitando las decisiones para la atención de emergencias.

Este tipo de información será de suma importancia para el DAGMA, el Municipio de Cali con su oficina de atención y prevención de desastres, para la población en general que en el mediano plazo tendrá un mejor conocimiento sobre el comportamiento de los ríos de la ciudad en periodos de invierno, y finalmente los centros de investigación del recurso hídrico para simular y ajustar los futuros modelos lluvia caudal

¹ NMP: Numero Mas Probable.
USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

que sean elaborados para cada río de la ciudad que presenta variaciones que los hacen difíciles de simular con la aplicación de modelos y funciones estándar.

De forma resumida las ventajas que representa la tenencia de las estaciones de monitoreo radican en la posibilidad de conocer sobre el comportamiento de los ríos de manera inmediata, creando la posibilidad de establecer correctivos con mayor efectividad.

1.3. CONTRIBUCIONES Y VENTAJAS DE LA INSTALACION DE LAS REDES DE MONITOREO PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RIOS DE LA CIUDAD

Desde años atrás instituciones como la CVC, la Universidad del Valle y el actual IDEAM, generan información sobre el estado de algunos ríos de Cali, que presentan el problema de no ser permanentes, en muchos casos no representan una alta confiabilidad y de no ser divulgados de forma masiva entre el resto de entidades interesadas en la situación de los ríos. En este caso, la información centralizada en el DAGMA, que se obtendrá como producto del funcionamiento de las redes de monitoreo, representa una ventaja importante y es de gran utilidad por las siguientes razones:

Facilita el conocimiento del estado de los ríos: al suministrar datos sobre la concentración de las sustancias más significativas que se encuentran presentes en el agua por los vertimientos de empresas, viviendas u otros agentes ubicados aguas arriba de las estaciones. Adicionalmente

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

se identifican los posibles elementos que pueden afectar la salud humana y del río.

Permite la planificación del uso del agua: a través de la implementación de planes dirigidos a mejorar la calidad de los ríos en el tiempo.

Sirve de soporte para la gestión de proyectos dirigidos a los ríos: se constituye en la fuente generadora de datos importantes para la gestión de recursos y de proyectos relacionados con el agua en el municipio, pues actualmente instituciones mundiales comprometidas con la protección del recurso hídrico en el planeta se encuentran interesadas en destinar recursos a los ríos de países en vías de desarrollo, situación que puede ser aprovechada para mejorar los sistemas de monitoreo y prevención.

Facilita la medición de la gestión ambiental del municipio en la protección del recurso hídrico: al facilitar elementos de medición y de comprobación en la eficiencia de las inversiones que se realizan para mejorar la calidad de los ríos.

En términos generales el cúmulo de datos generados por la red facilitará el desarrollo de acciones de protección de las cuencas a partir del análisis sobre la calidad del agua de los ríos monitoreados por medio de las estaciones, sin embargo los beneficios solo se percibirán cuando la estación sea instalada completamente, así como el sistema de comunicación. Se ha estimado para esto que la red debe estar funcionando iniciando el año 2002, con la completa instalación de los

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

equipos y elementos requeridos según el estudio y los términos de referencia.

Adicionalmente el conocimiento de las condiciones ambientales del país presentaran un mejoramiento al involucrar los datos generados por la red al IDEAM, que posee una completa información de los datos de cada una de las estaciones ubicadas en el país con funciones diferentes. Esta institución de orden nacional es la coordinadora de las acciones y políticas ambientales relacionadas con el recurso hídrico, así como de las evaluaciones del estado del agua y de otros recursos naturales.

Se encuentra como conclusión de este capítulo que las estaciones de monitoreo deben ser aprovechadas de la mejor manera como la fuente mas confiable de información sobre las condiciones del recurso hídrico de la ciudad, que utilizada de forma racional y planificada reducirán los riesgos asociados a las crecidas o variaciones del caudal en el tiempo.

2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES

2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES

Con el fin de constituir un Comité Local Administrativo que integre todas las instituciones relacionadas con el tema del agua en el municipio de Cali, se recopiló información que permitiera enumerar las existentes.

Esta clasificación permite que las agencias públicas, los centros de investigación, las fundaciones y los laboratorios sean identificados para una convocatoria posterior dentro de este proceso de constitución de la red integrada de monitoreo del recurso hídrico. A su vez, esta información permitirá clasificar las instituciones mencionadas en agentes generadores o usuarios de los datos que forman parte de la red.

Se consultaron los proyectos anteriores realizados por el DAGMA para este fin, dentro de los cuales el proyecto para el estudio de coordinación del sistema de gestión ambiental municipal -SIGAM, presenta aspectos importantes y una relación completa de las entidades que por su naturaleza integrarían potencialmente comités de distintos recursos naturales, incluyendo el agua.

Dentro del proyecto SIGAM se presentan los componentes de los diferentes subsistemas, entre los que se encuentra el subsistema recursos hídricos con una fuente constitucional.

2.1. ESTUDIOS DE INTEGRACION DE LAS INSTITUCIONES

El municipio de Cali y el DAGMA han promocionado desde 1995 la necesidad de vincular a la sociedad civil en la planificación y organización del uso de los recursos naturales, lo que ha dado como resultado un interés en diseñar las vías o las alternativas para la creación de comités o grupos que cumplan este fin.

Existen organizados en el DAGMA los estudios realizados para lograr la integración de las instituciones alrededor de los problemas y las necesidades de protección de los diferentes recursos naturales, entre estos se encuentran los siguientes:

- Perfil ambiental rápido urbano del municipio de Cali.
- Plan estratégico para la gestión ambiental de Santiago de Cali.
- Desarrollo de instrumentos jurídicos para optimizar la normatividad en materia policiva ambiental y de cobro de tarifas por servicios que presta el DAGMA.
- Formulación e implementación del plan de desarrollo institucional y manual de organización y métodos.
- Evaluación del SIGAM, ajuste, generación de instrumentos necesarios y formulación del plan de gestión ambiental 1998-2000.

Los resultados de estos estudios resaltan la necesidad de integrar en un sistema de información e intercambio de experiencias, todas las entidades estatales, las no gubernamentales y privadas que centran sus actividades en los recursos naturales con acciones de investigación de

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

protección, para constituir un sistema de información ambiental eficiente y operativo en el municipio de Cali.

2.2. ORGANIZACIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA EXISTENTES EN CALI

Se presentan a continuación las organizaciones formales que hasta la fecha existen en el municipio de Cali, que cumplen una función de protección del recurso hídrico.

2.2.1. Proyecto SIGAM

Para el recurso hídrico en el municipio de Cali se crean los subsistemas agua y recurso hídrico, con un fundamento constitucional y legal que lo fortalecen como integradores de las entidades relacionadas con el y la conservación de las cuencas, entre las que se encuentran:

CUENCAS HIDROGRAFICAS	AGUA
<ul style="list-style-type: none"> ◆ CVC. ◆ EMCALI. ◆ Departamento Administrativo de Planeación Municipal. ◆ Secretaría de Mantenimiento Vial. ◆ Secretaría de Ordenamiento Urbanístico. ◆ Corporenorde. ◆ Procuencas. ◆ UNIVALLE. ◆ Fundación Farallones. ◆ Fundación Génesis. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ CVC. ◆ EMCALI. ◆ Secretaría de Salud. ◆ Departamento Administrativo de Planeación Municipal. ◆ ACODAL. ◆ CINARA. ◆ UNIVALLE. ◆ CICCA.

Fuente: Informe final proyecto SIGAM. DAGMA 2000.

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

Los comités están conformados por las instituciones convocadas a la constitución del Sistema de Gestión Ambiental Municipal², realizado como parte del proyecto del DAGMA con el mismo nombre, el cual busca integrarlos. Cada una de las instituciones presenta diferentes relaciones con el recurso hídrico, que se consideran vitales para lograr la completa organización y planificación de las actividades relacionadas con el agua en el municipio de Cali.

Es importante anotar que en Cali existen más instituciones relacionadas con el recurso agua que por su poca divulgación o disponibilidad no se encuentran como parte del comité, sin embargo se espera que en el futuro se integren.

Las funciones de las instituciones que integran los subsistemas de agua y recurso hídrico son las siguientes, diferenciadas entre generales y específicas, extraídas del informe final del proyecto en mención:

SUBSISTEMA AGUA

FUNCIONES GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales asociados a la conservación y protección de las fuentes de agua en general, en cantidad y calidad suficientes, para el sostenimiento de las actividades humanas con prioridad en los requerimientos de consumo y uso doméstico de la población. ◆ Apoyar el diseño y ejecución de proyectos que garanticen la disposición final y el tratamiento adecuado de las aguas residuales del municipio. ◆ Proponer políticas de estímulos e incentivos para el sector industrial con del fin que desarrollen procesos de reconversión industrial y tecnologías limpias. ◆ Estimular tecnologías y mecanismos para el uso racional y
----------------------------	---

² DAGMA. Estudio de Coordinación del Sistema de Gestión Ambiental Municipal - SIGAM. Noviembre de 2000. USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

	eficiente del agua, en los sectores agrícola, industrial y doméstico.
FUNCIONES ESPECIFICAS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Consecución del inventario de usuarios por cada cauce superficial y de aguas subterráneas. ◆ Fortalecer los mecanismos de coordinación intersectorial e Interinstitucional para mejorar el manejo de recursos. ◆ Crear en el comité un espacio para concertar estrategias en la protección del recurso. ◆ Proponer controles técnicos que garanticen la medición de los niveles de contaminación del recurso hídrico, propiciar un diagnóstico actualizado de la situación en cuanto a la contaminación del recurso. ◆ Establecer mecanismos para conocer los avances tecnológicos en el control y tratamiento del sistema.

Fuente: DAGMA. Proyecto SIGAM. Septiembre 2000.

Analizando los objetivos del subsistema se encuentra que hacen referencia a la necesidad de reducir de forma conjunta la contaminación del agua como consecuencia de los usos inadecuados y de la mala disposición de los vertimientos. No es claro el alcance del comité con relación al fomento de la investigación para mejorar las condiciones del agua, a pesar de mencionarse en la cuarta función general el apoyo a alternativas para hacer un uso racional del recurso.

Analizando los objetivos específicos se encuentra que los compromisos y funciones del comité se centran en la protección de la calidad y condiciones del agua aprovechando de la mejor manera los datos que las instituciones puedan suministrar.

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

La cuarta función específica hace referencia a la importancia de los controles de la contaminación a través de instrumentos técnicos, que además facilite conocer la magnitud de los problemas existentes en cada río. Este punto hace referencia a la red de monitoreo de la calidad que se constituye en el objeto del presente documento.

SUBSISTEMA: CUENCAS HIDROGRÁFICAS

FUNCIONES GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Implementar a nivel institucional un Plan de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas. ◆ Adelantar acciones tendientes a la protección y recuperación de las cuencas hidrográficas. ◆ Establecimiento de mecanismos efectivos a nivel institucional para evitar la ocupación de suelos en zonas de protección, vertimientos inadecuados de aguas residuales, disposición de escombros y basuras, extracción de material de río. ◆ Promover acciones e incentivos para reforestación y protección de las riberas de los ríos y áreas de reserva forestal. ◆ Garantizar la protección de los ecosistemas estratégicos del municipio representados en el Parque Nacional Farallones, áreas de reserva forestal, humedales, lagunas y acuíferos mediante la definición de áreas de manejo especial. ◆ Desarrollar espacios de concertación para resolución de conflictos de uso de las cuencas para evitar el deterioro de los recursos ambientales.
FUNCIONES ESPECIFICAS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Priorizar los ríos y las actividades a realizar en cada uno de ellos de acuerdo a la frecuencia e intensidad de los problemas (construcción de obras de protección). ◆ Definir mecanismos efectivos de control para evitar a) la ocupación de suelos en la zona de protección; b) vertimientos de aguas residuales (domésticas e industriales); c) disposición de escombros y basuras; d) extracción de material de río.

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

	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar y desarrollar alternativas sostenibles de usos del suelo y aprovechamiento de recursos en áreas de Reserva Forestal. ● Establecer una reglamentación ambiental para el manejo de las zonas de sustracción de las áreas de reserva forestal. ● Fijar sanciones y estímulos para garantizar el cuidado de las áreas de protección de las cuencas hidrográficas. ● Determinar en cada río el nivel de bordo máximo que debe ser tenido en cuenta para la construcción de cualquier obra cercana o sobre el mismo, definiendo el periodo de retorno para el cual fue calculada.
--	--

Fuente: DAGMA. Proyecto SIGAM. Septiembre de 2000.

La presentación de las metas y objetivos de el subsistema de cuencas hidrográficas se centra en las acciones encaminadas a dar en el tiempo un buen manejo de las cuencas hidrográficas, comprendiendo la priorización de aquellas más urgentes.

Estas funciones del subsistema de cuencas hidrográficas se dirigen a la planificación en el aprovechamiento de los recursos agua y suelo, especialmente en la parte alta, que se considera como un elemento esencial en la conservación de las condiciones del agua, así como en el mejoramiento de la calidad en el tiempo.

Se propone en los estudios consultados que los subsistemas sean coordinados directamente por el DAGMA, con la formalización de estas

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

funciones a través de la presentación de acuerdos municipales aprobados por el Concejo de Cali.

A continuación se hace una breve presentación de las instituciones no estatales que adelantan acciones de conservación del agua y de protección de las cuencas hidrográficas en el municipio de Cali.

2.2.2. Otras Organizaciones

Existen grupos especiales con áreas de incidencia menores cuya función principal es la protección y conservación del recurso hídrico y las cuencas hidrográficas, conformados por la comunidad, dándole un carácter legal con el trámite de la personería jurídica.

Adicionalmente las fundaciones y asociaciones de carácter ambientalista existentes en Cali, presentan dentro de sus estatutos la función de protección del recurso hídrico. Existe un listado de las más importantes en la oficina de enlace con la comunidad de la CVC, el cual puede ser consultado para convocatorias posteriores a la conformación de subcomités de recursos hídricos.

Se destacan entre los listados algunas organizaciones no gubernamentales que con recursos gestionados con organizaciones internacionales realizan inversiones de protección de las cuencas y hacen oficial su preocupación por el estado del agua.

670

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

3. FUNCION DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA

3. FUNCIONES DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA

El Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos, IDEAM, se constituye en el organismo ambiental encargado de manejar y aplicar la política ambiental nacional. Dentro de las funciones específicas que desempeña se encuentra *"dirigir, conceptualizar, diseñar y operar un instituto que obtenga procese, analice, proyecte y divulgue el conocimiento ambiental del país para facilitar el desarrollo sostenible"*³.

Como fue planteado en los términos de referencia de este proyecto, es importante considerar el IDEAM por las contribuciones y apoyos de información que pueden suministrar con relación a la red hídrica del municipio de Cali que se instalará y pondrá en funcionamiento en los periodos posteriores, así como por la experiencia y conocimiento del recurso hídrico del país.

A continuación se presentan las funciones que desempeñará este Instituto en la red propuesta, de acuerdo a las actividades determinadas internamente por las subdirecciones, que son importantes y están ligadas con el recurso agua.

Es importante anotar que el IDEAM es un organismo de carácter nacional con incidencia en las políticas ambientales de los Departamentos a través de la coordinación con las Corporaciones Autónomas Regionales, las cuales ejecutan las líneas de acción definidas conjuntamente.

3.1. FUNCIONES RELACIONADAS CON LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA RED.

Con relación al tema del recurso hídrico en Colombia, el IDEAM tiene claramente unos objetivos de dirección y coordinación que se presentan así⁴:

- Dirigir y coordinar la producción de información y de conocimientos sobre el recurso hídrico.
- Poner al servicio del desarrollo sostenible del país la información relacionada con el recurso hídrico.
- A través del conocimiento e información ambiental suministrar una oferta amplia de productos hidrometeorológicos y ambientales para generar en el país una cultura del medio ambiente que le permita tomar decisiones acertadas y oportunas para aminorar los posibles impactos de los fenómenos naturales y climáticos sobre la población y el sector productivo.

La subdirección de hidrología del IDEAM, encargada de la generación de información relacionada con el recurso hídrico en el país, se presenta como la sección más apropiada para actuar como receptora de la información que la red de calidad de agua y de alertas de la ciudad que sea generada, con el fin de conocer de manera más precisa la situación del agua en el país.

³ IDEAM. Pagina Web: WWW.IDEAM.gov.co

⁴ Ibid IDEAM.

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

Dentro de las funciones que presenta esta subdirección que se presentan a continuación, existen ciertos puntos que corroboran la importancia y el compromiso del IDEAM con la protección del agua⁵:

- Seguimiento y control de calidad en las diferentes etapas del flujo de la información.
- Reingeniería de la red hidrométrica⁶.
- Desarrollo de una base de datos que permitirá, a través de relaciones y ecuaciones matemáticas, interpretar el estado y la dinámica del recurso hídrico y de su relación con el medio natural y con los procesos socio económicos.

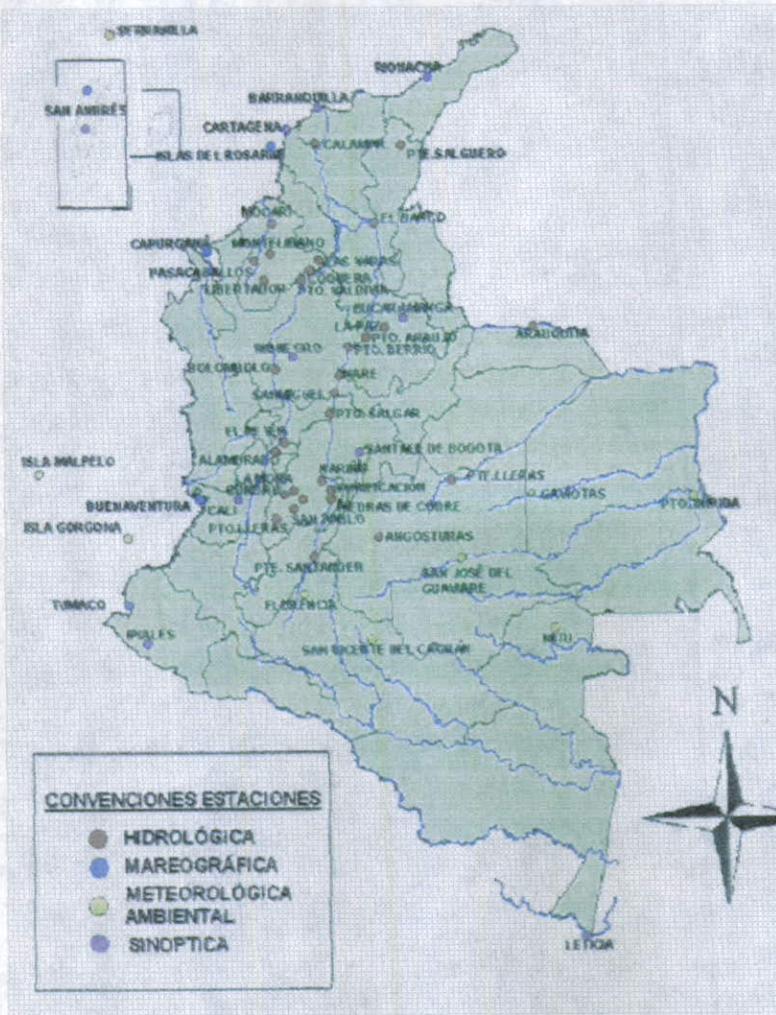
Como se observa las funciones se dirigen especialmente a la organización de los datos y resultados del estado del agua en las regiones del país, para generar diagnósticos precisos en el tiempo. Un elemento que se consideró importante después de revisar la información existente sobre este instituto es la organización de los datos que las Corporaciones Autónomas de varios departamentos del país, incluyendo el Valle del Cauca, trasladan para ser presentados en gráficos y tablas que se activan en un mapa de Colombia como se presenta en la siguiente figura:

FIGURA 3.1. RED AUTOMATICA HIDROMETEOROLÓGICA Y AMBIENTAL

⁵ Ibid IDEAM.

