

**DETERMINACIÓN DE INDICES Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD
DEL AGUA PARA LAS CUENCAS DE SEGUNDO ORDEN DE LA JURISDICCIÓN DE
LA CAR - CUNDINAMARCA**

SONIA PATRICIA PUERTO RODRÍGUEZ

41992104

ADRIANA PIMENTEL SUAREZ

41992144

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTA DC.
2006**

**DETERMINACIÓN DE INDICES Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD
DEL AGUA PARA LAS CUENCAS DE SEGUNDO ORDEN DE LA JURISDICCIÓN DE
LA CAR - CUNDINAMARCA**

SONIA PATRICIA PUERTO RODRÍGUEZ

41992104

ADRIANA PIMENTEL SUAREZ

41992144

**Pasantía de grado para optar al título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Director

ROSALINA GONZALEZ FORERO

Ingeniera Química

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTA DC.**

2006

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DIRECTOR

ROSALINA GONZÁLEZ FORERO

FIRMA JURADOS

YANNETH PARRA MARTINEZ

HERNANDO AMADO BAENA

Dedico este trabajo a Dios, quien me acompaña y me guía en todos los momentos de mi vida; a mi familia y a mi futuro esposo Gonzalo Suárez Sossa, quienes con su amor, comprensión y apoyo incondicional me dieron la fortaleza de sacar adelante mi carrera.

Adriana Pimentel Suárez

El tiempo pasa sin darnos cuenta.... Esperando ansiosamente el futuro, pero hoy ese futuro es mi presente y sin embargo mi camino no termina, sigo soñando con ser mejor cada día y hacer que mi trabajo tenga trascendencia para alguien...

Dedico este proyecto a mi mami, por nunca haber juzgado mis decisiones y estar presente siempre en mi vida y a todas aquellas personas que me acompañaron durante todo este tiempo, pues ellas fueron las que me enriquecieron y quienes de una u otra manera, me dieron fortaleza para seguir adelante.

Sonia Patricia Puerto Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que aportaron conocimientos para el desarrollo de este trabajo, especialmente:

A la corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, DOCTORA Gloria Lucia Álvarez Pinzón, por permitirnos hacer parte de esta prestigiosa entidad.

A la subdirección de Gestión Ambiental Compartida, INGENIERO Mauricio Bayona Pulido, por brindarnos su amistad y su apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo, e igualmente a la Ingeniera Sandra Sierra Torres, quien nos dio su mano amiga y aportó sus conocimientos, en cada una de las etapas del proyecto.

A la subdirección de Patrimonio Ambiental, INGENIERO Leonardo Niño, quien aportó sus conocimientos y puso a disposición sus servicios de forma desinteresada, a Sandra Nieto por su paciencia y colaboración en la obtención de los mapas y a la ingeniera Natalia Peña, por facilitarnos la realización de la pasantía.

En especial agradecemos a la Ingeniera Rosalina González, docente de la Universidad de La Salle, por orientarnos en la elaboración de los objetivos de calidad, dedicando su tiempo y sus conocimientos, para lograr nuestro propósito.

Y en general a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron parte de este proyecto tan importante, para nuestras vidas.

RESUMEN

El Proyecto “**DETERMINACIÓN DE INDICES Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LAS CUENCAS DE SEGUNDO ORDEN DE LA JURISDICCIÓN DE LA CAR- CUNDINAMARCA**”, es un documento técnico que plantea para cada cuenca de segundo orden de la jurisdicción de la CAR- Cundinamarca, los objetivos a cumplir en materia de calidad y reducción de vertimientos en un término de diez años, solicitado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la resolución 1433 de 2004, que ratifica la obligación que tienen las autoridades ambientales regionales para modificar, restringir, incluir o ampliar las normas de vertimientos, basándose en las necesidades específicas de su región y en estudios técnicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, éste trabajo comprende el cálculo de índices de calidad del agua de las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR, con el fin de conocer el grado de contaminación del agua y observar como influyen las actividades económicas de cada Municipio, haciendo una comparación entre las normas nacionales e internacionales y los usos del suelo establecidos en los POT y fundamentados en esto, proponer los objetivos de calidad de agua a cada ente territorial.

ABSTRACT

The Project **“RATES ESTIMATION AND WATER QUALITY OBJECTIVES FOR THE SECOND ORDER BASINS OF THE CAR - CUNDINAMARCA JURISDICTION”** is a technical document which outlines the objectives about the water quality and pouring reduction for each second order basin of the CAR jurisdiction in ten years time. . The Environment, Housing And Territorial Development Ministry, at the resolution 1433 of 2004 ratifies that The Salle University has the environmental authority to modify, to restrict, to include or to extend the pouring regulations, supporting the regions requirements and the technical terms.

With the purpose of knowing the water contamination grade and to observe the influence of the economical activities to each district, this project has estimated the water quality rates of the second order jurisdiction basins at the CAR. Also, it has compared the national and international regulation and the use of the ground established for the POT. According to that, the project proposes the water quality objectives for each district.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO	3
2. ANTECEDENTES	5
2.1 UNION EUROPEA	5
2.2 ESTADOS UNIDOS	8
2.3 COLOMBIA	11
3. GLOSARIO	12
4. CALIDAD DEL AGUA	17
4.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA SEGÚN SU USO	18
4.1.1 Uso Domestico	18
4.1.2 Uso Agrícola	19
4.1.3 Uso Industrial	21
4.1.4 Uso Pecuario	22
4.1.5 Uso Recreacional	24
4.1.6 Uso para Garantizar la Preservación de Flora y Fauna	24
5. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA	26
5.1 INDICES PARA ECOSISTEMAS LÓTICOS	27
5.1.1 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	27

5.1.2	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	28
5.1.3	Índice Lótico de Capacidad Ambiental General (ILCAG)	29
5.2	OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA	30
6.	CUENCAS HIDROGRÁFICAS	32
6.1	CONCEPTOS GENERALES	32
6.2	MORFOMETRIA DE LAS CUENCAS	33
7.	CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL CAR	35
7.1	TERRITORIO CAR	36
7.1.1	Cuenca Hidrográfica Río Bogotá	37
7.1.2	Cuenca hidrográfica de los Ríos Ubaté y Suárez	38
7.1.3	Cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz	39
7.1.4	Cuenca Hidrográfica del Río Negro	40
7.1.5	Cuenca Hidrográfica del Río Magdalena	41
7.1.6	Cuenca Hidrográfica del Río Minero	41
7.1.7	Cuenca Hidrográfica del Río Machetá	42
7.1.8	Cuenca Hidrográfica del Río Blanco	42
7.1.9	Cuenca Hidrográfica del Río Gachetá	42
8.	MARCO LEGAL	43
9.	DISEÑO METODOLÓGICO	47
9.1	CONFORMACIÓN BASE DE DATOS	47
9.2	GEOREFERENCIACIÓN	49
9.3	CALCULO DE INDICES DE CALIDAD	49
9.3.1	Cálculo de Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	50

9.3.2	Cálculo de Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	50
9.3.3	Cálculo de Índice Lótico de Capacidad Ambiental General (ILCAG)	51
9.4	MAPAS DE CALIDAD	51
9.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
9.6	IDENTIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO	52
9.7	COMPARACIÓN DE NORMAS	53
10.	PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA	55
11.	CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición Típica de las Aguas Residuales Domesticas	19
Tabla 2. Efectos de las Actividades Agrícolas a las Aguas Superficiales	20
Tabla 3. Principales Contaminantes Según la Industria	21
Tabla 4. Concentraciones de Referencia Empleadas para ICOMO	28
Tabla 5. Concentraciones de Referencia Empleadas en ICOSUS	29
Tabla 6. Caracterización de los cuerpos de agua Lóticos según su caudal	30
Tabla 7. Definición de Tramos Según Índices de Calidad y Usos del Suelo de cada cuenca	56
Tabla 8. Objetivos de Calidad del agua definidos para consumo humano	77
Tabla 9. Objetivos de calidad del agua para preservación de flora y fauna	79
Tabla 10. Objetivos de calidad del agua para uso agropecuario	80
Tabla 11. Objetivos de calidad del agua definidos para uso agrícola e industrial restringido y generación de energía	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo del agua	33
Figura 2. Órdenes de las cuencas	34
Figura 3. Límites de la jurisdicción	36
Figura 4. Nacimiento río Bogotá Villapinzón	37
Figura 5. Salto del Tequendama	38
Figura 6. Laguna de Fúquene	39
Figura 7. Cuchillas de Bocagrande en el páramo de Sumapaz	40
Figura 8. Salto de Versalles Villa Guaduas	40
Figura 9. Girardot Río Magdalena	41
Figura 10. Paisaje La Calera	42
Figura 11. Índice de contaminación por materia orgánica del río Bogotá	69
Figura 12. Índice de contaminación por sólidos suspendidos del río Bogotá	70
Figura 13. Índice lótico de capacidad ambiental general río Bogotá	70
Figura 14. Índice de contaminación por materia orgánica del río Ubaté	72
Figura 15. Índice de contaminación por sólidos suspendidos del río Ubaté	73
Figura 16. Índice lótico de capacidad ambiental general del río Ubaté	73

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Base de datos consolidada (ver CD).
- Anexo B. Índices de calidad (ver CD).
- Anexo C. Mapas de calidad.
- Anexo D. análisis estadístico.
- Anexo E. Mapas usos del suelo actuales y potenciales.
- Anexo F. Compilado normas nacionales e internacionales.
- Anexo G. Cuadro comparativo de normas nacionales e internacionales (ver CD).

INTRODUCCIÓN

La contaminación del recurso hídrico, se ha incrementado a través de los años debido a la falta de planificación y al establecimiento de normas poco restrictivas, que no son coherentes con las necesidades de la comunidad; por lo tanto es indispensable desarrollar estrategias encaminadas al control de la contaminación; una de éstas estrategias, es conocer la calidad actual del recurso, para luego proponer objetivos de calidad del agua, enfocados a mejorar cualquier escenario de contaminación, con el fin de mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento y la conservación de la misma.

Al observar el Decreto 1594 de 1984, que reglamenta el uso del agua y los residuos líquidos en el país, éste sólo contiene las disposiciones generales, pero les permite a las EMAR con fundamento en el artículo 7 de la Ley 9 de 1979, modificar, restringir, incluir o ampliar las normas de vertimientos y criterios de calidad, apoyados en un estudio técnico que lo justifique; con fundamento en los artículos 138-139-140-141.

Actualmente el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, ha solicitado a las Corporaciones Autónomas, por medio de la Resolución 1433 de 2004, formular los objetivos de calidad del agua para cada uno de los Municipios de su jurisdicción, con el fin de dar las bases para que cada uno de ellos, elabore su Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos a un termino de 10 años, donde especifiquen los programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo esta enfocado a plantear los objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden en la jurisdicción de la CAR Cundinamarca, comprende un proceso de selección de información, correspondiente a monitoreos de cuerpos de agua, realizados por La CAR y otras Instituciones en los últimos años, establece los de índices de calidad e identifica los usos del suelo actuales y potenciales, para observar la relación que existe entre la calidad del recurso y las actividades económicas de cada cuenca, proyectando valores de calidad basados en las normas nacionales e internacionales, orientados a cumplir con los usos potenciales del recurso.

Este documento se encuentra dividido en diez capítulos, donde se describe el alcance del proyecto, antecedentes sobre el tema, los conceptos utilizados para la formulación de los objetivos de calidad del agua, el marco legal que soporta el estudio, la metodología desarrollada, el planteamiento de objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR- Cundinamarca y finalmente se presentan las conclusiones correspondientes a estos objetivos, que demuestran cómo la calidad del agua se ve influenciada por las actividades económicas de cada región y la importancia de planificar el recurso de acuerdo a los usos potenciales del suelo, para satisfacer las necesidades de las poblaciones que conforman la jurisdicción y mejorar el contexto actual de contaminación del agua.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer los índices y objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR- Cundinamarca

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conformar la base de datos que contenga la información de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de cada cuenca y subcuenca, obtenidos por el laboratorio de la CAR respectivos a los años 1997 hasta el 2005.
- Clasificar los datos según las cuencas a las que pertenezcan y posteriormente se depurará la información que no tenga georeferenciación.
- Ubicar los datos clasificados en el sistema de información geográfica (SIG), y si algunos datos no poseen información de altura y caudal, complementar esta información observando la ubicación específica de cada punto en el (SIG).
- Calcular los índices de calidad según los parámetros más representativos y realizar una calificación de calidad del agua por categorías (excelente, buena, regular, mala, muy mala).

- Ingresar los datos de índices de calidad por cuenca, al SIG para ubicarlos espacialmente en la jurisdicción.
- Graficar los datos entregados por el SIG y observar el comportamiento de los parámetros más relevantes para cada cuenca calculando estadísticamente su tendencia.
- Determinar los objetivos de calidad para cada una de las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR-Cundinamarca, destacando las actividades que en ellos se realizan.

2. ANTECEDENTES

Existen pocas referencias concretas respecto al tema de objetivos de calidad del agua, pues muchos países asocian este tema directamente con las normas que debe cumplir cada usuario sin evaluar las características particulares de la región. Sin embargo la Unión Europea (U.E.), Estados Unidos y Brasil, utiliza este concepto en sus políticas de vigilancia y control de la calidad del agua, como se cita a continuación:

2.1 UNION EUROPEA

La Unión europea en su política de calidad del agua plantea dos conceptos diferentes

- Objetivos de calidad
- Normas de emisión

Según la unión europea: Las normas de emisión determinan limitaciones a la concentración de ciertos parámetros significativos de la calidad de los vertimientos, tanto de tipo urbano como industrial y no deben sobrepasar la capacidad de asimilación de los ríos receptores.

Por su parte, los objetivos de calidad establecen una serie de valores de los parámetros de calidad en el propio río, que son diferentes según el uso al que se destine el agua. (Plan Hidrológico De Guadalquivir 1994-1995).

Dada la poca uniformidad de los ríos europeos en cuanto a regímenes de caudales, así como a los cambios que experimentan a lo largo del año, la Comisión de la Unión Europea se ha pronunciado en la mayoría de los casos, a favor del concepto de **objetivo de calidad**, entendiendo que no es misión de la U.E. establecer usos para los recursos hidráulicos, sino que serán los diferentes países miembros quienes, a través de su propia **planificación hidrológica**, definieran los usos de los tramos fluviales; es decir, definiendo el uso, quedaría establecido su objetivo de calidad correspondiente.

La Unión Europea ha considerado objetivos de calidad ambiental desde su Primer Programa de Acción para el Medio Ambiente. En virtud de éste, el Consejo Directivo de la Unión, establece directivas con objetivos específicos en relación a los distintos usos del agua (FARN 1997):

- Aguas superficiales con uso como fuente de agua potable;
- Aguas continentales, corrientes o estancadas;
- Aguas de mar cuyo uso esté destinado prioritariamente al baño (excluidas las aguas para uso terapéutico y las aguas de piscina);
- Aguas piscícolas.

Es menester tener en cuenta que la técnica utilizada por todas las directivas es muy similar, estableciéndose valores guía y valores imperativos para dichas aguas, y la coordinación de los estados miembros para alcanzar los referidos valores. Los valores imperativos se constituyen como presupuestos mínimos que los estados miembros deben respetar y utilizar, para el diseño de su propia normativa como así también para la aplicación de la legislación nacional. Por otra parte, los valores guía no son obligatorios, sin embargo, en la práctica, son tomados en cuenta como objetivos frente a los cuales los estados deben procurar su cumplimiento. Asimismo, los valores guía son tomados como referencia para la aprobación de los planes nacionales en el ámbito comunitario.

Los estados miembros deben procurar hacer cumplir los valores establecidos por la norma y para ello deben diseñar un plan de saneamiento para las aguas.

Los países cuentan con un plazo de adecuación para instrumentar las medidas pertinentes en su marco jurídico e institucional, con el fin de cumplir con la directiva.

La Directiva de "Calidad de Aguas de Baño" de la Unión Europea, determina un plazo de diez años para que los estados miembros alcancen los objetivos de calidad y los parámetros que caracterizan este tipo de agua. Fija valores guía e imperativos en sus anexos.

Por su parte, la Directiva sobre "Contaminación Causada por Determinadas Sustancias Peligrosas Vertidas en el Medio Acuático de la Comunidad" de la Unión Europea, alcanza en su ámbito de aplicación a las aguas interiores superficiales, aguas marinas territoriales, aguas interiores del litoral y aguas subterráneas de los países miembros.

Los valores fijados por la directiva referida se encuentran plasmados en diversas listas, y todo vertido de las referidas sustancias debe someterse a autorización.

Se establece un método de programas de reducción de contaminación de las aguas, que cada estado miembro debe establecer e implementar, incluyendo objetivos de calidad de agua, y respetando las directivas del consejo, en plazos de ejecución previstos (FARN 1997).

2.2 ESTADOS UNIDOS:

En Estados Unidos de América, la Ley de Agua Limpia (LAL), es una norma emanada del gobierno federal, que plantea un marco regulatorio, en el cual se establecen criterios de relación entre el estado federal y los estados.

El objetivo principal de la LAL es restaurar y mantener la integridad química, física y biológica de las aguas navegables. Esta es una tarea que deben coordinar el estado federal y los estados. Estos últimos son invitados a tomar las facultades y responsabilidades de la LAL, incluyendo la administración de un Sistema Nacional de Permisos de Eliminación y Descarga de Contaminantes llamados National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES).

Actualmente treinta y nueve estados de EEUU administran su sistema de permisos en el marco del NPDES con la aprobación de EPA.

- **Criterios de fijación de estándares:** Dos ejes valorativos han sido planteados en torno a la fijación de estándares que determina la LAL. Por una parte, un criterio que considera que los estándares de calidad del agua se fijan, en virtud del daño que puede ocasionarse a la salud o al ambiente (Harm-Based Standards). Por otra parte, el criterio que basa la determinación de los estándares de calidad de los efluentes líquidos en virtud del tratamiento de los mismos, a través del concepto de uso de la mejor tecnología practicable y de mejor tecnología disponible, con énfasis en esta última, con la finalidad de prevenir la posibilidad de ocasionar un daño a la salud o al medio ambiente (Technology-Based Standards).

La tendencia a tomar en cuenta los estándares basados en la tecnología de tratamiento, muestra la introducción del concepto de prevención en la normativa de EEUU. El tratamiento adecuado, exigido a los efluentes en forma previa a su descarga, funciona aquí como un sistema complementario al de establecimiento de estándares de calidad de agua.

Ambos conceptos se encuentran combinados, considerando que si bien la estrategia dominante apunta en un inicio al cambio tecnológico para disminuir los efluentes, la ley también considera relevantes aquellos elementos basados en el daño que pueda causarse al ambiente o a la salud por contaminar aguas¹

- **Relaciones entre el estado federal y los estados.** Cada estado posee la facultad de designar el o los usos prioritarios para un curso de agua en su ámbito territorial, y asimismo establecer estándares para cada segmento de un curso de agua, señalando las máximas concentraciones de contaminantes que pueden realizarse sin alterar el o los usos del curso. Tanto la asignación y redesignación de usos, como los estándares que establece cada estado por segmento son sometidos a revisión de la EPA. Los criterios que debe utilizar la EPA para realizar tal revisión deben basarse en los principios de la LAL, y la coordinación interjurisdiccional de los estándares.

- **Procedimiento.** La fijación de estándares ambientales en EEUU a nivel federal, se encuentra regulada por la Ley Federal de Procedimientos Administrativos. En el supuesto particular de la fijación de estándares y de valores límites a efluentes líquidos, regulados por la LAL, la EPA debe publicar el proyecto y convocar simultáneamente a una Audiencia Pública en un plazo no mayor a 90 días. El objeto de la audiencia es el de demostrar la relación entre los costos económicos y sociales incluidos en la aplicación de los valores límites que se proponen, los desequilibrios sociales y económicos provocados a la comunidad afectada o regulada, los beneficios que se

¹ ZYGMUNT-ABRAMS, ROBER -GOLDFARB, WILLIAM. Environmental Law and Policy: Nature, Law and Society. West Publishing Company. St. Paul, Minnesota, 1992. Pág. 830.

obtendrán y si en definitiva el proyecto es consecuente con los objetivos perseguidos por la LAL². Asimismo se prevé la posibilidad que el Administrador pueda exceptuar a un particular del cumplimiento de la norma propuesta, en el supuesto en el cual dicho particular se vea afectado y pueda demostrar que con la norma no se logran los beneficios perseguidos por la autoridad.

Luego de formulados los estándares, de conformidad con los procedimientos administrativos contemplados en las leyes ambientales sectoriales, los mismos entran en vigencia y quedan sujetos al control jurisdiccional correspondiente.

En cuanto a la fijación de estándares a nivel estatal, no puede dejar de traerse a colación la Ley Modelo Federal de Procedimientos Administrativos Estatales. Dicha ley sirvió de base para los procedimientos de fijación de estándares en los estados de E.E.U.U. Han sido señaladas entre las características principales de la misma: el proceso de investigación preparatoria, la apertura de expedientes públicos, la publicidad previa de los proyectos de normas, la participación pública y la aplicación de criterios de razonabilidad administrativa en la elaboración de la normativa.

- **Ley de agua potable:** Por su parte, la Ley de agua potable³ (LAP) establece que deben fijarse niveles de calidad de agua para el suministro de consumo humano. Estos niveles de calidad son establecidos por el gobierno federal con la finalidad de asegurar un adecuado margen de seguridad para la salud pública. Los estados son quienes tienen el rol de desarrollar los programas regulatorios, teniendo como base los niveles guía que establece la EPA en este sentido.

² FARN. Hacia un régimen jurídico institucional de determinación y aplicación de estándares en la República Argentina. Estudio Analítico N° 6. Buenos Aires, 1997

³ Safe Drinking Water Act. También titulada Safety of Public Water Systems (Seguridad de los sistemas de provisión de agua). Forma parte del Public Health Service Act (Ley de servicios de Salud Pública). Título 14

2.3 COLOMBIA

La política de control de contaminación hídrica en Colombia ha estado dirigida a la mitigación del impacto de los vertimientos de aguas residuales sobre los cuerpos receptores, utilizando herramientas de planificación, manejo y control, encaminadas a la protección del recurso.

En Colombia la CAR, como autoridad ambiental en su jurisdicción, debe ejercer un control permanente a los vertimientos de residuos líquidos, con la finalidad de proteger al medio ambiente, dar un adecuado ordenamiento al recurso hídrico y preservar la calidad de las aguas de uso público. Para el desarrollo de dicho control la CAR requiere establecer planes y programas para el tratamiento de los residuos líquidos, por tanto es necesario clasificar los cuerpos de agua, con el propósito de establecer los criterios y objetivos de calidad mínimo, teniendo en cuenta los usos para los cuales hayan sido asignados⁴.

La comparación de estándares de los diferentes países con respecto a Colombia se describirá durante el desarrollo de este documento, teniendo en cuenta la flexibilidad de cada norma y los parámetros más importantes según el uso del agua.

⁴ CAR, Departamento de desarrollo ambiental sostenible

3. GLOSARIO

Para el estudio de la calidad del agua de las cuencas hidrográficas es necesario tener claros algunos conceptos técnicos científicos, que serán empleados en este trabajo.

- **AUTORIDAD AMBIENTAL:** La entidad o funcionarios encargados de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los recursos renovables y del medio ambiente.
- **AGUA CRUDA:** Agua en su estado natural, con las condiciones físicas químicas y microbiológicas encontradas en el momento de ser captada.
- **ANÁLISIS FISICOQUÍMICO:** Pruebas de laboratorio que se efectúan al agua para determinar sus características físicas, químicas o ambas.
- **ANÁLISIS MICROBIOLOGICO:** Pruebas de laboratorio para determinar en medios de cultivo la presencia o ausencia de hongos (dermatofitos), bacterias y en general microorganismos en las muestras de agua.
- **BIOACUMULACIÓN:** Es la absorción de un contaminante de larga duración en un organismo que excede su capacidad para metabolizar o excretar la sustancia, por lo tanto ésta se acumula en los tejidos del mismo.

- **CALIDAD DEL AGUA:** Es el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas determinadas en el agua, así como el resultado de conceptuar sobre el conjunto de disposiciones y características encontradas en el agua, cuando se comparan con las normas.

- **CUENCA HIDRODRÁFICA:** Es la unidad territorial cuyas aguas fluyen hacia un mismo lugar; está conformada por un sistema espacial dinámico donde actúan elementos bióticos, abióticos y antrópicos de manera independiente y que definen los diferentes ecosistemas (CAR 2001).

- **CUENCA DE PRIMER ORDEN:** Es una corriente que constituye la cabecera de un río y carece de afluentes a lo largo de su recorrido.

- **CUENCA DE SEGUNDO ORDEN:** Son dos corrientes hídricas de primer orden que se unen para formar una corriente mayor, que discurre hasta encontrar otro cauce (Strahler, 1957).

- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅):** Cantidad de oxígeno disuelto consumido para degradar biológicamente la materia orgánica presente en el agua, se determina incubando los microorganismos a 20° centígrados durante cinco días.

- **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):** Cantidad de oxígeno consumido para degradar químicamente la materia orgánica presente en el agua. Se obtiene

sometiendo el agua a ebullición, en medio ácido y en presencia de un oxidante fuerte, como el dicromato de potasio.

- **ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA:** Es el estudio de las características de una población, basada en la recolección de datos de una muestra representativa, para obtener una serie de resultados y medidas matemáticas (medias, desviaciones, etc.), que posteriormente se analizan y se obtiene una conclusión de las posibles causas que producen la característica de la población en estudio y su relación con otros fenómenos (Comodoro Rivadavia Chubut 2006)
- **ECOTOXICOLOGÍA:** Es la rama de la toxicología ambiental que investiga los efectos tóxicos de agentes químicos y físicos a las poblaciones y comunidades de organismos vivos dentro de los ecosistemas.
- **GIARDIA LAMBLIA:** es un protozoo que se presenta trofozoito (forma flagelada) cuando está dentro del hombre. La forma infectiva es el quiste, que es eliminado con las heces de la persona enferma. Este quiste penetra por la boca e infecta el intestino delgado, y allí se transforma en trofozoito. Los quistes de Giardias y otros protozoos tienen una gruesa pared que los protege de las condiciones ambientales adversas, y los hace resistentes por varias semanas o meses.
- **HUEVOS HELMINTO:** son un grupo de organismos que incluye los nemátodos, tremátodos y cestodos. Las características epidemiológicas que hacen de los helmintos patógenos entéricos causantes de infección por contacto con agua contaminada, son su alta persistencia en el medio ambiente, la mínima dosis infecciosa, la baja respuesta inmune y la capacidad de permanecer en el suelo por largos periodos de tiempo

- **INDICES DE CALIDAD DEL AGUA:** Son expresiones numéricas que tienen como propósito, simplificar las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua a partir de la caracterización de las variables de mayor importancia, como por ejemplo DBO, DQO, Caudal, Sólidos Suspendidos, OD, entre otras. Tienen como objetivo la estimación de un numero entre cero y uno que define el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico (Nacional Sanitation Fondation-INSF 1970)

- **OBJETIVOS DE CALIDAD:** Corresponde a una serie de valores de los parámetros de calidad en el río o cuenca hídrica, que son diferentes según el uso al que se destine el agua.

- **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL:** Es el conjunto detallado de actividades, producto de una evaluación ambiental, orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

- **PSMV (plan de saneamiento y manejo de vertimientos):** El conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema publico de alcantarillado.

- **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG):** Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelación y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración.

- **TRATAMIENTO:** Es un conjunto de operaciones y procesos unitarios que se le hacen al agua con el fin de modificar, controlar y/o mantener las características físicas, químicas y bacteriológicas para que su calidad se adapte a la norma.

- **TOXICOLOGIA AMBIENTAL:** Es la disciplina que estudia la influencia de los compuestos químicos, presentes como contaminantes del ambiente sobre los organismos vivos y que generalmente se encuentran presentes en el aire, suelo y agua.

- **USO DEL AGUA:** Es la aplicación para la cual se destina el recurso, según normas nacionales e internacionales que propone cada autoridad ambiental., pueden ser: domésticos, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, industrial y recreativo.

- **VERTIMIENTO:** Cualquier descarga líquida de origen, ya sea agrícola, minero, industrial o domestico, hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

4. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua desde el punto de vista normativo, se define como, el conjunto de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua, que cumplen con los requisitos establecidos en la norma o especificaciones técnicas, así como con las exigencias del usuario de dicho recurso para el desarrollo de diferentes actividades relacionadas con el uso de la misma, incluyendo cualquier utilidad que requiera el medio acuático para desenvolverse como las actividades recreativas y mantenimiento de ecosistemas entre otros (CAR 2005).

Como ya se mencionó anteriormente, el agua se destina para diferentes usos y para cada uno de ellos se requiere una determinada exigencia de calidad, como es el caso del agua destinada para uso domestico la cual debe reunir condiciones de potabilidad, para evitar el peligro que puede acarrear a la salud humana; los procesos industriales, por su parte, que disponen de circuitos de refrigeración o utilizan el agua como materia prima, etc. requieren agua en determinadas condiciones; igualmente, el agua para uso agrícola debe garantizar que no genere riesgo a la salud pública o a los ecosistemas; lo mismo podría decirse de las aguas que sirven de soporte para la vida acuática, puesto que los sistemas son muy sensibles ante la presencia de sustancias contaminantes en cantidades superiores a ciertos límites (Capó Marti Miguel, 2002).

En general, la calidad del agua se ve afectada por las actividades humanas, las cuales incorporan sustancias a los cuerpos de agua, disminuyendo el poder de autodepuración y restringiendo su uso, por esta razón es necesario fijar estándares de calidad que permitan garantizar las condiciones óptimas para el desarrollo de dichas actividades. (Autoras. 2006)

4.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA SEGÚN SU USO

Se puede decir que existe contaminación del agua, cuando sus características físicas, químicas o bacteriológicas han sido alteradas por factores externos, que generan peligro para la vida humana, animal, vegetal o para el medio ambiente, cuando exceden su concentración. Por lo general el agua es contaminada por residuos, excretas y otros agentes provenientes de su uso domestico, agrícola, recrecional, pecuario e industrial. A continuación se presentaran los principales contaminantes del agua según su uso.

4.1.1 Uso Domestico. El mayor volumen de aguas residuales corresponde a aquellas que son propias de la vida del ser humano como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas. Se calcula que cada persona consume 200 litros diarios para satisfacer estas necesidades, este valor puede variar dependiendo del clima, la cultura y la disponibilidad del recurso.

El empleo del agua potable en los hogares genera aguas residuales que contiene los residuos propios de la actividad humana, como la materia fecal, restos de alimentos, aceites y grasas, detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y microorganismos patógenos. Parte de estos residuos son materia que consume o demanda oxígeno por oxidación y otra parte corresponde a la materia orgánica biodegradable y algunas sales inorgánicas nutrientes para los microorganismos

En la tabla 1, se muestra la composición típica de las aguas residuales domesticas, según el autor Jairo Alberto Romero (2002), en su libro Tratamiento de Aguas Residuales:

Tabla 1. Composición Típica De Las Aguas Residuales Domesticas.

PARÁMETRO	MAGNITUD
Sólidos totales	720 mg/l
Sólidos disueltos	500 mg/l
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/l
Sólidos suspendidos	220 mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/l
Sólidos Sedimentables	10 mg/l
DBO ₅	220 mg/l
COT	160 mg/l
DQO	500 mg/l
Nitrógeno total	40 mg/l-N
Nitrógeno orgánico	15 mg/l-N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/l-N
Nitritos	0 mg/l-N
Nitratos	0 mg/l-N
Fósforo total	8 mg/l-P
Fósforo orgánico	3 mg/l-P
Fósforo inorgánico	5 mg/l-P
Cloruros	50 mg/l-Cl
Alcalinidad	100 mg/l-CaCO ₃
Grasas	100 mg/l

FUENTE: Romero Rojas Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales. 2002

4.1.2 Uso Agrícola. La agricultura es la actividad que mayor demanda del agua supone a nivel mundial. El riego de tierras agrícolas supone la utilización del un 70% de los recursos hídricos en el mundo. En los países en vías de desarrollo, muchas veces el agua utilizada para regadío represente el 95% del total de usos del agua, y juega un papel esencial en la producción y seguridad de los alimentos. A largo plazo, el desarrollo y mejora de las estrategias agrícolas para estos países esta condicionado al mantenimiento, mejora y expansión de la agricultura de regadío.

El incremento de las actividades agrícolas genera mayor demanda sobre los recursos hídricos y compite con el uso del agua para otros fines, representando una amenaza para el medio ambiente y utilización insostenible de los recursos hídricos del planeta. Además, la agricultura es una de las actividades que proporciona mayor contaminación, pues en ella se utilizan sustancias químicas peligrosas que se encuentran principalmente en los

insecticidas, fungicidas, plaguicidas, herbicidas y algunos fertilizantes, utilizados para el control de plagas y fertilización de tierras, que afectan el medio acuático ya sea por la escorrentías del agua de regadío, infiltración, o por emisiones atmosféricas que luego se convierten en precipitaciones ácidas. En la siguiente tabla, se relacionan algunos efectos de la agricultura a las fuentes superficiales:

Tabla 2. Efectos de las actividades agrícolas a las aguas superficiales

ACTIVIDAD AGRÍCOLA	EFECTOS AGUAS SUPERFICIALES
Labranza / Arado	Sedimentos/turbidez: los sedimentos transportan fósforos y plaguicidas adsorbidos a las partículas de los sedimentos; entarquinamiento de los lechos de los ríos y pérdida de hábitat , desovaderos, etc.
Aplicación de Fertilizantes	Escorrentía de nutrientes, especialmente fósforo, que da lugar a la eutrofización y produce mal gusto y olor en el abastecimiento público de agua, crecimiento excesivo de las algas que da lugar a desoxigenación del agua y mortandad de peces
Aplicación de Estiércol o Abono	Esta actividad se realiza como medio de aplicación de fertilizantes; si se extiende sobre un terreno congelado provoca en las aguas receptoras elevados niveles de contaminación por agentes patógenos, metales, fósforo y nitrógeno, lo que da lugar a la eutrofización y a una posible contaminación.
Plaguicidas	La escorrentía de plaguicidas da lugar a la contaminación del agua superficial y la biota; disfunción del sistema ecológico en las aguas superficiales por pérdida de los depredadores superiores debido a la inhibición del crecimiento y a los problemas reproductivos; consecuencias negativas en la salud pública debido al consumo de pescado contaminado. Los plaguicidas son trasladados en forma de polvo por el viento hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a miles de millas de distancia (por ejemplo, a veces se encuentran plaguicidas tropicales o subtropicales en los mamíferos del Ártico).
Riego	Escorrentía de sales, que da lugar a la salinización de las aguas superficiales; escorrentía de fertilizantes y plaguicidas hacia las aguas superficiales, con efectos ecológicos negativos, bioacumulación en especies ícticas comestibles, etc. Pueden registrarse niveles elevados de oligoelementos, como el selenio, con graves daños ecológicos y posibles efectos en la salud humana.
Talas	Erosión de la tierra, lo que da lugar a elevados niveles de turbidez en los ríos y entarquinamiento del hábitat de aguas profundas. Perturbación y cambio del régimen hidrológico, muchas veces con pérdida de cursos de agua perennes; el resultado es problemas de salud pública debido a la pérdida de agua potable
Silvicultura	Gran variedad de efectos; escorrentía de plaguicidas y contaminación del agua superficial y de los peces; problemas de erosión y sedimentación.

FUENTE: International Joint Commission y FAO. 1974.

4.1.3 Uso Industrial. Se entiende por uso industrial del agua, su empleo en actividades tales como: Procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos y complementarios; Algunos procesos de generación de energía y minería, que por lo general tienen como resultado descargas de vertimientos a las aguas superficiales. Dichos vertimientos poseen una gran cantidad de contaminantes de tipo orgánico, inorgánico y microbiológico, en concentraciones apreciables que perjudican seriamente la salud y causan impacto al ambiente.

Los vertimientos derivan directamente de la fabricación de todo tipo de productos, teniendo como componentes principales los residuos de la materia prima empleada en el proceso productivo, por tal razón, es imprescindible el tratamiento de esta agua previo a su vertido, debido al poder contaminante que tienen, variable según concentraciones de los agentes contaminantes (Romero. 2002).

A continuación, se presenta una tabla relacionando el tipo de industria con los principales contaminantes inorgánicos que las caracterizan y que son de gran interés por su toxicidad:

Tabla 3. Principales Contaminantes Según La Industria

INDUSTRIA	CONTAMINANTES INORGANICOS DE LAS AGUAS INDUSTRIALES															
	As	Ba	B	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Ni	Se	Ag	Zn	
Aleación	X			X		X										
Alimentos y bebidas								X						X		
Baterías	X			X					X	X		X				
Cerámicas	X	X	X	X	X				X	X			X			
Cincado de metales			X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Cola animal					X											
Colorantes	X	X		X	X		X	X		X		X	X			
Cosméticos y farmacéuticos			X								X					
Curtiembres	X		X		X			X								
Desinfectantes			X								X			X		
Detergentes	X	X														
Eléctrica y electrónica		X					X				X		X			

INDUSTRIA	CONTAMINANTES INORGANICOS DE LAS AGUAS INDUSTRIALES														
	As	Ba	B	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Ni	Se	Ag	Zn
Estirado de alambre			X				X	X							
Explosivos		X							X		X				
Fertilizantes	X		X	X			X	X		X					
Fotografía			X	X	X				X		X		X	X	
Fundición		X					X	X		X		X			X
Fundición no terrosa	X			X	X		X		X			X	X		X
Funguicidas				X							X				
Herbécidas	X		X												
Joyas							X							X	
Mechas									X	X					
Metalúrgica	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Minería de metales	X			X			X	X	X	X		X		X	X
Pesticidas	X										X		X		
Petróleo	X						X	X	X						
Pigmentos	X			X	X	X	X		X				X		X
Pinturas		X		X	X		X		X	X	X	X	X		X
Plástico				X							X				
Porcelana			X	X			X	X	X	X		X	X	X	X
Preservativos de madera	X		X		X		X				X				
Preservativos del cuero	X										X				
Pulpa, cartón y papel			X				X				X		X		X
Química inorgánica	X			X			X	X	X			X			X
Química orgánica	X			X	X			X							
Tapetes			X	X									X		
Textiles				X			X	X					X		X
Tintas					X					X				X	
Tipografía				X					X			X			X
Tubos de televisión				X					X						X
Vidrio	X	X	X	X	X	X				X			X		

FUENTE: Romero Rojas Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. 2002

4.1.4 Uso Pecuario. Las actividades pecuarias comprenden la ganadería, avicultura, porcicultura, piscicultura, entre otros, siendo estas de gran importancia para el desarrollo económico de cualquier región, comprendiendo la cría de animales para uso comercial y para la producción de alimentos tales como: la carne, la leche, huevos, lana, etc., y de cuyos procesos se generan productos que causan la contaminación de las aguas por residuos, orina y excremento de los animales que pueden ser líquidos y sólidos y

recogerse de distintas formas: si se recoge dentro del corral o lugar donde permanecen los animales, se tendrá un residuo sólido (vegetales, paja, aserrín, etc.), mientras que si se hace mediante lavado, se obtendrá un residuo líquido denominado purín, lo que aporta nitrógeno y fósforo en grandes cantidades a las fuentes de agua, produciendo la proliferación de plantas acuáticas y eutroficación por el exceso de nutrientes.

La contaminación de las aguas por nitratos y fósforo se ha visto favorecida por el uso de métodos pecuarios de producción intensiva, que ha supuesto un uso creciente de abonos químicos y la concentración de un gran número de animales en pequeñas extensiones de terreno. Más del 50% del Nitrógeno (N_2) de los alimentos es excretado como ácido úrico, por tanto una estrategia sería inhibir su conversión a amonio.

Los compuestos nitrogenados incluyen predominantemente:

- Fuentes inorgánicas (sales de amonio) y el rápidamente mineralizado ácido úrico (40 – 70% del N total)
- N orgánico de fácil descomposición con una baja tasa de C : N (proteína, péptidos y aminoácidos) y finalmente
- Materia orgánica nitrogenada lentamente mineralizada y con una alta tasa C: N (materiales complejos fibrosos).

Los primeros estarían asociados con pérdidas metabólicas, mientras que los dos últimos provienen de compuestos no digeridos que pueden haber estado o no sometidos a la actividad microbiana del tracto gastrointestinal (TGI) del ave.

4.1.5 Uso Recreacional. El agua destinada al uso recreativo es la utilizada para actividades no consuntivas que generan un bienestar social, sociológico y estético, al existir una relación directa o indirecta con ella. Los usos recreacionales del agua pueden dividirse en dos categorías:

- Con contacto directo: son todas aquellas actividades que se realizan en contacto con el agua como: natación, rafting, kayakismo, velerismo, canotaje, pesca, entre otros. Además dentro de este grupo se encuentra una clasificación aún mas específica diferenciando entre contacto primario (inmersión del cuerpo en el agua) y el contacto secundario (contacto con el agua sin inmersión)
- Sin contacto directo: cuando se realizan actividades como: caminatas, fotografías, navegación en embarcaciones mayores, esparcimiento, etc.

Las aguas para fines recreativos, pueden presentar contaminación debido a la presencia de material flotante y de espumas proveniente de la actividad humana, sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, producen reacciones adversas sobre la salud humana. En ocasiones las aguas de uso recreativo pueden contener niveles altos de grasas y aceites que forman una película visible generando deterioro del recurso para este uso.

4.1.6 Uso para Garantizar Preservación de Flora y Fauna. Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y 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. (Decreto 1594 de 1984)

En las aguas dulces, frías y calidas, y las aguas marinas o estuarinas, se puede producir contaminación por la presencia de sustancias que le imparten olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, turbiedad o color, que interfieren en la actividad fotosintética de los organismos.

5. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

El índice de calidad del agua, es una expresión numérica de las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua, a partir de la caracterización de las variables de mayor importancia; permite evaluar los problemas de contaminación sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas de fuentes considerables. Los índices de calidad del agua (ICA's) tienen como objeto la estimación de un número entre cero y uno, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico, sin embargo vale recalcar que dada la variedad de índices de calidad de agua desarrollados por diferentes autores, se busco implementar en la jurisdicción de la CAR CUNDINAMARCA, aquellos que fueran complementarios en sentido ecológico y por tanto permitieran precisar problemas ambientales.

Según los autores Ramírez y Viña en su libro de Limnología Colombiana (1998), el procedimiento para definir los índices de calidad es el siguiente:

- Se realiza una selección de variables físicas y químicas, según las características del recurso hídrico (ecosistemas lénticos o lóticos), y se define el índice a calcular.
- Se aplica la ecuación correspondiente al índice elegido y al resultado, que debe dar entre cero y uno (0-1), se le asigna una descripción de calidad (muy malo, medio, bueno y excelente), de acuerdo a unos rangos ya establecidos para cada índice.

5.1 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA ECOSISTEMAS LÓTICOS.

Para la determinación de los objetivos de calidad de las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR CUNDINAMARCA, se han definido tres índices de contaminación, ILCAG, ICOMO E ICOSUS, utilizados anteriormente en otros estudios para evaluar la calidad de las corrientes superficiales y que permiten precisar los problemas ambientales, estos índices de calidad o ICA, fueron desarrollados por los investigadores Alberto Ramírez González y Gerardo Viña Vizcaino, quienes desarrollaron diferentes estudios limnológicos en distintas zonas del país y cuyas correlaciones entre las variables fisicoquímicas son bastante significativas (95% de confiabilidad).

A continuación se hará una descripción de cada uno de los índices utilizados en este estudio:

5.1.1 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO). Este índice expresa la calidad del agua de acuerdo a la contaminación por materia orgánica y se puede calcular con diferentes variables que incluyen nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, demanda de oxígeno (DBO_5 y DQO) y coliformes totales y fecales principalmente. Algunas otras variables cuya medición es menos frecuente, como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfúrico también pertenecen a este grupo.

Según los autores Ramírez y Viña el ICOMO para esta región del país, se calcula especialmente con las variables de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante ese tipo de polución.

$$\text{ICOMO} = 1 / 3 (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes Totales}} + I_{\text{Oxígeno \%}})$$

DONDE:

$$I_{\text{DBO5}} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} \text{ DBO (mg/l)}$$

$$I_{\text{COL. TOTALES}} = -1.44 + 0.56 \text{ Log}_{10} (\text{Coliformes Totales}) (\text{NMP/100ml})$$

$$I_{\text{OXIGENO \%}} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno \%}$$

DBO > 30 mg/l tiene un $I_{\text{DBO}} = 1$

DBO < 2 mg/l tiene un $I_{\text{DBO}} = 0$

Coliformes Totales > 20.000 NMP/100ml tiene un $I_{\text{COL. TOTALES}} = 1$

Coliformes Totales < 500 NMP/100ml tiene un $I_{\text{COL. TOTALES}} = 0$

El ICOMO se define en una escala de cero a uno, con el siguiente rango de valores:

Tabla 4. Concentraciones de referencia empleadas para ICOMO:

ICOMO	CALIDAD DE LA CORRIENTE
0 – 0.25	EXCELENTE
0.25-0.5	BUENA
0.5-0.9	MEDIA
0.9-1	MALA
1	MUY MALA

FUENTE: Ramírez y Viña. Limnología colombiana, 1998.

5.1.2 Índice De Contaminación Por Sólidos Suspendedos (ICOSUS). Este índice de contaminación expresa la calidad del agua de acuerdo a la contaminación por sólidos suspendidos. Se determina mediante la concentración de sólidos suspendidos y se calcula por medio de la expresión: ⁵

⁵ lbit.,p. 71

$$\text{ICOSUS} = 0.02 + 0.003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos Suspendidos Mayores a 340 mg/l tienen ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos Menores a 10 mg/l tiene ICOSUS = 0

El ICOSUS se define en una escala de cero a uno (0-1) con el siguiente rango de valores:

Tabla 5. Concentraciones de referencia empleadas en ICOSUS

ICOSUS	CALIDAD DE LA CORRIENTE
0- 0.025	EXCELENTE
0.25-0.5	BUENA
0.5-0.9	MEDIA
0.9-1	MALA
1	MUY MALA

Fuente: RAMIREZ González Alberto. Limnología Colombiana. 1998

5.1.3 Índice Lótico de Capacidad Ambiental General (ILCAG). Este índice expresa la capacidad que tiene el recurso hídrico para regenerarse, esta directamente relacionado con el caudal el cual tiene una incidencia significativa en la capacidad de las corrientes superficiales para la asimilación de contaminantes y su consecuente autorecuperación. Para calcular este índice se desarrolla la siguiente expresión matemática:

$$\text{ILCAG} = 0.333 \text{ LOG Caudal (m}^3\text{/s)}$$

Según Ramírez y Viña la clasificación de las corrientes se hace en cinco categorías como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Caracterización de Los Cuerpos de agua Lóticos Según su caudal.

CAUDAL (m3/s)	ILCAG	CAPACIDAD AMBIENTAL
<1	0	Muy Baja
>1-10	0-0.333	Baja
>10-100	0.333-0.666	Media
>100-1000	0.666-1	Alta
>1000	1	Muy Alta

FUENTE: Ramirez y Viña. Limnología Colombiana 1998.

5.2 OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA

Es la definición de valores de los parámetros de calidad en una determinada fuente hídrica con relación al uso al que se va emplear la corriente.

Para el desarrollo del presente proyecto, se han definido los objetivos de calidad, como las metas propuestas por la autoridad ambiental (CAR) para la reducción de vertimientos y carga contaminante que deberán cumplir los municipios, mediante la elaboración del plan de saneamiento y manejo de vertimientos, que es el instrumento de planificación del recurso a un termino de diez años, a partir de la publicación de dichos objetivos y en el cual se deben proponer los programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al alcantarillado.

Lo anterior dando cumplimiento a la Resolución 1433 de 2004 emanada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la que solicita a las Corporaciones Autónomas regionales, formular los objetivos de calidad del agua para cada uno de los Municipios de su jurisdicción, con el fin de dar las bases para que cada uno de ellos, elabore su Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos.

La contaminación del recurso hídrico en la jurisdicción de la CAR, se ha incrementado a través de los años debido a la falta de planificación del mismo y al establecimiento de normas poco restrictivas, que no son coherentes con las necesidades actuales de la comunidad, debido a la poca concientización de la problemática de contaminación del recurso hídrico por parte de los legisladores; Por lo tanto es indispensable desarrollar estrategias encaminadas al control de la contaminación; una de estas estrategias, es conocer la calidad actual del recurso, para luego proponer objetivos de calidad del agua, enfocados a mejorar cualquier escenario de contaminación, con el fin de mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento y la conservación de la misma (CAR 2005).

6. CUENCAS HIDROGRAFICAS

Son áreas de la superficie terrestre drenadas por un único sistema fluvial, su tamaño y forma se determinan por las condiciones geológicas del terreno, el patrón y densidad de las corrientes y ríos que drenan este territorio no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y, cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales.

6.1 CONCEPTOS GENERALES

Las cuencas se consideran como sistemas abiertos en las que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas que intercambian energía y materia con las zonas circundantes, este proceso se ve claramente en el ciclo hidrológico, donde las cuencas reciben agua en forma de precipitaciones. (Véase la figura 1). Algunas precipitaciones regresan a la atmósfera una vez que han sido captadas por la vegetación y se han evaporado en la superficie de las hojas y ramas. La mayor parte se pierde por la evaporación que tiene lugar en el suelo y por la transpiración de las plantas. En los climas áridos y semiáridos es habitual que todas las precipitaciones se consuman de esta forma; la escorrentía sólo ocurre en ocasiones, después de fuertes tormentas. La escorrentía depende, además de la tasa de evaporación, de la pendiente del terreno, de la naturaleza de las rocas y de la presencia o ausencia de manto vegetal. Cuando las precipitaciones superan a la pérdida debida a la evaporación y transpiración, el excedente de agua sigue su curso en el sistema de drenaje y corre sobre la superficie del terreno. Sin embargo, su avance no es uniforme; es posible que las aguas se acumulen en lagos, suelos o como parte de las aguas subterráneas durante largos periodos antes de fluir finalmente como escorrentía hasta alcanzar el canal de la cuenca

Figura. 1 Ciclo del agua



FUENTE: Carmelo Marcén (I.E.S. Pilar Lorengar. Zaragoza) .2005

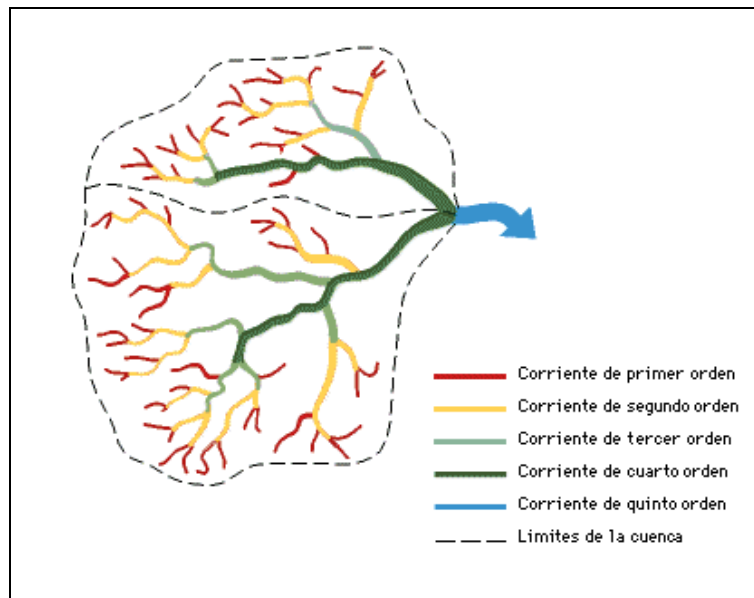
6.2 MORFOMETRÍA DE LAS CUENCAS

La medición y análisis cuantitativo de las características hidrográficas de las cuencas se denomina morfometría. Por este motivo, la cuenca representa la unidad fundamental empleada en hidrología, la ciencia que se ocupa del estudio de las diferentes aguas en el medio ambiente natural.

Para facilitar el estudio de las cuencas hidrográficas, la hidrología ha clasificado los ríos que conforman dichas cuencas de acuerdo a un orden jerárquico que se define como sigue: ríos de primer orden son los que no tienen afluentes; los de segundo orden se forman al unirse los de primer orden; los de tercer orden se forman al unirse los de segundo y así sucesivamente, como se observa en la figura 2. En su forma original el sistema consistía en que una cuenca de cada clase se prolongaba hacia el manantial de manera que el canal principal se extendía continuamente desde el manantial hasta la

desembocadura (Horton, 1945). Posteriormente se hicieron modificaciones del sistema que anularon esta idea a favor de la clasificación más simple de todos los ríos del mismo orden en una clase (Strahler, 1957).

Figura. 2 Orden de las cuencas



FUENTE: Carmelo Marcén (I.E.S. Pilar Lorengar. Zaragoza) .2005

7. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR

La CAR o CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA es una entidad del estado que tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (Atlas CAR.2001).

El 31 de enero de 1961 se creó la Corporación Autónoma Regional de los Valles de Ubaté y Suárez, hoy, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, trasladándole la responsabilidad de proteger el medio ambiente de un territorio con un área de 18.706,4 Km², que equivale a 1'870.640 hectáreas, donde se encuentran 105 municipios: 98 pertenecientes al departamento de Cundinamarca, 6 al de Boyacá y la zona rural de Bogotá D.C.

En 1996 la CAR inició un proceso de descentralización que distribuyó su jurisdicción en siete regionales: Sabana de Occidente con sede en Funza, que agrupaba a 9 municipios; Sumapaz en Fusagasugá con 10 municipios; Tequendama y Alto Magdalena en Girardot con 20 municipios; Rio Negro con sede en Pacho y 8 municipios; Gualivá y Magdalena Centro con sede en Villeta y Sabana Norte y Almeydas en Zipaquirá con 21 municipios.

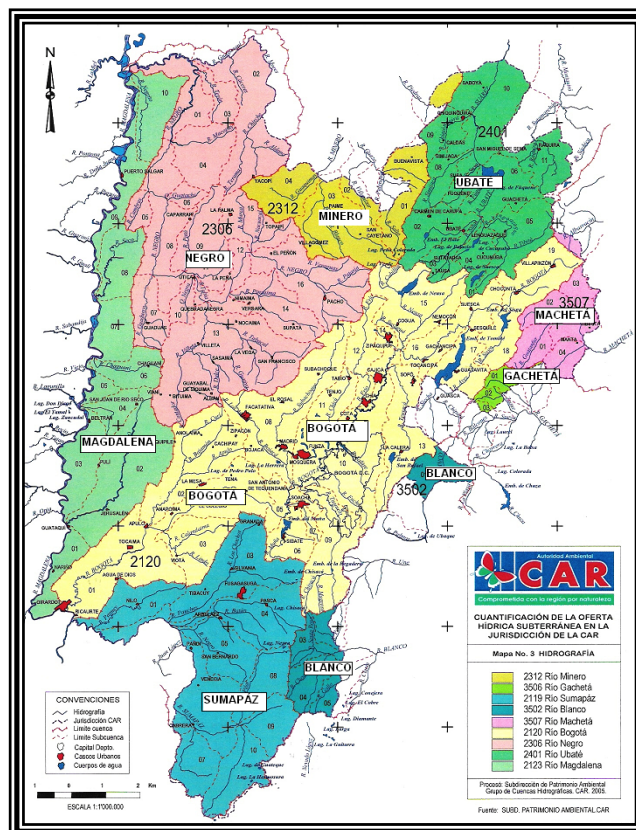
Los asuntos de la capital, por tratarse del mayor centro urbano del país, fueron abordados desde las oficinas centrales con sede en Bogotá D.C.

Actualmente, en la jurisdicción el número de habitantes es de 2'071.972. Al incluir los 7'500.000 de personas que viven en la capital de la república, suman cerca de 10'000.000.

7.1 TERRITORIO CAR

Los límites del territorio CAR comprende, al norte los departamentos de Antioquia y Boyacá, al occidente con los departamentos de Caldas y Tolima, al sur con el departamento del Huila y al oriente con el departamento del Meta, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura. 3 Límites del la jurisdicción



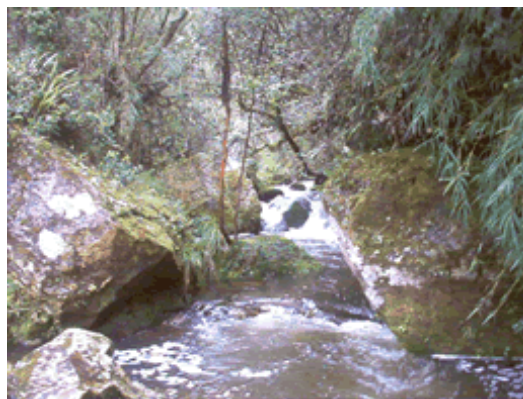
FUENTE: SUBDIRECCION DE PATRIMONIO AMBIENTAL-CAR 2005

El territorio está integrado por nueve cuencas hidrográficas de segundo orden con los ríos Bogotá, Negro, Sumapaz, Magdalena, Ubaté-Suárez, Minero, Machetá, Blanco y Gachetá, que suman los 18.658 Km².

El territorio CAR esta conformado por el Altiplano Cundiboyacense que sirve de divorcio de aguas hacia el occidente al sistema fluvial del Magdalena con desniveles de 1000-2000 metros, forman una espina de pescado en su desembocadura a aquellos ríos tributarios con sus aportes hídricos y también contaminantes: el Sumapaz, el Bogotá, Río Seco, el Negro, el Minero y el Ubaté y Suárez. La cuenca del Río Magdalena abarca el 94% del territorio CAR, con sus cuencas de drenaje desde la sabana de Bogotá y sus cordones de páramo. Las vertientes hacia los llanos del oriente alimentan las cuencas del Río Guaviare y del Meta. Son tributarios los ríos Gacheta, Blanco y Machetá; sus cuencas se caracterizan por una amplia cobertura vegetal y escasa intervención antrópica.

7.1.1 Cuenca Hidrográfica Del Río Bogota. Se encuentra ubicada en la parte central del Departamento de Cundinamarca, con una superficie de 569.460 Ha, el 30,4% del área CAR. Tiene una longitud de 335 Km; el caudal medio anual de la cuenca en su desembocadura es de 52,56 m³/s.

Figura. 4 Nacimiento río Bogota. Villa pinzón.



FUENTE: Somos Río Bogotá. 2005

La cuenca del Río Bogotá tiene jurisdicción parcial o total de 42 municipios de Cundinamarca, de los cuales sobresale Bogotá con 6,4 millones de habitantes construida en la parte media de la cuenca, y con el área de mayor desarrollo socio- económico del país; otros núcleos urbanos que organizan vastos espacios circunvecinos son: Zipaquirá, Facatativa, Soacha, Chía, Cájica, Madrid, Funza, Mosquera, Sibaté, La Calera, El Colegio, Anolaima, Anapoima, Tocaima y Girardot.

Figura 5. Salto del Tequendama



FUENTE: CAR. 1991

7.1.2 Cuenca Hidrográfica De Los Ríos Ubaté y Suárez. Esta cuenca se ubica al norte del departamento de Cundinamarca y sur-occidente de Boyacá, comprende una superficie de 196.910 Ha, el 10,5% del área CAR, en la cual se ubican los municipios de Tausa, Sutatausa, Ubaté, Carmen de Carupa, Fúquene, Susa, Guachetá, Simijaca, Lenguaque y Cucunubá pertenecientes a Cundinamarca y Chiquinquirá, Caldas, San Miguel de Sema, Ráquira, y Saboyá a Boyacá, con una población total de 205.684 personas, el 60.6% residentes en áreas rurales.

El río Ubaté nace en el municipio de Carmen de Carupa, por la confluencia de los ríos El Hato y La Playa, y sus principales afluentes son los ríos Suta y Lenguaque; recorre 42,7 Km. El área de drenaje alcanza 778 km²; es el principal afluente de la laguna de Fúquene

y el eje de recolección de aguas en el valle. El desagüe de la laguna es el río Suárez, al que desembocan, en su recorrido hasta la localidad de Garavito, el Simijaca y el Chiquinquirá. En la figura siguiente se puede apreciar una foto panorámica de la laguna de Fúquene:

Figura. 6 Laguna de Fúquene.



FUENTE: Camilo Cano. 2005

7.1.3 Cuenca Hidrográfica Del Río Sumapaz. Esta ubicada en la parte sur-occidental del Departamento, con una superficie de 253.150 Ha el 13,5% del área de la CAR distribuída en los Municipios de Fusagasuga, Pasca, Silvania, Granada, Tibacuy, Arbeláez, San Bernardo, Pandí, Venecia, Cabrera, Nilo y parte de Ricaurte. Como principal centro urbano y núcleo polarizador de la mayoría de las actividades de esta cuenca aparece la ciudad de Fusagasuga, que alberga el 69% de la población.

La oferta total de las aguas superficiales se calcula en 39,92 m³/s; las subcuencas que generan mayor caudal son las del río Alto Sumapaz Los Chochos, Negro y Cuja.

Desde el punto de vista en la cobertura en bosque natural, es una cuenca de relevancia ambiental. Presenta 94.183 Ha, el 37.33% de su cobertura en Bosque y 47.914 Ha, el 18.94%, en vegetación de páramo, lo que representa el 56.17 %, correspondiente a 142.097 Ha con cobertura protectora.