⁶ Como respuesta al desarrollo y uso de los recursos hídricos en el país, el IDEAM realiza actualmente la evaluación y ajuste de la Red Hidrométrica, para optimizarla, considerando los factores físicos del territorio y los factores políticos, culturales y económicos. Ver: IDEAM.

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



Fuente: IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/historia/redes/mapaut.htm>

Todas las estaciones existentes son registradas en el mapa para la posterior consulta sobre el comportamiento de los ríos a través de las estaciones hidrológicas que se encuentran señaladas con la convención de color rojo.

675

3.2. FUNCIONES RELACIONADAS CON LOS PROTOCOLOS PARA TOMA DE MUESTRAS

El IDEAM como Instituto ambiental es la encargada de **validar** los protocolos para la toma de muestras y la **aprobación** de los equipos que pueden ser utilizados para diferentes tipos de parámetros y sustancias presentes en el agua. En este caso es indispensable tener en cuenta los tipos de equipos y procedimientos existentes para la toma de muestras y análisis de laboratorios, así como los equipos aceptados, sean manuales o automáticos para el registro de concentraciones de sustancias en el agua. El no considerar los protocolos incrementa el riesgo de registrar información sesgada o sin validez como dato de contaminación del agua en el municipio de Cali.

En los documentos que componen el estudio de los componentes de la red hídrica se consideran los protocolos mencionados para los parámetros considerados en el Decreto 1594 de 1984, divididos en:

- ◆ Las sustancias para el establecimiento de modelos de simulación de la calidad⁷,
- ◆ Sustancias de interés sanitario⁸,
- ◆ Las sustancias objeto de monitoreo según los criterios de calidad admisibles⁹, y
- ◆ Las concentraciones para el control de la carga de las sustancias de interés sanitario¹⁰.

⁷ Decreto 1594 de 1984. Artículo 24.

⁸ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 20, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

⁹ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 45.

¹⁰ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 74.

Todas las especificaciones sobre la toma de muestras permiten construir un sistema de monitoreo adecuado para el recurso hídrico en el municipio de Cali, con la seguridad de que los resultados servirán como indicador de las condiciones del recurso hídrico en el Valle del Cauca, especialmente en la zona suroccidente.

3.2.1. Información de la Red como elemento de Investigación.

Como se mencionó anteriormente, el IDEAM realiza permanentes investigaciones sobre el estado del recurso hídrico en las diferentes regiones del país, las cuales pueden ser desarrolladas con el aprovechamiento de datos constantes y seguros, que les permite cumplir con los objetivos que forman parte de diferentes áreas de trabajo como ¹¹:

- Estudio nacional del agua
- Estudio de la relación oferta- demanda y vulnerabilidad.
- Identificación de las zonas de mayor presión y conflicto de uso del recurso.
- Determinación en forma general, con base en un modelo conceptual los balances hídricos en el plano nacional, regional y local, caracterizando la oferta, la demanda y estimando las limitaciones para el uso del agua por presiones sobre la calidad del recurso y por efecto de la regulación hídrica.
- Análisis de los efectos sobre el medio natural e impactos socioeconómicos de fenómenos como el Niño y la Niña.

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

En los documentos consultados sobre el IDEAM aparece el siguiente párrafo que define de forma clara y precisa las razones por las cuales se realizan permanentes acciones de investigación y monitoreo de las fuentes de agua, basados en la oferta:

“El objetivo es la cuantificación actualizada y cada vez más precisa de la oferta hídrica en las diferentes regiones del país, en cualquier época del año, para ordenar su uso en función de la disponibilidad, teniendo en cuenta la ecuación del Balance Hídrico, basada en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o cuerpo de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o cuerpo de agua¹².”

Obsérvese que las investigaciones exigen un conocimiento completo de las condiciones del agua en las regiones, aporte que puede darse por parte del DAGMA para el conocimiento de la red. Actualmente la CVC envía los resultados de los monitoreos de las estaciones automáticas que posee en el río Cauca, los cuales pueden ser consultados periódicamente y que son actualizados cada mes.

Luego de ser procesada la información puede ser publicada por parte del IDEAM se pone a disposición para el público en general interesado en la calidad, el comportamiento y la disponibilidad del recurso hídrico, a través del Internet y las publicaciones.

¹¹ Ibid IDEAM. Consultar Página web: www.ideam.gov.co.

¹² Ibid. IDEAM. subdirección hidrología, investigación y modelación. USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

**3.2.2. Propuesta para establecer relaciones institucionales
DAGMA - IDEAM**

Para el aprovechamiento de toda la información generada por la red como contribución al cumplimiento de las políticas ambientales relacionadas con el recurso hídrico en el país, es importante establecer relaciones institucionales mediante las cuales el DAGMA y el IDEAM adquieran compromisos delimitados dentro de:

- a) El suministro de la información de la red: Para la generación de datos y resultados importantes sobre el estado del recurso hídrico en Cali.
- b) El aprovechamiento de resultado de investigaciones: que se desarrollen con el uso de la información y los datos suministrados por la red de monitoreo.
- c) La asesoría en el manejo de datos, toma de muestras y uso de las estaciones: para dar un mejor uso de la red y potencializar los recursos económicos destinados al agua en el municipio de Cali.

El DAGMA como entidad ambiental puede aprovechar de mejor manera la red automática que será instalada en una etapa posterior en el proceso de creación del sistema de monitoreo ambiental del recurso hídrico estableciendo estas relaciones institucionales que en el largo plazo se constituyen en una oportunidad de integrar las políticas de mejoramiento de la calidad y características de los recursos naturales entre los que se encuentra el agua como el factor de desarrollo y de bienestar de las comunidades.

679

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

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

4. USUARIOS DEL SISTEMA

4. USUARIOS DEL SISTEMA

Con la red hídrica y sus estaciones conectadas para generar información sobre el estado de los ríos, se han generado muchas expectativas, especialmente por el tipo de información que se puede obtener con fines diversos, entre los que se encuentra la posibilidad de tomar decisiones relacionadas con el gasto en la protección del agua en el municipio de Cali. Su alto valor e importancia hace necesario definir los posibles usos que se le puede dar a la información generada por la red por parte de las diferentes instituciones de carácter público, privado, educativas, de vigilancia y control, entre otras, que permitirá cumplir con la protección del agua y las cuencas.

Se han determinado como usuarios del sistema y beneficiarios de segundo orden de la información, las siguientes instituciones que cumplen con unas característica especial, y es la preocupación por el estado del recurso hídrico, ya sea como indicador de eficiencia o como objeto de investigación:

- ◆ Universidad del Valle
 - CINARA
 - Mecánica de Fluidos.
- ◆ Alcaldía Municipal.
 - Contraloría.
 - Departamento Administrativo de Planeación.
 - Oficina de Atención y Prevención de Desastres
- ◆ Secretaria de Salud Pública Municipal.

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

- ◆ Empresas Municipales de Cali – EMCALI
- ◆ Secretaria de Salud Pública Municipal.
- ◆ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.
- ◆ Ministerio del Medio Ambiente – MMA.
- ◆ Instituto de Estudios Ambientales – IDEAM.

Estas instituciones mencionadas aprovecharán la información generada por la red de monitoreo a través de consultas directas al DAGMA, quien actuará como receptor de los datos, así como coordinador del proyecto SIGAM que se describió en los capítulos anteriores. Cada una presenta diferentes intereses con relación a estos datos, entre los cuales se encuentra uno común, que consiste en **la toma de decisiones a partir de resultados.**

4.1. UNIVERSIDAD DEL VALLE

En el caso de la Universidad del Valle y sus centros de investigación estos datos son importantes para la elaboración o validación de investigaciones que se relacionan con el recurso hídrico en la región o puntualmente para el municipio de Cali.

Es importante resaltar el aporte que realiza esta universidad a la integración de información histórica de los ríos de la ciudad en la realización de las tesis de grado e investigaciones que se constituyen en las recopilaciones más completas, que complementadas con los resultados arrojados por la red de monitoreo facilitaran la producción de nuevas alternativas para el manejo de la información, utilización de las cuencas o el desarrollo de diferentes tópicos.

Departamentos como el de procesos químicos y Biológicos de la facultad de ingeniería Sanitaria serán las principales interesadas en este tipo de información, así como el Centro de Investigación CINARA¹³ que se enfoca en el estudio de este recurso.

4.2. ALCALDÍA MUNICIPAL

Para las dependencias que pertenecen a la Alcaldía Municipal es de suma importancia el aporte que pueden dar a la elaboración de indicadores de eficiencia de las inversiones en el recurso hídrico que se realizan en todas las cuencas de la ciudad de Cali, anotando que la información para las cuencas de los ríos Pance y Cauca será suministrada por la CVC a través del convenio establecido desde 1998 y que se renueva anualmente.

4.2.1. Contraloría

Es importante conocer para esta dependencia cuales han sido los resultados de las inversiones en mejoramiento de la calidad del agua en términos de la variación de las descargas contaminantes, así como el conocimiento de las necesidades de gastos focalizados en ciertas zonas. Adicionalmente, la eficiencia de los tipos de proyectos realizados en cada una de las cuencas podrá ser medido a partir de los cambios en las características de la calidad del agua o las modificaciones en la oferta.

¹³ Centro Inter-regional de Abastecimientos y Remoción de Aguas.
USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

4.2.2. Departamento Administrativo de Planeación.

Como responsable de la planificación y el desarrollo del municipio de Cali, el DAPM¹⁴ aprovechará la información suministrada por la red para identificar el estado de los ríos relacionándolo con los niveles de concentración poblacional en algunas de las cuencas de los ríos, así como la determinación de las zonas hacia donde debe expandirse la ciudad de acuerdo a la capacidad de acceder al servicio de acueducto en ciertas zonas.

De otro lado, se consideran las emergencias presentadas en ciertas zonas de la ciudad como la razón mas fuerte para establecer acciones de prevención contra los asentamientos o las programaciones de expansión de la ciudad, que únicamente pueden ser proyectadas o seleccionadas con base en la información hidrometeorológica que será generada con la red ubicada en la parte alta de los ríos que se constituyen en objeto del presente estudio.

4.2.3. Oficina de Atención y Prevención de Desastres.

Por la información que arrojará la red de monitoreo sobre el comportamiento del caudal de los ríos en periodos de estiaje y de invierno, esta oficina podrá aprovechar de mejor manera los datos sobre las variaciones del caudal en el tiempo, especialmente cuando se superan los niveles de lluvia o de caudal que han sido estimados como críticos para la declaración de alertas en ciertas zonas de la ciudad o la evacuación en los casos que lo amerite.

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

La importancia de la información de las variaciones del caudal se considera como una de las razones que llevan a instalar las estaciones de alertas en la parte alta de los ríos que forman parte del estudio especialmente el río Cali que se constituye en uno de los problemas con la comunidad al presentarse situaciones de emergencia que afectan la vida de los habitantes de zonas de riesgo en la ciudad. De esta manera las estimaciones que se pueden desprender de los análisis de la información hidrológica podrán contribuir a la selección de aquellos sitios en los cuales no se pueden permitir por ningún motivo los asentamientos.

4.3 SECRETARIA DE SALUD PUBLICA MUNICIPAL

Por tener como objetivo principal el control de la calidad del agua y la prevención de la proliferación de vectores y epidemias, los datos de calidad del agua de cada río serán de gran importancia para la aplicación de medidas encaminadas a la reducción de riesgos asociados con el agua.

4.4. EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - EMCALI

La Gerencia de Acueducto y Alcantarillado de esta empresa de servicios públicos, ve de suma importancia la información que podría ser

¹⁴ En delante se citará a este departamento con su respectiva sigla. USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

generada por la red, especialmente para los ríos donde se encuentran instaladas las bocatomas: Cali, Meléndez y Cauca.

Como la información generada consiste básicamente en concentraciones de sustancias de interés sanitario, es posible establecer correctivos para que las captaciones de agua sean lo mas confiables posible, sin generar efectos en la salud humana.

Como actividades ligadas a la potabilización y al suministro del servicio de acueducto en la ciudad, esta empresa realiza muestreos periódicos y análisis de laboratorio para evaluar la calidad del agua, los cuales podrán servir de base para la verificación de la validez de los resultados obtenidos en las estaciones automáticas, adicionalmente se pueden evaluar por parte de EMCALI las características generales del agua destinada para consumo humano en la ciudad.

4.5. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC.

Como entidad ambiental de orden regional, la CVC se constituye en una de las instituciones mas interesadas en la información producida por la red, ya que la Unidad de Manejo de Cuenca – UMC- comprendida por las cuencas de los ríos Cali, Pance Meléndez y Aguacatal, se encuentra dentro del área de jurisdicción.

Desde 1998 se vienen firmando convenios interinstitucionales entre la CVC y el DAGMA para el intercambio de información y, principalmente, al aporte de recursos por parte de la CVC para la realización de USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

proyectos que beneficien el ambiente de la ciudad, cuya eficiencia podrá ser medida, para el caso de inversiones directas en obras que mejoren la calidad del agua, a través de los cambios en la calidad del agua de los ríos que son objeto de vigilancia para la CVC.

Adicionalmente en este momento se encuentra en funcionamiento una red de monitoreo de la calidad del agua para el río Cauca, compuesta por estaciones automáticas en diferentes puntos de los ríos, y como se cita en el estudio de la red de salidas o red 1 se encuentra una de ellas en la zona de desembocadura del río Cali en el río Cauca. Precisamente dentro de los resultados del estudio se considera la unión en el intercambio de información de la red hídrica de Cali con la que actualmente es de la CVC, incluyendo las estaciones ubicadas en esta ciudad.

El interés de la CVC consiste básicamente en la complementación de la información sobre el estado de los ríos en el municipio de Cali que representa la mayor carga contaminante a los ríos del Valle del Cauca, afectando la calidad del agua y el acceso del recurso a los municipios ubicados aguas abajo.

Existen en la CVC dos secciones interesadas directamente en los datos y análisis realizados a partir del funcionamiento de las estaciones de monitoreo que son **el grupo de monitoreo ambiental y el grupo de calidad ambiental¹⁵**, los cuales se encargan de vigilar el estado del agua de los ríos del departamento y por ende los de la ciudad de Cali,

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

adicionalmente el grupo de monitoreo ambiental es el encargado de manejar las estaciones de monitoreo del río Cauca y el centro de control de todos los equipos para la recolección de la información y la vigilancia de los mismos.

Se concluye finalmente que la CVC juega un papel importante en la caracterización de las condiciones del recurso hídrico de Cali, así como en la identificación de las acciones a seguir para la protección del recurso hídrico en el municipio.

4.6. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE – MMA.

Como coordinador y responsable principal de la política ambiental nacional, el MMA (por su sigla) desarrolla una función importante en el desarrollo de los sistemas de monitoreo de los diferentes recursos. Actualmente es el impulsor de la instalación de dichas estaciones en las principales ciudades del país para vigilar el comportamiento de la calidad del aire y, por supuesto, del agua.

Como beneficiaria de la información existen muchas ventajas. La primera se origina en la posibilidad de aprovechar la experiencia de Cali para demostrar la posibilidad de implementar en monitoreo de los principales recursos a partir de estaciones automáticas fijas; la segunda se basa en la recopilación de información sobre el estado del recurso hídrico en el suroccidente del Valle del Cauca; la tercera con la posibilidad de tener información oportuna sobre los resultados de las

¹⁵ Es importante anotar que estos grupos poseen registros históricos importantes sobre la calidad de los ríos en diferentes meses del año y en diferentes estaciones ubicadas a
USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

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

inversiones en medio ambiente que se realizan en Cali, y finalmente la cuarta que es el cumplimiento de la protección del recurso hídrico como se presenta en la política ambiental del Plan de Desarrollo, que toma precisamente el agua como eje central.

4.7. INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

Como se menciona en el capítulo anterior de este documento, el IDEAM es uno de los principales usuarios del sistema, que consisten básicamente en la realización de estudios, investigaciones y diagnósticos de la oferta y estado del recurso hídrico en el país y por cada región determinada.

Es importante informar a este instituto de los resultados y datos consolidados cada mes para su vinculación y registro en los informes y publicaciones que se realizan, así como de los estudios sobre el comportamiento de los ríos frente a fenómenos climáticos.

4.8. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED

Los usos dados a la red hídrica del municipio de Cali por parte de diferentes instituciones de carácter público principalmente, se resumen a la revisión y recopilación de los datos una vez han sido aprobados y validados por la sección del DAGMA encargada para este fin. Esto hace necesario que los datos sean publicados y divulgados oportunamente.

lo largo de los principales ríos para el departamento.
USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA.

Para fortalecer los compromisos que se deseen tener con las información de la red se sugiere la realización de convenios entre el DAGMA y el resto de las instituciones con el fin de dar un buen uso a la información, y como elemento importante **homogeneizar la información existente sobre los ríos de la ciudad**, que permita realizar proyecciones y análisis que partan del mismo tipo de información, reduciendo las tomas de muestras adicionales solo a las necesarias dependiendo de los fines de cada una de ellas.

De otro lado, el DAGMA como la entidad ambiental de Cali, es la única autorizada para divulgar datos sobre la calidad del agua, elemento que debe aprovechar para posicionarse en el municipio a través de la socialización de los mencionados resultados.

Finalmente la red de alertas y la red de monitoreo de la calidad del agua para los ríos de Cali, se constituirá en el elemento integrador de los diferentes sectores relacionados con el recurso agua, contribuyendo al desarrollo de una política integral para el municipio de Cali en el futuro.

4.9 OTRAS INSTITUCIONES

ACODAL (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental).

CICCA (Centro de Investigaciones en Control de la Contaminación Ambiental).

ONG´S del Municipio de Cali, y el Departamento del Valle.