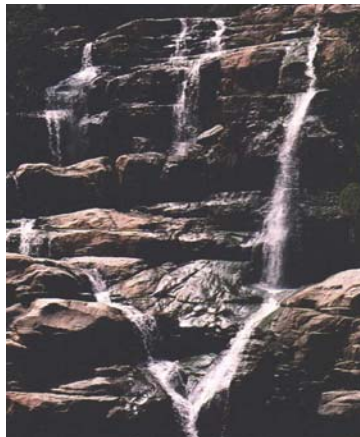
Figura. 7 Cuchillas de Bocagrande en el páramo de Sumapaz.



FUENTE: Universidad Inca 2005

7.1.4 Cuenca Hidrográfica del Río Negro. Esta cuenca hace parte de la hoya del Río Magdalena y se ubica al noroccidente del Departamento de Cundinamarca, tiene una extensión de 424.710 Ha, el 22.7% del área de la CAR, genera un caudal promedio anual de 13,43 m³/s y tiene una longitud de 201 Km. La cuenca limita por el norte con el Departamento de Boyacá; por el oriente con las cuencas del Río Minero y la parte media del Río Bogotá y por el occidente parcialmente con la cuenca del Río Magdalena. Los Municipios de Albán, Bituima, Caparrapí, Peñón, Guaduas, Guayabal de Siquica, La Palma, La Peña, La Vega, Nimaima, Tocaima, Pacho, Puerto Salgar, Quebradanegra, Sasaima, San Francisco, Supáta, Copaipí, Útica, Vergara, Vianí, Villeta y Yacopí, hacen parte de ella.

Figura. 8 Salto de Versalles, Villa Guaduas.



FUENTE: Universidad Inca 2005

7.1.5 Cuenca Hidrográfica del Río Magdalena. La gran cuenca hidrográfica del río Magdalena tiene una extensión de 256.620 km², el 28.8% del territorio nacional; allí se localizan las principales ciudades del país y más de 700 municipios, correspondientes a 18 departamentos. En ella reside el 75% de la población Colombiana. A la CAR le corresponde la margen oriental del Río comprendida entre Girardot, Ricaurte y Puerto Salgar, con una extensión territorial de 220.650 Ha, el 11.8% de su área, perteneciente a los municipios de Nariño, Guataquí y, parcialmente, a los de Puerto salgar, Guaduas, Quipile, Girardot y Ricaurte.

Figura. 9 Girardot río Magdalena.



FUENTE: Santiago Salazar 2003

7.1.6 Cuenca Hidrográfica del Río Minero. Esta cuenca pertenece al la hoya hidrográfica del Río Magdalena, esta ubicada al norte del departamento de Cundinamarca, cubre una extensión de 98.890 Ha, en jurisdicción de la CAR equivalente al 3.3% de la misma. Limita por el norte con el Departamento de Boyacá, por el oriente con la cuenca del Río Suárez, por el sur con la del Río Bogotá y por el occidente parcialmente con la cuenca del Río Negro. Comprende los municipios de Paima, San Cayetano, y Villagómez en Cundinamarca y Buenavista en Boyacá.

7.1.7 Cuenca Hidrográfica del Río Machetá. Esta cuenca hace parte de la gran hoya hidrográfica del Río Orinoco; se ubica al nororiente del departamento de Cundinamarca y tiene una extensión, en el área de la CAR de 48280Ha, el 2.6% de su jurisdicción. Comprende los municipios de Machetá y Tibirita y parte de Villapinzón, Chocontá y Manta.

7.1.8 Cuenca Hidrográfica del Río Blanco. Comprende dos sectores del territorio CAR, que hacen parte de la cuenca del Orinoco; el primero en el Municipio de la Calera con una extensión de 140 Km² y elevación media de 2858 m.s.n.m, donde tiene sus fuentes el Río Blanco, el cual en el sitio de la Unión se une al Río Negro y con este nombre llega a la planicie llanera donde se denomina Guatiquía. El segundo sector se ubica en la vertiente oriental del páramo de Sumapaz, jurisdicción rural de Bogotá, conformado por varias subcuencas, las mas extensa es la del Río Chochal, seguida de los Ríos Gallo, Santa Rosa y Portezuela para un total de 464 Km² en el área de la CAR.

Figura. 10 Paisaje de La Calera.



FUENTE: Alcaldía Municipal de La Calera. 2003

7.1.9 Cuenca Hidrográfica del Río Gachetá. Corresponde a un pequeño sector de la vertiente oriental de la cordillera oriental, conformado por varias microcuencas que en conjunto suman 97 Km², con elevación de 3031 m.s.n.m y precipitación anual promedia de 1632 mm. Sobresalen las áreas de drenaje de los Ríos Laguneros y Amladero tributarios a este Río.

8. MARCO LEGAL

Las normas aplicadas para la calidad del agua, varían y pueden proceder de diferentes organismos; existen normas nacionales como el decreto 1594 de 1984⁶, que reglamenta el uso del agua y los residuos líquidos; y normas internacionales establecidas por las autoridades ambientales de los diferentes países, que se formulan teniendo como referencia los estándares propuestos por la OMS (Organización Mundial de la Salud), La EPA (Agencia para la Protección del Medio Ambiente USA) y La UE (Unión Europea), quienes sustentan sus políticas con estudios científicos que incluyen: los efectos negativos de la contaminación del agua a la salud de la población, los efectos al medio ambiente y la viabilidad técnica e impactos de la regulación en los sistemas de agua en la economía y en la salud pública. Dichas normas son de características regionales y establecen niveles a través de parámetros químicos y microbiológicos, teniendo en cuenta los diferentes usos para los que se debe asegurar la calidad del agua. El objetivo último de la imposición de las normas es la protección de los usuarios finales, ya sean seres humanos animales domésticos o industrias.

A continuación se mencionan algunas de las principales leyes, decretos y resoluciones, que hacen referencia a la protección de cuencas hidrográficas, las cuales son las principales fuentes de los recursos hídricos.

⁶ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

- **Decreto - Ley 2811 de 1974**, De acuerdo con el artículo 18, la utilización directa o indirecta de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir o arrojar en ellos desechos o desperdicios, se sujetarán al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas expresadas

- **Decreto 1594 de 1984**: En este decreto se establecen los criterios de ordenamiento del recurso hídrico teniendo en cuenta: los valores de los parámetros de calidad que se deben cumplir según el uso del recurso, la forma de aprovechamiento y sus permisos correspondientes al uso del recurso, las normas de vertimientos, los procedimientos para la modificación de normas y criterios de calidad, el calculo de las tasa retributivas, los métodos de análisis y toma de muestras, la vigilancia y control, y las sanciones. Este decreto será la guía para la formulación de los objetivos de calidad de las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR, que se desarrollaran a lo largo del presente trabajo.

- **Ley 388 de 1987**: esta ley propone los planes de ordenamiento territorial como herramientas de planificación de un territorio en la que se deben tener en cuenta una serie de determinantes, entre ellas las sociales, económicas, las ambientales, y dentro de estas "las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas expedidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción.

- **Ley 99 de 1993**: según la cual el Ministerio elabora las políticas y los planes están a cargo de las CAR's. A partir de dicho Plan las Autoridades Ambientales, que son autónomas y regionales, deben proceder a la ordenación de las cuencas de acuerdo con la priorización establecida a nivel nacional y con las directrices establecidas en el Plan hidrológico nacional.

- **Decreto 901 de 1997:** Tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales. contempla lo relacionado con el establecimiento de la tarifa mínima y su ajuste regional; define los sujetos pasivos de la tasa, los mecanismos de recaudo, fiscalización y control, y el procedimiento de reclamación.

- **Resolución 273 de 1997 MAVDT:** Tarifas Mínimas de Tasas retributivas para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

- **Resolución 372 de 1998 MAVDT:** Actualización de Tarifas Mínimas Tasas retributivas.

- **Decreto 475 de 1998 MAVDT:** Este decreto expedido por el ministerio de la salud pública, contiene los lineamientos técnicos para la calidad del agua potable y en él se establecen las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable que rigen para todo el territorio nacional y deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable.

- **Resolución 0081 de 2001 MAVDT:** Formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva.

- **Decreto 1729 de 2002:** se refiere a la ordenación de cuencas hidrográficas dentro del territorio nacional según un orden de priorización en el marco de un Plan Hidrológico Nacional.

- **Decreto 3100 de 2003:** Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

- **Decreto 3440 de 2004:** Modifica parcialmente el Decreto 3100 de 2003, en cuanto al cobro de la tasa retributiva, los proyectos de inversión para la descontaminación hídrica, información previa para establecimiento de metas de reducción, entre otros temas.

- **Resolución 1433 de diciembre 13 de 2004:** por el cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100/2003, sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV y se adoptan otras determinaciones. De acuerdo con lo establecido en el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa retributiva deberán presentar a la autoridad ambiental competente el plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, de conformidad con la reglamentación que para tal efecto expida el Ministerio de Ambiente. Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual deberá contener las actividades e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos. Dicho, plan contendrá la meta, individual de reducción de carga contaminante de los usuarios mencionados que se fijará por la autoridad ambiental competente, cuyo cumplimiento se evaluará de acuerdo con los compromisos establecidos en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

- **Proyecto de ley No. 365:** por el cual se establecen medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico en el territorio nacional.

9. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología desarrollada a continuación se propuso teniendo en cuenta las directrices que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial planteó para la formulación de objetivos de calidad, quienes sabiendo las limitaciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, al no tener un plan de ordenamiento de recurso hídrico, dieron autonomía para que cada ente territorial, de acuerdo a la información que tuviera disponible, determinara objetivos de calidad según su criterio y conocimiento del territorio.

De acuerdo a lo anterior, en este capítulo se describe el método sistémico utilizado para la formulación de los objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden de LA JURISDICCIÓN DE CAR CUNDINAMARCA

9.1 CONFORMACIÓN DE BASE DE DATOS

En ausencia de un estudio amplio sobre el comportamiento de cada cuenca de segundo orden de la jurisdicción y al no tener conformada una red de información sólida sobre el estado de las cuencas, fue necesario recopilar la mayor cantidad de información de muestreos de las fuentes hídricas, en las diferentes subdirecciones de la corporación, que manejan el tema del recurso hídrico. Fué de esta manera como se consolidó una base de datos con la información suministrada por la subdirección de Patrimonio Ambiental, la Subdirección de Recursos Económicos y Apoyo Logístico y la Subdirección de Gestión Ambiental Compartida, que contiene caracterizaciones de los cuerpos de aguas para tasas retributivas, monitoreo a municipios y estudios realizados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en convenio con la Universidad de los Andes al Río Bogotá y otro estudio solicitado por la territorial de Girardot a la empresa de acueducto y alcantarillado de Girardot y Ricaurte (ACUAGYR) al Río Bogotá y parte del Magdalena.

Esta base de datos se clasifico distinguiendo las siguientes nueve cuencas de la jurisdicción:

- Blanco
- Gachetá
- Sumapaz
- Minero
- Negro
- Magdalena
- Bogotá
- Ubaté
- Machetá

Las cuencas de los Ríos Blanco y Gachetá, no presentaban información disponible en cuanto a monitoreos, debido a que allí no existen municipios que viertan a las corrientes de estas cuencas. Por lo tanto el análisis de estas cuencas se basó en los estudios disponibles en La CAR, como El Plan de Manejo de Aguas Residuales de la Jurisdicción de La CAR. 2005 y el Atlas Ambiental CAR 2001. Para las siete cuencas restantes que sí presentaron información de monitoreos, fue necesario hacer una depuración de los datos, en la cual se observara claramente la descripción del punto de muestreo, la fecha, el programa de monitoreo, la cuenca y subcuenca a la que pertenecían, la georeferenciación, la altitud y los parámetros de los cuales había alguna información y de los cuales se podría sacar alguna conclusión de la calidad del agua como son:

- Caudal
- Temperatura
- DQO
- DBO₅
- Oxígeno Disuelto
- pH
- Conductividad
- Sólidos Suspendidos

- E- coli
- Coliformes Totales
- Coliformes Fecales.

La base de datos consolidada, se puede apreciar en el ANEXO A.

9.2 GEOREFERENCIACIÓN

Se ubicaron los puntos de muestreo obtenidos en la base de datos en el mapa de la jurisdicción, con el fin de analizar posteriormente el comportamiento de cada fuente hídrica y verificar la ubicación exacta del punto según las coordenadas y hacer corrección de alturas, por medio del sistema de información geográfica, pues se observaron inconsistencias en la información registrada en las hojas de campo de cada muestreo.

9.3 CALCULO DE INDICES DE CALIDAD

Con el fin de realizar una caracterización espacial del área de influencia de la jurisdicción de la corporación y teniendo en cuenta el volumen de datos suministrados, se seleccionó un número ajustado de variables de los cuales sería posible calcular índices de calidad, como son: DBO, E-coli, caudal, solidos suspendidos, oxigeno disuelto, temperatura, además de la altura, gracias a que presentaban información considerable en la mayoría de las campañas a diferencia de los demás parámetros que tenían una información escasa.

Con base en lo anterior y con el fin de disponer de un criterio real sobre el estado de calidad de las corrientes hídricas de segundo orden de la jurisdicción, para el desarrollo de este trabajo se decidió analizar cada una de las diferentes variables seleccionadas, utilizando los índices propuestos por la corporación y desarrollados por los investigadores Alberto Ramirez Gonzalez y Gerardo Viña Vizcaino.

Los índices utilizados en este análisis son: Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice Lótico de capacidad ambiental general (ILCAG)

Para el cálculo de cada uno de estos índices se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

9.3.1 Cálculo del Índice de contaminación por Materia orgánica (ICOMO). Teniendo la información clasificada en cada una de las cuencas se prosiguió a destacar las variables de DBO_5 , coliformes totales y oxígeno Disuelto, para posteriormente estimar el índice de contaminación por Materia orgánica (ICOMO), por medio de una hoja de cálculo EXCEL ingresando la fórmula:

$$\text{ICOMO} = 1/3 (I_{\text{DBO5}} + I_{\text{COLIFORMES TOTALES}} + I_{\% \text{ OXIGENO}})$$

Los valores obtenidos con esta fórmula, fueron entre cero y uno, que al ubicarlos dentro de la escala de calidad del índice se podía observar que los datos tendientes a cero revelan escasa contaminación y los tendientes a uno alta contaminación. (VER ANEXO B).

9.3.2 Cálculo de Índice de Contaminación por Sólidos suspendidos (ICOSUS). Igualmente con la base de datos de cada cuenca y utilizando las el programa EXCEL, se evaluó el Índice de Contaminación por Sólidos suspendidos (ICOSUS), mediante la ecuación:

$$\text{ICOSUS} = 0.02 + 0.003 \text{ SS (Mg/L)}$$

Esta ecuación toma en cuenta la información disponible de sólidos suspendidos y arroja valores entre cero y uno que asimismo indican el grado de calidad del recurso frente a este índice, demostrando que los valores cercanos a cero indican una mejor calidad en la corriente y los valores cercanos a uno mala calidad de la fuente. (VER ANEXO B)

9.3.3 Cálculo del Índice Lótico de Capacidad General (ILCAG). Este índice muestra la capacidad de reoxigenación de un cuerpo lótico, que constituye una característica de gran importancia ecológica, ambiental y está estrechamente relacionado con el caudal. Para realizar la estimación de este índice se introdujo en la hoja de cálculo la siguiente formula:

$$ILCAG = 0.333 \text{ LOG Caudal (m}^3\text{/s)}$$

De la cual se obtuvieron valores entre cero y uno, que representan la capacidad ambiental del recurso para regenerarse ante la contaminación por materia orgánica, los valores que tienden a cero tienen baja capacidad ambiental y los que tiende a uno tienen mayor capacidad de regeneración. (VER ANEXO B)

9.4 MAPAS DE CALIDAD.

Después de calcular los índices de calidad, se ingresaron los datos al sistema de información geográfica, para obtener un mapa por cada índice, destacando las fuentes hídricas y los municipios de toda la jurisdicción. Se resaltó el estado de calidad de cada punto por medio de banderas de colores distinguiendo la calidad del agua en cada punto, según se observa en las convenciones de los mapas, que fueron planteadas para este estudio. Así sería posible observar el comportamiento de las cuencas a través de su recorrido. (VER ANEXO C)

9.5 ANALISIS ESTADISTICO

Inicialmente, se propuso hacer el cálculo de la tendencia de los datos, pues ésta daría una estimación a futuro del estado del recurso, pero al evaluar la frecuencia de la toma de muestras versus los puntos de muestreo por años, no se halló una muestra representativa para justificar el cálculo de la misma, debido a que la tendencia estadística o tendencia secular, esta enfocada a determinar los movimientos de las variables a largo plazo, soportado en información consistente recolectada a través de los años, es decir, que los puntos de muestreo sean iguales para todos los años y que el número de datos recolectados sea constante.

Por esta razón, se llevo a cabo un análisis descriptivo de la información, que permitiera aprovechar los datos y conocer el estado actual de las cuencas, éste se realizó utilizando como muestra representativa los parámetros: DBO, Sólidos suspendidos, Oxígeno Disuelto, Caudal, Temperatura del agua y además los índices ICOMO, ICOSUS e ILCAG, tomados de la base de datos consolidada, para las cuencas de los ríos Bogotá, Machetá, Magdalena, Ubaté, Sumapaz, Negro y Minero; de las cuales se calculó la media, la mediana, la moda y las medidas de dispersión; para posteriormente analizarlos y obtener una conclusión de las posibles causas del comportamiento de los datos en cada una de las cuencas, (VER ANEXO D)

9.6 IDENTIFICACION DE USOS DEL SUELO

Para obtener unos objetivos de calidad del agua coherente con la realidad de cada cuenca, se revisaron los POT de los municipios, para identificar los usos actuales y potenciales del suelo; pero al ver que la información presente en ellos estaba bastante desactualizada y algunos municipios no poseían esta información, se prosiguió a buscar fuentes más confiables, como: el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Gobernación de Cundinamarca, pero desafortunadamente la información encontrada correspondía a la

década de 1980 y por tanto no era vigente.

De acuerdo con lo anterior, se decidió buscar información más actualizada dentro de la corporación y se encontró que en la subdirección de planeación, existían mapas del uso del suelo actual y potencial, correspondientes al año 2001, (VER ANEXO E), los cuales permitieron identificar de forma general al uso del agua en cada cuenca de la jurisdicción.

9.7 COMPARACION DE NORMAS

Como los objetivos de calidad del agua, se establecen para cumplir los valores de los parámetros establecidos para un uso determinado del recurso, se vió la necesidad de revisar las normas existentes en Colombia y compararlas con algunas normas internacionales, con el fin de proponer un estándar restrictivo que corresponda a las características de cada cuenca.

Para el análisis de las normas, se investigó la legislación de diferentes países, entre ellos, Estado Unidos (EPA), Ecuador, Venezuela, Argentina, Chile, México, Bolivia y Colombia, además la Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Con esta investigación se pretendía hacer un posicionamiento de la norma colombiana, decreto 1594 de 1984, frente a las normas de los demás países y evaluar el grado de exigencia del país. De la misma manera se determinaron las normas que representaban mayor confiabilidad y un grado de restricción coherente con el uso del recurso.

Conforme a lo anterior, se observó que la norma de Estados Unidos presentaba semejanzas con el decreto 1594 de 1984, por ende se decidió utilizar en este trabajo las normas de la EPA (Estados Unidos.1992) para calidad de agua potable, y las normas de la Organización Mundial de la Salud (Génova 1993), para realizar la comparación de

todos los usos existentes, pues esta última plantea directrices para la calidad del agua potable y otros usos establecidos, por lo que se consideran un referente internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua. (VER ANEXO F). Adicionalmente, se observó que estas normas incluían parámetros que no se tienen en cuenta en la legislación nacional y que son de gran interés por sus efectos a la salud en los seres humanos, igualmente se evaluó, de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el país si estos contaminantes se pueden presentar en un cuerpo de agua de la jurisdicción; como resultado de este análisis se destacaron algunos parámetros microbiológicos y orgánicos, que se describen en el siguiente capítulo.

10. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA

En esta etapa final del trabajo, se observaron los mapas de calidad generados y se valoró la relación de los resultados entre los índices ICOMO, ICOSUS e ILCAG, para un mismo punto, con esto se logro ver que la calidad representada por los índices no demuestra incompatibilidades entre uno y otro, dando como resultado que todas las cuencas presenta buena calidad del agua en sus nacimientos, pero al llegar a los cascos urbanos se deteriora drásticamente, como consecuencia de los vertimientos domésticos, industriales y agropecuarios, que se desarrollan en la región, luego mejora con el recorrido de la corriente y la disminución de vertimientos en la parte baja de las cuencas, con esto se consideró que los objetivos debían definirse por tramos, siguiendo el recorrido de la calidad de la corriente para cada cuenca, observando que dichos tramos representaban trayectos muy largos y por consiguiente se tomo en cuenta la información de usos del suelo actuales y potenciales para tener un criterio de selección mas especifico, tal como se representa en la tabla 7.

Posteriormente a la definición de los tramos, se obtuvieron los valores promedio de los parámetros monitoreados en cada uno de ellos, para fijar un dato que representara el estado actual de los trayectos y que a continuación permitiera elaborar una tabla comparativa entre las normas de calidad del agua nacionales (decreto 475 de 1998 y decreto 1594 de 1984), e internacionales (OMS de 1995 y EPA 1992) teniendo como referencia el uso actual y potencial de la misma; para así generar los objetivos de calidad en cada una de las cuencas, teniendo como prioridad el valor mas restrictivo de cada parámetro, de acuerdo a la norma correspondiente al uso potencial del suelo en cada tramo, sin embargo se tuvo en cuenta que para algunos usos actuales del recurso, la ausencia de ciertos elementos contaminantes, permite ser mas flexible en el objetivo de calidad. El resultado de esta comparación se puede observar en el ANEXO G.

Tabla 7. DEFINICION DE TRAMOS SEGÚN INDICES DE CALIDAD Y USOS DEL SUELO DE CADA CUENCA

CUENCA	TRAMO	INICIO P_i	FINAL P_f	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
Río Bogotá	1-Nacimiento	Nacimiento Del Río Villapinzón	Antes Del Casco Urbano Del Municipio Villapinzón	Vegetación De Páramo, Protección De Flora y Fauna	Bosque Protector-Productor, Consumo Humano	Buena
	2-Villapinzón	Casco Urbano Villapinzón	Antes Del Municipio Chocontá	Agropecuario e Industrial	Agropecuario - Bosque Protector-Productor- Protección De Flora Y Fauna	Muy Mala
	3- Chocontá	Casco Urbano Municipios De Chocontá	Antes De Desembocadura Embalse Del Sisga	Agropecuario e Industrial	Agropecuario - Bosque Protector-Productor- Protección de Flora y Fauna	Muy Mala
	4- Suesca	Desembocadura Embalse Del Sisga A Río Bogota	Hasta Desembocadura Del Embalse Tominé	Agropecuario	Agropecuario - Bosque Protector-Productor y Consumo Humano	Mala
	5-Sesquilé	Desembocadura Del Embalse De Tominé A Río Bogotá	Hasta El Municipio De Gachancipá	Agropecuario	Agropecuario - Consumo Humano	Mala
	6- Gachancipá	Casco Urbano Del Municipio De Gachancipá	Hasta Aguas Arriba Municipio Tocancipá	Agropecuario	Agropecuario - Consumo Humano	Regular
	7- Tocancipá	Casco Urbano De Tocancipá	Hasta Antes De Desembocadura Embalse Neusa	Agropecuario	Agropecuario - Consumo Humano	Regular
	8- Zipaquirá	En Intersección Embalse Neusa Río Bogota	Antes Del Municipio De Cajicá	Agropecuario	Agropecuario -Bosque Protector Productor y Consumo Humano	Regular
	9- Cajicá	Casco Urbano Municipio De Cajicá	Hasta Aguas Arriba Del Municipio De Chía	Agropecuario	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Mala
	10- Chía	Casco Urbano Municipio Chía	Antes Del Casco Urbano Municipio Cota	Agropecuario	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Mala

	TRAMO	INICIO P _I	FINAL P _F	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
Río Bogotá	11- Cota	Municipio De Cota	Antes Desembocadura Río Juan Amarillo	Agropecuario	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Mala
	12- Bogotá	Desembocadura Río Juan Amarillo	Puente Cundinamarca. Sector Funza Mosquera, La Ramada	Agropecuario – Consumo Humano	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Muy Mala
	13- Funza Mosquera	Después De Estación Puente Cundinamarca	Desembocadura Del Río Tunjuelo	Agropecuario	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Muy Mala
	14- Bogotá Tunjuelito	Desembocadura Río Tunjuelo	Antes De Desembocadura Río Soacha	Agropecuario	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Muy Mala
	15- Soacha	Intersección Río Soacha Con Río Bogotá	Municipio Sibaté	Agropecuario – Consumo Humano	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Muy Mala
	16- Sibaté	Municipio Sibaté	Hasta San Antonio Del Tequendama	Agrícola y Bosque de Plantación	Agrícola Intensivo con Restricciones Ambientales Severas y Bosque Protector Productor	Muy Mala
	17- San Antonio Del Tequendama	Sector San Antonio Del Tequendama	Antes Del Casco Urbano De Tocaima	Agrícola, Bosques Naturales y Consumo Humano	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas	Muy Mala
	18- Tocaima	Municipio De Tocaima	Antes Del Municipio De Girardot	Agropecuario, Minería y Consumo Humano	Agrícola Con Restricciones Ambientales Severas	Regular
	19- Girardot	Casco Urbano Municipio De Girardot	Hasta Intersección Río Bogotá - Magdalena	Agrícola y Bosques Naturales	Agropecuario Con Restricciones Severas, Bosque Protector-Productor	Mala
Río Ubaté	1- Nacimiento Río Ubaté	Quebrada La Palma Y Embalse El Hato	Nacimiento Río Ubaté	Vegetación De Páramo, Protección De Flora Y Fauna	Preservación de Ecosistemas, Escenarios Paisajísticos, Consumo Humano	Buena

	TRAMO	INICIO P _i	FINAL P _f	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
Río Ubaté	2- Carmen De Carupa	Río Chaquira – Municipio Carmen De Carupa	Río Ubaté Antes Del Casco Urbano Del Municipio De Ubaté	Agrícola, Bosque Protector Productor, Preservación De Flora Y Fauna, Minería	Agrícola, Bosque Protector Productor-Preservación De Flora y Fauna	Buena
	3- Ubaté	Casco Urbano Del Municipio De Ubaté	Antes de Intersección Con Laguna de Fúquene	Agropecuario, Minería	Agrícola Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas, Uso Agrícola	Mala
	4- Laguna De Fúquene	Intersección Río Ubaté Laguna De Fúquene	Antes De Desembocadura Río Susa a Río Fúquene	Agropecuario	Agropecuario, Bosque Protector-Productor-reservación De Flora y Fauna	Regular
	5- Río Susa	Intersección Río Susa-Fúquene	Antes Del Casco Urbano Municipio Chiquinquirá	Agropecuario	Agropecuario Intensivo Con Restricciones Mínimas y Severas, Uso Agrícola	Regular
	6- Chiquinquirá	Casco Urbano Municipio Chiquinquirá	Río Suárez Antes De Quebrada Peña Méndez	Agropecuario	Agropecuario, Bosque Protector Productor- Uso Agrícola	Mala
	7- Saboyá	Quebrada Peña Méndez	Río Suárez Limite De La Jurisdicción	Agropecuario, Bosque Natural	Agropecuario, Bosque Protector Productor - Uso Agrícola	Regular
	8. Ráquira Y San Miguel De Sema	Nacimiento Río Candelaria Y Aguas Arriba De Municipio San Miguel De Sema	Desembocadura a Río Suárez	Agropecuario, Bosque De Plantación-Preservación De Flora y Fauna. Minería	Bosque Protector Productor, Pecuario Productor-Preservación Se Ecosistemas, Consumo Humano	Buena
Río Negro	1- Pacho	Nacimiento De Río Negro	Antes De Casco Urbano Municipio Del Peñón	Agropecuario, Consumo Humano, minería	Bosque Protector-Productor, consumo Humano	Buena
	2- El Peñón	Casco Urbano Municipio Del Peñón	Desembocadura Del Río Murca	Agropecuario - Bosques	Agropecuario Protector, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas	Buena
	3- La Palma	Desembocadura Del Río Murca	Antes De Intersección Río Nacuacal Con Río Murca	Agropecuario	Agropecuario Protector, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas	Regular
	4- Topaipí	Desembocadura Del Río Murca	Antes Del Casco Urbano La Peña	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con Restricciones Amb. Severas, Bosque Protector-Productor	Regular

Río Negro	TRAMO	INICIO P _i	FINAL P _F	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
	5- La Peña	Municipio La Peña	Desembocadura Del Río Pinzaima	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con restricciones Amb.Severas, Bosque Protector-Productor	Regular
	6- Supatá. Vergara , Nimaima	Desembocadura Del Río Pinzaima	Antes Del Municipio De Nocaima	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con Restricciones Amb.Severas, Bosque Protector-Producto	Regular
	7- Nocaima	Casco Urbano Municipio De Nocaima	Después De Desembocadura Del Río Tobía a Río Negro	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con Restricciones Amb.Severas, Bosque Protector-Producto	Regular
	8- Guayabal De Síquima	Después De Desembocadura Del Río Tobia	Desembocadura De Quebrada Negra	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con Restricciones Amb.Severas, Bosque Protector-Producto	Regular
	9- Quebrada Negra Y Útica	Desembocadura Quebrada Negra	Desembocadura Del Río Guaduro	Agropecuario	Agrosistemas Protectores Con Restricciones Amb.Severas, Bosque Protector-Producto	Regular
	10- Guaduas	Desembocadura Del Río Guaduro	Quebrada Zusne	Agropecuario Bosque Natural	Agropecuario-Protector Con Restricciones Amb.Severas, Bosque Protector- Productor, Preservación Ecosistema Local	Regular
	11- Caparrapí	Quebrada Zusne	Hasta Desembocadura Del Río Guaguaquí	Agropecuario, Bosque Natural y Vegetación De Páramo, Protección De Flora y Fauna	Agropecuario-Protector, Bosque Protector- Productor Con Restricciones Amb.Severas	Regular
	12- Yacopí	Desembocadura Del Río Guaguaquí	Desembocadura Del Río Negro Al Río Magdalena	Agropecuario Y Bosque Natural	Agropecuario, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb.Severas	Regular