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

5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA

5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA

Dentro de la concepción de un sistema de monitoreo del recurso hídrico para los ríos de la ciudad de Cali es de suma importancia la vinculación de los usuarios como parte importante por diferentes razones a saber:

1. La posibilidad de dar un uso apropiado y productivo a la información suministrada por la red: al constituirse en un insumo importante para las entidades comprometidas con el recurso hídrico de la región por los diferentes objetivos que se plantean.
2. La divulgación del estado del recurso en el municipio: como información del verdadero estado ambiental de Cali y las futuras consecuencias de las acciones que causen dichos danos.
3. La oportunidad de planificar el estado futuro del agua en el municipio: al tomar decisiones de inversión y conservación de manera conjunta.
4. La participación integrada de las instituciones comprometidas con el recurso hídrico de Cali: en diferentes tópicos y con intereses variados.

Todas estas razones visualizadas por el DAGMA y que dan como resultado en desarrollo de esta consultoría, crean la necesidad de constituir un COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO que integre todas las instituciones directamente comprometidas con el recurso hídrico por iniciativas de investigación, análisis o elaboración de políticas en torno al

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

agua. Es así como se identifican los siguientes grupos como los que necesariamente deben participar en este grupo:

- Agencias o entidades de carácter publico.
- Centros de investigación.
- Laboratorios.
- Instituciones ambientales de incidencia regional y nacional.

Como se menciona en el capítulo dos, las entidades que potencialmente pueden pertenecer al comité local administrativo del recurso hídrico, han sido identificadas como parte de los resultados obtenidos dentro del proyecto SIGAM que realizó el DAGMA durante el año 2000, y que dio como resultado una completa recopilación de todas las organizaciones comprometidas e interesadas en el trabajo conjunto por la protección y conservación del agua y de las cuencas hidrográficas, a excepción de los laboratorios de análisis de aguas que no fueron vinculados por ser del sector privados y por ser desarrollado el proyecto en mención con otros criterios.

Las entidades que forman parte del subsistema del recurso agua y de cuencas hidrográficas fueron presentados en el capítulo dos, en el cual se hace notoria la vinculación de aquellas instituciones que forman parte de la alcaldía municipal principalmente.

5.1. PROPUESTA PARA LA CONSTITUCION DEL COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO

Una vez analizados los componentes del SIGAM y de revisar las funciones del sistema con relación al agua, se genera la propuesta de aprovechar la iniciativa de constitución de este subsistema y ampliarlo con algunas instituciones para crear el comité local administrativo. Las razones que sustentan esta iniciativa son las siguientes:

- 1) Por las experiencias conocidas para la integración de las instituciones, es una tarea ardua y poco productiva en la mayoría de los casos la convocatoria a la constitución de comités, cuando no hay claridad en el tipo de funciones que desempeñara, o cuando las funciones se confunden con las de otros comités que desempeñan funciones similares.
- 2) Actualmente el DAGMA, igual que el municipio de Cali, sufre una transformación como parte de la reforma administrativa, elemento que dificulta la constitución de nuevas organizaciones cuando no hay claridad sobre las subdirecciones o funcionarios que podrán participar en calidad de coordinadores.
- 3) Como se observó en el capítulo 4, las organizaciones que participan en la red como usuarios de la información son las mismas que potencialmente pueden participar del comité, elemento que confunde los roles de las instituciones.

Existen otras justificaciones que permiten concluir que **no es necesario crear un comité local administrativo como organismo independiente cuando se tiene constituidos los comités que**

forman parte de los subsistemas propuestos dentro del proyecto SIGAM, lo que hace necesario redefinir algunos de los alcances del comité o adicionar funciones en el caso en que las instituciones que lo constituyen estén de acuerdo. En este caso sería necesario adicionar otro grupo de integrantes del comité provenientes del sector privado como son los laboratorios, cuyas funciones, clasificaciones y expectativas se describen a continuación.

5.1.1. Función de los Laboratorios

Dentro de los laboratorios seleccionados e identificados se encuentran los que fueron contactados durante el periodo de ejecución de la consultoría a través de carta:

- **ANÁLISIS AMBIENTAL**, Dra. Marta Garcés.
- **ANÁLISIS LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO**, Dra. Marta Velásquez.
- **BIOCENTER**, Dra. Adriana Mosquera.
- **FUMINDUSTRIAL**, Ingeniero Jorge Lenis.
- **DOBER CHEMICAL LTDA**, Dra. Marta Lucía Portilla.
- **D.B.Q. INGENIERIA SANITARIA LTDA**, Dr. Jairo Cuero Sinisterra.
- **MICROQUIM**, Dra. Rosita Cajillo.
- **HIDROAMBIENTAL LTDA**. Ingeniera Claudia Ximena Cabrera.

Estos laboratorios están en condiciones de realizar análisis de agua y, por lo tanto de realizar observaciones con fundamentos científicos sobre los problemas relacionados con las concentraciones de las sustancias monitoreadas. Se considera importante su participación en el comité

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

local administrativo por los aportes al mejor conocimiento de la condiciones reales de los ríos.

5.2. CONSTITUCIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO.

Como coordinadores y vigilantes del desempeño del comité local administrativo, así como del funcionamiento de las estaciones que conforman la red de monitoreo, las siguientes instituciones conformarán el comité técnico para Cali

- Ministerio del Medio Ambiente.
- CVC
- IDEAM

Las tres entidades establecerán relaciones de intercambio con los respectivos comités técnicos constituidos en las ciudades de Medellín, Barranquilla y Bogotá, los cuales tienen funciones específicas relacionadas con:

- a) El intercambio de experiencias relacionadas con la conservación del recurso hídrico: Las cuales enriquecen el sistema nacional de información ambiental que pueda desprenderse de las actividades en cada ciudad.
- b) La homogenización de los sistemas de monitoreo del agua teniendo en cuenta los lineamientos que el IDEAM ha determinado como vigentes en Colombia al ser la entidad que selecciona y define los protocolos y metodologías para tomas de muestras.

698

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

Este comité técnico debe constituirse formalmente en el Municipio de Cali con la firma de un convenio con las instituciones, el cual debe ser gestionado y coordinado por el DAGMA, con la delegación de funcionarios formados en el campo de la ecología, hidrología, ingeniería sanitaria o afines.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Una vez revisados los requisitos para el funcionamiento de la red de monitoreo como una herramienta útil para el conocimiento de los ríos relacionados con la calidad, se presentan las siguientes conclusiones sobre la participación de las diferentes instituciones públicas, no gubernamentales, educativas y privadas que están interesadas en el recurso hídrico:

- 1- La información generada por la red de entradas, la red de salidas y de alertas es de gran importancia para el conocimiento del comportamiento de los ríos en el Municipio de Cali.
- 2- Los datos generados a partir del funcionamiento de la red hídrica permite o facilita la integración de las instituciones relacionadas con el recurso hídrico en Cali a través de un aprovechamiento de la información más confiable que se tiene a la fecha.
- 3- El comité local administrativo debe ser creado y coordinado por el DAGMA; aprovechando la experiencia y la iniciativa de constitución del SIGAM en los subsistemas agua y cuencas hidrográficas.
- 4- Las instituciones enumeradas como usuarios potenciales de la información generada por la red deben ser consideradas a la hora de integrar el comité local administrativo.

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

5- El IDEAM como centro de investigación y coordinador de la Política Ambiental en el componente agua es una institución importante que debe ser consultada para conocer de que manera deberán establecerse convenios para el intercambio de información.

BIBLIOGRAFIA

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

BIBLIOGRAFIA

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA. PROYECTO COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL - SIGAM. Informe final Elaborados por Ing. Adriana Aguirre y Ing. Rubiela Zuluaga. Cali. Octubre del 2.000.

IDEAM. [http: www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

**MARCO LEGAL
DE LA CALIDAD DEL AGUA**

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.

a) **DBO: Demanda bioquímica de oxígeno 5 días;**

707

- 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.

Criterios de calidad: Los criterios más exigentes son los relacionados con el destino del agua para consumo humano, donde el agua requiere sólo tratamiento convencional o desinfección. En este caso los

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

parámetros presentan unos valores máximos que no deben ser traspasados según el uso:

PARAMETROS		
- Amoníaco	- Cloro total residual	- Molibdeno
- Cromo	- Cadmio	- Compuestos Fenólicos
- Selenio	- Mercurio	- Cloruros
- Berilio	- Turbiedad	- PH
- Oxigeno Disuelto	- Litio	- Coliformes fecales
- Arsénico	- Clorofenoles	- Coliformes totales
- Difenil	- Cianuro	- Níquel
- Sulfatos	- Nitratos	- Cobre
- Cobalto	- Coliformes	- Plata
- Plaguicidas	- Manganeso	- Vanadio
- Bario	- Grasas y aceites	- Color
- Policlorados	- Cinc	- Plomo
- Tensoactivos	- Nitritos	- Aluminio
- Hierro	- Totales	

El listado de parámetros puede variar (artículos 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44¹ y 45). En el caso del destino del agua para uso estético, los criterios de calidad son mínimos, por la ausencia de contacto directo con el recurso

Para el caso de los vertimientos, que son los principales factores de alteración de las condiciones físico-químicas del agua, se debe cumplir con las normas que aparecen en el artículo 72, y para el caso

1 ART 44 – Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estéticos son los siguientes:

- Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.
- Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- Ausencia de sustancias que produzcan olor.

de vertimientos de alcantarillados con el artículo 73. Las concentraciones máximas de los vertimientos se encuentran en el artículo 74.

La normatividad colombiana para asegurar la calidad del agua, aunque se basa en los valores y parámetros de países europeos y de Norteamérica, no es clara en definir las condiciones integrales que debe tener el agua para calificarla como en buenas condiciones. Solo se rige a los nueve parámetros del artículo 24 del decreto 1594 de 1984 sin tener en cuenta los valores de otros parámetros que son importantes por su efecto directo en la salud humana y animal.

En el anexo se presentan los artículos más importantes de la normatividad que regula la calidad del agua para diferentes usos y actividades.

ANEXO 4
MARCO LEGAL

(Decreto 1594/84)

711

DECRETO 1594/84

ART. 1°—Cuando quiera que el presente decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

ART. 2°—La sigla EMAR utilizada en el presente decreto, corresponde a: entidad encargada del manejo y administración del recurso.

ART. 3°—Entiéndese por entidad encargada del manejo y administración del recurso, EMAR, aquella que tenga asignadas esas funciones por la ley o por delegación, como el Inderena, el Himat en los distritos de riego, las corporaciones autónomas regionales de desarrollo y la Dirección Marítima y Portuaria, Dimar.

ART. 4°—Los criterios de calidad establecidos en el presente decreto son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

ART. 5°—Entiéndese por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

ART. 6°—Entiéndese por vertimiento líquido cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

ART. 7°—Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un

acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.

ART. 8°—Entiéndese por usuario nuevo aquel cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del presente decreto.

ART. 9°—Entiéndese por usuario existente aquel cuya actividad ha venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto.

ART. 10.—Entiéndese por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

ART. 11 —Denominase vertimiento no puntual aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

ART. 12.—Denominase lodo a la suspensión de un sólido en un liquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

ART. 13.—Denomínase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

ART. 14.—Denomínase carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

ART. 15.—Denominase bioensayo acuático al procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se usan para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

ART 16 —Denomínase toxicidad la propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

ART. 17.—Denomínase toxicidad aguda la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

ART. 18.—Denominase toxicidad crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados para al bioensayo acuático.

ART. 19.—Denomínase Cl_{50}^{96} a la concentración de una sustancia elemento o compuesto, solos o en combinación, que produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.

ART. 20.— Consideranse sustancias de Interés sanitario las siguientes:

Arsénico

Plomo

Bario

Selenio

Cadmio

Acenafteno

Cianuro

Acroleína

Cobre

Acrilonitrilo

Cromo

Benceno

Mercurio

Bencidina

Níquel

Tetradoruro de carbono (Tetradorometano)

Plata

Bencenos clorados diferentes a los diclorobencenos

Clorobenceno

1,2, 4 - Triclorobenceno

Hexaclorobenceno

Etanos clorados

1,2-Dicloroetano

1,1,1 - Tricloroetano -

Hexacloroetano

1,1 - Dicloroetano

1,1,2 - Tricloroetano

1,1,2,2 - Tetracloroetano

Cloroetano

Cloroalkil éteres

Bis (clorometil) éter

BIs (2 - cloroetil) éter

2 - cloroetil vinil éter (mezclado)

Naftalenos clorados

2 - Cloronaftaleno

Fenoles clorados diferentes a otros de la lista, incluye cresoles clorados

2, 4, 6- Triclorofenol

Paraclorometacresol

Cloroformo (triclorometano)

2 - Clorofenol

Diclorobencenos

1,2- diclorobenceno

1, 3- diclorobenceno

1, 4 - diclorobenceno

Diclorobencidina

3, 3' - Diclorobencidina

Dicloroetilenos

1,1 - Dicloroetileno

1, 2 - Trans~dicloroetileno

2, 4- diclorofenol

Dicloropropano y Dicloropropeno

1, 2 - Dicloropropano

1, 3- Dicloropropileno (1, 3- Dicloropropeno)

2, 4- Dimetilfenol

Dinitrotolueno

2,4 - Dinitrotolueno

2, 6- Dinitrotolueno

1, 2 - Difenilhidracina

Etilbenceno

Fluoranteno

Haloéteres (diferentes a otros en la lista)

4 - Clorofenil fenil éter

4 - Bromofenil fenil éter

Bis (2 - Cloroisopropil) éter

Bis (2-- Cloroetoxi) metano

Halometanos. (diferentes a otros en la lista)

Metilen cloruro (Diclorometano)

Metil cloruro (Clorometano)

Metil Bromuro (Bromometano)

Bromoformo (Tribromometano)

Diclorobromometano

Triclorofluorometano

Diclorodifluorometano

Clorodibromometano

Hexaclorobutadieno

Hexaclorociclopentadieno

isoforon

Naftaleno

Nitrobenceno

Nitrofenoles

2-Nitrofenol

4 -Nitrofenol

2, 4 -Dinitrofenol

4, 6-Dinitro-o-Cresol

Nitrosaminas

N - Nitrosodifenilamina

N - Nitrosodi - n - Propilamina

Pentaclorofenol

Fenol

N - Nitrosodimetilamina

Ftalato ésteres

Bis (2 - etilhexil) ftalato

Butil benzil ftalato

Di - n - butil ftalato

Di - n - octil ftalato

Dietil ftalato

Dimetil ftalato

Hidrocarburos aromáticos polinucleares

Benzo (a) antraceno (1, 2 - benzantraceno)

Benzo (a) pireno (3, 4 - benzopireno)

3, 4 - benzofluoranteno

Benzo (k) fluoranteno (11,12 - benzofluoranteno)

Criseno

Acenaftalino

Antraceno

Benzo (ghi) perileno (1, 12- benzoperileno)

Fluoreno

Fenantreno

Dibenzo (a, h) Antraceno (1,2, 5, 6- dibenzoantraceno)

indeno (1, 2, 3- cd) pireno (2, 3 - o - fenil enepireno)

Pireno

Tetracloroetileno

Tolueno

Tricloroetileno

Vinil Cloruro (Cloroetileno}

Pesticidas y metabolitos.

Aldrín

Dieldrín

Clordano

DDT y metabolitos

4, 4' -DDT

4,4' -DDE (p,p' - DDX)

4,4 -DDD (p,p' - TDE)

Endosulfan y metabolitos

Endrín

Endrín aldehido

Heptacloro y metabolitos

Heptacloroepóxido

Hexaclorociclohexano (todos los Isómeros)

a - BHC - Alpha

b - BHC - Beta

r - BHC (lindano) - Gamma

g - BHC Delta

Bifenil policlorados

PCB - 1242 {Arocloro 1242)

PCB - 1254 (Arocloro 1254)

PCB - 1221 (Arocloro 1221)

PCB - 1232 (Arocloro 1232)

PCB - 1260 (Arocloro 1260)

PCB - 1016 (Arocloro 1016)

Toxafeno

Antimonio (total)

Asbesto (fibras)

Berilio

Cinc

2, 3, 7, 8 - Tetraclorodibenzo-p-dioxin (TCDD)

Compuestos adicionales

Ácido abiético

Ácido dehidroabiético

Ácido isopimárico

Ácido pimárico

Ácido oleico

Ácido linoleico

Ácido linolénico

9, 10- Ácido epoxisteárico

9,10 - Ácido diclorosteárico

Ácido monoclorodehidroabiético

Ácido diclorodehidroabiético

3, 4, 5 Tricloroguayacol

Tetracloroguayacol

Carbamatos

Compuestos fenólicos

Difenil policlorados

Sustancias de carácter explosivo, radiactivo, patógeno.

720

PAR.—El Ministerio de Salud podrá considerar como de interés sanitario sustancias diferentes a las relacionadas en el presente artículo.

ART. 21.—Entiéndese por usuario de interés sanitario aquel cuyos vertimientos contengan las sustancias señaladas en el artículo anterior.

ART. 22.—Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos que trata el artículo 29 del presente decreto, se deberá desarrollar un plan de ordenamiento del recurso por parte de las EMAR o del Ministerio de Salud en donde aquellas no existan.

ART. 23.—Para el ordenamiento de que trata el artículo anterior deberá tenerse en cuenta:

- a) Los factores pertinentes señalados en los decretos 2811 de 1974, 2857 de 1981, 1875 de 1979 y 1541 de 1978;
- b) Los usos existentes;
- c) Las proyecciones de usos de agua por aumento de demanda y por usuarios nuevos;
- d) El establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables;
- e) Los criterios de calidad y normas de vertimiento establecidos, vigentes en el momento del ordenamiento;
- f) La preservación de las características naturales del recurso;

721

- g) La conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo previsto en el área de Influencia del recurso, y
- h) El mejoramiento de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

ART. 24.—Para el establecimiento de los modelos de simulación de calidad de que trata el literal d) del artículo anterior la EMAR deberá realizar periódicamente, a partir de la vigencia del presente decreto los análisis pertinentes para obtener, por lo menos, la siguiente Información:

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

ART. 25.—El Ministerio de Salud o su entidad delegada y la EMAR determinarán cuáles de las sustancias de Interés sanitario requieren análisis con carácter prioritario.

ART. 26.—A solicitud del Ministerio de Salud o de su entidad delegada, la EMAR deberá informar los resultados obtenidos de acuerdo con lo establecido en los dos artículos anteriores del presente decreto.

ART. 27.—Hasta cuando se lleve a cabo el ordenamiento del recurso, para la aplicación de los criterios de calidad y normas de vertimiento, se tendrá en cuenta la destinación genérica del recurso al momento de vigencia del presente decreto, hecha por las entidades competentes para su manejo.

ART. 28.—Para la administración y manejo del recurso agua, la EMAR deberá tener en cuenta, además de las disposiciones del presente decreto, las contenidas en los decretos 1541 de 1978, 2857 de 1981 y demás normas que rigen la materia.

ART. 29.—Para los efectos del presente decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:

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

PAR—Cuando quiera que el agua se utilice para fines distintos de las opciones previstas en el presente decreto, el Ministerio de Salud, para efectos del control sanitario y la EMAR por razones de administración del recurso, establecerán la denominación para su uso y definirán el contenido o alcance del mismo. Así por ejemplo, el empleo del agua parata recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo

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

ART. 30.—Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

- a) Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución;
- b) Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato;
- c) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y
- d) Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

ART. 31.—Se entiende por uso del aguas para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

ART. 32.—Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

ART. 33.—Se entiende por uso pecuario del agua, su empleo para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así

como para otras actividades conexas y complementadas que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

ART. 34.—Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce:

- a) Contacto primario, como en natación y el buceo, y
- b) Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

PAR. —Por extensión, dentro de los usos del agua a que se refiere el presente artículo, se incluyen los baños medicinales.

ART. 35.—Se entiende por uso industrial del agua, su empleo en actividades tales como:

- a) Procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexas y complementarios, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan;
- b) Generación de energía, y
- c) Minería.

ART. 36.—Se entiende por uso del agua para transporte, su empleo para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales por contacto directo.

ART. 37.—Los valores asignados a las referencias indicadas en el presente capítulo se entenderán expresados en miligramos por litro, mg/l excepto cuando se indiquen otras unidades.

ART. 38.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a

continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Referencia	Expresada como	Valor
Amoníaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	Cn-	0.2
Cinc	Zn	15.0
Cloruros	Cl-	250.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Color real	75 unidades, escala platino-cobalto
Compuestos fenólicos	Fenol	0.002
Cromo	Cr+ ⁶	0.05
Difenil Policlorados	Concentración agente activo	de No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
PH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.05
Selenio	Se	0.01
Sulfatos	SO= ₄	400.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Coliformes totales	NMP	20.000 microorganismos/100m l
Coliformes fecales	NMP	2.000 microorganismos/100m l

PAR. 1º—La condición de valor "no detectable", se entenderá que es te establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

PAR. 2º—No se aceptará película visible de grasas y aceites flotan-tos, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tra-tamiento convencional que pueden afectar la salud humana.

ART. 39.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, a indican que para su potabilización se requiere sólo desinfección:

Referencia	Expresada como	Valor
Amoniaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	Cn-	0.2
Cinc	Zn	15.0
Cloruros	Cl-	250.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Color real	20 unidades, escala platino-cobalto
Compuestos fenólicos	Fenol	0.002
Cromo	Cr+ ⁶	0.05
Difenil Policlorados	Concentración agente activo	de No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
PH	Unidades	6.5 - 8.5 unidades
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.05
Selenio	Se	0.01
Sulfatos	SO= ₄	400.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Turbiedad	UJT	10 unidades Jackson de turbiedad, UJT
Coliformes totales	NMP	1.000 microorganismos/100m l

PAR—No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes provenientes de actividad humana, radioisótopos y otros no removibles por desinfección, que puedan afectar la salud humana.

ART. 40.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola son los siguientes:

Referencia	Expresada como	Valor
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0.05
Cobre	Cu	0.2
Cromo	Cr+ ⁶	0.1
Flúor	F	1.0
Hierro	Fe	5.0
Litio	Li	2.5
Manganeso	Mn	0.2
Molibdeno	Mo	0.01
Níquel	Ni	0.2
PH	Unidades	4.5 - 9.0 unidades
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0.02
Vanadio	V	0.1

PAR. 1º—Además de los criterios establecidos en el presente artículo, se adoptan los siguientes:

- a) El Boro, expresado como B, deberá estar entre 0.3 y 4.0 mg/l dependiendo del tipo de suelo y del cultivo;
- b) El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso de riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas tallo corto, y

c) El NMP de coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

PAR. 2º—Deberán hacerse mediciones sobre las siguientes características,

- a) Conductividad;
- b) Relación de absorción de sodio (RAS);
- c) Porcentaje de sodio posible (PSP);
- d) Salinidad efectiva y potencial;
- e) Carbonato de sodio residual, y
- f) Radionucleídos.

ART. 41 .—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario, son los siguientes:

Referencia	Expresada como	Valor
Aluminio	A1	5.0
Arsénico	A5	0.2
Boro	B	5.0
Cadmio	Cd	0.05
Cinc	Zn	25.0
Cobre	Cu	0.5
Cromo	Cr+ ⁶	1.0
Mercurio	Hg	0.01
Nitratos + Nitritos	N	100.0
Nitrito	N	10.0
Plomo	Pb	0.1
Contenido de sales	Peso total	3.000

ART. 42.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Referencia	Expresada como	Valor
Coliformes fecales	NMP	200 microorganismos/100 ml
Coliformes totales	NMP	1.000 microorganismos/100m l
Compuestos fenólicos	Fenol	0.002
Oxigeno disuelto		70% concentración de saturación
PH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

PAR. 1^o—No se aceptará en el recurso película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana; sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas Sobre la salud humana.

PAR. 2^o—El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutroficación.

ART. 43.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario, serán los siguientes:

Referencia	Expresada como	Valor
Coliformes totales	NMP	5.000 microorganismos/100m l
Oxigeno disuelto	-	70% concentración de saturación
PH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

PAR.—Además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los establecidos en los parágrafos 1º y 2º del artículo anterior.

ART. 44.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético son los siguientes:

- 1) Ausencia de material flotante de espumas, provenientes de actividad humana
- 2) Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- 3) Ausencia de sustancias que produzcan olor.

ART. 45.—Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas son los siguientes:

Referencia	Expresado como	Valor		
		Agua fría Dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y estuarina
Clorofenoles	Clorofenol	0.5	0.5	0.5
Difenil	Concentración de agente activo	0.0001	0.0001	0.0001
Oxigeno disuelto	-	5.0	4.0	4.0
PH	Unidades de pH	6.5 - 9.0	4.5 - 9.0	6.5 - 8.5
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0.0002	0.0002	0.0002
Amoníaco	NH ₃	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Arsénico	As	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Bario	Ba	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Berilio	Be	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Cadmio	Cd	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Cianuro libre	CN	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀
Cinc	Zn	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Cloro total	Cl ₂	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

residual				
Cobre	Cu	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Cromo hexavalente	Cr+ ⁶	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Fenoles monohídricos	Fenoles	1.0 Cl ⁹⁶ ₅₀	1.0 Cl ⁹⁶ ₅₀	1.0 Cl ⁹⁶ ₅₀
Grasas y aceites	Grasas como porcentaje de sólidos secos	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Hierro	Fe	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Manganeso	Mn	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.1 Cl ⁹⁶ ₅₀
Mercurio	Hg	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Níquel	Ni	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Plaguicidas organoclorados (cada variedad)	Concentración de agente activo	0.001 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.001 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.001 Cl ⁹⁶ ₅₀
Plaguicidas organoclorados (cada variedad)	Concentración de agente activo	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.05 Cl ⁹⁶ ₅₀
Plata	Concentración de agente activo	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Plomo	Pb	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Selenio	Se	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.01 Cl ⁹⁶ ₅₀
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.143 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.143 Cl ⁹⁶ ₅₀	0.143 Cl ⁹⁶ ₅₀

PAR—Como criterios adicionales de calidad para los usos de que trata el presente artículo, no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.

ART. 46.—Corresponde a la EMAR la realización de bioensayos que permitan establecer los valores de la Cl ⁹⁶₅₀ de los parámetros contemplados en el artículo anterior, como también el establecimiento

del NMP de coliformes totales para acuicultura y los valores para temperaturas según las diversas situaciones.

ART. 47.—Para los usos referentes a transporte, dilución y asimilación no se establecen criterios de calidad, sin perjuicio del control de vertimientos correspondiente.

ART. 48.—Para el uso industrial, no se establecen criterios de calidad, con excepción de las actividades relacionadas con explotación de cauces, playas y lechos, para las cuales se deberán tener en cuenta los criterios contemplados en el parágrafo 1~ del artículo 42 y en el artículo 43 en lo referente a sustancias tóxicas o irritantes, pH, grasas y aceites flotantes, materiales flotantes provenientes de actividad humana y coliformes totales.

PAR—Los criterios de calidad a que hace referencia el presente artículo se aplicarán únicamente cuando haya contacto directo.

ART. 49.—En los sitios en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso, corresponderán a los valores más restrictivo; de cada referencia.

ART. 50.—El Ministerio de Salud o la EMAR podrán complementar o modificar los criterios de calidad de agua para los distintos usos contenidos en el presente decreto, cuando por razones de protección de los recursos naturales y de la salud humana se requiera, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el capítulo XI del presente decreto.

ART. 51.—Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.

ART. 52.—Sé prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

ART. 53.—Sé prohíbe la utilización de aguas del recurso, del acueducto público o privado y las de almacenamiento de aguas lluvias, con el propósito de diluir los vertimientos, con anterioridad a la descarga al cuerpo receptor.

ART. 54.—Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impidan los usos actuales o potenciales.

ART. 55.—Cuando en el presente decreto se haga referencia a normas de vertimiento, se entenderá por tales las contenidas en este capítulo con las modificaciones o adiciones que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan de acuerdo con los procedimientos señalados en el capítulo XI de este decreto.

ART. 56.—Declarado Nulo, C.E., Sent. ago. 14/92

ART. 57.—Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso.

En los tramos en donde se asignen usos múltiples, las normas de vertimiento se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada caso.

El control de los criterios de calidad se hará por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por la EMAR.

ART 58 —Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

ART. 59.—Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

ART. 60.—Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas en el presente decreto.

ART. 61.—Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de control de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán

disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

ART. 62 —Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, Se tendrá en cuenta:

- a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franje de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua;
- b) Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franje de treinta (30) metros, medida desde lea orilles de todo cuerpo de agua;
- c) La aplicación do agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y da la EMAR, y
- d) Además de las norma contenidas en el presente articulo sobre aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre le metería.

ART. 63.—Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, porlo menos con las siguientes normas:

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
PH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	<40°C	<40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80% en carga	Remoción >80% en carga
Sólidos suspendidos domésticos o industriales	Remoción >50% en carga	Remoción >80% en carga
Demanda Bioquímica de Oxígeno:		

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Para domésticos	desechos	Remoción >30% en carga	en	Remoción >80% en carga
Para industriales	desechos	Remoción >20% en carga	en	Remoción >80% en carga

Carga máxima permisible, CMP, de acuerdo con lo establecido en los Artículos 74 y 75 del presente decreto.

ART. 64.— Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir, por lo menos con las siguientes normas:

Referencia	Valor	
pH.	5 a 9 unidades	
Temperatura.	<40°C	
Ácidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.	Ausentes	
Sólidos sedimentables.	<100 ml/l	
Sustancias solubles en hexano.	<100 mg/l	
	Usuario existente	Usuario Nuevo
	Remoción 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda Bioquímica de Oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción >30% en carga	Remoción 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción 80% en carga
Caudal máximo	1.5 veces al día al caudal promedio horario	

Carga máxima permisible, CMP, de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente decreto.

ART. 74.— Las concentraciones para el control de la carga de las siguientes sustancias de interés sanitario son:

Sustancia	Expresada como	Concentración (mg/l)
Arsénico	As	0.5
Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3.0
Cromo	Cr ⁺⁶	0.5

Compuestos fenólicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Níquel	Ni	2.0
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN	1.0
Difenil policlorados	Concentración de agente activo	no detectable
Mercurio orgánico		no detectable
Tricloroetileno	Hg	1.0
Cloroformo	Tricloroetileno	1.0
Tetracloruro de carbono	Extracto carbón cloroformo (ECC)	1.0
Dicloroetileno	Tetracloruro de carbono	1.0
Sulfuro de carbono	Dicloroetileno	0.05
Otros compuestos organoclorados, cada variedad.	Sulfuro de carbono	
	Concentración de agente activo	0.1
Compuestos organofosforados, cada variedad		
Carbamatos	Concentración de agente activo	0.1

PAR.— Cuando los usuarios, aún cumpliendo con las normas de vertimiento, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, el ministerio de salud o las EMAR podrán exigirles valores más restrictivos en el vertimiento.

L. 9ª/79.

ART. 3º—Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta las siguientes opciones, sin que su enunciación indiquen orden de prioridad.

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

ART. 10.—El vertimiento de residuos líquidos deberá someterse a los requisitos y condiciones que establezca el Ministerio de Salud, teniendo en cuenta las características del sistema de alcantarillado y de la fuente receptora correspondiente.

ART. 16.—En la realización de planes de ordenamiento urbano deberán tenerse en cuenta, para la ubicación de las zonas industriales, los siguientes aspectos:

- a) Incidencias de las descargas de residuos industriales líquidos en los sistemas de alcantarillado municipal;
- b) Grado de tratamiento requerido de acuerdo con las características de los residuos industriales líquidos y con la clasificación de las fuentes receptoras y su incidencia en los sistemas municipales de tratamiento;
- c) Posibles efectos sobre la utilización actual o futura de las aguas;

- d) Posibilidad de construcción de los sistemas de tratamiento y de alcantarillado para aguas residuales y aguas lluvias;
- e) Conveniencia de zonificar el área industrial de acuerdo con las características de los residuos producidos en los diferentes establecimientos con el objeto de facilitar o complementar los procesos de tratamiento requeridos, y
- f) Régimen de caudales de la fuente receptora.

ART. 51.—Para eliminar y evitar la contaminación del agua para el consumo humano la presente ley establece:

- a) Regulaciones sobre la toma de aguas y las condiciones de los lugares cercanos al sitio donde se efectúa esta actividad;
- b) Regulaciones sobre canales o tuberías que dan paso el agua desde la fuente de abastecimiento hasta la planta de potabilización o, en defecto de ésta, hasta el tanque de almacenamiento;
- c) Regulaciones sobre las estaciones de bombeo y los equipos destinados a elevar el agua de la fuente de abastecimiento o de cualquier otra parte del sistema de suministro;
- d) Regulaciones sobre los procesos necesarios para la potabilización del agua;
- e) Regulaciones sobre almacenamiento del agua y su transporte hacia el usuario, con excepción de los aspectos correspondientes a la fontanería o instalación interior, y
- f) Regulaciones para el cumplimiento de los requisitos establecidos en este título.

ART. 58.—Para evitar la contaminación del agua subterránea por: aguas de mar salobres, aguas residuales o contaminadas, extracción excesiva de agua que reduzca el efecto purificador al atravesar los

742

estratos permeables y otras causas; se deberán tomar las medidas higiénicas y de vigilancia necesarias para el correcto aprovechamiento de los pozos para agua potable.

1743

ANEXO MARCO LEGAL

(PARAMETROS MONITOREADOS POR
LA UNION EUROPEA Y ESTADOS UNIDOS)

Parámetros de la Directiva de agua potable en la Unión Europea.

Grupo	Descripción del Grupo	Parámetro	Concentración máxima admisible (CMA)	Comentarios
A	Parámetros Organolépticos	Color	20 mg/l, escala Pt/Co	
		Turbidez	10 mg/l SiO ₂	
		Olor	Dilución de 2 a 12 °C	
		Sabor	Dilución de 2 a 12 °C	
B	Parámetros Fisicoquímicos	Temperatura	25 °C	
		pH	6.5 < pH < 8.5	VG
		Conductividad	400 μS/cm	VG
		Cloruros	250 mg/l Cl	VG
		Sulfatos	250 mg/l SO ₄	
		Calcio	100 mg/l Ca	VG
		Magnesio	50 mg/l Mg	
		Sodio	150 mg/l Na	
		Potasio	12 mg/l K	
		Aluminio	0.2 mg/l Al	
		Residuo Seco Total	1500 mg/l	
C	Parámetros Relativos a Sustancias Indeseables en Cantidades excesivas	Nitratos	50 mg/l NO ₃	
		Nitritos	0.1 mg/l NO ₂	
		Amonio	0.5 mg/l NH ₃	0.05 mg/l VG
		N Kjeldahl	1 mg/l	
		Oxidabilidad	5 mg/l O ₂	
		Sulfuro de Hidrógeno	No detectable μg/l	
		Sustancias extraíbles al cloroformo	Ningún aumento sobre el fondo	0.1 mg/l residuo seco en VG
		Hidrocarburos	10 μg/l	
		Fenoles	0.5 μg/l C ₆ H ₅ OH	
		Boro	1.000 μg/l B	VG
		Surfactantes	200 μg/l (Iacril sulfato)	
		Organoclorados	1 μg/l	VG
		Hierro	200 μg/l Fe	
		Manganeso	50 μg/l Mn	
		Cobre	100 μg/l Cu	VG
		Cinc	100 μg/l Zn	VG
		Fósforo	5000 μg/l P ₂ O ₅	
		Flúor	1.000 μg/l F	
		Sólidos suspendidos	0	
		Bario	100 μg/l Ba	VG
D	Parámetros relativos A sus sustancias Tóxicas	Arsénico	50 μg/l As	
		Cadmio	5 μg/l Cd	
		Cianuros	50 μg/l Cn	
		Cromo	50 μg/l Cr	Total
		Mercurio	1 μg/l Hg	
		Níquel	50 μg/l Ni	
		Plomo	50 μg/l Pb	
		Antimonio	10 mg/l Sb	

		Selenio	10 mg/l Se	
		Pesticidas	0.1 µg/l	
		PAH	0.2 µg/l	
E	Parámetros Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP ≤ 1/100 ml	
		Coliformes Fecales	NMP ≤ 1/100 ml	
		Estreptococos fecales	NMP ≤ 1/100 ml	
		Clostridia sulforreductoras	NMP ≤ 1/20 ml	
F	Mínimo necesario	Dureza total	> 60 mg/l como CaCO ₃	
	Para agua Ablandada	Alcalinidad	> 30 mg/l HCO ₃	