	TRAMO	INICIO P _i	FINAL P _f	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
Río Sumapaz	1- Nacimiento	Páramo De Sumapaz	Antes Del Casco Urbano Municipio De Cabrera	Vegetación De Páramo, Protección De Flora Y Fauna- Escenarios Paisajísticos Locales	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
	2- Cabrera	Casco Urbano Cabrera Y Venecia	Antes Del Municipio De Pandi	Agropecuario- Bosque Natural	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
	3- Pandi	Casco Urbano Municipio Pandi- Río Negro	Antes De Intersección Con Río Pinches	Agropecuario	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
	4- Silvana - Fusagasuga- Tibacuy	Intersección Río Panches Con Río Sumapaz	Antes De Desembocadura Río Pagüey Con Río Sumapaz	Agropecuario	Bosque Protector Productor - preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Regular
	5- Nilo	Intersección Río Sumapaz Con Río Pagüey	Desembocadura Río Magdalena	Agropecuario- Vegetación De Páramo	Agrícola Intensivo - Tierras De Bosque Protector Productor- Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Regular
Río Minero	1 - Río Guaquimay	Río Guaquimay	Río Minero Limite Con Boyacá	Agropecuario	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
	2- Buenavista	Buenavista Quebrada El Páramo	Río Palenque	Agropecuario	Agropecuario-Preservación De Ecosistemas-Consumo Humano	Buena
	3- San Cayetano	Quebradas Las Lagunas, Guanani, Saltadero, Chorrera, Los Robles	Antes Del Casco Urbano Municipio De Paime	Agropecuario	Bosque Protector Productor – Agropecuario -uso Humano	Buena
	4- Paime	Casco Urbano De Paime	Intersección Con Río Negro	Agropecuario	Bosque Protector Productor - Agropecuario- Consumo Humano	Buena
	5- Villagómez	Aguas Arriba Río Mencipá	Intersección Río Negro-Río Minero En Limites Con Boyacá	Agropecuario	Bosque Protector productor - Agropecuario- Consumo Humano	Buena

CUENCA	TRAMO	INICIO P_I	FINAL P_F	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL
Río Machetá	1-Nacimiento	Alto Del Pan De Azúcar- Río Batá	Antes De Municipio De Machetá	Vegetación De Páramo, Agrícola	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
	2-Machetá	Casco Urbano Municipio De Machetá	Antes Del Casco Urbano Municipio De Tiribita	Agropecuario	Agropecuario-Consumo Humano	Buena
	3- Tibirita	Municipio Tibirita	Aguas Arriba Municipio Manta	Agropecuario	Bosque Protector Productor - Agropecuario- Consumo Humano	Regular
	4-Manta	Casco Urbano Municipio Manta	Aguas Abajo Municipio Manta	Agropecuario	Bosque Protector Productor - Preservación De Ecosistemas- Consumo Humano	Buena
Río Magdalena	1- Puerto Salgar	Desembocadura Del Río Negro	Hasta Municipio Puerto Salgar	Agropecuario, Consumo Humano	Agropecuario Protector, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas Consumo Humano	Regular
	2- Chaguaní	De Aguas Abajo Puerto Salgal	Desembocadura Del Río Chaguaní	Agropecuario, Minería	Agrosistemas Intensivos, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas, Ambiente Paisajístico Recreacional	Regular
	3- San Juan De Río Seco	Desembocadura Del Río Chaguaní	Desembocadura Del Río Seco	Agropecuario	Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb.Severas, Ambientes Paisajísticos Recreacionales	Regular
	4- Beltrán	Desembocadura Del Río Seco	Casco Urbano De Municipio Beltrán	Bosque Natural, Pecuario	Agrosistemas Intensivos, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas	Regular
	5- Pulí	Después Del Casco Urbano Beltrán	Desembocadura Quebrada Seca	Agropecuario, Bosque Natural	Agropecuarios Protectores, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb.Severas	Regular
	6- Quipile Jerusalén	Después De Desembocadura Q. Seca	Hasta Río Seco	Minería, Protección De Flora Y Fauna	Agrosistemas Intensivos, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas	Regular

Río	INICIO P _I	FINAL P _F	USO ACTUAL DEL SUELO	USO POTENCIAL DEL SUELO	CALIDAD ACTUAL	TRAMO
Río Magdalena	7- Guataquí	Después De La Desembocadura Río Seco	Municipio De Guataquí	Agropecuario, Minería	Agropecuario, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas	Regular
	8- Nariño	Después De Municipio De Guataquí	Intersección Río Magdalena En Nariño Girardot	Pecuario	Agropecuario Protector, Bosque Protector-Productor Con Restricciones Amb. Severas. Recreación	Regular
Río Gacheta	Toda La Cuenca			Preservación De Flora y Fauna	Consumo Humano	Excelente
Río Blanco	Toda La Cuenca			Preservación De Flora y Fauna	Consumo Humano	Excelente

FUENTE: AUTORAS 2006

P_I = Punto inicial del tramo

P_F = punto final del tramo

Los criterios tenidos en cuenta para la formulación de los objetivos de calidad del agua en cada tramo, corresponden a:

- **Uso potencial del suelo en dicha región.** Este criterio corresponde a la aptitud del suelo y representa el uso a futuro del mismo, que determinará la calidad del agua. Para reconocer cada uno de los usos potenciales en los tramos propuestos, se tomo como guía el mapa de aptitud del suelo del año 2001, suministrado por la CAR (VER ANEXO E) y de los diversos usos que se encontraron para un mismo punto, se tuvo en cuenta el uso predominante.
- **Uso actual del suelo.** Al no tener una información detallada de las actividades que se realizan en la zona y en las cuales se emplea el agua, fue necesario tener en cuenta el uso actual del suelo, pues éste es determinante de la calidad del agua actual, por consiguiente se tomo en cuenta el mapa más reciente de usos actuales del suelo correspondiente al año 2001 (VER ANEXO E).
- **Valores más restrictivo de las normas consultadas según el uso del agua.** Al consultar la normatividad de varios países, se concluyo que La EPA y La OMS, son las normas internacionales mas restrictivas y que a la vez argumentan sus políticas basados en estudios científicos de los efectos de cada uno de los contaminantes del agua en la salud humana. Por esta razón se tomaron en cuenta estos dos entes internacionales para compararlos con la legislación nacional correspondiente a los decretos 1594 de 1984 y 475 de 1998, según el uso del agua (consumo humano, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario y recreacional). La comparación de normas para consumo humano, se realizó con los criterios establecidos en la EPA, LA OMS para la calidad del agua potable y el decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud Publica de Colombia correspondiente a los parámetros para calidad de agua segura⁷.

⁷ **Agua segura:** Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana. Decreto 475 de 1998.

En cuanto a los demás usos del agua se tomaron en cuenta los estipulados por el decreto 1594 de 1984 emanado por el ministerio de agricultura de Colombia y La OMS (1995), pues estas dos normas describen la calidad del agua correspondiente a cada uso propuesto y son las mas completas con relación a las otras normas.

- **Los valores promedio de los parámetros monitoreados en cada tramo.** se calculó el promedio de los datos monitoreados consolidados en la base de datos, para así tener una idea global de la calidad actual del recurso en cada tramo y con este criterio complementar la argumentación de la definición de los objetivos de calidad del agua.
- **Parámetros microbiológicos que se tienen en cuenta en la normatividad internacional (EPA).** Se observo que en diferentes estudios sobre los efectos de la contaminación fecal de aguas, se propone el control de los parámetros microbiológicos que incluyen bacterias patógenas, helmintos, protozoos y virus entéricos, pues en los lugares donde el agua es consumida por el hombre o es reutilizada, el factor de riesgo más importante está asociado con la exposición a estos agentes biológicos⁸.

Para la formulación de los objetivos de calidad se incluyeron dos parámetros microbiológicos muy importantes para la determinación de contaminación por agentes patógenos que son *Huevos Helminto* y *Giardia Lamblia*.

⁸ ASANO, T. AND LEVINE, D. (1998). "Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse". Takashi Asano (editor),. Technomic Publishing. Lancaster. 1528 pags.

➤ **Parámetros orgánicos e inorgánicos que se tienen en cuenta en la normatividad internacional (EPA y OMS).** Se corroboró que las actividades humanas generan diferentes agentes contaminantes que no se incluyen en la normatividad nacional pero que han tomado importancia en los últimos años según los países que mas han estudiado éste tema. Para el presente estudio se analizaron cada uno de los parámetros que incluye la normatividad de la EPA y la OMS, según las características regionales de la jurisdicción de la CAR, en cuanto al uso a que se destina el agua y los posibles efectos sobre la salud. Los parámetros incluidos como objetivos de calidad del agua son los siguientes:

- **TALIO:** es producido por el percolado de plantas procesadora de minerales, efluentes de fabricas de vidrio y otros procesos industriales. Se debe tener en cuenta porque los efectos a la salud, en gente que ingiere grandes cantidades de talio durante un período breve describen vómitos, diarrea, caída temporal del cabello y efectos en el sistema nervioso, los pulmones, el corazón, el hígado y los riñones. El talio también puede causar la muerte. Los efectos de ingerir bajos niveles de talio por largo tiempo no se conocen (EPA 1992).
- **BENCENO:** este compuesto es encontrado en efluentes de fábricas de tanque de almacenamiento de combustible, estaciones de servicio y de vertederos para residuos. Los efectos que causa en la salud son: anemia, trombocitopenia⁹ y también un alto riesgo de cáncer (EPA 1992).
- **DICLOROMETANO:** se encuentra en efluentes de fábricas de productos químicos y farmacéuticos, y sus efectos a la salud son trastornos hepáticos y alto riesgo de cáncer (EPA 1992).
- **LINDANO:** este contaminante se presenta en aguas contaminadas por percolado de insecticidas usados en ganado, madera y jardines. Los efectos a la salud por la

⁹ Es una disminución en el número de plaquetas (también llamadas trombocitos).

ingestión de grandes concentraciones de este compuesto son: trastornos hepáticos o renales (EPA 1992).

- **TRIHALOMETANOS TOTALES (TTHM):** Es un subproducto de la desinfección de agua potable y produce trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central, también presenta alto riesgo de cáncer (EPA 1992).
- **CLORURO DE VINILO:** es un compuesto orgánico, que se destaca por su elevada toxicidad, volatilidad, persistencia en el medio, carácter bioacumulativo y movilidad en los vertederos. Se presenta en la elaboración de tuberías de PVC y en la fabricación de plásticos; causa cáncer cerebral, suprime el sistema inmunológico, es mutagénico y causa defectos de nacimiento (PANGAEA 2000).

Finalmente, se definieron los objetivos de calidad del agua por uso, correspondiente a cada uno de los tramos propuestos y siguiendo la metodología anterior, dando como resultado cuatro usos predominantes dentro de la jurisdicción, correspondientes a: calidad del agua destinada para consumo humano, calidad del agua destinada para preservación de flora y fauna; calidad del agua destinada para uso agropecuario y calidad del agua destinada a uso industrial y generación de energía

Cada uno de estos usos, representa un grado de restricción diferente, la calidad para consumo humano es la más restrictiva, corresponde a los tramos que de acuerdo a los índices de calidad del agua obtenidos, se estimaron de buena a excelente calidad y por consiguiente, es pertinente asignar este uso como resultado de comparación de las normas nacionales e internacionales, agregando algunos parámetros que han sido objeto de estudio por su incidencia en la salud humana. Adicionalmente, otros tramos que presentan calidad regular, se incluyeron dentro de este objetivo de calidad, debido a que actualmente se utiliza parte de su caudal para consumo humano y se proyecta mejorar la calidad del mismo.

Igualmente, para el uso correspondiente a preservación de flora y fauna, se tuvo en cuenta que la calidad de los tramos no es la mejor, pues se encuentra clasificada como regular o mala, pero que su uso potencial corresponde a la preservación de ecosistemas y escenarios paisajísticos por la importancia que tienen para la región.

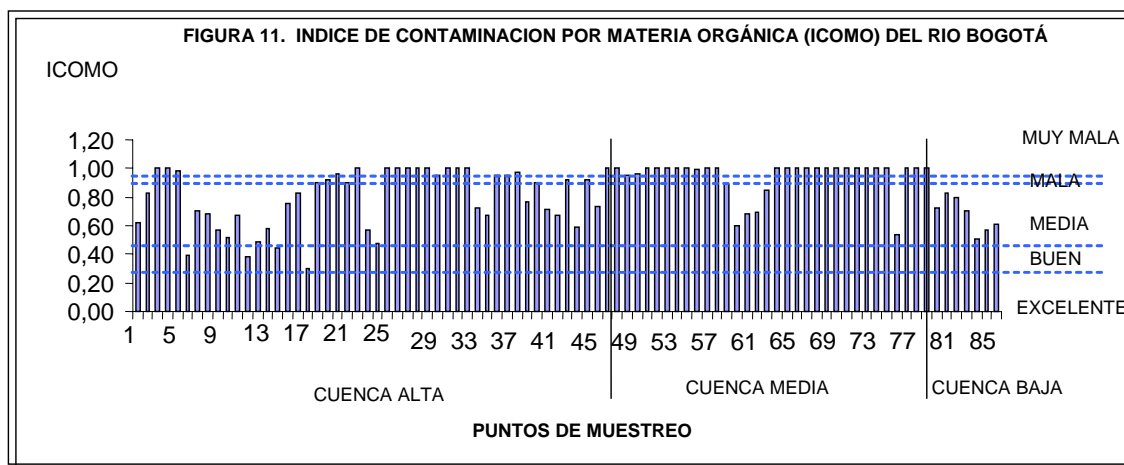
En cuanto a los objetivos de calidad correspondientes al uso agropecuario, se plantean los límites menos restrictivos, pero que no representan un peligro para las actividades agrícolas y pecuarias que se llevan a cabo actualmente. Los tramos seleccionados para cumplir este uso, se definieron porque constituyen una calidad regular, mala o muy mala del recurso y por consiguiente, no es posible mejorarla de una forma drástica; por esta razón, se propone un uso menos restrictivo que los anteriores, pero que a la vez permita mejorar la calidad del agua a futuro.

En la última clasificación se encuentran los objetivos de calidad del agua pertenecientes al uso industrial y generación de energía (termoeléctricas), que se asignaron a los tramos que presentan muy mala calidad del agua y cuyo tratamiento requiere sistemas avanzados de alto costo, que no garantizan el cumplimiento de las normas para otros usos a corto plazo.

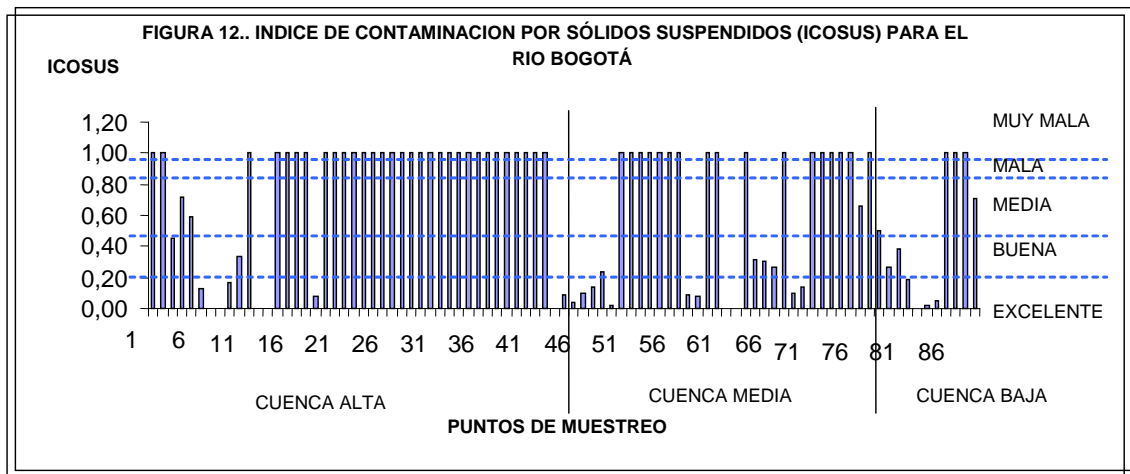
Según la anterior evaluación, en cuanto a la calidad del agua y los usos del suelo, se observó el comportamiento de cada cuenca y se establecieron los objetivos de calidad pertinentes a las características de cada una de ellas, como se describe a continuación:

- **Cuenca del Río Bogotá.** En términos generales, la calidad del agua de los cuerpos hídricos de la cuenca es buena en sus nacimientos y partes altas de las subcuencas, pero a medida que aparecen los asentamientos humanos y las actividades productivas se va degradando, como se puede ver en las graficas 11, 12 y 13 donde se representa el comportamiento de los índices de calidad del agua a lo largo de la cuenca, la cual se divide en tres sectores: cuenca alta, media y baja. Allí se observa que la

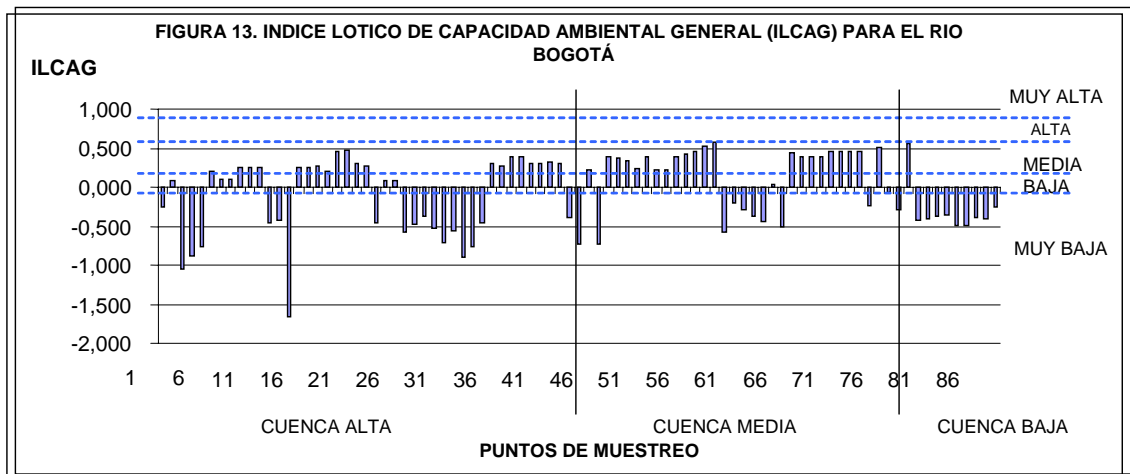
degradación de la calidad del agua en la cuenca alta, conformada por 17 municipios se refiere principalmente a la contaminación orgánica, bacteriológica, sólidos suspendidos y al aporte de residuos peligrosos en algunos tramos específicos del río como es el caso de Villapinzón, donde recibe las aguas residuales originadas en los procesos de producción de 182 curtiembres que generan una considerable pérdida de oxígeno, reflejado en la deficiente capacidad de regeneración del recurso, como muestra la grafica 3. donde el ILCAG, es el más bajo en los puntos muestreados en la cuenca alta del río Bogotá. También, se manifiesta un incremento de DBO₅, DQO y Cromo, entre otros, que aportan a la mala calidad del agua. Por esta razón el primer tramo, se destinó para consumo humano, mientras que los tramos 2 y 3 correspondientes a Villapinzón y Chocontá, por su elevada contaminación, se consideraron para el uso menos restrictivo en este caso el uso agrícola.



FUENTE: AUTORAS.2006



FUENTE: AUTORAS 2006



FUENTE: AUTORAS 2006

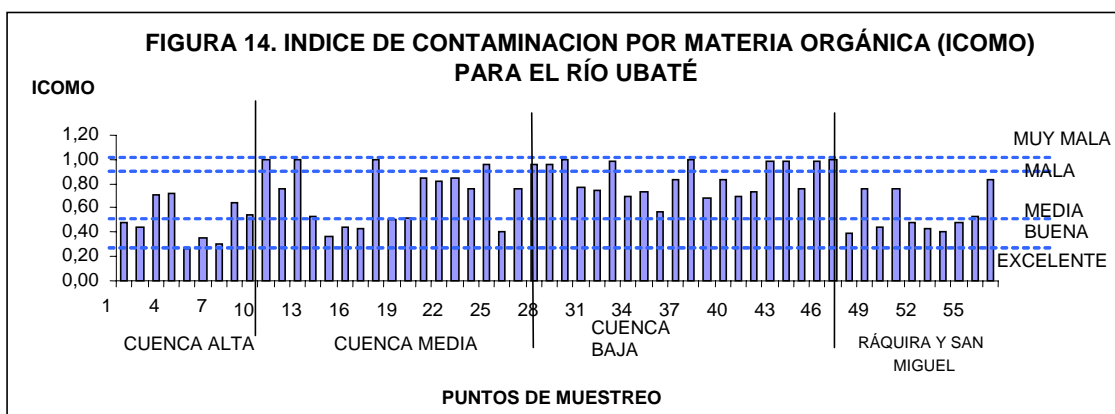
Siguiendo el recorrido del río, en los siguientes tramos se observa que hay un aumento en la capacidad autodepuradora del mismo, esto debido a los aportes de los Embalses de Tominé y Sisga, que generan oxigenación y aumentan el caudal de la cuenca, contribuyendo a la dilución de los contaminantes. Por consiguiente, los tramos ubicados en este sector desde la desembocadura del Embalse del Sisga, en el municipio de Suesca hasta el municipio de Zipaquirá, después de la descarga del río Neusa, se fijan con objetivo de calidad del agua para consumo humano con el fin de proyectar una mejor calidad del agua a futuro.

Posteriormente, los tramos localizados a partir del casco urbano del municipio de Cajicá, hasta antes de la desembocadura del río Juan Amarillo al río Bogotá, presentan bajos niveles de calidad como se observa en las graficas 11,12 y 13, en la parte final de la cuenca alta, por esta razón el uso correspondiente a estos tramos corresponde al uso agropecuario. La cuenca media desde el casco urbano de Bogotá hasta el sector de San Antonio del Tequendama, recibe la mayor carga contaminante que degrada totalmente el río y produce la desaparición del oxígeno disuelto, en gran medida por las actividades industriales, las descargas domésticas y labores agropecuarias, especialmente cultivos de flores y hortalizas. Cabe resaltar, que el río Bogotá en la Sabana tiene una baja capacidad ambiental de asimilación de carga orgánica, debido a una combinación de bajos caudales, que limitan la dilución; bajas pendientes, que limitan la reaeración; gran altitud y temperaturas medias, que limitan la concentración de saturación de oxígeno. Esta combinación de factores generada por diferentes vertimientos, implica la implementación de sistemas de tratamiento que permitan ajustar la calidad del agua por lo menos para las actividades agrícolas e industriales restringidas y generación de energía (VER TABLA 11), que se realizan en gran volumen en algunos puntos estratégicos de la cuenca.

La cuenca baja, a partir del casco urbano de Tocaima, hasta la desembocadura del río Bogotá al río Magdalena, aumenta su capacidad de autodepuración gracias a la oxigenación que recibe en el salto del Tequendama, además que disminuye la

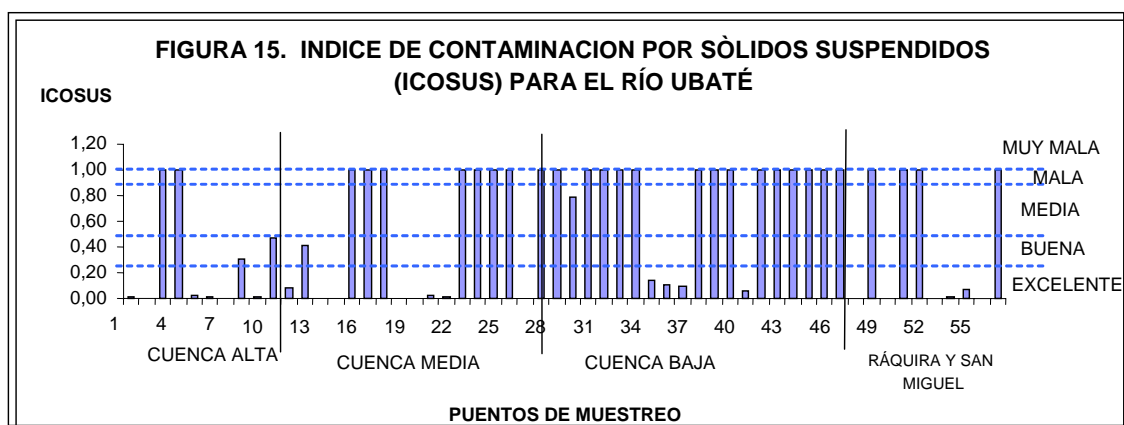
presencia de fuentes contaminantes y recoge caudales de fuentes menos contaminadas, por tal motivo estos tramos se destinaron para el uso agropecuario (VER TABLA 10), teniendo en cuenta la calidad de la corriente e igualmente el uso potencial mas predominante en esta zona.

- **Cuenca del río Ubaté:** a lo largo de la cuenca, se puede observar diferentes comportamientos de la calidad del río, como se puede apreciar en las graficas 14, 15 y 16; la calidad de los nacimientos ubicados en la cuenca alta del río Ubaté, correspondientes a la Quebrada la Playa y al Embalse el Hato, es buena, en cuanto al índice de contaminación por materia orgánica e igualmente para el índice de contaminación por sólidos suspendidos. Por otra parte, el índice lótico de capacidad ambiental general refleja una baja capacidad de regeneración, que no indica presencia de contaminación sino un bajo caudal del río en su nacimiento. Por esta razón, los tramos ubicados en esta zona (ver tabla 8) pertenecen al uso más restrictivo de los objetivos de calidad del agua, ya que se debe garantizar una excelente calidad a largo plazo.



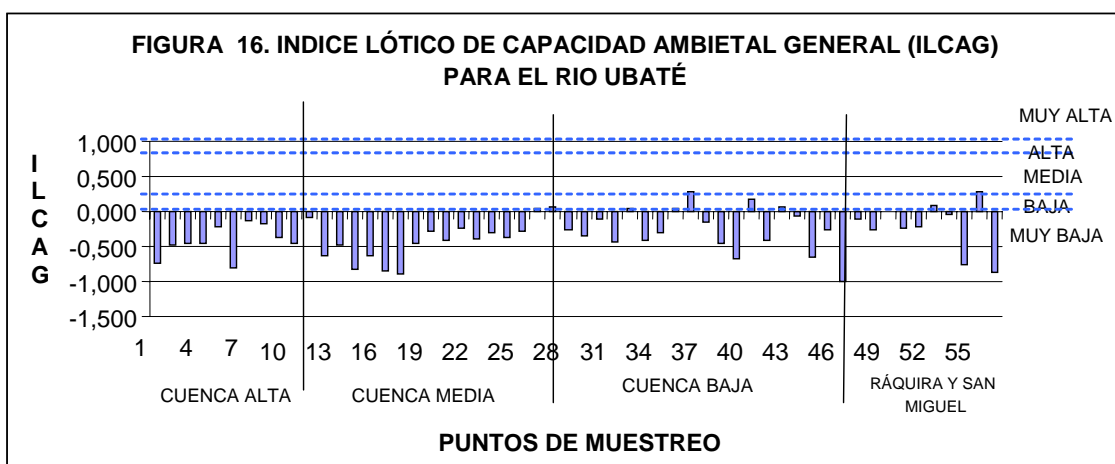
FU

ENTE: AUTORAS 2006



FU

ENTE: AUTORAS 2006



FU

ENTE: AUTORAS 2006

Siguiendo con el recorrido del río, se encuentra la cuenca media, comprendida entre los municipios de Ubaté, Fúquene, Susa, Simijaca, Guachetá y Lenguaque, que vierten sus aguas residuales domesticas a la cuenca principal, además de los contaminantes derivados de la ganadería y los cultivos agroindustriales; donde sobresale el procesamiento de productos lácteos, que agrega un alto contenido de carga orgánica y la actividad minera con aporte de sólidos suspendidos. Como se puede observar en las graficas 14 y 15 donde la calidad es media a mala. Por esta razón, para los tramos localizados antes de la laguna de Fúquene se fija el objetivo de calidad de acuerdo a uso

agropecuario, mientras que el objetivo planteado para la laguna de Fúquene es de preservación de flora y fauna (ver tabla 9), porque esta es un ecosistema estratégico para el desarrollo de la región y del cual se benefician muchas familias actualmente. De la misma manera, los tramos pertenecientes a la cuenca baja del río Ubaté, se definieron con objetivo de calidad agropecuario, a partir de los municipios de Caldas, Chiquinquirá y Saboya, los cuales desarrollan las mismas actividades de la cuenca anterior y la calidad de sus aguas es similar.

Finalmente el tramo correspondiente a los municipios de Ráquira y San Miguel de Sema, presentan una calidad buena del recurso, por tal motivo se definen como objetivos para consumo humano.

- **Cuenca del río Negro.** Para la evaluación de la calidad de esta cuenca, no se logró obtener información de puntos de muestreo sobre el río Negro, sino la caracterización de algunos de sus afluentes, por tal motivo se analizó la calidad de estos, para dar un concepto general del estado actual de la cuenca.

Según lo anterior se puede decir que en las partes altas de algunas subcuencas como son las de ríos Yayatá, Veraguas, Patá, Cambrás, Macopay, Teran y Guaguaquí poseen buena calidad de agua, por consiguiente su uso debe mantenerse para consumo humano en los tramos de los municipios de Pacho y El Peñón. Posteriormente a la altura de río Murca, se observa un deterioro de la calidad de la cuenca que comprende las subcuencas de los ríos Pinzaima, Villeta, Tobia, Bituima, Dulce y Guaduo, porque reciben los residuos provenientes de las áreas urbanas de los municipios Nimaima, Vergara, Supatá, Tocaima, La Vega, Sasaima, Villeta, La Peña, Quebrada Negra, Útica y Guaduas; además de los aportes de las labores agropecuarias que son las mayores causantes del deterioro por el aporte de carga orgánica. De acuerdo a lo anterior los tramos tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, once y doce, se destinaron para uso agropecuario, mientras que el tramo diez por poseer ecosistemas endémicos y debido a la calidad de su recurso, merece un objetivo de calidad de preservación de flora y fauna correspondiente a su uso potencial (ver tabla 9).

- **Cuenca del Río Sumapaz.** La calidad del agua en las cabeceras de los ríos, en especial en las subcuencas del San Juan y el Pilar, correspondientes al páramo de Sumapaz es excelente, pero a lo largo de su recorrido, se evidencian daños en las subcuencas del Río Negro, Cuja y Panches, los cuales reciben la mayor contaminación por las descargas provenientes de las actividades agropecuarias y domesticas, sin embargo, al llegar a la intersección con el Río Sumapaz la carga contaminante de estos afluentes se diluye, presentando una mejor calidad. Por último, el tramo correspondiente a la descarga del Río Panches hasta la desembocadura del Río Sumapaz al Río Magdalena, presenta una calidad del agua regular, debido principalmente a las viviendas de recreo con su población flotante, que ejercen presión sobre el recurso en términos de carga orgánica, además de las actividades agropecuarias. De acuerdo al análisis anterior de la cuenca, los tramos definidos para el Río Sumapaz, aunque presentan calidades diferentes, entre excelente, buena y regular, su uso potencial predominante del agua, a lo largo de la cuenca corresponde a consumo humano y preservación de ecosistemas, por lo que prevalece el uso con mayor restricción (VER TABLA 8).

- **Cuenca Río Minero.** En esta se desarrollan actividades domesticas y agropecuarias. En términos generales la calidad del agua es aceptable en las subcuencas de los Ríos Salto, Guaquimay y Villamizar y en la Quebrada Honda. En la subcuenca del Río Negro pueden apreciarse cambios en la pureza del líquido, debido a los desechos que arrojan las poblaciones de Villagómez, San Cayetano y Paimé. Teniendo en cuenta esta descripción, es posible decir, que el objetivo de calidad a cumplir en esta cuenca corresponde al uso para consumo humano (VER TABLA 8), debido a que la mayor contaminación es por el aporte de aguas domesticas y es posible lograr una buena calidad del agua con un tratamiento convencional.

- **Cuenca del Río Machetá.** En términos generales la calidad del agua de la cuenca es buena, en los nacimientos y a lo largo de las subcuencas del Río Aguacía y de las quebradas: los Molinos, Quebraditas y El Pueblo. Posteriormente la calidad del río desmejora al paso por las poblaciones de Manta, Machetá y Tibirita debido a la

contaminación de las aguas residuales domesticas y algunos residuos agrícolas. Observando el comportamiento de los índices en esta cuenca y según las características ya mencionadas, se fijaron objetivos de calidad del agua para consumo humano en toda la cuenca (ver tabla 8), pues la presión sobre el recurso es mínima en esta zona y es posible mejorarla controlando los vertimientos municipales.

- **Cuenca del Río Magdalena.** La parte del Río Magdalena correspondiente a la jurisdicción de la CAR, comprende la margen oriental del río, entre Girardot y Puerto Salgar, en donde a nivel de la desembocadura del Río Negro hasta aguas arriba del municipio de Chaguaní, se presenta una calidad del agua de regular a buena, que combinada con el considerable caudal del río se presta para proyectar un uso potencial de consumo humano (ver tabla 8). A partir de allí el río sigue con calidad regular pero el uso predominante del agua corresponde a las actividades agropecuarias, igualmente los asentamientos humanos en algunos sectores adyacentes a la ciudad de Girardot, deterioran la calidad de afluente, como también la desembocadura del Río Bogotá y el Río Sumapaz. Por consiguiente el uso propuesto en el sector de Girardot, sigue siendo agropecuario.

- **Cuencas de los Ríos Gachetá y Blanco.** Estas cuencas no poseen información sobre caracterización de sus aguas, en consideración a que no existen municipios en sus áreas, que viertan a estas, sin embargo por medio de un estudio realizado por La Corporación Autónoma Regional CAR ¹⁰, se demuestra que la calidad de las subcuencas de Gachetá y río Blanco es buena, ya que se localizan en terrenos con altas pendientes y con vegetación de páramo. Por este motivo para mantener la calidad del recurso se propone como objetivo de calidad del agua en estas dos cuencas el uso mas restrictivo, en este caso el de consumo humano (ver tabla 8)

¹⁰ PLAN DE MANEJO AGUAS RESIDUALES DE LA JURISDICION DE LA CAR E IMPLEMENTACION. 2005. p. 42 (mapa número 3)

Tabla 8. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DEFINIDOS PARA CONSUMO HUMANO.

TRAMOS DEFINIDOS PARA CONSUMO HUMANO	PARAMÉTROS	UNIDAD	OBJETIVO DE CALIDAD
RIO BOGOTA TRAMOS: 1,4,5,6,7,8 RIO UBATÉ TRAMOS:1,8 RIO NEGRO TRAMO:1,2 RIO SUMAPAZ TRAMOS:1,2,3,4,5 RIO MINERO TRAMOS :1,2,3,4,5 RIO MACHETÁ TRAMOS:1,2,3,4	ACIDEZ	CaCo ³	60
	ALCALINIDAD TOTAL	CaCo(3)	120
	ALUMINIO	mg/l	2
	AMONIACO	mg/l	1,5
	ANTIMONIO	mg/l	0,006
	ARSÉNICO	mg/l	0,05
	ASBESTOS	mfl	7
	BARIO	mg/l	0,7
	BENCENO		0,01
	BERILIO	mg/l	0,004
	BORO	mg/l	1
	CADMIO	mg/l	0,003
	CALCIO	mg/l	100
	CIANURO LIBRE	mg/l	0,07
	CIANURO TOTAL	mg/l	0,2
	CINC	mg/l	3
	CLOROFORMO	mg/l	0,7
	CLORURO DE VINILO	mg/l	2
	CLORUROS	mg/l	250
	COBALTO	mg/l	
	COBRE	mg/l	1,3
	COLIFORMES FECALES	NMP	0
	COLIFORMES TOTALES	NMP	0
	COLOR	UPC	15
	CONDUCTIVIDAD	µs/cm	<1500
	CROMO	mg/l	0,05
	CROMO HEXAVALENTE	CL96/50	0,025
	DBO (5)	mg/l	5
	DICLOROMETANO	mg/l	0,005
	DUREZA TOTAL	CaCo(3)	180
	E-COLI	NMP	0
	FENOLES TOTALES	Fenoles	0,01
	FLUORUROS	F-	1,7
	FOSFATOS	PO(4) ⁻³	0,4
	GIARDIA LAMBLIA	Quiste/ml	0
	GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos	AUSENTE
	MERCURIO	mg/l	0,001
	HIERRO	mg/L	0,5
	HUEVOS DEL HELMINTO	Huevos /litro	0
	LINDANO	mg/l	0,0002
	LITIO	mg/l	
	MAGNESIO	mg/l	60
	MANGANESO	mg/l	0,15

<p>RIO MAGDALENA TRAMO:1</p> <p>RIO GACHETÁ: TODA LA CUENCA</p> <p>RIO BLANCO: TODA LA CUENCA</p>	PARAMÉTROS	UNIDAD	OBJETIVO DE CALIDAD
	HIDROXIDOS	CaCo ³	MENORES DE LD ¹¹
	MOLIBDENO	mg/l	0,2
	NITRATOS	mg/l	1
	NITRITOS	mg/l	1
	OLOR Y SABOR		ACEPTABLE
	OXIGENO DISUELTO	mg/l	4
	PH	unidades	6,5-9
	PLATA	mg/l	0,05
	PLOMO	mg/l	0,01
	SALES	peso total	
	SELENIO	mg/l	0,01
	SOLIDOS TOTALES	mg/l	<1000
	SULFATOS	mg/l	250
	SUSTANCIAS FLOTANTES		ACEPTABLES
	TALIO	mg/l	0,002
	TENSOACTIVOS	mg/l	0,7
	TRIALOMETANOS TOTALES	THMs	<1
	TURBIEDAD	UNT	<5

FUENTE: AUTORAS. 2006

¹¹ *Límite de detección de un método analítico (LD)*: Es el valor resultante de multiplicar la desviación estándar de un blanco de reactivos o testigos por una constante igual a 5.5. Los rangos de lectura de los métodos analíticos utilizados para análisis del agua, deben incluir al menos la décima parte del valor máximo admisible o el de referencia.

Tabla 9. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DEFINIDOS PARA PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA DE AGUA DULCE.

TRAMOS DEFINIDOS PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA	PARAMÉTROS	UNIDAD	OBJETIVO DE CALIDAD
<p>RIO UBATE TRAMO: 2,4</p> <p>RIO NEGRO TRAMO: 10</p>	ALUMINIO	mg/l	<5
	AMONIACO	mg/l	0,1
	ARSÉNICO	mg/l	<0,1
	BARIO	mg/l	0,1
	BERILIO	mg/l	0,1
	BORO	mg/l	0,3-4,0
	CADMIO	mg/l	<0,01
	CIANURO LIBRE	mg/l	0,05
	CINC	mg/l	0,01
	CLORO TOTAL RESIDUAL	mg/l	0,1
	CLOROFENOLES	mg/l	0,5
	COBALTO	mg/l	0,05
	COBRE	mg/l	0,1
	COLIFORMES FECALES	NMP	<1000
	COLIFORMES TOTALES	NMP	<5000
	CROMO	mg/l	<0,1
	CROMO HEXAVALENTE	CL96/50	0,01
	DBO (5)	mg/l	<5-45
	DIFENIL	C. de agente activo	0,0001
	FENOLES MONOHIDRICOS	Fenoles	1
	FLUOR	mg/l	1
	GIARDIA LAMBLIA	Quiste/ml	0
	GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos	AUSENTE
	HIERRO	mg/l	0,1
	HUEVOS DEL HELMINTO	Huevos/litro	0
	LITIO	mg/l	<2,5
	MANGANESO	mg/l	0,1
	MERCURIO	mg/l	0,01
	MOLIBDENO	mg/l	0,01
	NIQUEL	mg/l	0,01
	OXIGENO DISUELTO	mg/l	5
	PH	unidades	4,5-9,0
	PLAGUICIDAS	C. de agente activo	0,05
	PLAG. ORGANOCLORADOS	C. de agente activo	0,001
	PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	C de agente activo	0,05
	PLATA	mg/l	0,01
	PLOMO	mg/l	0,01
	SALES	peso total	
	SELENIO	mg/l	0,01
	SULFURO DE HIDRÓGENO I.	mg/l	0,0002
	TENSOACTIVOS	mg/l	0,143
	VANADIO	mg/l	0,1

FUENTE: AUTORAS 2006

Tabla 10. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DEFINIDOS PARA USO AGROPECUARIO.

TRAMOS DEFINIDOS PARA USO AGRICOLA	PARAMÉTROS	UNIDAD	OBJETIVO DE CALIDAD
<p>RIO BOGOTA TRAMOS: 2,3,9,10,11, 18,19</p> <p>RIO UBATE TRAMOS:3,5,6,7</p> <p>RIO NEGRO TRAMOS: 3,4,5,6,7 8,9,11,12</p> <p>RIO MAGDALENA TRAMOS: 2,3,4,5,6,7,8</p>	ALUMINIO	mg/l	<5
	ARSÉNICO	mg/l	<0,1
	BERILIO	mg/l	0,1
	BORO	mg/l	0,3-4,0
	CADMIO	mg/l	<0,01
	CINC	mg/l	2
	COBALTO	mg/l	0,05
	COBRE	mg/l	0,2
	COLIFORMES FECALES	NMP	<1000 NMP
	COLIFORMES TOTALES	NMP	<5000 NMP
	CROMO	mg/l	<0,1
	DBO (5)	mg/l	<5-45
	FLUOR	mg/l	1
	GIARDIA LAMBLIA	Quiste/ml	0
	GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos	AUSENTE
	HIERRO	mg/l	<5
	HUEVOS DEL HELMINTO	Huevos/litro	0
	LITIO	mg/l	<2,5
	MANGANESO	mg/l	<0,2
	MERCURIO	mg/l	0.01
	MOLIBDENO	mg/l	0,01
	NIQUEL	mg/l	<0,2
	PH	unidades	4,5-9,0 UND
	PLOMO	mg/l	<5
	SELENIO	mg/l	<0,02
	VANADIO	mg/l	0,1

FUENTE: AUTORAS 2006

Tabla 11. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DEFINIDOS PARA USO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL RESTRINGIDO Y GENERACION DE ENERGIA.

TRAMOS DEFINIDOS PARA USO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL RESTRINGIDO Y GENERACION DE ENERGIA	PARAMÉTROS	UNIDAD	OBJETIVO DE CALIDAD
RIO BOGOTA TRAMOS: 12,13,14,15,16,17	ALUMINIO	mg/l	5
	ARSÉNICO	mg/l	0,1
	BERILIO	mg/l	0,1
	BORO	mg/l	0,3-4,0
	CADMIO	mg/l	0,01
	CINC	mg/l	2
	COBALTO	mg/l	0,05
	COBRE	mg/l	0,2
	CROMO	mg/l	0,1
	DBO (5)	mg/l	5-45
	FLUOR	mg/l	<150
	GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos	≤20.6
	HIERRO	mg/l	5
	LITIO	mg/l	2,5
	MANGANESO	mg/l	0,2
	MERCURIO	mg/l	0.01
	MOLIBDENO	mg/l	0,01
	NIQUEL	mg/l	0,2
	PH	unidades	4,5-9,0 UND
	PLOMO	mg/l	5
	SELENIO	mg/l	0,02
	VANADIO	mg/l	0,1

FUENTE: AUTORAS 2006

11. CONCLUSIONES

Según el estudio realizado a las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR, para el planteamiento de objetivos de calidad del agua, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El cálculo de los índices de calidad del agua, es una herramienta importante que permitió conocer el estado actual del recurso y determinar, con relación a los usos del suelo, las directrices para el planteamiento de los objetivos de calidad, de una forma más coherente con la realidad de la región.
- Los monitoreos efectuados por la CAR, que formaron parte de este estudio, corresponden a caracterizaciones hechas a las cuencas de segundo orden de la jurisdicción, en los años 2001, 2004 y 2005, pues los monitoreos realizados en años anteriores carecían de información consistente, con respecto a los parámetros que indican la calidad del agua.
- De la información suministrada por la CAR, solo dos cuencas presentaban monitoreos sobre la corriente principal, Bogotá y Ubaté, mientras que las demás cuencas: Minero, Sumapaz, Magdalena, Negro y Machetá, tienen datos únicamente de los afluentes. Para el caso de las cuencas de Gachetá y Blanco, no existen monitoreos de ninguna corriente.

- Los datos que se clasificaron en este estudio corresponden a las cuencas de segundo orden más importantes de la jurisdicción de la CAR, en las cuales las actividades humanas generan grandes impactos sobre el recurso hídrico, especialmente las labores agropecuarias que representan el 88.6 % de toda la jurisdicción y las industrias incluyendo la minería con 3.9%.
- Al evaluar la calidad actual de las cuencas por medio de los índices, se pudo concluir, que en general las cuencas presentan buena calidad en sus nacimientos, pero al llegar a los cascos urbanos se deteriora drásticamente, como consecuencia de los vertimientos domésticos, industriales y agropecuarios, que se desarrollan en la región; los puntos de mayor contaminación de acuerdo a los índices, están asociados a vertimientos sobre corrientes hídricas con muy bajos caudales que oscilan entre 0,01lt/s y 6 lt/s, por ende tienen muy baja capacidad de autodepuración, pues a medida que el caudal de la fuente receptora es mayor, menor es el impacto causado por los vertimientos municipales, gracias a la capacidad de dilución.
- Se observó que el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS para todas las cuencas analizadas, presenta niveles altos, ya que por ser ríos de montaña transportan una carga considerable de sólidos suspendidos debido a las condiciones del terreno. Estos valores para las cuencas pequeñas como Machetá, Minero y Sumapaz se encuentran entre 116 mg/lit y 605 mg/lit aproximadamente, mientras que las cuencas mayores como Bogotá, Ubaté, Negro y Magdalena oscilan entre 1.544mg/lit y 77.200mg/lit. Igualmente el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, presenta variación considerable ya que se incrementa después de las descargas de los cascos urbanos y de las actividades agropecuarias, que aportan carga orgánica, nitrógeno y fósforo, contribuyendo al deterioro de la calidad del recurso. En cuanto al ILCAG, se puede decir, que presentó valores muy bajos, debido a la alta concentración de materia orgánica y sólidos suspendidos, que impiden el intercambio de oxígeno del agua con la atmósfera, ocasionando baja capacidad de autodepuración de las corrientes y aunque en algunas zonas de las cuencas el caudal

aumenta, esto no es suficiente para diluir las concentraciones de contaminantes y aumentar la capacidad de regeneración.

- Al estudiar los datos por medio de la estadística descriptiva, es posible hacer un diagnóstico del comportamiento de los mismos, de allí se concluye, que no es posible calcular la tendencia para ninguna de las cuencas, pues la descripción obtenida de cada una de las variables por medio de la media, la varianza, la desviación estándar, la moda, y los valores máximos y mínimos, indican que los datos son bastante heterogéneos, dado a que las muestras recolectadas en el años 2001, 2004 y 2005, fueron tomadas en diferentes coordenadas y dan como resultado, que los datos no son aptos para hacer una proyección de comportamiento de cada variable respecto al tiempo.
- Al analizar la correlación estadística entre los índices, se encontró una similitud considerable entre el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO y el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, igualmente existe correlación alta e inversa entre el Oxígeno Disuelto y el indicador ICOMO. Esto indica que la presencia de sólidos suspendidos incide en la concentración de materia orgánica e igualmente en la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua
- Se observó que las actividades realizadas en cada región indican los usos a los que se destina el agua, siendo éste el criterio más importante para determinar los objetivos de calidad, ya que cuando el agua se utiliza para satisfacer las necesidades del hombre, debe cumplir con los parámetros de calidad respectivos, garantizando un mínimo impacto al ecosistema.
- De acuerdo con los mapas de uso del suelo actuales y potenciales, se puede concluir que las actividades económicas presentes en la región, en su mayoría no son

compatibles con la aptitud del suelo, por consiguiente los objetivos de calidad planteados son muy restrictivos esperando que al cabo de diez años las actividades de la zona afecten en menor proporción el recurso hídrico

- En general los objetivos de calidad formulados buscan mejorar las condiciones de calidad del agua a futuro, por esta razón aunque en muchos tramos de las cuencas, no se cumple ninguno de los usos propuestos en el decreto 1594 del 1984, se planteó el uso menos restrictivo en estas zonas, sin embargo contribuye a la mejora de la calidad del recurso.

RECOMENDACIONES

- Realizar por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, monitoreos programáticos de cada una de las cuencas, de una forma eficiente, implementando una guía, que incluya los parámetros más importantes a monitorear por fuente hídrica, anotando las condiciones encontradas en el sitio en el momento de la toma de muestra y definiendo puntos de muestreos específicos, los cuales deben ser los mismos para cada campaña.
- Implementar un modelo de simulación de la calidad del agua, para obtener datos más reales sobre el estado de cada cuenca, en especial la cuenca del río Bogotá.
- Consolidar una base de datos, con información correspondiente a la localización de los puntos de captación de agua de las fuentes principales, para las diferentes actividades que se desarrollan sobre cada cuenca.
- Actualizar la base de datos consolidada en este trabajo con la información correspondiente a las próximas campañas de monitoreo.
- Hacer seguimiento y control, a la implementación de los objetivos de calidad del agua en cada uno de los municipios de la jurisdicción.

BIBLIOGRAFIA

- ARJONA. Fabio. Reformulación del componente Villapinzón – Chocontá del Programa de Saneamiento de la Cuenca Alta del Río Bogotá. Progrma CAR-BID. 1999.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water Quality and Treatment a Handbook of Community Water Supplies. 4ª Edición. McGraw-Hill. 2001
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Atlas Ambiental. Bogotá. 2001
- ----- . Estudio Sobre Plan de Mejoramiento Ambiental Regional para La Cuenca de La Laguna de Fúquene -Informe De Soporte, Bogotá. Agencia de Cooperación Internacional –JICA. 1999.
- -----,----- . Informes de Monitoreo de Municipios. Bogotá. 2000-2005
- -----,-----,----- .Informes de Laboratorio de Tasas Retributivas. Bogotá. 1997-2005.
- -----,-----,-----,----- . Plan De Manejo Aguas Residuales de La Jurisdicción de La CAR e Implementación. 2005. 42 p.
- CUERVO Muriel, Ingenieros. Programa de Aforo y Muestreo del Río Bogotá, Informe Final. Bogotá. 1996.

- ECOFOREST-SWETFOREST. Inventario de los Recursos Naturales de la Jurisdicción CAR. Bogotá. 1999.
- OPAZO Unda. Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. México. Editorial Limusa. 2002.
- QUEVEDO Balkys. Programa de Aforo del Río Bogotá. 1999
- RAMIREZ GONZALEZ Alberto y VIÑA VIZCAÍNO Gerardo. Limnología Colombiana Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis. 1998. 65-70 p.
- STEPHEN P. Shao. Estadística Para Economistas y Administradores de Empresas. México.1967. 227 p.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL EN CONVENIO CON LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ – ESP. Modelación de La Calidad del Agua del Río Bogotá (Villapinzón- Girardot).2002.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES EN CONVENIO CON LA TERRITORIAL DE LA CAR-GIRARDOT. Estudio de Calidad del Agua del Río Magdalena en Los Tramos de Girardot- Ricaurte. 2005.
- www.car.gov.co. Revisado 20-12-2005
- www.ideam.gov.co . Revisado 11-01-2006.
- www.ing.unp.edu.ar/estadisitio/estaddes.htm.2003

- www.fundacionhumedales.org. Revisado 15-01-2006
- www.bvsde.ops-oms.org/bvsaca/e/modemate.html. Revisado 20-01-2006
- www.bvsde.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.s.html. Revisado 20-01-2006
- www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/normaspaíses.html. Revisado 20-01-2006
- www.chegualquivir.es/opencms/opencms/chg-web/contenido.html. Revisado 20-01-2006
- www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/hipertexto/11CAgu/130RioLa.html. Revisado 20-01-2006
- www.lenntech.com Revisado 20-01-2006
- www.epa.gov Revisado 23-01-2006
- www.unescoeh.org/ext/manual/html/agua.html.2005. Revisado 25-02-2006
- www.ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanishhi.html.2005. Revisado 26-02-2006
- www.invias.gov.com 2000. Revisado 30-03-2006
- www.somosriobogota.org/docc_soc_0003_vision_cuenca_cha.html.2003. Revisado 30-03-2006.

ANEXO A
BASE DE DATOS CONSOLIDADA (VER CD)

ANEXO B
CALCULO DE ÍNDICES (VER CD)

ANEXO C
MAPAS DE CALIDAD

ANEXO D
ANALISIS ESTADISTICO

ESTADISTICA DESCRIPTIVA

Todo estudio que requiera análisis estadístico se inicia detectando el comportamiento de cada una de las variables, por este motivo, se comienza con una descripción de cada una de las variables, lo cual incluye la media, la varianza, la desviación estándar que es la raíz cuadrada de la varianza, el máximo, el mínimo, la moda y el número de datos válidos para el estudio.

Las estadísticas descriptivas pueden ser obtenidas en cualquier software que ofrezca estas opciones, el más sencillo, aunque muy completo, es Excel. Existen otros como SPSS, SAS, StatGraphics, etc, pero dada la simplicidad del análisis no es necesario llegar a ellos.

En cuanto a las correlaciones, se calcularon para verificar si existían correlaciones entre los indicadores ICOMO, ICOSUS e ILGAC.

	<i>DBO</i>	<i>Sólidos suspendidos</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Caudal</i>	<i>Temperatura de agua</i>	<i>ICOMO</i>	<i>ICOSUS</i>	<i>ILCAG</i>
DBO	1							
Sólidos suspendidos	0,02392	1,00000						
Oxígeno disuelto	0,01519	-0,18664	1,00000					
Caudal	-0,01497	0,07832	-0,13770	1,00000				
Temperatura de agua	-0,01125	-0,01387	0,07472	-0,01388	1,00000			
ICOMO	0,04555	0,21012	-0,81308	0,14000	-0,02407	1,00000		
ICOSUS	-0,04703	0,24426	-0,09215	0,02072	0,05573	0,19564	1,00000	
ILCAG	-0,09269	0,02797	-0,21395	0,41580	0,00712	0,11983	-0,12774	1

De acuerdo a los resultados solo existen correlaciones entre oxígeno disuelto e ICOMO, lo cual se debe a que el cálculo del indicador se hace en base a Oxígeno.

ANÁLISIS INFORMACIÓN RIO BOGOTÁ:

Variable DBO:

La primera variable que se analiza es DBO. La tabla siguiente de estadísticas descriptivas muestra que el valor promedio de los datos es 75.26, pero tiene una variabilidad muy alta ya que sus valores están en un rango de 0 a 959, esto lo confirman la varianza que es sumamente alta (14879.5) y la desviación estándar (121.9).

DBO	
Media	75,2689134
Error típico	5,1272826
Mediana	32,9
Moda	5
Desviación estándar	121,981922
Varianza de la muestra	14879,5892
Curtosis	16,0182855
Coeficiente de asimetría	3,48865776
Rango	959
Mínimo	0
Máximo	959
Suma	42602,205
Cuenta	566

Tomando la información por años, podemos ver que no todos los puntos fueron muestreados en los años siguientes, sino que cada año se tomaron las muestras en diferentes coordenadas.

Año 2001:

Los valores medidos varían entre 0 y 442 aproximadamente.

Año 2004:

Los valores varían entre 0.8 y 598 aproximadamente.

Para este año se tomaron mayor cantidad de muestras que el año anterior. Corresponde además a la mayoría de puntos muestrales tomados en la zona norte de los afluentes.

Año 2005:

Estas muestras corresponden al área sur del área total de muestreo. Se presentan aún más puntos que el año anterior.

Los valores observados varían entre 0 y 12816, seguramente por la alta variabilidad en cuanto a la ubicación de los puntos y a la cantidad de puntos observados.

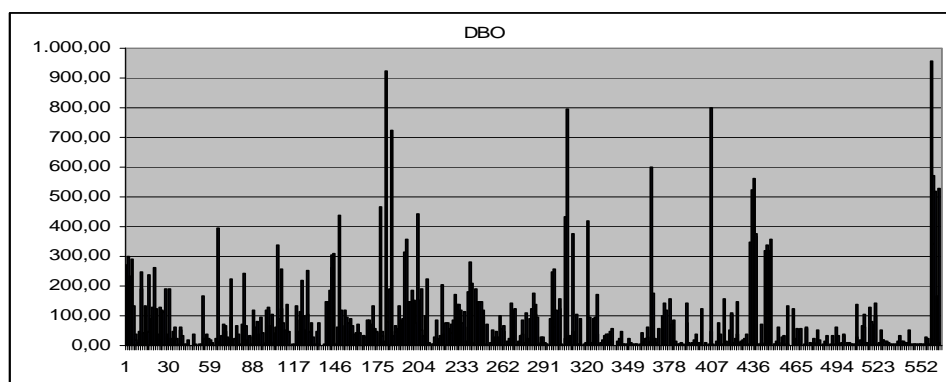
Dado que los datos recolectados en el años 2001, 2004 y 2005, no son los mismos es imposible realizar análisis de tendencias. Además claramente vemos en los gráficos anteriores que los datos tomados en 2001 corresponden a una zona específica del río, para el año 2004, se tomaron los puntos en otra área (zona norte del río) y para el año 2005 se tomaron las muestras en el área sur, lo cual hace que

no tenga sentido sacar generalizaciones de todo un río teniendo información de un área específica.

Esta aclaración se hace debido a que los análisis de tendencia se realizan en el tiempo o en el espacio.

Para analizar en el tiempo la información necesitaría información para cada año que me permitiera sacar conclusiones a nivel de todo el río, lo cual no se tiene.

En cuanto a la tendencia en el espacio se ve claramente en la primera imagen (la que recopila todos los puntos) que no hay un comportamiento específico ya que en cada zona se encuentran valores altos y valores bajos. Si existiera algún patrón de tendencia espacial se obtendrían valores altos hacia alguna zona específica y valores bajos hacia otra zona lo cual permitiría decir hacia la zona X la tendencia de es obtener valores de la variable entre unos límites. En este caso no es así, para ninguna variable.



Esta gráfica muestra como va cambiando la variable cada vez que nos movemos hacia el noreste, claramente confirmamos la falta de tendencia espacial ya que a medida que se avanza se encuentran valores altos seguidos de valores muy bajos.

Dadas estas aclaraciones, se continúa con las otras variables haciendo simplemente una descripción del comportamiento de los datos y confirmando la dificultad para obtener tendencias.

Variable Solidos:

La tabla de estadísticas descriptivas muestra que el promedio de esta variable es de 155.416. La variabilidad en este caso también es bien alta ya que los valores varían de 0.1 a 3917. La varianza usualmente tiene que dar alta si el rango de variabilidad es muy amplio.

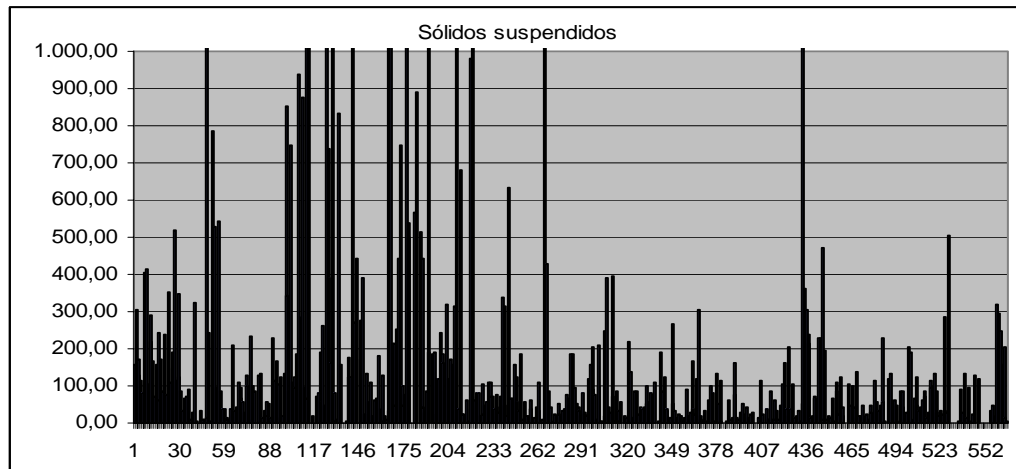
ESTADÍSTICAS SOLIDOS	
MEDIA	155,416
DS	360,588

VARIANZA	130023,359
MINIMO	0,1
MÁXIMO	3917

El rango que más predomina es el comprendido entre 94.1 y 275.

Se detecta hacia la zona central de la cuenca, los valores más altos de esta variable.

Vemos en el siguiente gráfico, que tampoco hay tendencia espacial ya que aunque hacia el sur los valores tienden a ser altos, y hacia los nortes un poco más bajos, es posible encontrar muchos valores bajos al norte y algunos muy altos al norte lo cual dañaría cualquier análisis de tendencia.



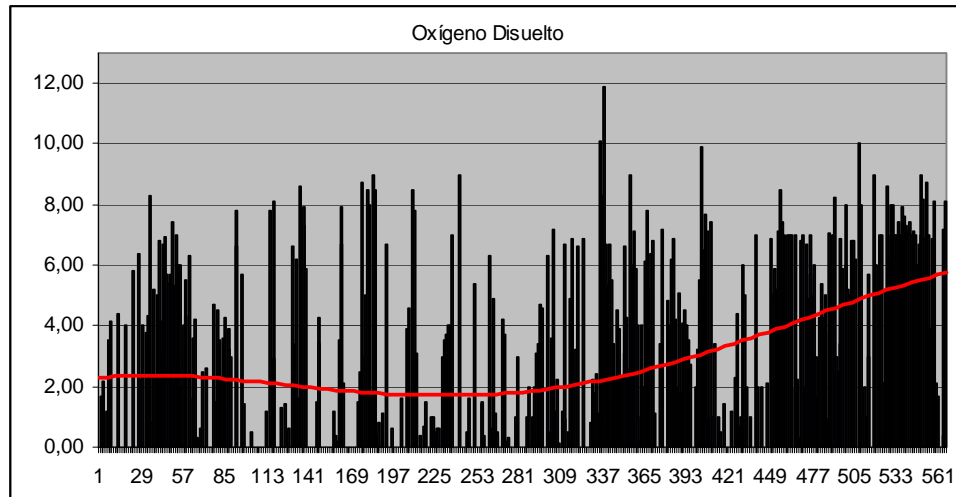
Variable Oxígeno:

Para esta variable los valores están alrededor de una media de 3.27 y varían apenas entre 0 y 11.9. La varianza confirma esta información ya que es de apenas 8.74.