*VG= Valor guía

Fuente: Kiely, Gerard. Ingeniería Ambiental. 1999

Estándares primarios de agua potable en EE UU

Contaminantes	Efectos en la Salud	MCL (mg/l)	Origen
Productos químicos orgánicos			
Acrilamida	Probable cáncer, sistema nervioso	TT*	Flóculos en tratamiento de aguas fecales/residuales
Aiator	Probable cáncer	0.002	Herbicida para maíz y soja; en revisión para cancelación*
Aldicarb	Sistema nervioso	0.003	Insecticida para el algodón, patatas restringido en muchas zonas debido a contaminación subterránea.
Aldicarb sulfona	Sistema nervioso	0.002	Degradado del aldicarb por las plantas.
Altrazina	Reproductivo y cardiaco	0.003	Herbicidas ampliamente usados en maíz y en tierras no cultivables
Benceno	Cáncer	0.005	Fuel (Tanques con fugas); disolventes habitualmente utilizados en la fabricación de productos químicos industriales, farmacéuticos, pesticidas, pinturas y plásticos.
Carbofurano	Sistema nervioso y reproductor	0.04	Fumigante/insecticida de suelos para maíz/algodón; restringido en algunas zonas.
Tetracloruro de carbono	Posible cáncer	0.005	Habitualmente utilizado en agentes de limpieza, residuos industriales de la fabricación de refrigerantes.
Clordano	Probable cáncer	0.002	Insecticida de suelos para control de termitas, mayoría de aplicaciones anuladas en 1980.
2,4 - D (MCL actual=0.1)	Hígado, riñon, sistema nervioso	0.07	Herbicida para trigo, maíz, pastizales
Dibromocloropropano	Probable cáncer	0.0002	Fumigante de suelos para soja, algodón; cancelado en 1987
Diclorobenceno p-	Posible cáncer	0.075	Utilizado en insecticidas, bolas de naftalina, desodorizadores de aire.
Diclorobenceno o-	Sistema nervioso, pulmón, hígado, riñon	0.6	Disolvente industrial; fabricación química.
Dicloroetano (1,2-)	Posible cáncer	0.005	Utilizado en fabricación de insecticidas de gasolina.
Dicloroetileno (1,1-)	Efectos en Hígado, riñon	0.7	Utilizado en fabricación de plásticos, tintes, perfumes, pinturas, productos orgánicos sintéticos.
Dicloroetileno (cis 1,2-)	Sistema nervioso, hígado, circulación	0.07	Disolvente para extracción industrial
Dicloroetileno (trans 1,2-)	Sistema nervioso, hígado, circulación	0.01	Disolvente para extracción industrial
Dicloropropano (1,2-)	Probable cáncer, Hígado, riñon, pulmones	0.005	Fumigante de suelos, disolvente industrial
Endrin	Sistema nervioso, riñon	0.0002	Insecticidas usados en algodón, granos pequeños, huertas (cancelado).
Epiclorohidrin	Probable cáncer, Hígado, riñon, pulmones	TT	Resinas epoxy y capas de cobertura, floculantes usados en tratamientos
Etilbenceno	Hígado, riñon, Sistema nervioso	0.7	Presente en gasolina e insecticidas; fabricación química.
Dibromuro de etileno (EDB)	Probable cáncer.	0,00005	Aditivo de gasolina; fumigante de suelos disolvente cancelado en 1984; continúan usos limitados.
Heptacloro	Probable cáncer.	0.0004	Insecticida para maíz; cancelado en 1983 para todo menos control de

			termitas.
Heptacloro epoxido	Probable cáncer	0.0002	Los organismos del suelo y del agua convierten heptacloro a epoxido.
Lindano (MCL actual=0.004)	Sistema nervioso, Probable cáncer	0.0002	Insecticida para control de plagas en semillas, maderos/forraje; mayoría de uso restringidos en 1983
Metoxicloro (MCL actual=0.1)	Sistema nervioso, hígado, riñón	0.04	Insecticida para alfalfa, forraje
Monoclorobenceno	Sistema nervioso, hígado, riñón	0.1	Fabricación de pesticidas; limpieza de metales; disolvente industrial
Pentaclorofenol	Probable cáncer, hígado, riñón	0.001	Preservante de madera y herbicida; aplicaciones distintas de madera prohibidas en 1987
Bifenilos policlorados (PCB)	Probable cáncer	0.005	Transformadores eléctricos, plastificantes; prohibidos en 1979
Estireno	Hígado, sistema nervioso	0.1	Fabricación de plásticos; resinas usadas en los equipos de tratamiento de aguas.
Tetracloroetileno	Probable cáncer	0.005	Limpieza en seco/ disolvente industrial
Tolueno	Sistema nervioso, hígado, riñón	1	Fabricación química; aditivo de gasolina; disolvente industrial.
Toxafeno (MCL actual=0.005)	Probable cáncer	0.003	Insecticida/herbicida para algodón, soja; cancelado en 1982.
2-4-5-TP(Silvex) (MCL=0.01)	Sistema nervioso, hígado, riñón	0.05	Herbicida en pastos, caña de azúcar, campos de golf; cancelado en 1983
Trihalometanos totales (THM) (cloroformo, bromoformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano)	Riesgo de cáncer	0.1	Formado básicamente cuando se tratan con cloro aguas que contienen materia orgánica.
Tricloroetano (1,1,1)	Problemas del sistema nervioso	0.2	Usado en fabricación de envoltorios de alimentos, fibras sintéticas.
Tricloroetileno	Posible cáncer	0.005	Residuos de evacuación de materiales de lavado seco y fabricación de pesticidas, pinturas, ceras y barnices, decapante de pinturas, desengrasante para metales
Cloruro de vinilo	Riesgos de cáncer	0.002	Tuberías de cloruro de polivinilo y disolventes usados para unirlos; residuos industriales de fábricas de plásticos y goma sintética.
Xilenos	Sistema nervioso, hígado, riñón	10	Disolvente de pinturas/tintas; subproducto de refinado de gasolinas, componente de detergentes.
<u>Productos químicos inorgánicos</u>			
Arsénico	Efectos tóxicos dermatológicos y del Sistema nervioso	0.05	Geológico, residuos de pesticidas, residuos industriales y hornos de fundición
Amianto	Tumores benignos	7MFL	Depósitos minerales naturales; también en tuberías de amianto/ cemento.
Bario	Sistema circulatorio	2	Depósitos minerales naturales; perforaciones de petróleo/gas; pinturas y otros usos industriales.
Cadmio	riñón	0.005	Depósitos minerales naturales; acabado de metales; productos de corrosión de tuberías.
Cromo	Hígado/riñón, piel y sistema digestivo	0.1	Depósitos minerales naturales; acabado de metales, industria textil, pieles y curtidos.
Cobre	Molestias de estómago e intestinales; enfermedades de Wilson	TT	Corrosión de tuberías domésticas interiores y de construcción.

Flúor	Daños al esqueleto	4	Geológico; aditivo de agua potable; pasta de dientes alimentos procesados con aguas fluoradas.
Plomo	Daños al sistema nervioso central y periférico; riñón; muy tóxico para niños y mujeres embarazadas	TT	Corrosión de soldaduras de plomo y accesorios de latón; corrosión de líneas de servicio de plomo
Mercurio	Riñón, sistema nervioso	0.002	Fabricación industrial/ química; fungicida; depósitos minerales naturales
Nitrato	Metomoglobinemia, "síndrome del niño azul"	10	Fertilizantes, corrales, agua residual, de forma natural en el suelo, depósitos minerales
Nitrito	Metomoglobinemia, "síndrome del niño azul"	1	Inestable, rápidamente convertido a nitrato; prohibido al trabajar fluidos metálicos.
Total (nitrato y nitrito)	No aplicable	10	No aplicable
Selenio	Sistema nervioso	0.05	Depósitos minerales naturales; subproducto de minería de cobre
Radionucleidos			
Partículas beta y actividad fotónica	Cáncer	4mrem/año	Residuos radiactivos, depósitos de uranio, instalaciones nucleares.
Actividad bruta de partículas alfa	Cáncer	15pCi/l	Residuos radiactivos, depósitos de uranio, geológico/natural
Radio 226/228	Cáncer de huesos	5 pCi/l	Residuos radiactivos, geológico/natural
Microbiológicos			
Giardia Lamblia	Calambres de estómago, molestias intestinales (Giardiasis)	TT	Materia fecal humana y animal.
Legionella	Enfermedad de los legionarios (neumonía), fiebre de Pontiac	TT	Aerosoles de agua como nebulizadores para vegetal
Coliformes totales	No necesariamente causan enfermedades por sí mismos, los coliformes son indicadores de organismos que pueden producir infecciones gastroentéricas, disentería, hepatitis, fiebre tifoidea, cólera y otros. Los coliformes también interfieren en la desinfección.	TT	Materia fecal humana y animal
Turbidez	Interfiere en la desinfección	0.5 - 1.0 NTU	Erosión, escorrentía, vertidos
Virus	Gastroenteritis (molestias intestinales)	TT	Materia fecal humana y animal
Otras Sustancias			
Sodio	Posible aumento de la tensión sanguínea en individuos susceptibles.	Ninguno (20 mg/l nivel de informe)	Geológico, salado de carreteras.

TT: Técnica de Tratamiento

NTU: Unidad nefelométrica de turbidez.

Fuente: Klely, Gerard. Ingeniería Ambiental. 1999

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA

TABLA DE CONTENIDO

ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA _____ 2

DEFINICION _____ 3

PROPIEDADES DEL AGUA _____ 5

ESTADO NATURAL _____ 6

EL AGUA EN LA VIDA _____ 7

CICLO NATURAL DEL AGUA _____ 7

COMPOSICIÓN _____ 8

PURIFICACIÓN DEL AGUA _____ 10

SUMINISTRO DE AGUA _____ 11

FUENTES DEL AGUA _____ 11

TRATAMIENTO _____ 13

DEPURACIÓN DE AGUAS _____ 14

NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES _____ 14

 ORIGEN Y CANTIDAD. _____ 15

 COMPOSICIÓN . _____ 16

 DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES _____ 18

CALIDAD DEL AGUA _____ 19

CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA DE UN RÍO _____ 20

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA _____ 22

 DBO / Demanda bioquímica de oxígeno _____ 24

 PH _____ 25

 Turbidez _____ 27

 Oxigeno disuelto _____ 28

 Coliformes fecales _____ 29

 Demanda química de oxigeno (DQO) _____ 30

 Nitratos _____ 30

 Fosfatos _____ 31

 Temperatura _____ 32

 Sólidos totales _____ 32

 Diversidad de especies _____ 33

ASPECTOS GENERALES DEL 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, estimándose que

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

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

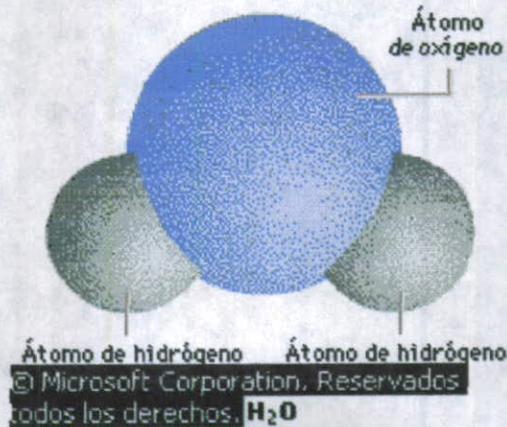
A continuación se presenta la conceptualización tenida en cuenta en este proyecto.

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. 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 H₂O.

² Ibid.

³ Ibid.



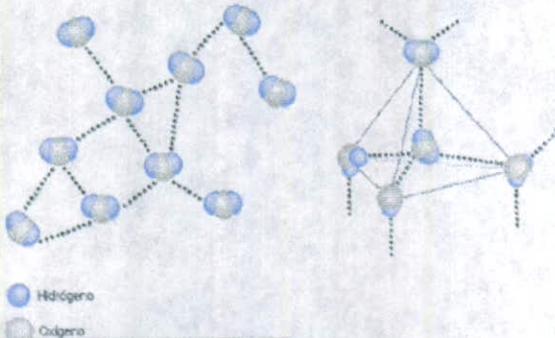
Una molécula de agua consiste en un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, unidos formando un ángulo de 105°. Al estar unido cada átomo de hidrógeno con un elemento muy electronegativo como el oxígeno, el par de electrones del enlace estará muy atraído por éste. Estos electrones forman una región 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 (D₂O); 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 (T₂O); el tritio es el isótopo del hidrógeno con masa atómica 3.

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

754

PROPIEDADES DEL AGUA⁵



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.

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

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

ESTADO NATURAL⁷

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

⁷ Ibid.

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.

EL AGUA EN LA VIDA⁸

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.

CICLO NATURAL DEL AGUA⁹

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

⁸ Ibid

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.

COMPOSICIÓN¹⁰

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,

⁹ Ibid

¹⁰ Ibid

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.

PURIFICACIÓN DEL AGUA¹¹

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

¹¹ Ibid

760

filtrándolas a través de ceolitas 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 ceolita. 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.

SUMINISTRO DE AGUA¹²

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.

FUENTES DEL AGUA¹³

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

¹² Ibid

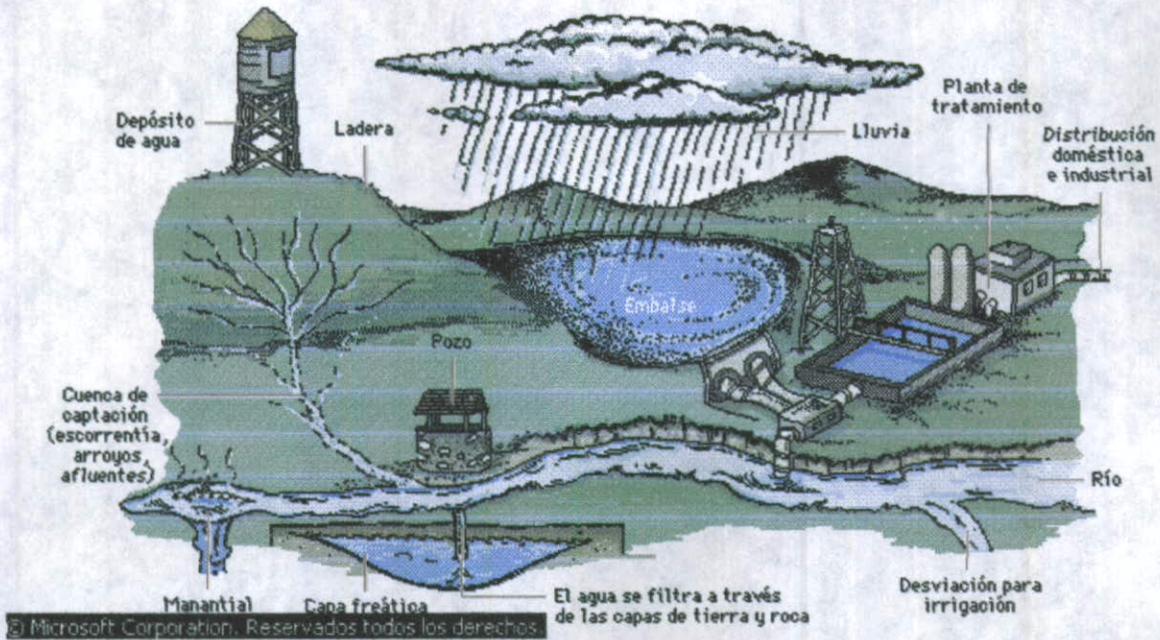
¹³ Ibid

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.

267

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI



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

TRATAMIENTO¹⁴

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

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

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.

DEPURACIÓN DE AGUAS¹⁵

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.

NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES¹⁶

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.

¹⁴ Ibid

¹⁵ Ibid

¹⁶ Ibid.

764

ORIGEN Y CANTIDAD¹⁷.

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.

¹⁷ Ibid

765

COMPOSICIÓN¹⁸.

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

¹⁸ Ibid

766

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.

TABLA 1.1 VALORES TÍPICOS PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRESENTES EN EL AGUA

Tipos de sólidos	Sólidos (mg/l)			DBO ₅ mg/l	DQO mg/l
	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

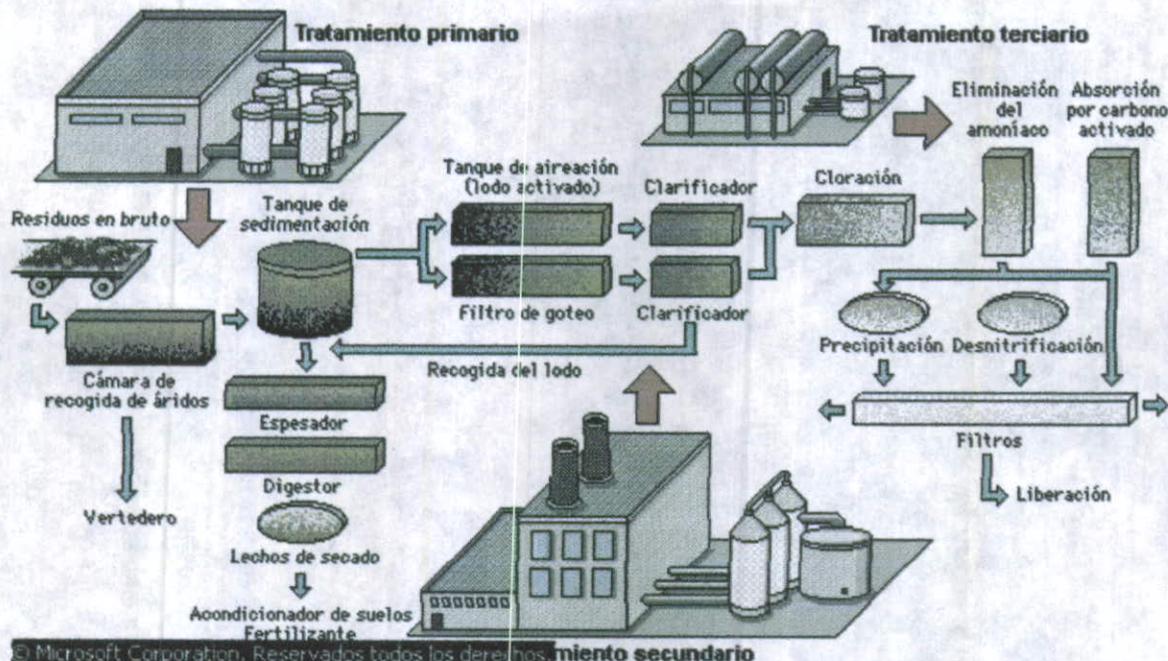
Fuente: Enciclopedia Microsoft. Encarta 2.000

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 RESIDUALES¹⁹

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

¹⁹ Ibid

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

768

CALIDAD DEL AGUA²⁰

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 viaja 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.

²⁰ Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000

769

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.

CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA DE UN RÍO ²¹

Es claro que una de las características que definen la calidad del agua en los ríos es el movimiento más o menos rápido de las aguas. Desde el punto de vista de calidad del agua, los ríos se han estudiado en forma más exhaustiva que otros cuerpos de agua, probablemente reflejando el hecho que mucha gente vive cerca e interactúa con estos. Hidrológicamente, el interés en un río comienza con el análisis del flujo, la magnitud y la duración de un flujo junto con la calidad química de agua, determina en grado considerable, las características biológicas de las corrientes. Los ríos tienen un ecosistema extremadamente rico y diverso y algunos análisis de calidad de agua deben reconocer esta diversidad. El sistema del río puede sin embargo considerar las perspectivas físicas, químicas y biológicas. Las principales características de un río son :

- Geometría: ancho y profundidad
- Pendiente del río, rugosidad del lecho, tortuosidad
- Velocidad:
- Flujo

²¹ Hidroingeniería. Estudio de Caudales Ecológicos. Noviembre del 2000
ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA

067
730

- Características de mezcla (dispersión en el río)
- Temperatura del agua en el río
- Sólidos suspendidos y transporte de sedimentos.

Para el manejo de la calidad del río las características más importantes son:

- Variación del oxígeno disuelto (OD) incluyendo efectos asociados de nitrógeno oxidable en el régimen de OD
- Relaciones pH, acidez, alcalinidad en áreas de descarga;
- Sólidos disueltos totales y cloruros en ciertos sistemas del río;
- Químicos que son potencialmente tóxicos.

Las características biológicas de sistemas de ríos que son de significado especial en estudios de calidad de agua son:

- Bacterias y virus
- Población de peces,
- Plantas acuáticas, entre otros.

Como en todo análisis de calidad de aguas, el objetivo es reconocer y cuantificar tanto como sea posible, las interacciones entre la hidrología, química y biología del río.

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA²²

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, amoníaco, 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.

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

²² Ibid.

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 parámetros de Calidad.

PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN CORRIENTES NATURALES

Biología	Especies y densidad de algas Coliformes Tipo y número de animales en el fondo Especies de peces Extensión de especies vegetales filamentosas adheridas
Oxigenación	Oxígeno Disuelto Demanda bioquímica de oxígeno Temperatura Amoníaco y Nitratos Demanda química de oxígeno Oxígeno requerido por bentos
Sustancias tóxicas	Amoníaco Metales pesados (Ag, Ar, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) Orgánicos (pesticidas, compuestos orgánicos) Cloro residual (cloraminas)
Nutrientes	Ortofosfato Fosfato orgánico Nitrógeno orgánico Nitrato Amoníaco
Sales	Sólidos disueltos totales (residuos filtrables) Cloro
Estética	Sustancias flotantes Materia suspendida (residuos no filtrables) Turbiedad Color Olor

Fuente: Hidroingeniería. Estudio de Caudales Ecológicos. Noviembre del 2000.

DBO / Demanda bioquímica de oxígeno²³

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

²³ Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation
ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA

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.

pH²⁴

Término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. El término (del francés *pouvoir hydrogène*, "poder del hidrógeno") se define como el logaritmo de la concentración de iones H⁺ (protones) cambiado de signo: $pH = -\log [H^+]$, donde [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, (H₃O⁺), 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 H₃O⁺ 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 H₃O⁺ 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

²⁴ Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation
ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO AGUA

775

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.

El pH de las corrientes superficiales depende del poder disolvente del agua sobre las formaciones rocosas que componen las cuencas. Comparado con el caudal, el material sólido disponible por disolver es bajo, por lo tanto no es afectado considerablemente, con lo cual la mayor parte de las aguas tienen un pH que se encuentra entre 7 y 8.²⁵

El pH es un factor importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. La normas sugieren que debe estar cercano a 7, es decir neutro. La mayor parte de las aguas superficiales tienen un pH que se encuentra entre 7 y 8 . El pH de las aguas naturales varía en función del estado trófico del sistema, concentración del gas carbónico, presencia de iones que determinan alcalinidad total, iones que inciden en la acidez mineral, factores edáficos, presencia de ácidos orgánicos y profundidad de la columna de agua, entre otros.²⁶

²⁵ Hidroingeniería. Estudio de Caudales Ecológicos. Noviembre del 2000

²⁶ Ibid.

En cuanto a su relación con la vida de peces e invertebrados acuáticos el rango que no es letal está comprendido entre 5 y 9²⁷.

Turbidez²⁸

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.

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.

²⁷ Ibid.

²⁸ Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation

Oxígeno disuelto²⁹

Este tipo de oxígeno es el que utilizan la flora y fauna acuática para la respiración, no es el que se encuentra química y fuertemente unido al hidrógeno en la molécula de agua y que constituye una gran parte (89 %) de ella, sino la pequeña cantidad que se halla físicamente disuelta en el líquido, es decir, el oxígeno disuelto son moléculas independientes de O₂ que varían en número, según la presión y la temperatura a que se encuentra el agua. *Esta cantidad normal en el agua es tan reducida que no sobrepasa, en condiciones normales de temperatura y presión los 9 miligramos / litros.* Estas moléculas se incorporan al agua por su contacto con el aire y se expresan como el volumen en (mililitros) de oxígeno disuelto por litro de agua.

La solubilidad de oxígeno del aire en aguas dulces y limpias está comprendida entre 14.6 mg/l a 0°C y alrededor de 7 mg/l a 35°C. El oxígeno es el parámetro de mayor interés en la investigación de la calidad de las aguas en cuanto es utilizado como indicador de las condición satisfactoria de ellas y solo cuando las aguas tienen poca materia orgánica se presentan concentraciones de oxígeno próximos a la saturación.

La turbulencia y caídas de aguas de los ríos, estudiados, que bajan de la cordillera Occidental, permiten una mezcla de sus aguas con el aire logrando que permanezcan saturadas de oxígeno. Sin su presencia, gran parte de los organismos acuáticos no podrían vivir en el agua. El valor ideal de oxígeno disuelto en el agua es de 9 mg/l.

²⁹ Hidroingeniería. Estudio de Caudales Ecológicos. Noviembre del 2000

Coliformes fecales³⁰

El agua puede portar microorganismos de origen entérico (coliformes fecales) porque ha sido contaminada por materias fecales al recibir excretas humanas y animales. Los coliformes, se han definido como la cantidad de bacterias de la flora intestinal humana que aparecen en una unidad de volumen, en las fuentes de agua. Pueden estar acompañadas de bacterias generadoras de fiebre tifoidea, cólera o disentería, que pueden ser transmitidos al hombre por contacto primario o directo.

Este parámetro indica el grado de potabilidad de las aguas. Las Especies usadas como indicadores de contaminación son *Escherchia coli* (el colibacilo) del cual el hombre elimina normalmente mil millones por día y vuelven a encontrarse en aguas servidas (200 a 500 millones por litro) y el *Streptococcus fecalis*. (Grupo D) con una media de 10 a 20 millones por litro de agua usada. Se comprende entonces, que para comprobar la existencia de contaminación fecal y por lo tanto posible existencia de organismos patógenos, basta demostrar que las aguas contienen coliformes o enterococos fecales.

Los resultados de las pruebas se dan en forma de número más probable (NMP). Este término no representa un número absoluto sino mas bien una estimación estadística basada en formulas de probabilidad aplicadas a la prueba experimental diseñada. Los estándares para contacto primario (Natación) en aguas dulces según la EPA 1986, consideran valores menores que 126/100 ml. La norma Colombiana considera admisible hasta 1000

³⁰ Ibid

NMP (número más probable) individuos de coliformes fecales por cada 100 ml de agua. (1000/100ml)

Demanda química de oxígeno (DQO)³¹

La DQO, se utiliza para determinar el oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica, la cual es susceptible a procesos de oxidación a través de un oxidante químico fuerte, como el dicromato de potasio, es decir mide el oxígeno requerido para la degradación de la materia orgánica utilizando compuestos químicos. Por consiguiente, es el resultado de la oxidación que por reacciones químicas tanto en la columna de agua como en el sustrato eventualmente pueden presentarse; está relacionada con la DBO₅, el carbono orgánico y el contenido de materia orgánica, siempre y cuando se presente oxidación y se conozca su grado de estabilización.

Nitratos³²

El Nitrógeno en los ecosistemas acuáticos, es liberado por vegetales al degradarse sus tejidos; por los animales en forma de amoníaco, úrea y también por degradación de los tejidos que los constituyen. El ciclo incluye etapas de oxidación para conformar amonio, nitritos y por último nitratos para ser incorporados por los productores primarios. Bajo el punto de vista de calidad de aguas, el ión amonio se encuentra en bajas concentraciones en medio aeróbicos, pero si hay descargas significativamente altas de este ión, el proceso de oxidación es alto trayendo como consecuencia alta

³¹ Ibid.

³² Ibid.

demanda bioquímica de oxígeno y por consiguiente, disminución en la concentración total de oxígeno disuelto. Situación similar ocurre con los nitritos ya que se encuentran en bajas concentraciones en donde el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es alto (> 90 %).

Situación similar ocurre con los nitritos ya que se encuentran en bajas concentraciones en donde el porcentaje de saturación de oxígeno es alto (> 90 %) Al presentarse las descargas orgánicas y por el desarrollo mismo del ciclo del nitrógeno, valores superiores a 0.05 mg/l son indicativos de altas tasas de oxidación de materia orgánica y por consiguiente , de demanda bioquímica de Oxígeno. Se mide el volumen de Nitratos que aparecen en un volumen de agua. Por contener Nitrógeno, los Nitratos favorecen el crecimiento de algas y la abundante presencia de ellas, deteriorando la calidad del agua. En las aguas superficiales del Valle del Cauca normalmente se presentan concentraciones de Nitratos menores que 1.0 mg/l.

Fosfatos³³

El fósforo está dado fundamentalmente en la forma de Ortofosfatos y por fósforo orgánico disuelto, el cual es descompuesto por acción bacteriana. La liberación de este elemento ocurre principalmente en las capas superficiales de la columna de agua, antes de sedimentarse.

Los fosfatos también favorecen el crecimiento de algas, y se expresan como cantidad de éstos que aparecen en un volumen de agua. Los niveles de fosfatos encontrados en los ríos estudiados de la región son muy bajos

³³ Ibid.

teniendo una influencia poco significativa en su calidad físico-química. Las concentraciones normales en las aguas son menores que 1.0 mg/l.

Tanto los fosfatos como los nitratos, son aportados a las aguas de los ríos por aguas residuales ricas en materia orgánica, así como por la escorrentía de las áreas agrícolas que son abonadas con fertilizantes.

Temperatura³⁴

Como variable de polución, está definida como el incremento o disminución de la temperatura normal de la fuente. La temperatura de equilibrio es aquella que se presenta en una corriente cuando no hay descargas que la alteren. Este parámetro es buen indicador de la concentración de oxígeno disuelto, y más aún del grado de saturación del agua respecto al oxígeno, que es el verdadero condicionante de la vida en estas corrientes. Por esa razón, el uso de este parámetro contribuye como un descriptor de la calidad de agua de los ríos.

Sólidos totales³⁵

Este parámetro, está muy relacionado con el anterior, indica la cantidad de sedimentos que se encuentran en suspensión en una corriente de agua. La turbiedad y los sólidos totales no reducen por sí solos a niveles regulares o malos la calidad del agua a ser tratada. Estas variables no son consideradas críticas en los procesos de purificación del agua puesto que su remoción se logra con una adecuada operación de la Planta.

³⁴ Ibid.

³⁵ Ibid.

Diversidad de especies³⁶

Una condición saludable en un río está representada por un balance de plantas y animales que muestre una gran variedad de individuos. La contaminación rompe este balance, resultando una reducción del número de especies y el dominio de los organismos sobrevivientes. La completa ausencia de especies normalmente asociadas con un hábitat particular revela una extrema degradación, y por supuesto los conteos de diversidad biológica y población son significativos únicamente si las comunidades existentes en un ambiente contaminado son comparadas con aquellas que existen normalmente en ese hábitat particular. Por ejemplo, mientras un río de montaña carente de ninfas podría ser un fuerte indicador de contaminación, su ausencia en una corriente suave y turbia es natural.

Los peces son un buen indicador de la calidad de aguas y un río no debe ser considerado en condiciones satisfactorias a menos que una variedad de peces pueda sobrevivir y reproducirse. Siendo un producto terminador de la cadena alimenticia acuática, los peces no solamente reflejan calidad de agua satisfactoria para ellos mismos sino un hábitat adecuado para el abastecimiento de alimentos, resguardo y sitio de desarrollo. Muchos animales inferiores son más sensitivos a venenos que los peces, sin embargo hay muy poca información disponible sobre el efecto de tóxicos debido a la dificultad que existe para trabajar con invertebrados en el laboratorio. De investigaciones de campo, se ha detectado que la mortandad de invertebrados es importante; mientras que los peces pueden evitar temporalmente la contaminación y

³⁶ Ibid.

783

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

recolonizar un área después de que un veneno ha desaparecido, la ausencia de animales refleja la ocurrencia de una contaminación transitoria, por ejemplo, un derrame industrial.

Después de la exposición de los parámetros de calidad, a continuación se muestran los criterios de calidad de agua para diferentes usos de un río, presentados en el Seminario Internacional de Gestión Integral para el Manejo y Tratamiento de las Aguas Residuales 1995.

Tabla 1.3 CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA DIFERENTES USOS DE UN RÍO

Uso del río	O.D	DBO 5	NH 3	NO 3	NO 2	Total	PO 4	Coliformes Fecales ⁽²⁾	SDT	Algas	T ° (3)
Drenaje - Transporte de desechos											
Estéticos	2	30	3				4			3	+/- 4
Explotación Mecánica de Playa	2	20									
Enfriamiento Industrial	2	30	4	30		5	4	10.000	1000	2	
Irrigación	2	20	5	30		2	10	100	5000		
Explotación Manual Material de Playa	4	15	3	5		5	1.0	10.000			+/- 6
Recreación - Contacto Restringido	4	15	3	5		5	1.0	5000			+/- 6
Agua para procesos industriales	4	10	0.5	10		5	1.0	2000	120	2	
Abastecimiento de agua potable	4	5	0.5	10		1.0	0.5	2000	500	1	+/- 5
Recreación Contacto No restringido	5	5	2.5	5		0.5	200	500	1		+/- 5
Piscicultura	3- 6 ⁽⁴⁾	5	1.0	5		1	0.1	100	100- 400 ⁽⁴⁾		+/- 3

(1) Todos los valores están expresado en mg/lit a no ser que se especifique lo contrario

(2) Expresado en Número Más Probable (NMP)

(3) Grados centígrados. Diferencia de Temperatura respecto a la temperatura anual promedio del ambiente

(4) Dependiente de las especies

Fuente: Seminario Internacional Gestión Integral para el Manejo y Tratamiento de las Aguas Residuales ACODAL

CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

785

CARACTERIZACION HIDROGRAFICA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

	3
RÍO PANCE	3
CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA RIO PANCE	6
CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE AFLUENTES DEL RIO PANCE	7
CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA	7
CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA	8
CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA	9
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	10
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA	11
PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO PANCE	15
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO PANCE	16
RÍO LILÍ	17
CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO LILI	19
CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE AFLUENTES DEL RIO LILI	20
CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA	21
CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA	21
CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA	23
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA DEL RIO LILI	24
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA	25
PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RIO LILI; Error! Marcador no definido.	25
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO LILI	28
RIO CAUCA	31
CARACTERIZACION PRIMER TRAMO DE LA CUENCA	33
CARACTERIZACION SEGUNDO TRAMO DE LA CUENCA	35
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	36
FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA	37
CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO CAUCA	40
RIO AGUACATAL	41
AREA DE INFLUENCIA DIRECTA	45
ASPECTOS FISICOS	46
CUENCA ALTA	48
CUENCA MEDIA	48
CUENCA BAJA	49
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	49
FLORA	51
FAUNA	53
RÍO CAÑAVERALEJO	56
DIVISIÓN GEOMORFOLÓGICA	58
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	60
FLORA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO	63
FAUNA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO	65
FLORA: PARTE BAJA DEL RÍO	67
FAUNA: PARTE BAJA DEL RÍO	68
CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA DEL RÍO CAÑAVERALEJO	70
CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO CAÑAVERALEJO	72

786

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

RÍO CALI	73
CUENCA ALTA	76
CUENCA MEDIA	77
CUENCA BAJA	77
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	78
AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	78
FLORA	83
FAUNA	85
CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA DE LA CUENCA RÍO CALI	88
CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO CALI	91
RÍO MELÉNDEZ	93
DIVISIÓN GEOMORFOLÓGICA	97
CUENCA ALTA	97
CUENCA MEDIA	97
CUENCA BAJA	98
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO MELÉNDEZ	99
AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA	99
FLORA PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO MELÉNDEZ	101
FAUNA: PARTE ALTA Y MEDIA DEL RÍO MELÉNDEZ	104
FLORA: PARTE BAJA DEL RÍO MELÉNDEZ	107
FAUNA: PARTE BAJA DEL RÍO MELÉNDEZ	110
CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA	112
CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO MELÉNDEZ	113

787

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.¹

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 Cauca².

A continuación se presenta una caracterización general por subcuenca.

RÍO PANCE

Nace en Cerro Pance, la mayor altura del Parque Nacional Natural de los Farallones de Cali³, 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 parte más baja hasta los 4200 m.s.n.m.- nacimiento⁴. Fluye en dirección Norte a Este. Limita por el Norte con la divisoria de aguas de la

¹ 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

² Ibid.

³ DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997.

⁴ 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.

788

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 Buenaventura⁵. 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 Cali⁶. Cuenta con una densidad de drenaje de 2.59 Km²; catalogándose como una cuenca de drenaje mediano⁷. En cuanto a la 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

⁵ 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

⁶ 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

⁷ 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.

789

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, sumandose 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 cuenca⁸.

De bajo índice de sinuosidad (1.05); el cual es bajo, debido a su cuenca eminentemente montañosa, presentándose disipación de energía y alto potencial erosivo⁹.

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 altas¹⁰.

⁸ 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

⁹ Ibid.

¹⁰ Hernandez Lombana, Helio y Minota Juan Carlos. Diagnostico y Evaluación del Estado y Comportamiento Hidráulico del Rio Pance Tramo La Vorágine - desembocadura. Tesis Universidad del Valle - Ingeniería Civil. 1999.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 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

791

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 Higuérón	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 ¹¹

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.

¹¹ DAGMA. La Ciudad de los Siete Ríos: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

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 CUENCA¹²

A partir de la zona media, Desde La Vorágine hasta el club del Deportivo Cali, las condiciones topográficas y ambientales varían, el relieve se torna ondulado, casi plano, las pendientes no superan los 20°, la

¹² Ibid.

793

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 CUENCA¹³

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.

¹³ Ibid.

794

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 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.	Vulnerabilidad Alta: La Vereda La Viga, las viviendas están 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.
	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	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.

795

	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	
	Grado Medio de Vulnerabilidad: por su cercanía al río, la carretera, que hace parte de la infraestructura vial suburbana.	
	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.	

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

FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA¹⁴

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.

¹⁴ CELA. Estudio Sobre la Flora y Fauna Asociada a los Rios del Municipio de Cali (Zona Urbana y Suburbana) - Informe Final. Marzo 1996.

796

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 (*Eychornia 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 (Esphecidae), 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), Acrididae, 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.

799

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.

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 Polycentropos	Constituyen casas redondeadas de arena y pequeñas piedras 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

CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO PANCE

De acuerdo al estudio realizado por ASOAMBIENTE, en el año 1996¹⁵, 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

¹⁵ 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.

801

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

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 Lilí fué el mayor afluente del río Meléndez¹⁶.

¹⁶ DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

802

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 grados¹⁷. 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 río¹⁸.

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 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 mayor¹⁹.

¹⁷ Ibid

¹⁸ 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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.

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.

CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO LILI

Característica Fislografica	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

¹⁹ Ibid.

804

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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

CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DE AFLUENTES DEL RIO LILI

Afluente	Longitud Cauce (Km)	Pendiente Cauce (Km/Km)	Minutos de recorrido	Area (Km ²)
El Burro	2.40	0.05	25.17	1.37
La Herradura	2.45	0.19	22.07	1.67
Hoyo Frio	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

805

CARACTERIZACION SECTOR ALTO DE LA CUENCA²⁰

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 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.

CARACTERIZACION SECTOR MEDIO DE LA CUENCA²¹

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

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

406

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.

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

²¹ ibid.

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.

CARACTERIZACION SECTOR BAJO DE LA CUENCA²²

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.

²² ibid.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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

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 humanos; también la vía de acceso al corregimiento de la Buitrera y el Condominio La Riverita.	Amenaza Baja: movimientos masales en toda la parte baja del río, entre Ciudad Jardín y el Canal Interceptor.
	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

FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA

De acuerdo al estudio realizado por el Centro de Asistencia Legal Ambiental -CELA- en el año de 1996²³, 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 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 minimas 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 encontrarón 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

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

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.