ESTADÍSTICAS OXÍGENO	
MEDIA	3,273
DS	2,957
VARIANZA	8,74
MINIMO	0
MÁXIMO	11,9

Nuevamente la tendencia espacial no es muy clara ya que tanto hacia el norte como hacia el sur se encuentran valores altos y valores bajos simultáneamente. A pesar de

esto es posible pensar en cierta tendencia espacial marcada por la línea roja en el gráfico.

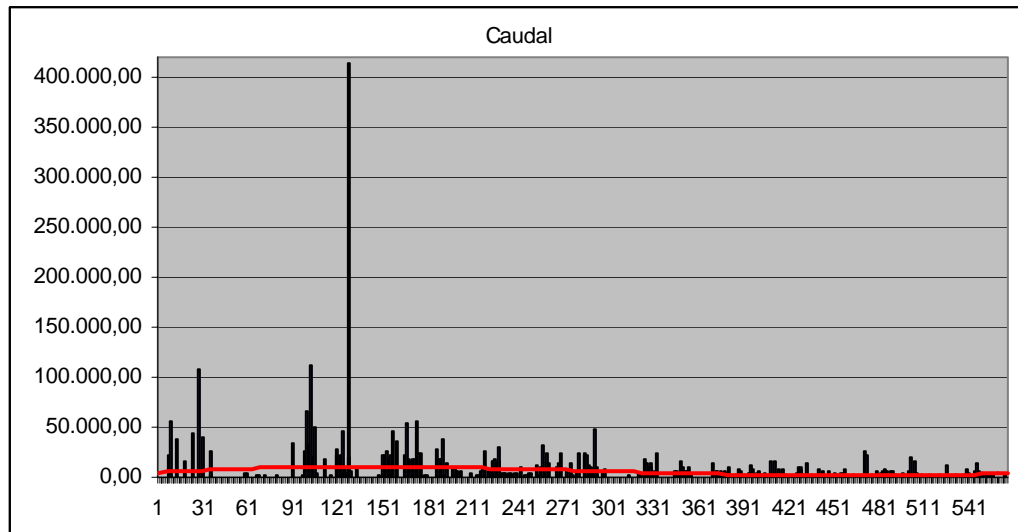


Variable Caudal:

La variable caudal presenta un promedio de 5869, lo cual haría pensar que predominan los valores altos, pero se encuentran simultáneamente valores desde 0 hasta 415000. Podemos ver en el esquema que los valores más altos se encuentran en los puntos más cercanos al centro o al río principal. Los valores más bajos se presentan hacia los bordes tanto en el norte como en el sur.

<i>Caudal</i>	
Media	5869,69041
Error típico	866,357704
Mediana	288,5
Moda	10
Desviación estándar	20611,3035
Varianza de la muestra	424825830
Curtosis	277,660649
Coefficiente de asimetría	14,618498
Rango	414999,98
Mínimo	0,02
Máximo	415000
Suma	3322244,77
Cuenta	566

En el siguiente gráfico se va claramente que se encuentran más valores altos hacia el sur que hacia el norte aunque no se puede hablar de una tendencia clara en la información.

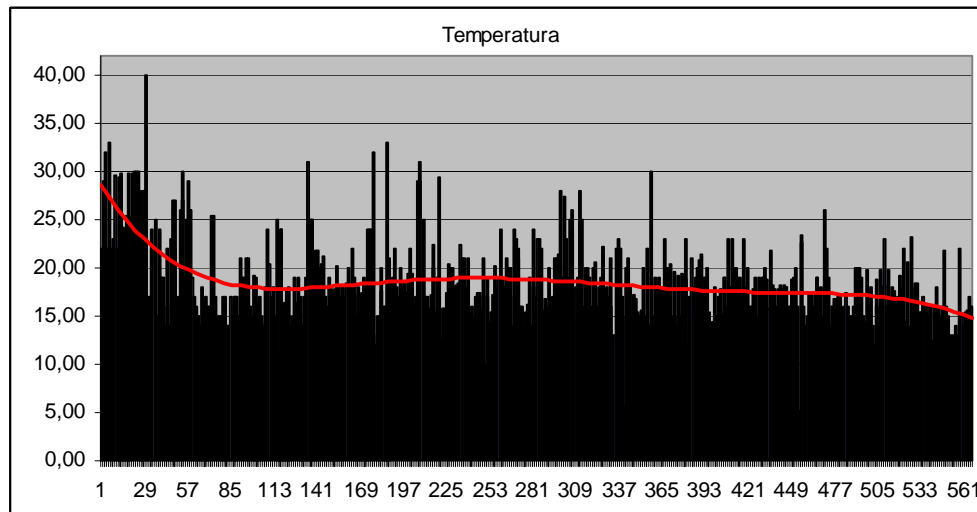


Variable Temperatura:

Para esta variable, la media calculada es de 18.47, lo cual indica valores bajos. Los datos se encuentran entre 5.2 y 40 grados, lo cual es un margen grande teniendo en cuenta el tipo de variable.

<i>Temperatura de agua</i>	
Media	18,4757951
Error típico	0,17700545
Mediana	17,8
Moda	16
Desviación estándar	4,21109314
Varianza de la muestra	17,7333055
Curtosis	2,16310157
Coeficiente de asimetría	1,13204046
Rango	34,8
Mínimo	5,2
Máximo	40
Suma	10457,3
Cuenta	566

Realizando el gráfico de tendencia en dirección sur-norte, obtenemos que en realidad no hay ninguna tendencia clara ya que se encuentran valores altos y bajos en todas las direcciones, aunque hay un cierto predominio de valores altos hacia el sur y de valores bajos hacia el norte.



En cuanto a los indicadores ICOMO, ICOSUS e ILCAG, al no variar sino entre 0 y 1, las diferencias encontradas son muy pocas.

ANÁLISIS INFORMACIÓN RIO MAGDALENA:

En cuanto a la información para esta variable, se puede decir que es muy poca para poder generalizar para un área que parece ser amplia.

Dado esto no es posible sacar tendencia en el tiempo y por otro lado sería erróneo obtener tendencias en el espacio.

Lo único que se puede hacer en este caso es obtener estadísticas descriptivas que me digan como se comportan las variables de interés.

La matriz de correlación para las variables en este río, indica que existe una cierta correlación, aunque baja, entre las variables DBO y el indicador ICOMO.

	<i>DBO</i>	<i>Sólidos suspendidos</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Caudal</i>	<i>Temperatur a de agua</i>	<i>ICOMO</i>	<i>ICOSUS</i>	<i>ILCAG</i>
DBO	1,0000							
Sólidos suspendidos	-0,1584	1,0000						
Oxígeno disuelto	-0,5365	-0,2272	1,0000					
Caudal	-0,1811	0,0364	0,1657	1,0000				
Temperatura de agua	0,1861	0,1334	-0,2639	0,3398	1,0000			
ICOMO	0,6496	-0,0494	-0,8762	-0,1063	0,2477	1,0000		
ICOSUS	-0,1250	0,3176	-0,3836	0,3904	0,1724	0,3548	1,0000	
ILCAG	-0,1522	-0,0565	0,3495	0,7568	0,1295	-0,1776	0,1729	1,0000

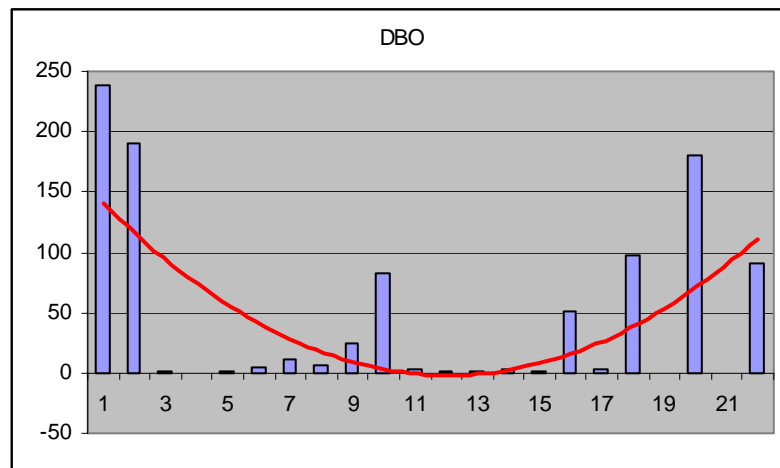
DBO:

Para esta variable tenemos una media de 45.05, lo cual indica predominio de valores bajos teniendo en cuenta que los datos están entre 0 y 238.

La varianza indica que es una variabilidad alta de la información por la poca cantidad de datos.

<i>DBO</i>	
Media	45,05
Error típico	15,335184
Mediana	3,5
Moda	1
Desviación es	71,9283887
Varianza de l	5173,6931
Curtosis	1,79965364
Coeficiente de	1,68037581
Rango	238
Mínimo	0
Máximo	238
Suma	991,1
Cuenta	22

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la información en dirección sur-norte, y nos confirma la falta de alguna tendencia espacial.

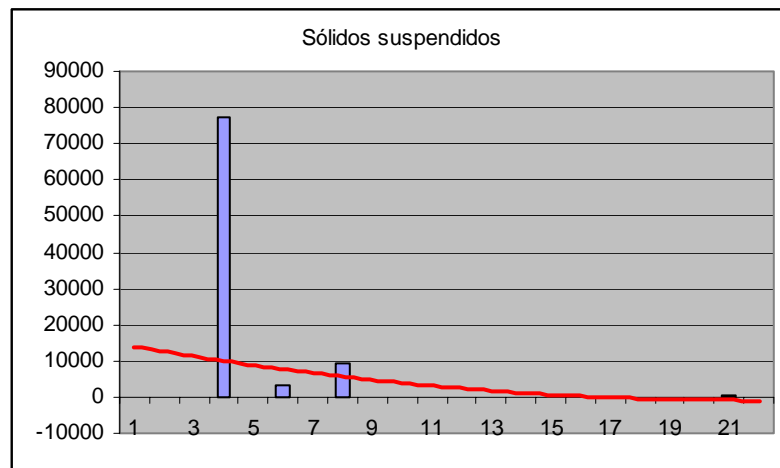


Sólidos:

La tabla de estadísticas descriptivas indica que la media es de 4136, lo cual supone mayoría de valores altos, teniendo en cuenta que los datos varían entre 0 y 77200. Esto implica una varianza muy alta debido a la cantidad baja de información.

<i>Sólidos suspendidos</i>	
Media	4136,42273
Error típico	3505,36504
Mediana	56
Moda	64
Desviación estándar	16441,6194
Varianza de la muestra	270326849
Curtosis	21,2505229
Coefficiente de asimetría	4,58304834
Rango	77200
Mínimo	0
Máximo	77200
Suma	91001,3
Cuenta	22

El siguiente gráfico, muestra por otro lado valores altos hacia el sur y valores bajos hacia el norte, pero no tiene sentido hacer generalizaciones con tan poca información.



A continuación se muestran las tablas de estadísticas descriptivas para el resto de variables.

<i>Oxígeno disuelto</i>	
Media	3,45
Error típico	0,67637146
Mediana	3
Moda	0
Desviación estándar	3,17246337
Varianza de la muestra	10,0645238
Curtosis	-1,72497191
Coeficiente de asimetría	0,17749688
Rango	8
Mínimo	0
Máximo	8
Suma	75,9
Cuenta	22

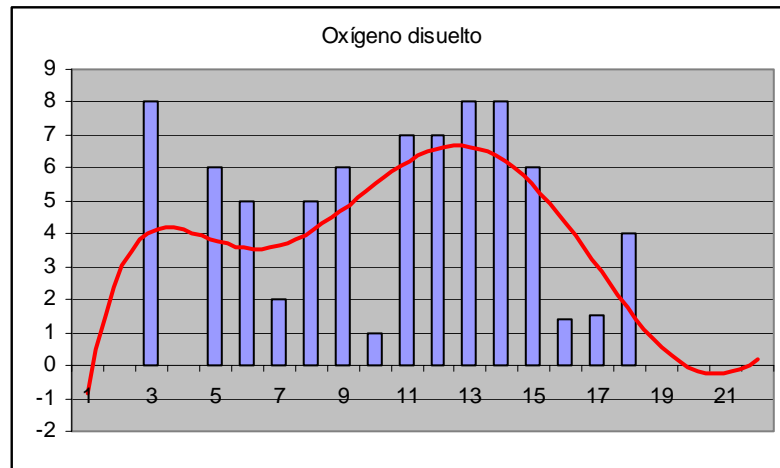
<i>Caudal</i>	
Media	2108,30909
Error típico	1415,43352
Mediana	8,25
Moda	1
Desviación estándar	6638,97167
Varianza de la muestra	44075944,8
Curtosis	8,14940678
Coeficiente de asimetría	3,0643996
Rango	23394,8
Mínimo	0,2
Máximo	23395
Suma	46382,8
Cuenta	22

<i>ICOMO</i>	
Media	0,71265598
Error típico	0,05305012
Mediana	0,69527908
Moda	1
Desviación estándar	0,24882712
Varianza de la muestra	0,06191494
Curtosis	-1,59946901
Coeficiente de asimetría	-0,18958025
Rango	0,65508308
Mínimo	0,34491692
Máximo	1
Suma	15,6784316
Cuenta	22

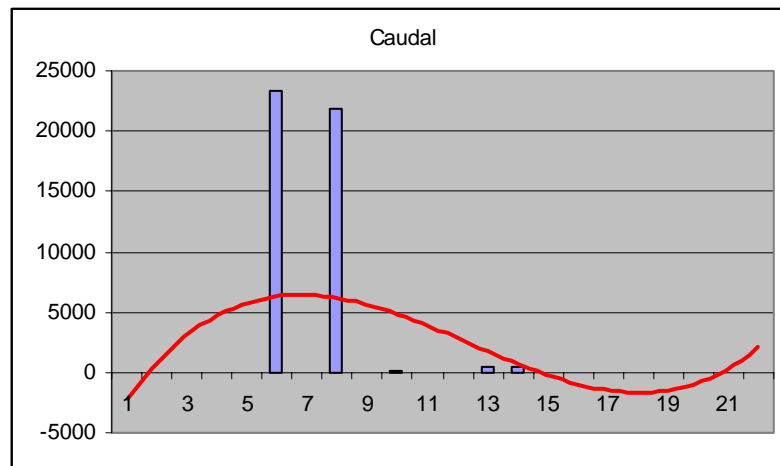
<i>ICOSUS</i>		<i>ILCAG</i>	
Media	0,46409091	Media	-0,6152697
Error típico	0,09375068	Error típico	0,0983716
Mediana	0,196	Mediana	-0,6994098
Moda	1	Moda	-0,999
Desviación estándar	0,43972967	Desviación estándar	0,46140371
Varianza de la muestra	0,19336218	Varianza de la muestra	0,21289339
Curtosis	-1,88004674	Curtosis	0,81331595
Coeficiente de asimetría	0,33594711	Coeficiente de asimetría	1,07130411
Rango	1	Rango	1,68767499
Mínimo	0	Mínimo	-1,23175701
Máximo	1	Máximo	0,45591798
Suma	10,21	Suma	-13,5359334
Cuenta	22	Cuenta	22

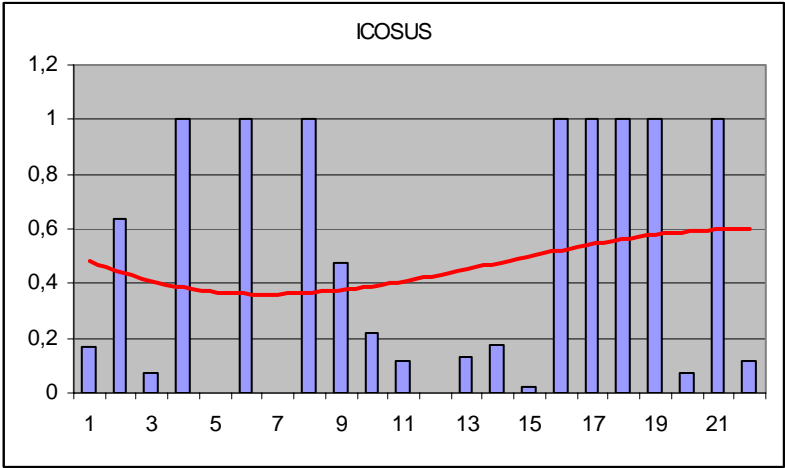
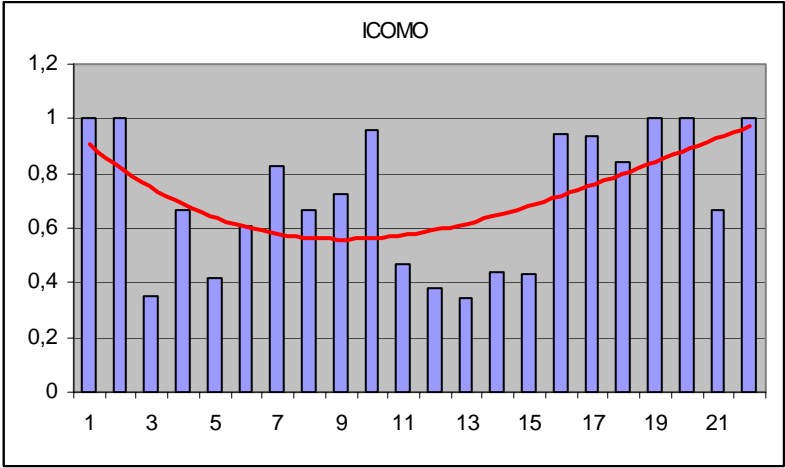
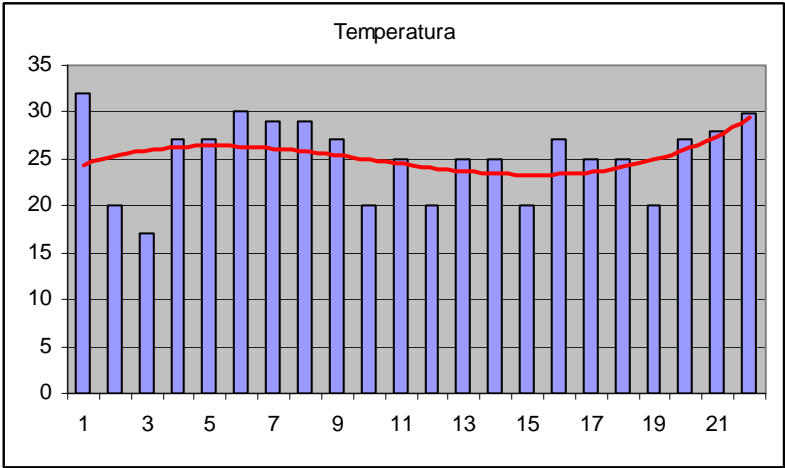
Las variaciones más altas se encuentran en Sólidos suspendidos y el caudal ya que los puntos de muestreo son muy alejados entre si.

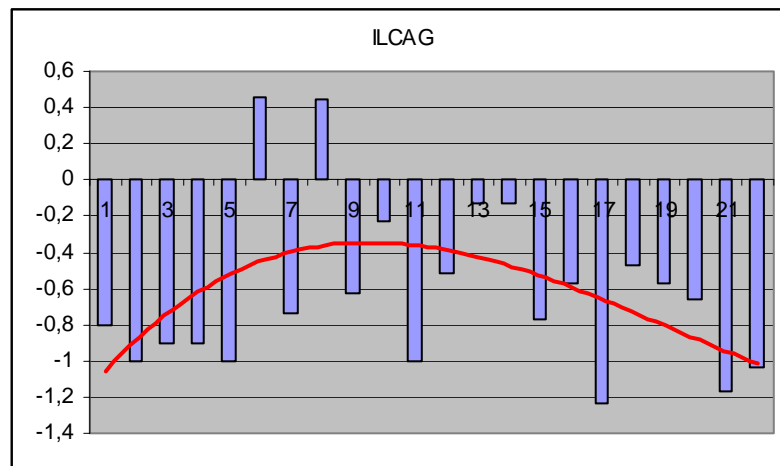
Los gráficos de tendencia sur-norte, muestran que existen valores altos y bajos en ambas direcciones.



Como ya se había comentado, generalizar o decir que existe una tendencia espacial no es correcto dada la poca cantidad de datos y la alta dispersión de los mismos. A pesar de esto se mostrará como cambian los datos en dirección sur norte, con gráficos como el anterior.







ANÁLISIS INFORMACIÓN RIO SUMAPAZ:

Inicialmente se calcularon las estadísticas descriptivas de las variables consideradas.

DBO		Sólidos suspendidos	
Media	65,2217391	Media	87,6492537
Error típico	14,8206231	Error típico	15,9429476
Mediana	5	Mediana	35
Moda	4	Moda	10
Desviación estándar	123,109341	Desviación estándar	130,49865
Varianza de la muestra	15155,91	Varianza de la muestra	17029,8977
Curtosis	4,32276442	Curtosis	6,74741377
Coeficiente de asimetría	2,19942182	Coeficiente de asimetría	2,56245935
Rango	565	Rango	604,5
Mínimo	0	Mínimo	0,5
Máximo	565	Máximo	605
Suma	4500,3	Suma	5872,5
Cuenta	69	Cuenta	67

<i>Oxígeno disuelto</i>	
Media	4,79565217
Error típico	0,33782209
Mediana	6
Moda	8
Desviación estándar	2,80616101
Varianza de la muestra	7,87453964
Curtosis	-1,34291285
Coeficiente de asimetría	-0,44950295
Rango	8
Mínimo	0
Máximo	8
Suma	330,9
Cuenta	69

<i>Caudal</i>	
Media	183,292754
Error típico	68,0438792
Mediana	20
Moda	1
Desviación estándar	565,214911
Varianza de la muestra	319467,896
Curtosis	20,498661
Coeficiente de asimetría	4,47635639
Rango	3099,9
Mínimo	0,1
Máximo	3100
Suma	12647,2
Cuenta	69

<i>Temperatura de agua</i>	
Media	23,1072464
Error típico	0,60284675
Mediana	23
Moda	21
Desviación estándar	5,00762122
Varianza de la muestra	25,0762702
Curtosis	-0,45220107
Coeficiente de asimetría	-0,07893993
Rango	19
Mínimo	14
Máximo	33
Suma	1594,4
Cuenta	69

<i>ICOMO</i>	
Media	0,66301728
Error típico	0,02843904
Mediana	0,713016
Moda	1
Desviación estándar	0,23623237
Varianza de la muestra	0,05580573
Curtosis	-1,60959646
Coeficiente de asimetría	0,02295554
Rango	0,69059429
Mínimo	0,30940571
Máximo	1
Suma	45,7481923
Cuenta	69

<i>ICOSUS</i>		<i>ILCAG</i>	
Media	0,36136087	Media	-0,54541353
Error típico	0,04803981	Error típico	0,04018188
Mediana	0,139	Mediana	-0,52235587
Moda	1	Moda	-0,999
Desviación estándar	0,39904865	Desviación estándar	0,33377576
Varianza de la muestra	0,15923983	Varianza de la muestra	0,11140626
Curtosis	-1,15074774	Curtosis	-0,32291249
Coeficiente de asimetría	0,76962881	Coeficiente de asimetría	0,07669283
Rango	1	Rango	1,49562344
Mínimo	0	Mínimo	-1,332
Máximo	1	Máximo	0,16362344
Suma	24,9339	Suma	-37,6335337
Cuenta	69	Cuenta	69

La variable caudal, particularmente, presenta valores bajos en la mayoría de sus puntos, aunque varían entre 0 y 3100. Donde el caudal es más bajo, casualmente, los valores de las otras variables son altos. La variable oxígeno disuelto es más bien constante.

Se encontró que las variaciones más altas las presentan las variables DBO, Sólidos y Caudal. Los datos se encuentran bastante dispersos formando prácticamente tres grupos distinguibles, en los cuales la información tomada no es homogénea.

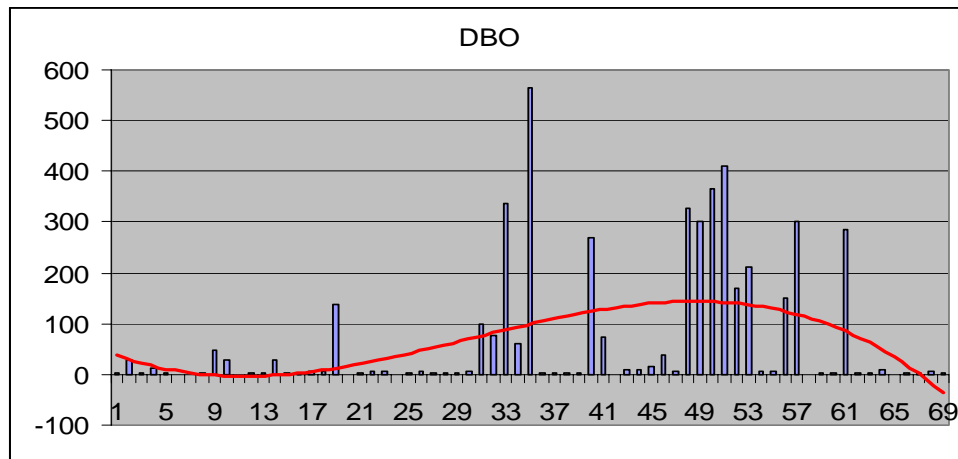
La matriz de correlaciones indica que hay correlación alta e inversa entre Oxígeno y el indicador ICOMO. Igualmente hay una correlación considerable entre los indicadores ICOMO e ICOSUS.

	<i>DBO</i>	<i>Sólidos suspendidos</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Caudal</i>	<i>Temperatura de agua</i>	<i>ICOMO</i>	<i>ICOSUS</i>	<i>ILCAG</i>
DBO	1,000							
Sólidos suspendidos	0,626	1,000						
Oxígeno disuelto	-0,654	-0,461	1,000					
Caudal	-0,147	-0,122	0,306	1,000				
Temperatura de agua	-0,186	-0,078	0,081	0,063	1,000			
ICOMO	0,567	0,378	-0,814	-0,270	-0,075	1,000		
ICOSUS	0,320	0,306	-0,362	-0,181	-0,216	0,604	1,000	
ILCAG	-0,296	-0,040	0,415	0,543	0,115	-0,438	-0,277	1,000

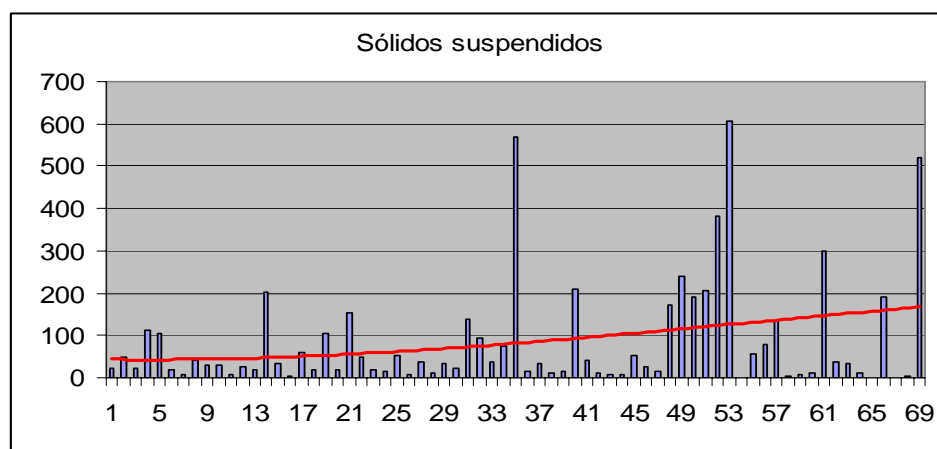
Nuevamente, para este caso se tiene que no se puede obtener una tendencia en el tiempo ya que los datos que se tomaron en un año específico no fueron tomados al año siguiente, y se caracterizaron zonas de estudio.

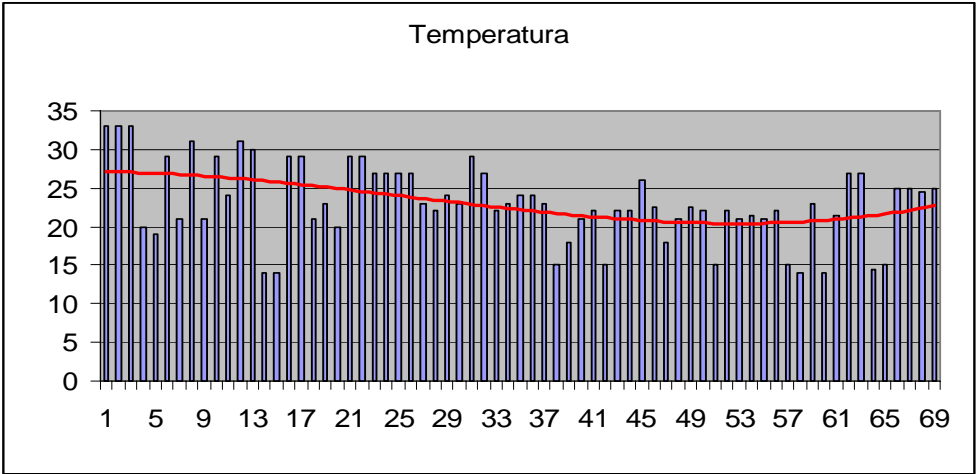
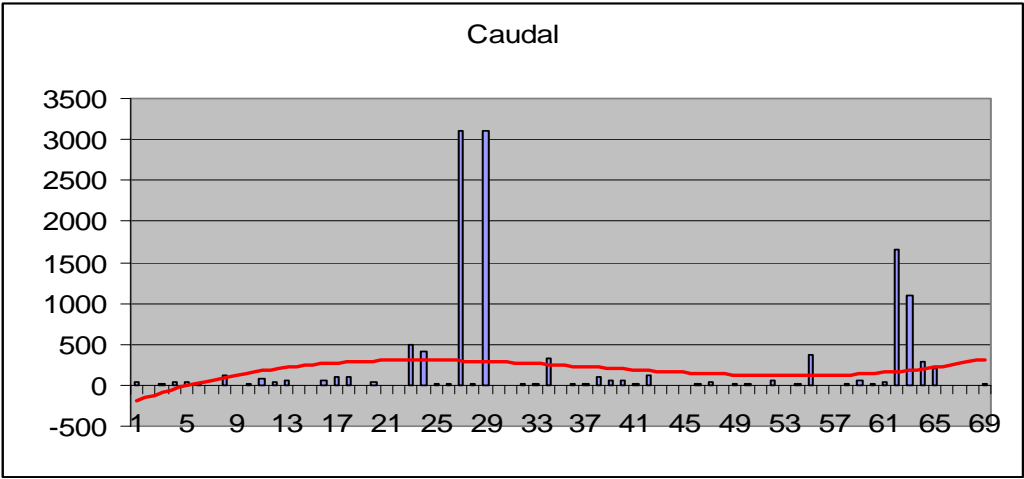
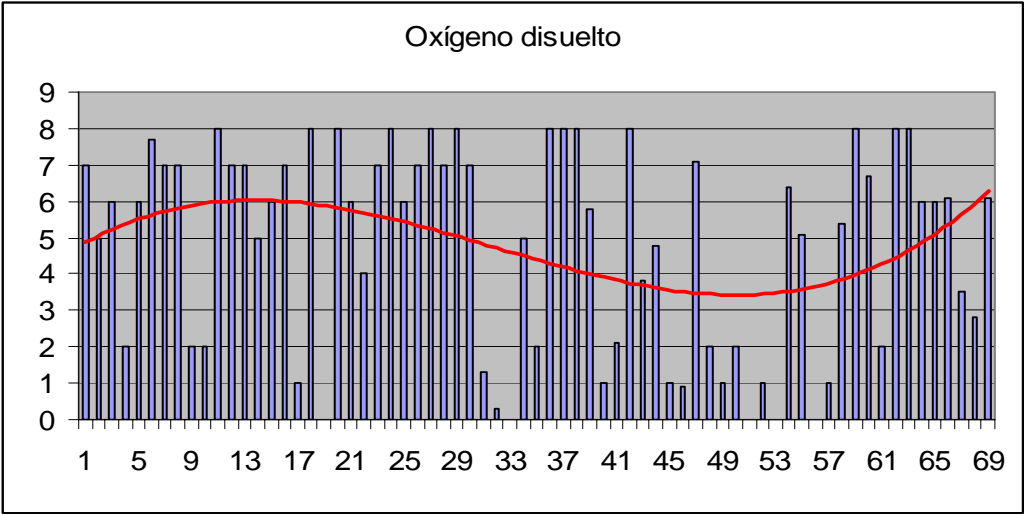
En cuanto a la tendencia espacial, se presentan grupos o conglomerados (3 en este caso), lo cual dificulta realizar conclusiones definitivas.

A continuación se muestran los gráficos de tendencia sur-norte, lo cual muestra que en realidad no hay una tendencia marcada.



Por ejemplo para esta variable, vemos valores bajos hacia el sur, pero finalmente hacia el lado norte también vemos valores bajos. Teniendo en cuenta los grupos que se ven en la distribución espacial (3 conglomerados), esta gráfica muestra más bien la cantidad de información que se tiene, ya que si se hubieran muestreado más puntos hacia el norte y hacia el sur se tendría menos variación y menos caídas en la gráfica de tendencia. En realidad es complicado sacar conclusiones generales. Solo es posible sacar conclusiones para cada grupo.





ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN NEGRO:

En esta área de recolección, las variables DBO, Sólidos y Caudal presentan alta variabilidad. La distribución de la información se agrupa en dos puntos notablemente. Esta puede ser una de las causas de la alta variabilidad ya que al muestrear zonas con distancias amplias, se corre el riesgo de cambiar abruptamente de un valor bajo a un valor muy alto o viceversa.

Nuevamente la variable Oxígeno presenta una variabilidad baja dado que los valores solo se encuentran entre 0 y 10.

<i>DBO</i>		<i>Sólidos suspendidos</i>	
Media	97,40110169	Media	97,2836293
Error típico	30,5270187	Error típico	19,2143767
Mediana	5	Mediana	27
Moda	1	Moda	3
Desviación estándar	331,6083032	Desviación estándar	206,945171
Varianza de la muestra	109964,0667	Varianza de la muestra	42826,3037
Curtosis	62,89982645	Curtosis	34,9371903
Coeficiente de asimetría	7,313936165	Coeficiente de asimetría	5,23588587
Rango	3139,7	Rango	1719,999
Mínimo	0,3	Mínimo	0,001
Máximo	3140	Máximo	1720
Suma	11493,33	Suma	11284,901
Cuenta	118	Cuenta	116

<i>Oxígeno disuelto</i>		<i>Caudal</i>	
Media	5,43960396	Media	271,323051
Error típico	0,24087744	Error típico	78,6820622
Mediana	6	Mediana	18
Moda	8	Moda	5
Desviación estándar	2,42078827	Desviación estándar	854,705971
Varianza de la muestra	5,86021584	Varianza de la muestra	730522,296
Curtosis	-0,41797272	Curtosis	34,3636007
Coeficiente de asimetría	-0,7462114	Coeficiente de asimetría	5,60060939
Rango	10	Rango	6319,99
Mínimo	0	Mínimo	0,01
Máximo	10	Máximo	6320
Suma	549,4	Suma	32016,12
Cuenta	101	Cuenta	118

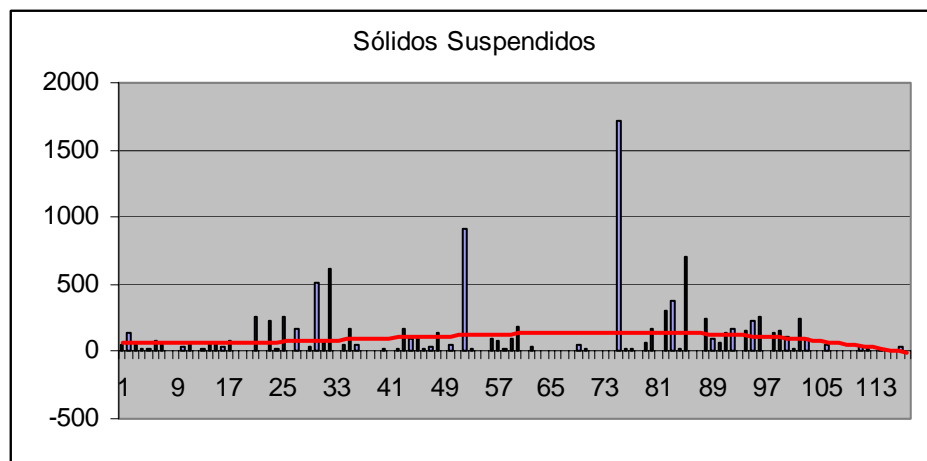
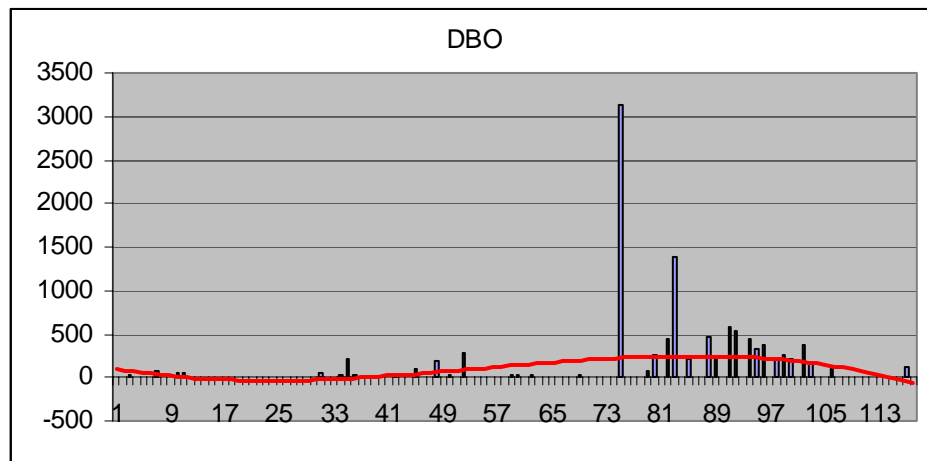
<i>Temperatura de agua</i>		<i>ICOMO</i>	
Media	22,2576271	Media	0,68568096
Error típico	0,42797883	Error típico	0,020585
Mediana	21	Mediana	0,72403035
Moda	18	Moda	1
Desviación estándar	4,6490401	Desviación estándar	0,22361037
Varianza de la muestra	21,6135738	Varianza de la muestra	0,0500016
Curtosis	-0,88329617	Curtosis	-1,20417747
Coeficiente de asimetría	0,50222573	Coeficiente de asimetría	-0,22439086
Rango	17	Rango	0,72485242
Mínimo	14	Mínimo	0,27514758
Máximo	31	Máximo	1
Suma	2626,4	Suma	80,9103529
Cuenta	118	Cuenta	118

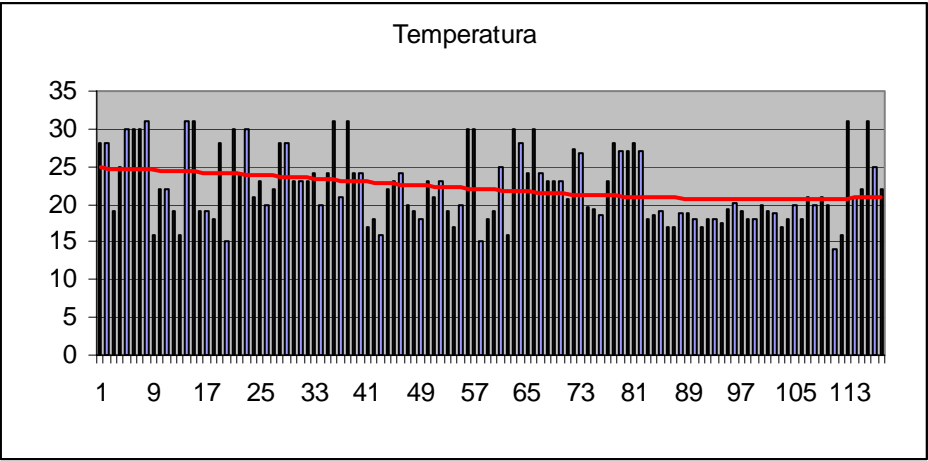
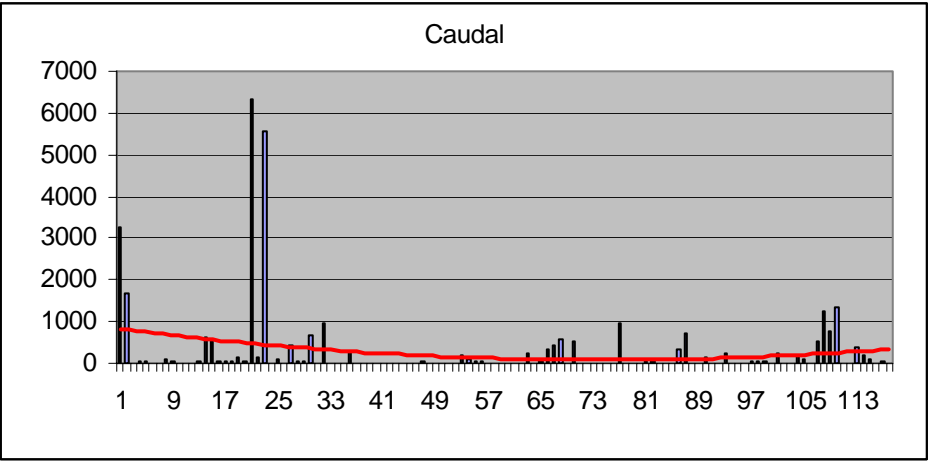
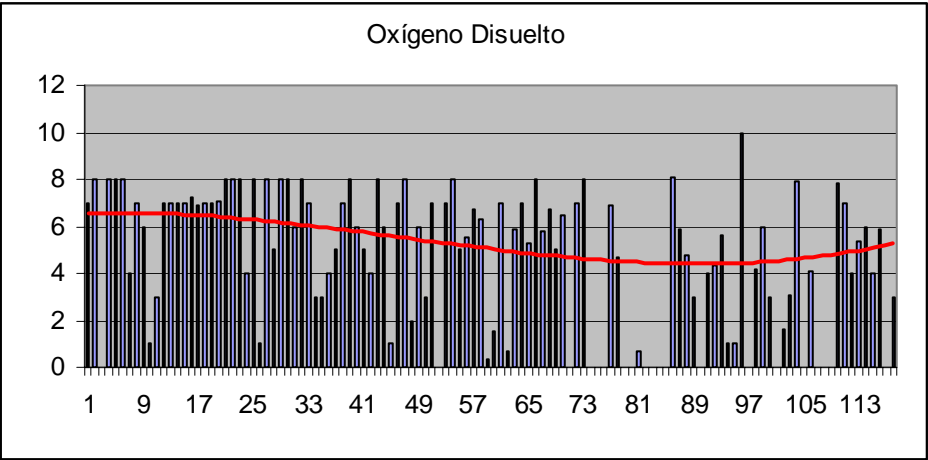
<i>ICOSUS</i>		<i>ILCAG</i>	
Media	0,46175763	Media	-0,58628957
Error típico	0,03930673	Error típico	0,03714789
Mediana	0,286	Mediana	-0,58099426
Moda	1	Moda	-0,76624299
Desviación estándar	0,42698043	Desviación estándar	0,40352942
Varianza de la muestra	0,18231228	Varianza de la muestra	0,16283599
Curtosis	-1,72156477	Curtosis	-0,08048614
Coeficiente de asimetría	0,26541434	Coeficiente de asimetría	-0,27016025
Rango	1	Rango	1,93163879
Mínimo	0	Mínimo	-1,665
Máximo	1	Máximo	0,26663879
Suma	54,4874	Suma	-69,1821689
Cuenta	118	Cuenta	118

La matriz de correlación muestra, al igual que el caso anterior, una correlación considerable e inversa entre las variables ICOMO y oxígeno. Además de una correlación entre Caudal e ILCAG.

	<i>DBO</i>	<i>Sólidos suspendido</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Caudal</i>	<i>Temperatura de agua</i>	<i>ICOMO</i>	<i>ICOSUS</i>	<i>ILCAG</i>
DBO	1,0000							
Sólidos suspendidos	0,4191	1,0000						
Oxígeno disuelto	-0,4453	0,0086	1,0000					
Caudal	-0,2986	0,0338	0,3782	1,0000				
Temperatura de agua	-0,2984	0,0058	0,2577	0,1436	1,0000			
ICOMO	0,4263	0,0512	-0,7565	0,0191	-0,2389	1,0000		
ICOSUS	0,0702	0,2743	0,1515	0,5173	-0,1065	0,4156	1,0000	
ILCAG	-0,4292	-0,0368	0,4164	0,7175	0,1353	-0,0526	0,5115	1,0000

A continuación se presentan los gráficos de tendencia sur-norte, los cuales al igual que en el río anterior, se marca bien la cantidad de información en los dos grupos y no permiten dar por conclusión que se presente alguna tendencia.





ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN MINERO:

Para este grupo, las variables consideradas no presentan altos valores de varianza, a excepción del caudal, ya que sus valores oscilan entre 0.372 y 1384.

Las medias para cada variable también dan valores bajos lo cual indica que predominan los valores bajos, ya que esta es la única forma de obtener medias bajas con variabilidad alta.

Además hay que tener en cuenta que se tienen muy pocos puntos.

<i>DBO</i>		<i>Sólidos suspendidos</i>	
Media	14,0171429	Media	21,94
Error típico	5,28344407	Error típico	5,51892573
Mediana	3	Mediana	13
Moda	1	Moda	13
Desviación estándar	31,2572767	Desviación estándar	32,6504049
Varianza de la muestra	977,017345	Varianza de la muestra	1066,04894
Curtosis	15,5098277	Curtosis	11,2248718
Coeficiente de asimetría	3,75403388	Coeficiente de asimetría	3,10722894
Rango	161,7	Rango	166
Mínimo	0,3	Mínimo	0
Máximo	162	Máximo	166
Suma	490,6	Suma	767,9
Cuenta	35	Cuenta	35

<i>Oxígeno disuelto</i>		<i>Caudal</i>	
Media	5,64285714	Media	132,100829
Error típico	0,32254986	Error típico	56,6475677
Mediana	6	Mediana	16
Moda	7	Moda	3
Desviación estándar	1,90823073	Desviación estándar	335,13153
Varianza de la muestra	3,64134454	Varianza de la muestra	112313,142
Curtosis	0,75490657	Curtosis	10,0690032
Coeficiente de asimetría	-0,89333218	Coeficiente de asimetría	3,28762514
Rango	8	Rango	1383,628
Mínimo	0	Mínimo	0,372
Máximo	8	Máximo	1384
Suma	197,5	Suma	4623,529
Cuenta	35	Cuenta	35

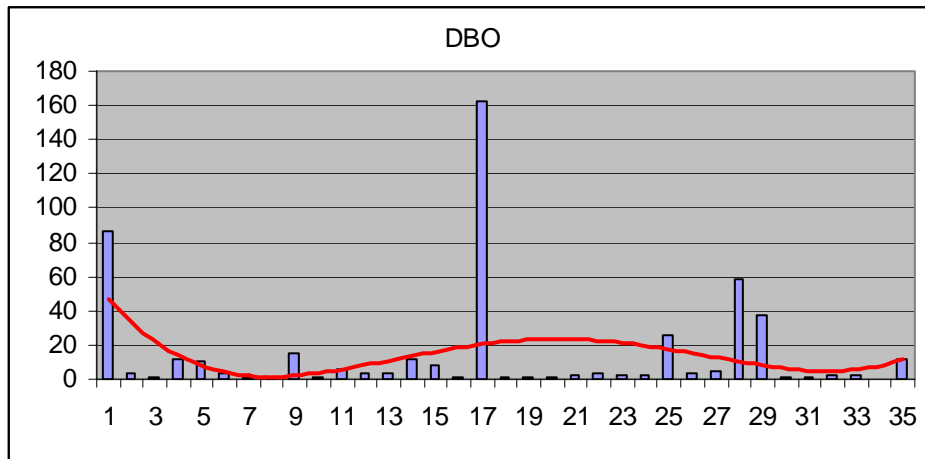
<i>Temperatura de agua</i>		<i>ICOMO</i>	
Media	18,1257143	Media	0,57359521
Error típico	0,57848459	Error típico	0,03190428
Mediana	18	Mediana	0,58854687
Moda	18	Moda	
Desviación estándar	3,42236097	Desviación estándar	0,18874828
Varianza de la muestra	11,7125546	Varianza de la muestra	0,03562591
Curtosis	0,95409171	Curtosis	0,24568273
Coeficiente de asimetría	0,6391733	Coeficiente de asimetría	-0,06024323
Rango	16	Rango	0,89637229
Mínimo	12	Mínimo	0,10362771
Máximo	28	Máximo	1
Suma	634,4	Suma	20,0758323
Cuenta	35	Cuenta	35

<i>ICOSUS</i>		<i>ILCAG</i>	
Media	0,21591429	Media	-0,573823
Error típico	0,06318925	Error típico	0,04838648
Mediana	0,025	Mediana	-0,59802805
Moda	0	Moda	-0,84011862
Desviación estándar	0,37383264	Desviación estándar	0,28625825
Varianza de la muestra	0,13975085	Varianza de la muestra	0,08194378
Curtosis	0,87254945	Curtosis	-0,0745967
Coeficiente de asimetría	1,61845153	Coeficiente de asimetría	0,38946315
Rango	1	Rango	1,18900752
Mínimo	0	Mínimo	-1,1420092
Máximo	1	Máximo	0,04699832
Suma	7,557	Suma	-20,0838051
Cuenta	35	Cuenta	35

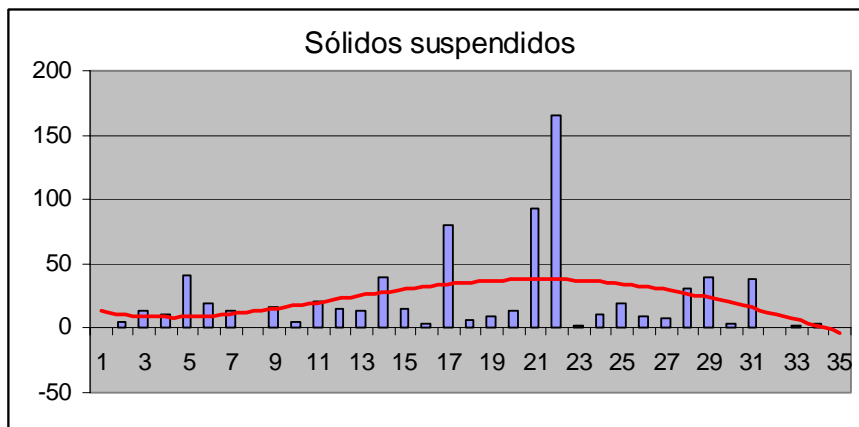
La matriz de correlación indica una correlación inversa entre las variables oxígeno e ICOMO.

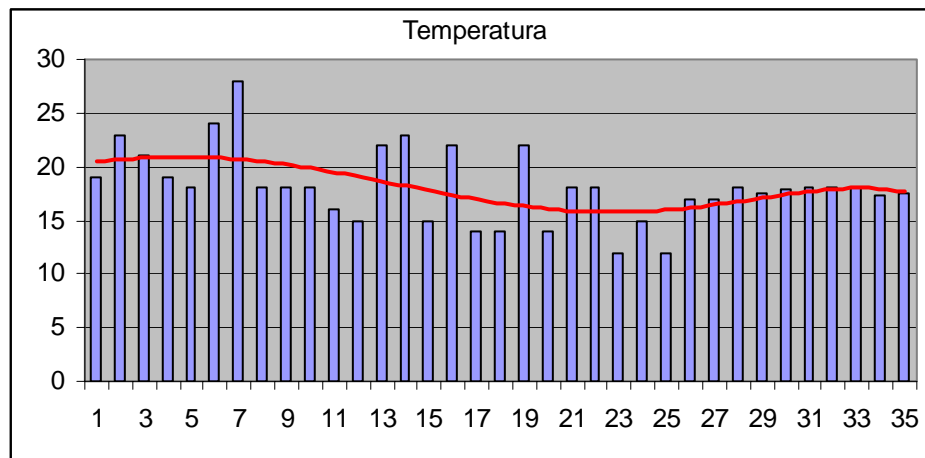
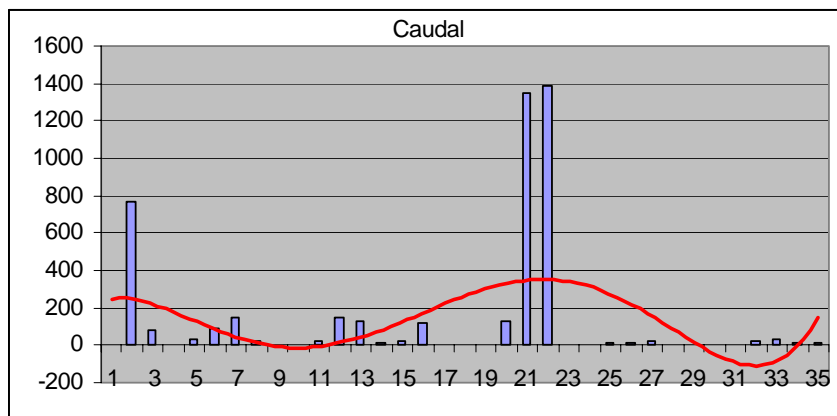
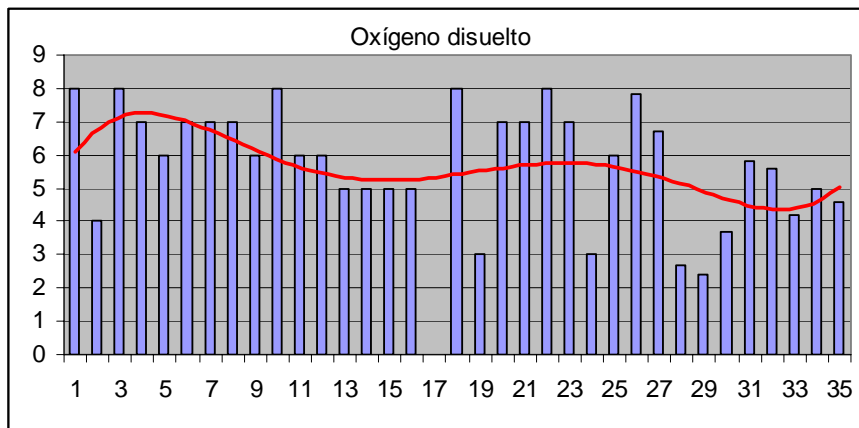
	<i>DBO</i>	<i>Sólidos suspendidos</i>	<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Caudal</i>	<i>Temperatura de agua</i>	<i>ICOMO</i>	<i>ICOSUS</i>	<i>ILCAG</i>
DBO	1,0000							
Sólidos suspendidos	0,2513	1,0000						
Oxígeno disuelto	-0,4800	-0,0283	1,0000					
Caudal	-0,1420	0,7314	0,2034	1,0000				
Temperatura de agua	-0,2043	-0,0522	0,0462	0,1368	1,0000			
ICOMO	0,5599	0,1457	-0,6197	-0,1844	-0,0636	1,0000		
ICOSUS	0,0317	0,1492	-0,0418	0,0325	-0,0776	0,5180	1,0000	
ILCAG	-0,2696	0,3524	0,3523	0,7114	0,3233	-0,2848	-0,0455	1,0000

Los gráficos de tendencias en dirección sur-norte, muestran al igual que en los casos anteriores como se comportan los pocos datos con que se cuenta en la dirección ya mencionada.



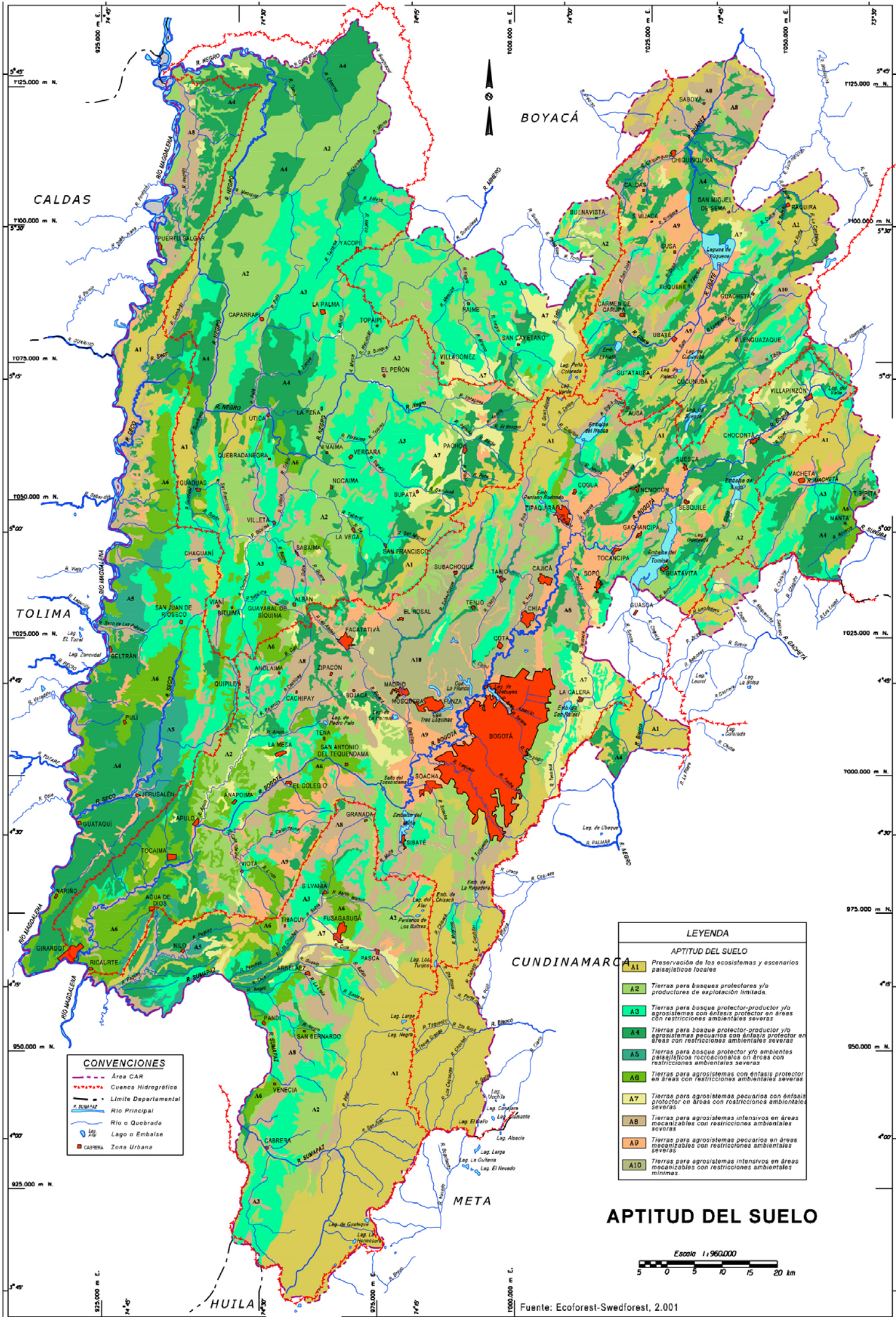
Por ejemplo para esta variable, es muy complicado decir que la tendencia es de crecimiento o de disminución.