ESPECIE DE FLORA AMENAZADA

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

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

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

CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO LILI²⁴

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 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

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.

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% esta 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 ionica 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.

814

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 compará 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 esta 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 límite 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.

RIO CAUCA²⁵

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 suspensión²⁶.

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

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

²⁶ ECOSAD S.A. Formulación del Plan de Gestión Ambiental de Santiago de Cali - Perfil Ambiental Rápido Urbano-. Diciembre de 1997.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.²⁷"

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.

CARACTERIZACION PRIMER TRAMO DE LA CUENCA²⁸

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.

²⁷ CORPORENORDE - CVC. Panorama del Río Cauca: Una Visión de Conjunto. Abril, 1996.
²⁸ DAGMA. La Ciudad de los Siete Rios: Santiago de Cali. Cali, Diciembre de 1997

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.

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.

CARACTERIZACION SEGUNDO TRAMO DE LA CUENCA²⁹

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.

²⁹ Ibid.

AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA³⁰

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.

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 Otras Industrias: 50 Ton/día de DBO5 Cafetero: 53 Ton/día de DBO5
Sector Productivo Agropecuario	
Sector Comercial y Doméstico	Cali: 93 Ton/día de DBO5 Otros Mpios cuenca: 70 Ton/día de DBO5
Manejo de Residuos Sólidos	Cali y Mpios circunvecinos: 55 Ton/día
Balance Hídrico	Demanda en el 2.020: 179 m3/s Disponibilidad en el 2.020: 645 m3/s Balance favorable: 466 m3/s

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

³⁰ Ibid.

FLORA Y FAUNA DE LA CUENCA³¹

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 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

³¹ CELA. Estudio Sobre la Flora y Fauna Asociada a los Rios del Municipio de Cali (Zona Urbana y Suburbana) - Informe Final. Marzo 1996.

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, chamonés 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).

ESPECIES DESAPARECIDAS O AMENAZADAS³².

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).

PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RÍO CAUCA³³

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

³² Ibid.

³³ Zuñiga de Cardoso, María del Carmen, et al. Indicadores Ambientales de Calidad de Agua en la Cuenca del Río Cauca. Revista AINSA. Año XIII - N° 2. Julio/ Diciembre, 1993.

los pocos grupos tolerantes a condiciones sépticas, entre los cuales predominan los Anélidos, Tubificidae, Aelosomatidae (Oligochaeta) y Glossiphoniidae (Hirudinea) y algunos Dipteros tolerantes de las familias Chironomidae y Sirphidae.

CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE LA CUENCA RIO CAUCA³⁴

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 oxigeno disuelto, producto de todos los procesos de oxidación y degradación de materia orgánica que se vienen dando aguas abajo de la represa de La 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

³⁴ 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.

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.

RIO AGUACATAL³⁵

La cuenca hidrográfica del río Aguacatal, en el Municipio de Cali, Departamento del Valle, esta ubicado en la porción norte del municipio, 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 dela 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 Pacifico. Finalmente desemboca en el Río Cali a la altura del barrio Normandía. Geográficamente está comprendido entre las coordenadas 3º 27' y los 3º 33' de longitud norte y los 76º 32' y los 76º y los 38' de longitud oeste.

³⁵ Hidroingenieria Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000

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.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 kilómetros desemboca en el río Cali, ya dentro del perímetro urbano occidental de la ciudad de Cali, lo cual indica que en su último tramo, 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 abajo, 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, antes 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.

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 también variación con relación a los meses de mayores y menores lluvias. Como meses más lluviosos se detectan los de abril-mayo-junio (81.3 mm de promedio mensual) y septiembre a noviembre (91 mm), que alternan con los meses menos lluviosos de diciembre a marzo con un promedio mensual de 50 mm y julio y agosto con 49.5 mm de promedio mensual.

Se estima que en la parte baja de la cuenca la humedad relativa es de 79% y en las partes altas de 85%. 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.

AREA DE INFLUENCIA DIRECTA

La Cuenca del río Aguacatal tiene una superficie de 6. 179 hectáreas, distribuidas entre seis corregimientos del Municipio de Cali que la integran, como pueden verse en el siguiente cuadro.

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

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 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.

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 pacifico.

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 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.

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.

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 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.

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 Cali, 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.

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

AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA CUENCA

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.

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.

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, Laurelito, Aguacate, Leucaena, Arenillo. Las especies encontradas en el

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

estrato inferior ó acompañantes son: Higuerón, Pomarroso, Guanábano, Guamo, Chirlobirlo, Aromo. De acuerdo al recorrido efectuado por toda la Cuenca, se apreciaron las siguientes especies vegetales: Carbonero, Chiminango, Guadua, Flor Amarillo, Pomarroso, Samán, Guayabo, Mango, Arrayán, Guanábano, Aguacate, Swinglia, Leucaena, Balso, Ceiba, Palmas y Almendro. En el Documenteo Soporte, se presentan las fichas descriptivas de las principales especies inventariadas. Vale la pena mencionar otro factor limitante para la vegetación que es la presencia de minas y canteras las cuales realizan su explotación afectando las especies presentes en la Zona.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO AGUACATAL

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Guázimo	Guazuma ulmifolia
Candelo	Hyeronima sp
Otobo	Dialyanthera lehemanni
Guadua	Guadua angustifolia
Carbonero	Callandra 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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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
Cañaflera	Gynerum sagittatum
Nacadero	Euphorbia cotinifolia
Chiribirlo	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	Petreaa rugosa
Mango	Mangifera 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).

FAUNA

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

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO AGUACATAL ZONA URBANA

NOMBRE CIENTIFICO
Hyla columbiana
Ameiva ameiva
Cnemidophorus lemniscatus
Mimus gilvus
Coccyzus pumilus
Melipona sp
Trigona sp
Thraupis episcopus cana
Zenaida auriculata cauae
Basileuterus fulvicauda
Rupícola peruviana sanguinolenta

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

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO AGUACATAL

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL %
Diptera	90.7
Ephemeroptera	6.9
Glossiphoniidae	-1
Basommatophora	-1
Hemiptera	-1
Odonata	-1
Trichoptera	-1

Fuente: Estudio sobre la Flora asociada a los Ríos del Municipio de Cali (Zona urbana y Suburbana). Centro de Asistencia Legal Ambiental CELA- DAGMA. Marzo de 1.996

PRINCIPALES INSECTOS QUE HABITAN EN LAS AGUAS DEL RÍO AGUACATAL

NOMBRE	DESCRIPCION
Thraulodes	Esta especie es considerada como indicador de buenas condiciones en la composición físico-química del agua. Puede utilizar diversos sustratos como habitat.
Leptohyphes	Organismo indicador de contaminación fecal, variaciones en la temperatura del agua y variaciones en la turbidez. Son organismos de amplia 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 <i>chinchas de agua</i> . 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 Atanatolica Atopsyche Xyphocentrom Anacroneuria	Especies indicadoras de excelentes niveles de oxígeno disuelto en el agua y poca carga orgánica. Estas especies construyen hábitaculos de material mineral y los fijan a las rocas del río donde filtran el alimento disuelto en el agua.

839

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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

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.

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

ESTACION	ALTITUD	ZONA DE VIDA	I.D.B.	I.C.A.
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.

RÍO CAÑAVERALEJO³⁶

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.

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

³⁶ Hidroingeniería Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000.

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.

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%.

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: HIDROINGENIERIA LTDA

DIVISIÓN GEOMORFOLÓGICA

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 domiciliaria ocupa completamente la zona de reserva forestal, mediante construcciones que tienen como límite físico el propio río.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 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
Índice de alargamiento	1.51
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.63

Fuente: Hidroingenieria Ltda Estudio Caudales Ecológicos. Nov/2000

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 procesos antrópicos como mal manejo de aguas superficiales y banqueos 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

846

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

847

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 evidencia 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.

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,

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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
Higuierón	Ficus sp
Leucaena	Leucaena leucocephala
Pomarroso	Eugenia jambos

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Arenillo	Nectándra sp
Cañaflacha	Gynerum sagittatum
Nacedero	Euphorbia cotinifolia
Chirlobirlo	Tecoma stans
Manzanillo	Toxicodendron striatum
Sauce	Salís 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 índica
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

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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>Trogodytidae</i>
Pájaro Carpintero	<i>Picidae</i>
Barranquero	<i>Momotidae</i>
Colibrí	<i>Trochilidae</i>
Mariposa	<i>Chalcididae</i>
Abeja	<i>Apidae</i>
Abispa	<i>Vespidae</i>
Chicharra	<i>Cicadidae</i>
Gallo de roca roja	<i>Rupícola peruviana sanguinolenta</i>

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.

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 crucero, 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

852

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).

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 del área suburbana, vertimientos de aguas residuales y en la ciudad se convierte en un colector que termina en el canal C.V.C. Sur. Por esta razón la presencia de organismos que no toleren intervención antrópica es crítica.

Vertebrados

Teniendo en cuenta lo anterior, los hábitat de la fauna han disminuido ostensiblemente. Cuando el río viene canalizado en su parte baja presenta una fauna característica de la ciudad, limitándose en la mayor

853

parte a diferentes especies de aves: tórtolas, garrapateros, cucaracheros y pechirojos. Además de pequeños roedores como ratas y algunos murciélagos.

Durante recorridos realizados se observaron las siguientes especies: Aves (Canarios silvestres, Pechirojos, Cucaracheros, Torcazas, Azulejos), Roedores (Ardillas) e Insectos Terrestres y acuáticos)

Macroinvertebrados

Por lo mencionado existe una abundancia de insectos "plaga" que se desarrollan sobre materiales en descomposición y basuras. Se encuentran especies de Dípteros (Muscidae, Tachinidae, Syrphidae y Sarcophagidae) y otros como: Aedes aegypti que es el vector del dengue hemorrágico. Se encuentra una baja población de Hormigas, Abejas, Cucarrones y Mariposas. 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 como se indica el Cuadro siguiente.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS EN EL TRAMO URBANO DEL RÍO CAÑAVERALEJO

ORDEN	DISTRIBUCION PORCENTUAL %
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

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.

854

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%, Ephemeróptera con 1.10%, Hemíptera, 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
Ephemeróptera	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%, Ephemeróptera 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. Un factor favorable es que el río presenta cascadas y estas a su vez remansos, los cuales permiten la acumulación de materia orgánica que sirve de refugio y alimento a la fauna acuática.

Se encontró un total de 14 especies, algunos géneros indicadores de aguas con variaciones continuas en la turbiedad como: Leptohypes sp (O. Ephemeroptera), Gomphus sp (Odonata) y Leptonema sp (Tricoptera).

Estación 2 Puente la Sirena: Las únicas familias presentes en el Puente son: Chironomidae,, Physidae y Tubificidae, indicadores de detritus orgánico y carácter fangoso, esto debido a que los bordes están desprovistos de vegetación y no existen sustratos ni condiciones para el desarrollo de los organismos encontrados en la Estación anterior.

Estación 3, 4 y 5 (Calle 5ª, Pasoancho y San Judas) : La canalización del río desde la Plaza de Toros repercutió sobre los macroinvertebrados, ya que se redujeron las posibilidades de establecimiento solamente a troncos caídos, desechos sólidos. La

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

dilución de la carga orgánica de origen doméstica es muy reducida debido a los bajos niveles de caudal del río, adaptándose a estas condiciones únicamente la familia Chironomidae.

CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO CAÑAVERALEJO

Se tomo 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.

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/NO3)	35.0	40.0	40.0
FOSFATOS (mg/PO4)	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 DISUELTTO (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-

857

RÍO CALI³⁷

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 Aguacatal³⁸, 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.

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

³⁷ Hidroingeniería Ltda. Estudio Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000. Contrato DAGMA.

³⁸ Evaluación de la demanda hídrica en zona de influencia de embalses de regulación – Cuenca río Cali, CVC (1999).

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: 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.

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.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.

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 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.

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.

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

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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, par 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 los 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.

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.

865

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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 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 Higuierillo, 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 índica
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. 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 Trichóptera y Plecóptera con 1.94%, luego el orden Odonata y finalmente los ordenes Hemíptera 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 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 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 equilibrada 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

874

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

875

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)

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.

Analisis fisico-quimicos y microbiologicos Rio 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 BIOQUÍMICA DE OXIGENO (mg/l)	3.12	2.0	2.50
NITRATOS (mg/NO ₃)	35.0	33.0	35.0
FOSFATOS (mg/PO ₄)	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 MELÉNDEZ³⁹

El área abarcada por estas 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;

³⁹ Hidroingeniería Ltda. Estudio del caudal ecológico en los ríos Cali, Aguacatal, Cañaveralejo y Meléndez. Noviembre del 2000.

878

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.

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 tributarios 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

980

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 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 geformas 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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.

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

884

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 son 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 Chodona, 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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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.

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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	Calliandra pieltieri
Sangregao	Cortón sp
Flor Amarillo	Senna spectabilis

887

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Chiminango	Pithecellobium dulce
Samán	Pithecellobium samán
Cafecito	Lacistema agragatum
Laurelito	Phoebe cinnamomifolia
Amarillo	Ocotea aurantiodora
Algarrobo	Hymaenea courbaril
Guamo	İnga 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	Alphanes 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
Nacedero	Euphorbia cotinifolia
Chirlobirto	Tecoma stans
Manzanillo	Toxicodendron striatum
Sauce	Salís humboldtiana
Cedrillo	Brunelia stuebelli
Mamey	Mammea americana

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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)

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, abispas, 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 menstruus*), 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 %
Diptera	68.09
Ephemeroptera	9.3
Haplotáxida	6.01
Trichoptera	5.56
Hemíptera	5.04
Tricladida	1.05
Basommatophora	1.5
Glossiphoniforme	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.

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%.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FAUNA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Mariposa Cebra	Heliiconius claritonia
Golondrina	Notiochelidon cyanoleuca
Rana	Hyla columbiana
Pájaro carpintero	Dryocopus lineatus
Lora cabeciazul	Pionus menstrus
Rapaz	Buteo magnirostris
Mochilero	Cacicus cela
Barranquero	Momotus momota
Chinches patinadores	Rhagovelia sp
Lagarto	Ameiva ameiva
Lagarto	Cnemidophorus lemniscatus
Sinsonte	Mimus gilvus
Cucúlldos	Coccyzus pumilus
Abeja	Melipona sp
Abeja	Trigona sp

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Azulejo común	<i>Thraupis episcopus cana</i>
Torcaza naguiblanca	<i>Zenaida auriculata caucae</i>
Parúlido	<i>Basileuterus fulvicauda</i>
Gallo de roca roja	<i>Rupícola peruviana sanguinolenta</i>

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	Coenagrionidae
Golondrina	Hirundinidae
Tórto/a	Columbidae
Garrapatero	Falconidae
Cucarachero	Troglodytidae

Fuente: ASOAMBIENTE 1.996

NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA FLORA ASOCIADA AL RÍO MELÉNDEZ

NOMBRE COMUN	FAMILIA
Pájaro Carpintero	Picidae
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

892

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, Pízamo, Higuerón, 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

893

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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	Mangifera indica
Guadua	Guadua angustifolia
Pizamo	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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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, abispa. 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.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACROINVERTEBRADOS EN EL TRAMO URBANO DEL RÍO MELENDEZ

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

Fuente: CELA 1996

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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

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: Asoambientes 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).

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.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

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	DESEMBOCADURA
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/NO3)	40.0	35.0	35.0
FOSFATOS (mg/PO4)	0.01	0.03	0.08
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	750	21.000	4.300.000
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: HIDROINGENIERIA LTDA.

**IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y
ACTIVIDADES GENERADORAS DE
CONTAMINACIÓN HÍDRICA
EN LOS RIOS**

TABLA DE CONTENIDO

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN LOS RIOS _____ 2

MORFOLOGÍA FLUVIAL _____ 3

LAS PARTES DE UN RÍO _____ 3

 LA CABECERA _____ 3

 PARTE MEDIA _____ 3

 PARTE BAJA _____ 3

ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL PRIMER TRAMO _____ 3

 CONTAMINANTES _____ 3

 FACTORES DE CONTAMINACIÓN _____ 3

ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL SEGUNDO TRAMO _____ 3

ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HIDRICA EN EL TERCER TRAMO _____ 3

 ACCIONES Y ELEMENTOS DE CONTAMINACIÓN _____ 3

 COMPONENTES ORGÁNICOS QUE MÁS INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL TERCER TRAMO: _____ 3

 COMPONENTES ORGÁNICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE AGUAS Y LA SALUD _____ 3

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN LOS RIOS

La humanidad depende del agua para sobrevivir y prosperar, razón que aclara por qué las grandes civilizaciones se asentaron en las riberas de importantes ríos. Cali como la segunda ciudad en población, no se sustrae del afán de crecer a lo largo y ancho de los ríos que tutelan su crecimiento y desarrollo.

La descontaminación y protección del agua para llegar a la meta de tener ríos limpios constituye uno de los desafíos más importantes que enfrentan las ciudades más populosas de nuestro país en las agonías del siglo que concluye.

Disponer de ríos sanos para alcanzar los mejores estándares de salud para todos representa el más consecuente propósito ambiental para la promoción de la salud y el fomento de la sostenibilidad, con la participación de la comunidad y los sectores del agro, la industria y el comercio.

El presente estudio propone establecer los parámetros que se deben monitorear en los siete ríos del Municipio, a través de indicadores de calidad, básicos para servir el recurso hídrico a todos los sectores vinculados a los ríos, Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali y Cauca, creando así un espacio saludable junto a tan maravillosos ríos antes de que sea demasiado tarde.

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 su morfología, en virtud de "CONOCER SUS PARTES" y procesos de dinámica fluvial, que nos permitirán en el caso de los ríos del Municipio de Cali:

- caracterizarlos
- 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.

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.

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.

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 geométricamente la contaminación hasta convertir un río en recurso con 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.

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.

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, minera 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.

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, soliflucción, 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

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 legal¹

¹ Ver Decreto 1594 de 1984
IDENTIFICACION DE ELEMENTOS Y ACTIVIDADES GENERADORAS DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN LOS RIOS.

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 las 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 a 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 totales) 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.

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.

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

- 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
 - Amoniacó
 - Policlorados
 - Sales
 - DDT
 - Grasas
 - Aceites
 - Hidrocarburos
 - Alcoholes

- Esteres
- Tensoactivos
- Edulcorantes
- Alimentos
- Acidos
- Alquenos
- Alcanos
- Anilinas
- Abonos
- Nutrientes
- Calor
- Cetonas
- Coloides
- Ioduros
- Lipasas
- Sacarosas

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.

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 disminución del oxígeno por óxido-reducción y descomposición; sin embargo 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.

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

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
- Heptacoloro
- Hexaclorobenceno
- Pentaclorofenol
- Tetracloruro-C
- Trihalometanos

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

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

POLIOMELITIS

Virus SALIK o POLIO

DISENTERIA

Bacteria ENTAMOEBA HYSTOLITICA

GIORDIASIS

Protozoo Siardia Intestinalis

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

SISTEMAS DE MONITOREO

TABLA DE CONTENIDO

SISTEMAS DE MONITOREO	3
PRESENTACIÓN	3
CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS SEGÚN EL TIEMPO DE RESPUESTA	3
ESTACIONES CONVENCIONALES	3
ESTACIONES AUTOMATICAS.	6
ESTACIONES EXISTENTES.	8

SISTEMAS DE MONITOREO

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.

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS SEGÚN EL TIEMPO DE RESPUESTA

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.

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.

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.

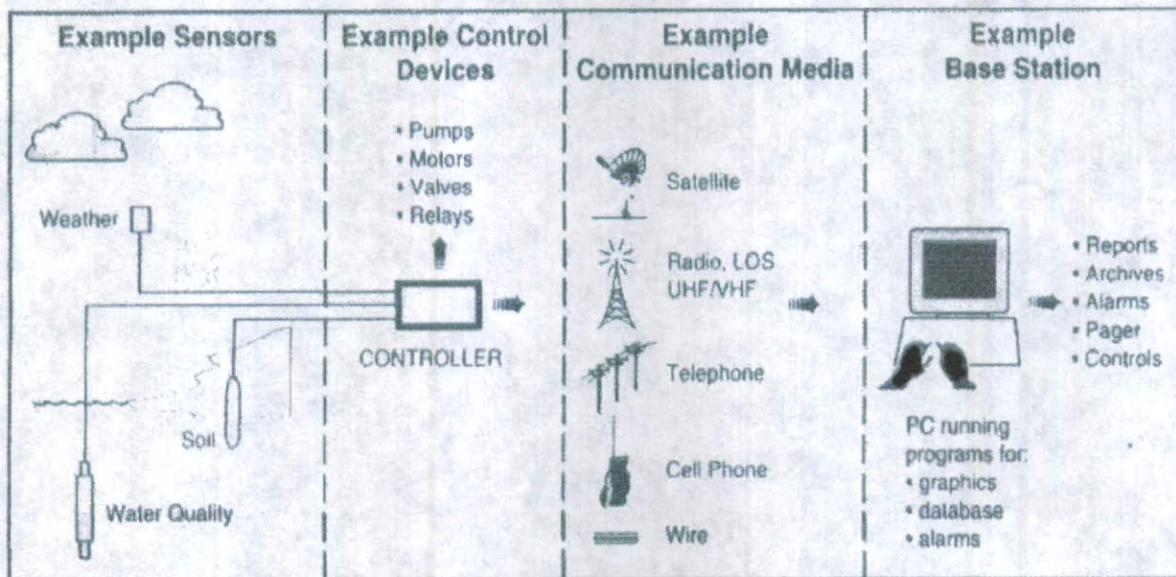
Estación Meteorológica Marina.

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

ESTACIONES AUTOMATICAS.

Estas estaciones permiten obtener la información ambiental en tiempo real, la cual es procesada y enviada vía módem, 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. 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.

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 en cortos periodos, 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 más acertada y aproximada a la realidad de programas de prevención, mitigación y control de los recursos.

ESTACIONES EXISTENTES EN EL PAIS.

La red más importante de Estaciones Hidroclimatológica más 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.

ESTACIONES EXISTENTES EN LA REGION.

En el Departamento del Valle del Cauca, hay varias 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.

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 siguiente tabla, 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 definidas 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

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

TABLA No.
ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS C.V.C CORP. AUTÓNOMA REGIONAL

CUENCA	NOMBRE	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (mnm)	FECHA DE INICIO	FECHA DE SUSPENSIÓN	CATEGORÍA
AGUACATAL	AGUACATAL	CALI	3.29	76.37	1649	71/03/1		PG
AGUACATAL	MONTEBELLO	CALI	3.29	76.33	1280	69/07/1		PM
AGUACATAL	SAN PABLO	CALI	3.30	76.27	1871	69/12/1		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	BOMBEROS	CALI	3.27	76.31	989	71/07/1	79/12/1	LG
CALI	BRASILIA	CALI	3.26	76.39	1854	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	86/12/1		CO
CALI	PLANTA RIO CALI	CALI	3.26	77.03	1070	53/10/1		PG
CALI	VIVERO CALI	CALI	3.28	76.31	960	90/01/1		PM
CALI	FLORALIA	CALI				98/10/1		CA
CANAL NAVARRO	AGUABLANCA	CALI	3.25	76.29	980	84/06/1	69/07/1	PM
CANAL NAVARRO	CANAL NAVARRO	CALI	3.23	76.30	954	73/04/1	85/03/1	LG
CANAVERALEJO	CANAVERALEJO	CALI	3.25	76.35	1056	68/02/1		PG
CANAVERALEJO	COLEGIO SAN JUAN B.	CALI	3.27	76.32	1000	60/04/1		PG
CANAVERALEJO	EDIFICIO C.V.C	CALI	3.24	76.33	985	84/03/1		PG
CANAVERALEJO	EL DESCANSO	CALI	3.24	76.35	1172	69/02/1	91/07/1	PM
CANAVERALEJO	EL FARO	CALI	3.25	76.36	1616	69/01/1	84/04/1	PM
CANAVERALEJO	EL JARDIN	CALI	3.25	76.34	997	74/04/1		LG
CANAVERALEJO	LAS BRISAS	CALI	3.24	76.36	1228	69/02/1		PM
CANAVERALEJO	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
MELÉNDEZ	ALTO IGLESIAS	CALI	3.22	76.38	1705	81/02/1		PG
MELÉNDEZ	CALLE QUINTA	CALI	3.22	76.33	996	82/11/1		LG
MELÉNDEZ	COREA	CALI	3.21	76.40	2580	64/12/1	88/02/1	PM
MELÉNDEZ	LA FONDA	CALI	3.23	76.36	1298	64/12/1		PM
PANCE	COMFAMILIAR	CALI	3.18	76.33	890	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	1876	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

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

TABLA DE CONTENIDO

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

JUSTIFICACION INSTITUCIONAL PARA LA CREACIÓN DE LA RED DE MONITOREO.

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

- CALIDAD DEL AGUA
- INFORMACIÓN Y MONITOREO DE INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA
- FORMA Y RELIEVE
- PARÁMETROS RELIEVE Y EROSIÓN
- RED HIDROLOGICA
- PERMEABILIDAD
- CLIMA
- BALANCES HIDRICOS
- PRECIPITACIONES MAXIMAS
- EVALUACIÓN DE ESCORRENTIAS
- CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA
- AFOROS E ISOCRONAS
- HIDROGRAMA UNITARIO
- PERIODO DE RETORNO
- PARÁMETROS DE POBLACIÓN
- EROSION HIDRICA
- EROSION LAMINAR
- FACTOR COBERTURA VEGETAL
- MOVIMIENTOS MASALES
- DESENCADENANTES
- CLASIFICACIÓN DE FLUJOS TORRENCIALES

CONCLUSIONES

929

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA CONVENIENCIA DE 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 dos tercios 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.

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 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.

JUSTIFICACION INSTITUCIONAL PARA LA CREACIÓN DE LA RED DE MONITOREO.

Según el Instituto de Estudios Ambientales - IDEAM¹, 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 numero 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

¹ Ver IDEAM: <http://www.ideam.gov.co>.

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.

CRITERIOS Y FUNDAMENTOS BÁSICOS A CONSIDERAR 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:

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 así

como 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

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).

934

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

- 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 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 cualquier momento.

FORMA Y RELIEVE

El funcionamiento 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.

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, factor que incrementa la posibilidad de presentarse turbiedad en altas concentraciones o, represamientos en aquellos tramos donde existan altas pendientes atravesadas por los ríos. Se puede presentar especialmente en los ríos Cali y Meléndez.

RED HIDROLOGICA

936

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. Su importancia radica en la cuantificación y evaluación de la oferta de agua y no variabilidad en el tiempo.

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, sobre todo 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.

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.

BALANCES HIDRICOS

A partir de los datos meteorológicos disponibles en los ríos: Cali, Lili, Pance, Meléndez, Cañaveralejo y Aguacatal, se debe calcular los balances hídricos, para las diferentes hipótesis de capacidad de campo del Suelo tiempo de residencia en la masa boscosa de la cuenca, niveles de evapotranspiración potencial, pluviometria 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.

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** serían empleadas en posteriores cálculos de escorrentias y caudales máximos, que servirán para prevenir emergencias por inundación o avalancha en comunidades integradas a la cuenca.

EVALUACIÓN DE ESCORRENTIAS

Es importante para la Cali urbana la valoración y cálculo 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.

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 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.

939

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.

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.

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.

942

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.

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 monitoréo 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.

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 caleña.

EROSION LAMINAR

Conceptual y técnicamente la erosión laminar es la perdida 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 altas 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.

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. 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.

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.

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: Solí fluxión 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 ríos de una cuenca, se fundamenta en los factores climáticos, edafológicos, morfológicos y geotécnicos de los usos del suelo; pero principalmente la carga de autolimpieza o lavado del cauce principal de la cuenca, se fundamenta en las características hidráulicas de la cuenca.

La practica de éste monitoreo por estación se basa en la medición directa del sedimento suspendido en una parte trascendental del cauce. Este aforo o medición también se puede denominar carga de sedimentos del lecho.

CLASIFICACIÓN DE FLUJOS TORRENCIALES

En una cuenca hidrográfica, la pendiente y longitud de los cauces torrenciales varia de uno al otro.

La pendiente de los cauces puede extenderse desde el 2-3% hasta el 20-25%; aunque son de presencia regular, también se observan en las cuencas pendientes del 40-50%. Usualmente en los conos de deyección de los torrentes las pendientes suelen oscilar entre 4 y 12% en el monitoreo y transporte de sólidos en los flujos torrenciales, es importante conocer la granulometría y naturaleza del material; los materiales finos regularmente son más rápidos que los gruesos.

La importancia que se obtiene en clasificar y medir flujos torrenciales, reside en poder aplicar a su paso por obras de ingeniería humana, teorías y diseños hidráulicos adecuados.

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.
- Un sistema de monitoreo es la alternativa más conveniente para conocer el estado general de los ríos que forman parte de la riqueza hídrica de Cali.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO

949

TABLA DE CONTENIDO

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO _____ 3

ELEMENTOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE AREAS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS E HIDROGRÁFICAS. _____ 3

Etapas para la Selección de los Sitios de Monitoreo. _____ 4

 Aspectos a Considerar en la Selección de los Sitios de Monitoreo. _____ 4

PRESENTACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA CVC _____ 9

EXISTENTES _____ 9

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS DE LAS ESTACIONES. _____ 12

 PARA ESTACIONES FIJAS. _____ 12

 PARA ESTACIONES TEMPORALES. _____ 14

 TRAMOS ARTIFICIALES. _____ 16

LA CALIDAD DEL AGUA _____ 16

 SITIOS HISTÓRICOS. _____ 17

DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN. _____ 18

 ESTACION FIJA. _____ 18

 ESTACION MOVIL. _____ 18

DEFINICIÓN DEL TIPO DE COMUNICACIÓN. _____ 20

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS. _____ 21

 TOMA DE MUESTRAS. _____ 21

 SELECCIÓN DE EQUIPOS. _____ 21

 INSTALACION DE EQUIPOS. _____ 22

 CONDICIONES ESPECIALES DE MONITOREO. _____ 22

FRECUENCIA EN LA TOMA DE DATOS. _____ 24

PARAMETROS A MONITOREAR. _____ 25

MÉTODOS DE COLECCIÓN DE DATOS. _____ 27

TIPOS DE PARÁMETROS A MONITOREAR: _____ 28

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.

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*.

ELEMENTOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE AREAS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS E HIDROGRAFICAS.

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*.

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, basadas en planos e informaciones generales sobre los tramos de los ríos.

- Actividades de campo, que comprenden 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 mencionan en el numeral 9.1.2.

Aspectos 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:

- Las leyes de variación en espacio y tiempo de los elementos fisiográficos determinantes del régimen hidrológico.

- Los tramos de las corrientes en los cuales La utilización de las aguas produce alteración del régimen hidrológico.

- Las 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, los eventos anteriormente citados.

La elección de los tramos de las corrientes de agua no suponen mayores dificultades si se realiza de acuerdo con las posibilidades y necesidades concretas del terreno. Los criterios se amplían a continuación:

EN FUNCION DE ELEMENTOS FISIAGRÁFICOS: 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.

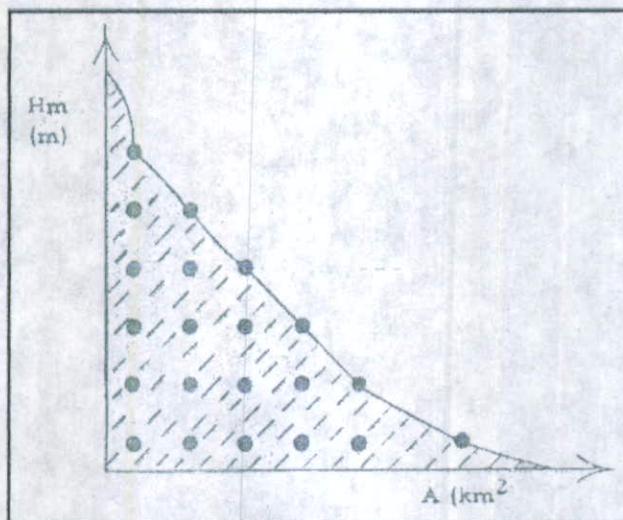
➤ La elección de tramos de corrientes de agua destinada a las futuras estaciones hidrométricas se hará para cada una de las zonas del mapa anteriormente indicado.

➤ **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 aproximadamente toda la gama de variación posible dentro de la respectiva zona.

El Esquema de la siguiente Figura, proporciona un ejemplo de cubrimiento con estaciones Fluviométricas en una zona de variación característica, en la cual el relieve tiene variación altitudinal.

¹ Estaciones Fluviométricas y Las Instalaciones. Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, Bogota, Noviembre 1969.



Hm = Elevaciones Medias de las Cuencas Hidrográficas en msnm.¹

A = Área de las Cuencas Hidrográficas en Km².

Figura 9.1

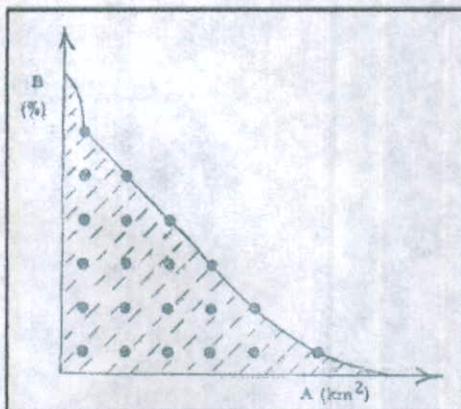
- En ciertas situaciones en las cuales es evidente la presencia de cuencas hidrográficas de características fisiográficas similares, siendo diferentes solamente algunos caracteres como serian índices de permeabilidad, el porcentaje de cubrimiento con bosque o la pendiente media, se elegirán en cada zona 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

podológico, 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. 9.2, 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.

956

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.

A = Área de las Cuencas Hidrográficas en Km².

FIGURA 9.2

PRESENTACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA CVC EXISTENTES

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.

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS DE LAS ESTACIONES.

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:

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 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 numero 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.

² Proyecto de Organización de Redes de Hidrométricas en la cuenca Hidrográfica del Río Cauca. 1970.
CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LA RED HIDRICA

- 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 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.

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.

- Interpolación y la prolongación de las series de datos incompletos e insuficientes que se obtendrán de las estaciones temporales.

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.

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.

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

964

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.

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.

DEFINICIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN.

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 muestra en la Figura 8.1 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.

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, disponibilidad y factibilidad 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.

Estas estaciones funcionarán para todos los ríos

DEFINICIÓN DEL TIPO DE COMUNICACIÓN.

Con el objeto de verificar y validar los resultados que arrojan los equipos que componen las estaciones fijas, los cuales requieren calibración.

De otro lado, estas estaciones móviles permitirán la toma de datos en aquellos puntos donde pueda ocurrir alguna falla en las estaciones fijas evitando el salto en las bases de datos que se estén generando.

A. Las características de las estaciones de monitoreo dependen del tipo de sistema de comunicación que se haya determinado como las estaciones generan información ambiental, los sistemas de comunicación permiten manejar los datos generados a través de emisiones a la oficina de control central por los siguientes medios:

- Vía MODEM.
- Celular
- Satélite.
- 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.

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.

TOMA DE MUESTRAS.

Para realizar la toma de muestras de aguas de los ríos y la correspondiente determinación de los parámetros físico químicos, se sugiere como el método más apropiado debe llevar a cabo el monitoreo en el centroíde 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.

SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Los equipos necesarios para las estaciones de monitoreo son definidos en función del tipo de variables y parámetros a vigilar, ya sea en tiempo real o periódicamente. Las alternativas más apropiadas serán presentadas en los siguientes capítulos.

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: Las alteraciones del control definen la ubicación de la estación con relación al nivel máximo del río, para evitar un posible daño de los equipos.
- ♦ Arrastre de material sólido: el cual puede generar daños o alterar los resultados en la sección donde se ubica la estación.
- ♦ Ocurrencia de crecidas intempestivas: Las cuales pueden afectar las estaciones.
- ♦ Inseguridad (expuestas a ser robados).
- ♦ Necesidad de mantenimiento.
- ♦ Otros: la vulnerabilidad frente a fenómenos como rayos, descargas eléctricas, sismos.

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 definidos en el anexo.

FRECUENCIA EN LA TOMA DE DATOS.

Para la operación de red de estaciones de monitoreo, en la 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 horas¹. 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.
- 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

¹ Para el río cauca la frecuencia de la toma de muestras es de cinco minutos con una transmisión a la central cada 4 horas.

periódicamente y no de manera permanente, a fin de evitar costos fijos innecesarios.

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.

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.

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.

TIPOS DE PARÁMETROS A MONITOREAR:

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.

977

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

**RED DE MONITOREO PARA EL RECURSO HÍDRICO DE LA
CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI**

978

TABLA DE CONTENIDO

<i>RED DE MONITOREO PARA EL RECURSO HÍDRICO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI</i>	3
DESCRIPCION	4

DESCRIPCION

La Red de Monitoreo para el Recurso Hídrico del municipio de Santiago de Cali, se define como 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 , con los siguientes componentes:

- a) Medición de parámetros físico químicos in situ.
- b) Toma de muestras en una red de puntos de monitoreo.
- c) Definición de la manera de transmisión de datos al centro de control.
- d) Actividades necesarias de realizar para el análisis de las muestras.
- e) 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) componentes a saber:

- **Red de Alertas** : estará conformada por estaciones automáticas fijas, las cuales se ubicaran en la parte alta de la cuenca y cuya función principal será la determinación y transmisión de parámetros climatológicos (precipitación), hidrológico (nivel de los ríos), 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.¹

☞ **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. 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

¹ Ver documento modelo lluvia-Escorrentía

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 de 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, los parámetros a monitorear, predimensionamientos de 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 del agua, para poner en operación la red de monitoreo.