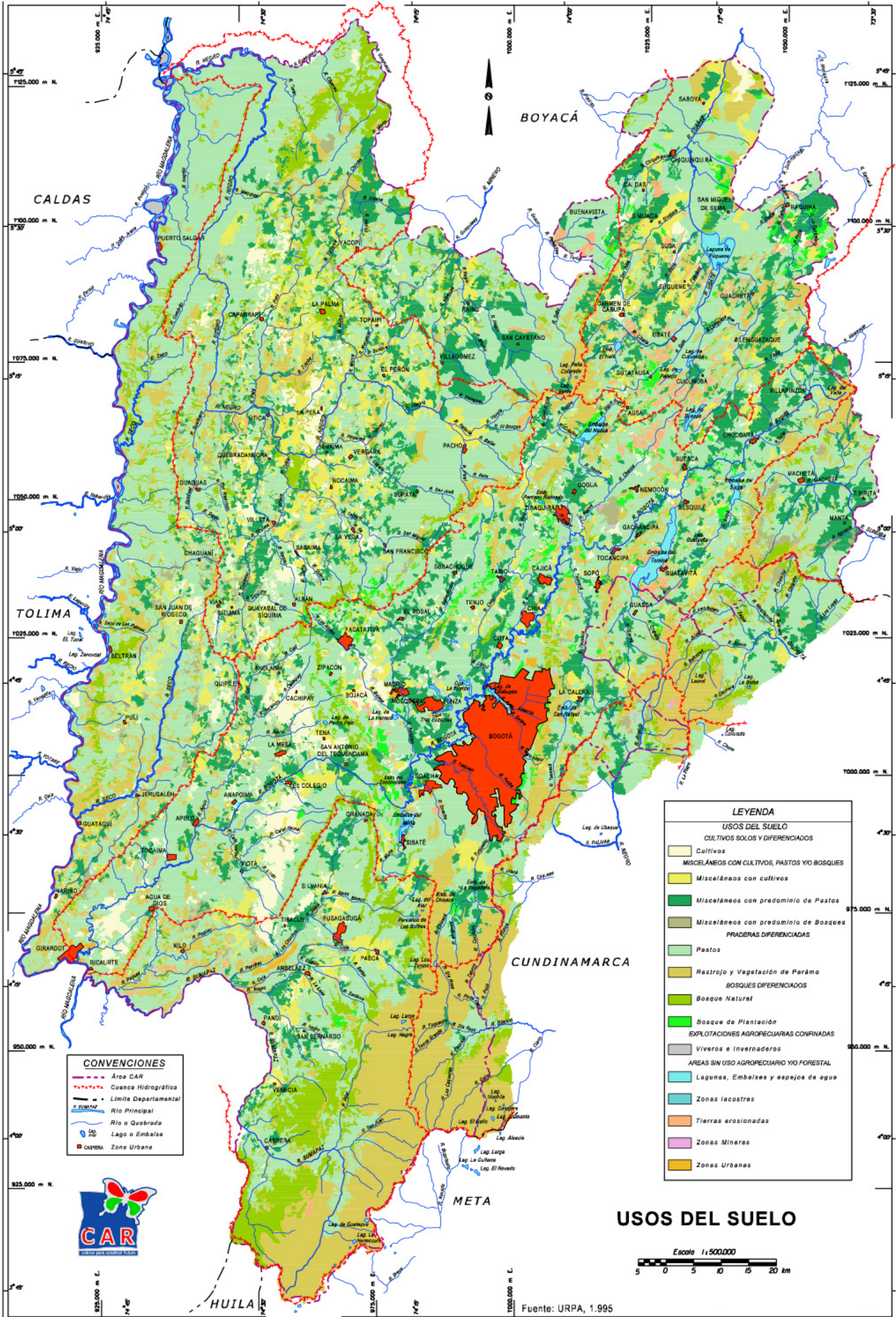




ANEXO E

MAPAS USOS DEL SUELO ACTUALES Y POTENCIALES





ANEXO F

COMPILADO NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

PARAMETROS PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO

PARAMETROS	COLOMBIA	USA	UE	OMS	ARGENTINA	CHILE	MEXICO	VENEZUELA	BOLIVIA	ECUADOR
SABOR			Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales		SIN SABOR	incipida	agradable		ninguno	no objetable
TURBIEDAD (UNT)	10		Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales		3	5	5	5	5	5
COLOR (UCV)	20				5	20	20	15	15	15
OLOR			Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales		sin olores extraños	inolora	agradable			no objetable
PH	6,5 - 8,5				6,5-8,5		6,5-8,5	9	9	6,5-8,5
AMONIACO (mg/l)	1				0,2	0,25			0,5	
ALUMINIO (mg/l)			0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	0,25
ARSENICO (mg/l)	0,05	0,05	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01
CADMIO (mg/l)	0,01	0,005	0,005	0,003	0,005	0,01	0,005	0,03	0,005	0,003
CIANURO (mg/l)	0,2	0,2	0,05	0,07	0,1	0,2	0,007	0,07	0,007	0
ZINC (mg/l)	15			3	5	5		5	5	3
CLORURO (mg/l)	250				350	250	250	300	250	250
COBRE (mg/l)	1	Nivel de acción=1.3; TT ⁶	2	2	1	1	2	2	1	1
CROMO (mg/l)	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DUREZA TOTAL (mg/l)					400		500	500	500	300
HIERRO TOTAL (mg/l)			0,2 mg/l	0,5 - 50	0,3	0,3	0,3	0,3	0,03	0,3
MAGNESIO (mg/l)					0,1	125	0,15	0,5		
MERCURIO (mg/l)	0,002		0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	
NITRATOS (mg/l)	10	10	50	50	45	10	10	10	45	10
NITRITOS (mg/l)	10	1	0,5		0,1	1	0,05	0,01	0,1	
PLATA (mg/l)	0,05			5 - 50 µg/l	0,05			0,05		0,13
PLOMO (mg/l)	0,05	Nivel de acción=0.015; TT ⁶	0,01	0,01	0,05	0,05	0,025	0,01	0,01	
SDT (mg/l)					1500	1000	1000	1000	1000	1000
SULFATOS(mg/l)	400		250	500	400	250	400	500	400	200
CLORO ACTIVO (mg/l)				250	0,2		0,2-1,5	1		0,3-1,5
DETERGENTES (mg/l)	0,5				0,05	0,5				0
SELENIO (mg/l)	0,01	0,05	0,01	0,01		0,01		0,01	0,01	0,01
COMPUESTOS FENOLICOS (mg/l)	0,002					0,002	0,001			
CONDUCTIVIDAD (mS/cm)			2500 µS/cm a 20°C						1500	
MANGANESO (mg/l)			0,05			0,1			0,1	0,1
SODIO (mg/l)			200				200	200		200
FLUOR (mg/l)		4,0	1,5	1,5		1,5	1,5		1,5	1,5
BARIO (mg/l)	1	2		0,3			0,7	0,7	0,7	0,7
N-AMONIACAL (mg/l)							0,5			
BORO (mg/l)			0,001	0,3				0,3	0,3	0,3
NIQUEL (mg/l)			0,02	0,02				0,02	0,05	0,02
MOLIBDENO (mg/l)				0,07				0,07		
ANTIMONIO (mg/l)		0,006	0,005	0,005					0,005	0,005
ALCALINIDAD (mg/l)									370	
AMONIO (mg/l)			0,5							1
FOSFORO (mg/l)										0,1
POTASIO (mg/l)										20
BERILIO (mg/l)		0,004								
COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	1000						2	5	<5	<2
COLIFORMES FCALES (UFC/100ml)							no detectable	no detectables		<2
E.COLI (UFC/100ml)			0 en 250						<5	

MAS RESTRICTIVO
MENOS RESTRICTIVO



AUTOR

ADRIANA PIMENTEL
SONIA PUERTO

PARAMETROS	UNIDADES	CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO		
		DECRETO 1594/84		OMS/1995
		PREVIA DESINFECCION	PREVIO TRAT. CONVENCION	
ALUMINIO	Mg/L			
AMONIACO	Mg/L	1.0	1.0	1,5
ARSÉNICO	Mg/L	0.05	0.05	0,01
BARIO	Mg/L	1.0	1.0	0,7
BERILIO	Mg/L			
BORO	Mg/L			
CADMIO	Mg/L	0.01	0.01	0,003
CIANURO LIBRE	Mg/L	0.2	0.2	0,07
CINC	Mg/L	15.0	15.0	3,0
CLORO TOTAL RESIDUAL	Mg/L			
CLOROFENOLES	Mg/L			
CLORUROS	Mg/L	250.0	250.0	250,0
COBALTO	Mg/L			
COBRE	Mg/L	1.0	75	2,0
COLIFORMES FECALES	NMP		2000 microorganismos/ 100ml	0
COLIFORMES TOTALES	NMP	1.000 microorganismos/100 ml.	20.000microorganismos/100 ml	0
COLOR		20 unidades, escala Platino – Cobalto	75 unidades, escala Platino - Cobalto	15,0 UCV
COMPUESTOS FENOLICOS	Mg/L	0.002	0.002	
CROMO	Mg/L	0.05	00.5	0,05
CROMO HEXAVALENTE	CL96/50			
DBO	Mg/L			
DIFENIL	Concentración de agente activo	No detectable	No detectable	
DIFENIL POLICLORADOS	Concentración de agente activo			
FENOLES MONOHIDRICOS	Fenoles			
FLUOR	Mg/L			
GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos			
HIERRO	Mg/L			
LITIO	Mg/L			
MANGANESO	Mg/L			
MERCURIO	Mg/L	0.002	0.002	0,001
MOLIBDENO	Mg/L			
NIQUEL	Mg/L			
NITRATOS	Mg/L	10.0	10.0	50,0
NITRATOS+NITRITOS	Mg/L			
NITRITOS	Mg/L	10	10	3,0
OXIGENO DISUELTO	Mg/L			
PH	unidades	6.5 –8.5 UND	5.0 –9.0 UND	
PLAGUICIDAS	concentracion de agente activo			
PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS	concentracion de agente activo			
PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	concentracion de agente activo			
PLATA	Mg/L	0.05	0.05	
PLOMO	Mg/L	0.05	0.05	0,01
SALES	peso total			
SELENIO	Mg/L	0.01	0.01	0,01
SULFATOS	Mg/L	400.0	400.0	250,0
SULFURO DE HIDROGENO IONIZADO	Mg/L			
TENSOACTIVOS	Mg/L	0.5	0.5	
TURBIEDAD		10 unidades jackson de turbiedad		5 UNT
VANADIO	Mg/L			

	DEPENDE DE LA CLASE DE CULTIVO Y EL TIPO DE SUELO
	Cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.
	Cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

* Denominase CL9650 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

USO AGRICOLA		USO PECUARIO		PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA				
DECRETO 1594/84	OMS	DECRETO 1594/84	OMS	DECRETO 1594/84			OMS	
				AGUA FRIA DULCE	AGUA CALIDA DULCE	AGUA MARINA Y ESTUARINA	AGUA FRIA DULCE	AGUA CALIDA DULCE
5,0	5,0	5,0	5,0					
				0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
0,1	0,1	0,2	0,2	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
				0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
0,1	0,1			0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
0,3-4,0	0,3-4,0	5,0	5,0					
0,01	0,01	0,05	0,05	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
				0,005*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*
2,0	2,0	25,0	25,0	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
				0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
				0,5000	0,5	0,5	0,5000	0,5
0,5	0,05							
0,2	0,2	0,5	0,5	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
1000 NMP	1000 NMP							
5000 NMP								
0,1	0,1	1,0	1,0					
				0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
				0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
				1*	1*	1*	1*	1*
1,0	1,0							
				0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
5,0	5,0			0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
2,5	2,5							
0,2	0,2			0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
		0,01	0,01	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
0,01	0,01							
0,2	0,2			0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
		100	100					
		10,0	10,0					
				5,0000	4	4	5,0000	4
4,5-9,0 UND	4,5-9,0 UND			6,5 - 9	4,5 - 9	6,5 - 8,5	6,5 - 9	4,5 - 9
							0,05*	0,05*
				0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*
				0,05*	0,05*	0,05*		
				0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
5,0	5,0	0,1	0,1	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
		3000	3,000					
0,02	0,02			0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
				0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
				0,143*	0,143*	0,143*	0,143*	0,143*
0,1	0,1							

	USO RECREATIVO			
	DECRETO 1594/84		OMS	
AGUA MARINA Y ESTUARINA	CONTACTO PRIMARIO	CONTACTO SECUNDARIO	CONTACTO PRIMARIO	CONTACTO SECUNDARIO
0,1*				
0,1*				
0,1*				
0,1*				
0,01*				
0,05*				
0,01*				
0,1*				
0,5				
0,1*				
200			1000	
1000		5000	200	5000
0,02			0,002	
0,01*				
0,0001				
1*				
0,01*				
0,1*				
0,1*				
0,01*				
0,01*				
0,01*				
4	70% de concentracion de saturacion	70% de concentracion de saturacion	70% de concentracion de saturacion a la temperatura media	70% de concentracion de saturacion a la temperatura media
6,5 - 8,5	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0
0,05*				
0,001*				
0,01*				
0,01*				
0,01*				
0,0002				
0,143*	0.5	0.5	0,5	0,5

**REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DECRETO N° 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984**

**CAPITULO II
DEL ORDENAMIENTO DEL RECURSO**

Artículo 22: Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos de 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.

Artículo 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.
- g) La conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo 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.

Artículo 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) Q: Caudal.
- h) Datos Hidrobiológicos
- i) Coliformes (NMP)

Artículo 25: El Ministerio de Salud o su entidad delegada y la EMAR determinarán cuales de las sustancias de interés sanitario requieren análisis con carácter prioritario.

Artículo 26: A solicitud del Ministerio de Salud o de su entidad delegada, la EMAR deberá informar los resultados de acuerdo a lo establecido en los dos artículos del presente Decreto.

Artículo 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.

CAPITULO III

DE LA DESTINACION GENÉRICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, SUBTERRANEAS, MARITIMAS, ESTUARIAS Y SERVIDAS

Artículo 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.

Artículo 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;
- g. Transporte.

Parágrafo: 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 para la recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo del mismo, se denominará dilución y asimilación, su uso para contribuir a la armonización y embellecimiento del paisaje, se denominará estético.

Artículo 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.
- d. Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

Artículo 31: Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y 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.

Artículo 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.

Artículo 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 complementarias que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

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

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

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

Artículo 35: Se entiende por uso agrícola 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.
- c. Minería.

Artículo 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.

CAPITULO IV DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA DESTINACION DEL RECURSO

Artículo 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.

Artículo 38: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

REFERENCIA	EXPRESADO 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	75
Color	Color real	75 unidades, escala Platino - Cobalto
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Cromo	Cr + 6	00.5
Difenil Policlorados	Concentración de agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	10
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	20.000microorganismos/100 ml.
Coliformes fecales	NMP	2.000 microorganismos/100 ml.

Parágrafo 1: La condición de valor “no detectable” se entenderá que es la establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

Parágrafo 2: No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.

Artículo 39: 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 solo desinfección:

REFERENCIA	EXPRESADO 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 de agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	10
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
Coliformes totales	NMP	1.000 microorganismos/100 ml.

Parágrafo: 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.

Artículo 40: Los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola son los siguientes:

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0.5
Cobre	Cu	0.2
Cromo	Cr + 6	0.1
Fluor	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

Parágrafo 1: Además de los criterios establecidos en el presente artículo, se adoptan los siguientes:

- El boro, expresado como B, deberá estar entre 0.3 y 4.0 mg/L dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.
- El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.
- El NMP de coliformes fecales no deberá exceder 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

Parágrafo 2: Deberán hacerse mediciones sobre las siguientes características:

- Conductividad.

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

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

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	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

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

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Coliformes fecales	NMP	200 microorganismos/100 ml.
Coliformes totales	NPM	1.000 microorganismos/100 ml
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.02
Oxígeno Disuelto		70% Concentración de saturación
PH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

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

Parágrafo 2: El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutroficación.

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

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Coliformes totales	NMP	5.000 microorganismos/100 ml.
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

Parágrafo: Además de los criterios del presente artículo se tendrán en cuenta los establecidos en los parágrafos 1 y 2 del artículo anterior.

Artículo 44: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético 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.

Artículo 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 estuarias 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	
Oxígeno 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 ionizado	H ₂ S	0.0002		0.0002		0.0002	
Amoníaco	NH ₃	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Arsénico	As	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Bario	Ba	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Berilio	Be	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Cadmio	Cd	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Cloruro libre	CN-	0.005CL	96	0.05CL	96	0.05CL	96
			50		50		50
Cinc	Zn	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Cloruro total residual	CL ₂	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Cobre	Cu	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Fenoles Monohídricos	Fenoles	1.0CL	96	1.0CL	96	1.0CL	96
			50		50		50
Grasas y aceites	Grasas como porcentaje de sólidos secos	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96

			50		50		50
Hierro	Fe	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Manganeso	Mn	0.1CL	96	0.1CL	96	0.1CL	96
			50		50		50
Mercurio	Hg	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Niquel	Ni	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Plag. organoclorados	C. de agente activo	0.001CL	96	0.001CL	96	0.001CL	96
			50		50		50
Plag. Organofosforados	C. de agente activo	0.05CL	96	0.05CL	96	0.05CL	96
			50		50		50
Plata	Ag	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Plomo	Pb	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Selenio	Sc	0.01CL	96	0.01CL	96	0.01CL	96
			50		50		50
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	0.143CL	96	0.143CL	96	0.143CL	96
			50		50		50

Parágrafo: 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.

Artículo 46: Corresponde a la EMAR la realización de bioensayos que permitan establecer los valores de la CL9650 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.

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

Artículo 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 parágrafos 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.

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

Artículo 49: En los sitios en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso, corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.

Artículo 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.

CAPITULO V DE LAS CONCESIONES

Artículo 51: Todo usuario del agua que no haya legalizado su uso de conformidad con el Decreto 1541 de 1978 y con las disposiciones de la EMAR, deberá solicitar ante esta la correspondiente concesión de agua, para cuya expedición se tendrá en cuenta las disposiciones del presente Decreto.

La disposición del inciso anterior será también aplicable a los responsables de la administración de los acueductos urbanos o rurales y de la exploración y explotación petrolífera, de gas natural y minera, que utilicen agua.

Artículo 52: Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su revocación, así como las relacionadas con el uso agrícola de aguas servidas, requieren autorización previa del Ministerio de Salud o de la entidad en quien este delegue, sin perjuicio de la competencia que le confiere el artículo 4 de la Ley 9 de 1979.

También se requiere dicha autorización cuando los usos a que se refiere el inciso anterior formen parte de uno múltiple.

Parágrafo: Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su revocación, con caudal inferior a 0.1 litro por segundo no requieren autorización del Ministerio de Salud.

Artículo 53: El Ministerio de Salud podrá señalar otros usos del agua que requieran autorización previa para el otorgamiento de una concesión, cuando las situaciones de salud lo ameriten.

Artículo 54: Las concesiones de agua para usuarios nuevos que requieran autorización sanitaria - parte agua para verter, deberán presentar constancia de que el permiso de instalación se encuentra en trámite de acuerdo con lo establecido en el presente Decreto.

Artículo 55: Para efectos del otorgamiento de una concesión de agua por parte de la EMAR, el Ministerio de Salud o su entidad delegada podrán realizar o exigir una nueva evaluación o verificación de cualesquiera de los criterios de calidad.

Artículo 56: Cuando al hacer nueva evaluación o verificación de los criterios de calidad de que trata el artículo anterior se compruebe que se están excediendo los valores establecidos en el artículo 38 del presente Decreto, el Ministerio de Salud, su entidad delegada o la EMAR, identificarán a los usuarios públicos o privados

cuyos vertimientos causen dicha situación y los incorporarán en un programa de control especial el cual se adelantará teniendo en cuenta las prioridades existentes.

Artículo 57: Toda solicitud de concesión de agua, para consumo humano y doméstico o su renovación, deberá presentarse por duplicado ante la EMAR, la cual deberá hacer llegar copia de la misma al Ministerio de Salud o a la entidad en quien este delegue, dentro de los treinta (30) días siguientes a su radicación. Para que el mismo o su entidad delegada emita concepto previo al otorgamiento o renovación de una concesión de agua para consumo humano y doméstico, la EMAR deberá presentar la siguiente información:

- a. Caracterización representativa de la fuente de agua, en el tramo que considere la EMAR y en los términos establecidos por los artículos 159 y 160 del presente Decreto.
- b. Relación de los vertimientos hechos al recurso en el tramo de interés. El mismo o su entidad delegada podrán solicitar ampliación del tramo en cuestión.

Parágrafo: Las solicitudes de concesión a que se refiere el presente artículo, deberán cumplir, además de las exigencias en él señaladas, la totalidad de los requisitos establecidos por la EMAR.

Artículo 58: La información básica requerida en el artículo anterior deberá ser suministrada a la EMAR correspondiente por la entidad administradora del sistema de suministro de agua, en el caso de que ello sea de su responsabilidad, o por la persona responsable o interesada en los demás casos.

Cuando quiera que la EMAR encuentre que la información es completa, procederá a remitirla al Ministerio de Salud, en los términos señalados en el artículo anterior.

Artículo 59: El Ministerio de Salud o su entidad delegada, se pronunciarán con respecto a la autorización previa a la concesión, dentro de los sesenta (60) días siguientes a la fecha de radicación de la remisión de la información por parte de la EMAR.

CAPITULO VI DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS

Artículo 60: 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.

Artículo 61: Se 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.

Artículo 62: Se 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.

Artículo 63: Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impida los usos actuales o potenciales.

Artículo 64: 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.

Artículo 65: Con fundamento en las disposiciones de este Decreto y las demás vigentes sobre la materia, la EMAR fijará en cada caso las normas que deben cumplir los vertimientos a un cuerpo de agua o a un alcantarillado, previamente a la instalación, modificación, ampliación de una fuente contaminante, o desarrollo de un plan de cumplimiento por parte de cualquier usuario.

Cuando se trate de normas específicas de vertimiento para protección de los recursos naturales, estas deberán ser fijadas por la EMAR.

Artículo 66: 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 uso.

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.

Artículo 67: 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.

Artículo 68: 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.

Artículo 69: Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas en el presente Decreto.

Artículo 70: Los sedimentos, lodos, y sustancias sólidos provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos 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.

Artículo 71: 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 franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- b. Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- c. La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y de la EMAR.
- d. Además de las normas contenidas en el presente artículo sobre aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia.

CAPITULO XI

DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA MODIFICACION DE NORMAS DE VERTIMIENTO Y CRITERIOS DE CALIDAD

Artículo 138: Teniendo en cuenta que las normas de vertimiento y criterios de calidad señalados en el presente Decreto únicamente constituyen las disposiciones básicas iniciales, el Ministerio de Salud y las EMAR con fundamento en el artículo 7 de la Ley 9 de 1979 podrán modificar, restringir, incluir o ampliar las normas de vertimiento y criterios de calidad siguiendo los procedimientos señalados en el presente Capítulo.

Artículo 139: En caso de que el Ministerio de Salud o la EMAR efectúen acciones de las contempladas en el artículo anterior, la entidad interesada en hacerlo deberá realizar un estudio técnico que lo justifique.

Artículo 140: Cuando la modificación sea sugerida por una EMAR, el estudio a que se refiere el artículo anterior se enviará a la Dirección de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, para su consideración. Cuando sea sugerida por el Ministerio de Salud, se enviará a la EMAR respectiva para mismos fines. La modificación acordada será establecida por resolución del Ministerio de Salud y por acto administrativo de la EMAR y será aplicable en área de jurisdicción de la EMAR respectiva.

Artículo 141: Cuando para conjurar situaciones de alto riesgo para la salud sea necesario modificar, incluir, ampliar o restringir las normas de vertimiento o los criterios de calidad del presente Decreto, el Ministerio de Salud podrá hacerlo mediante resolución, previa consulta, con carácter urgente a las EMAR a través de la oficina de Coordinación del Departamento Nacional de Planeación y al INDERENA.

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
DECRETO Nº 475 DEL 10 DE MARZO DE 1998

**NORMAS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL
AGUA SEGURA**

ARTICULO 35. En la eventualidad de un desastre o emergencia, que afecte el normal suministro del agua potable a la población, se tendrán en cuenta las siguientes normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua segura.

ARTICULO 36. Criterios de calidad organolépticos y físicos del agua segura son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	<25
Olor y Sabor	–	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT)	≤5
Sólidos Totales	mg/L	<1000
Conductividad	microsiemens/cm	≤1500
Sustancias Flotantes	–	Aceptable

ARTICULO 37. Criterios de calidad química del agua segura son las siguientes:

a) Normas para elementos y sustancias químicas:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Aluminio	Al	2.0
Antimonio	Sb	0.02
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Boro	B	1.0
Cadmio	Cd	0.005
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0.1
Cianuro total	CN ⁻	0.2
Cloroformo	CHCl ₃	0.7
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	0.025
Cobre	Cu	2.0
Fenoles totales	Fenol	0.01
Mercurio	Hg	0.002
Molibdeno	Mo	0.2
Níquel	Ni	0.1
Nitritos	NO ₂ ⁻	1.0
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.02

Selenio	Se	0.015
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.7
Grasas y Aceites	mg/L	Ausente
Trihalometanos Totales	THMs	≤1.0

b) Criterios de calidad química para agua segura:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Calcio	Ca	100
Acidez	CaCO ₃	60
Hidróxidos	CaCO	<LD.
Alcalinidad Total	CaCO	120
Cloruros	Cl ⁻	300
Dureza Total	CaCO ₃	180
Hierro Total	Fe	0.5
Magnesio	Mg	60
Manganeso	Mn	0.15
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	350
Zinc	Zn	10
Fluoruros	F ⁻	1.7
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0.4

PARAGRAFO. En caso de que se presente una situación de emergencia o un desastre, la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá adoptar las medidas correctivas o de mitigación a que haya lugar, e informar inmediatamente del hecho a la autoridad sanitaria competente para que ésta declare la situación de emergencia o desastre correspondiente y ordene la adaptación <sic> de las medidas pertinentes.

ARTICULO 38. El valor admisible del cloro residual libre para el agua segura, deberá estar comprendido entre 0.3 y 1.3 mg/L.

ARTICULO 39. El valor para el potencial de hidrógeno, pH. para el agua segura deberá estar comprendido entre 6.5 y 9.0.

ARTICULO 40. Las normas microbiológicas y sobre el contenido de plaguicidas y otras sustancias para el agua segura, deberán ser las mismas que para el agua potable.

PARAGRAFO 1. Los parámetros de agua segura serán aceptados únicamente mientras los sistemas de suministro de agua se encuentran en una situación de emergencia o desastre.

PARAGRAFO 2. Una vez superada una emergencia o un desastre la persona que presta el servicio público de acueducto deberá suministrar a su población agua potable, de acuerdo a lo establecido en el presente Decreto.

ESTÁNDARES DEL REGLAMENTO NACIONAL PRIMARIO DE AGUA POTABLE (EPA/2000)

Contaminante	MNMC ¹ (mg/l) ⁴	NMC ² o TT ³ (mg/l) ⁴	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Químicos Inorgánicos				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de colesterol en sangre; descenso de azúcar en sangre (aumento de colesterolhemia; hipoglucemia).	Efluentes de refinerías de petróleo; retardadores de fuego; cerámicas; productos electrónicos; soldaduras.
Arsénico	ninguno ⁵	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; agua de escorrentía de huertos; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.
Asbestos (fibras >10 micrómetros)	7 millones de fibras por litro (MFL)	7 MFL	Alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.	Deterioro de cemento amiantado (fibrocemento) en cañerías principales de agua; erosión de depósitos naturales.
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinerías de metales; erosión de depósitos naturales.
Berilio	0.004	0.004	Lesiones intestinales.	Efluentes de refinerías de metales y fábricas que emplean carbón; efluentes de industrias eléctricas, aeroespaciales y de defensa.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías de metales; líquidos de escorrentía de baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Cobre	1.3	Nivel de acción=1.3; TT ⁶	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de conservantes de madera.
Cianuro (como cianuro libre)	0.2	0.2	Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides	Efluentes de fábricas de acero y metales; efluentes de fábricas de plásticos y fertilizantes

Flúor	4.0	4.0	Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea) Los niños podrían sufrir de dientes manchados	Aditivo para agua para tener dientes fuertes; erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Plomo	cero	Nivel de acción=0.015; TT ⁶	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
Mercurio (Inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo.
Nitrato (medido como nitrógeno)	10	10	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Nitrito (medido como nitrógeno)	1	1	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitritos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Selenio	0.05	0.05	Caída del cabello o de las uñas; adormecimiento de dedos de manos y pies; problemas circulatorios.	Efluentes de refinerías de petróleo; erosión de depósitos naturales; efluentes de minas.
Talio	0.0005	0.002	Caída del cabello; alteración de la sangre; trastornos renales, intestinales o hepáticos.	Percolado de plantas procesadoras de minerales; efluentes de fábricas de vidrio, productos
Químicos Orgánicos				
Acilamida	cero	TT ⁷	Trastornos sanguíneos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Se agrega al agua durante el tratamiento de efluentes y de agua de alcantarillado.
Alaclor	cero	0.002	Trastornos oculares, hepáticos, renales o esplénicos; anemia; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Atrazina	0.003	0.003	Trastornos cardiovasculares o del sistema reproductor.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Benceno	cero	0.005	Anemia; trombocitopenia; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas; percolado de tanques de almacenamiento de combustible y de vertederos para residuos.

Benzo(a)pireno	cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Percolado de revestimiento de tanques de almacenamiento de agua y líneas de distribución.
Carbofurano	0.04	0.04	Trastornos sanguíneos, del sistema nervioso o del sistema reproductor.	Percolado de productos fumigados en cultivos de arroz y alfalfa.
Tetracloruro de carbono	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y de otras actividades industriales.
Clordano	cero	0.002	Trastornos hepáticos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Residuos de termiticidas prohibidos.
Clorobenceno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de plantas químicas y de plantas de fabricación de agroquímicos.
2,4-D	0.07	0.07	Trastornos renales, hepáticos o de la glándula adrenal.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Dalapon	0.2	0.2	Pequeños cambios renales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en servidumbres de paso.
1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP)	cero	0.0002	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas/percolado de productos fumigados en huertos y en campos de cultivo de soja, algodón y piña (ananá).
o-Diclorobenceno	0.6	0.6	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
p-Diclorobenceno	0.075	0.075	Anemia; lesiones hepáticas, renales o esplénicas; alteración de la sangre.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1,2-Dicloroetano	cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1-1-Dicloroetileno	0.007	0.007	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
cis-1, 2-Dicloroetileno	0.07	0.07	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
trans-1,2-Dicloroetileno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Diclorometano	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y farmacéuticas.

1-2-Dicloropropano	cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Adipato de di-(2-etilhexilo)	0.4	0.4	Efectos tóxicos generales o dificultades para la reproducción	Efluentes de plantas químicas.
Ftalato de di-(2-etilhexilo)	cero	0.006	Dificultades para la reproducción; trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer	Efluentes de plantas químicas y de fabricación de goma.
Dinoseb	0.007	0.007	Dificultades para la reproducción	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en soja y vegetales.
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	cero	0.00000003	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer	
Diquat	0.02	0.02	Cataratas	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Endotal	0.1	0.1	Trastornos estomacales e intestinales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Endrina	0.002	0.002	Trastornos hepáticos.	Residuo de insecticidas prohibidos.
Epiclorohidrina	cero	TT ⁷	Alto riesgo de cáncer y a largo plazo, trastornos estomacales.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial; impurezas de algunos productos químicos usados en el tratamiento de aguas.
Etilbenceno	0.7	0.7	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Dibromuro de etileno	cero	0.00005	Trastornos hepáticos, estomacales, renales o del sistema reproductor; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Glifosato	0.7	0.7	Trastornos renales; dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Heptacloro	cero	0.0004	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Residuos de termiticidas prohibidos.
Heptaclorepóxido	cero	0.0002	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Descomposición de heptacloro.
Hexaclorobenceno	cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de metales y plantas de agroquímicos.
Hexacloro-ciclopentadieno	0.05	0.05	Trastornos renales o estomacales.	Efluentes de plantas químicas.
Lindano	0.0002	0.0002	Trastornos hepáticos o renales.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en ganado, madera

				jardines.
Metoxicloro	0.04	0.04	Dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en frutas, vegetales, alfalfa, ganado.
Oxamil (Vidato)	0.2	0.2	Efectos leves sobre el sistema nervioso.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en manzanas, papas y tomates.
Bifenilos policlorados (PCB)	cero	0.0005	Cambios en la piel; problemas de la glándula timo; inmunodeficiencia; dificultades para la reproducción o problemas en el sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Agua de escorrentía de vertederos; aguas con residuos químicos.
Pentaclorofenol	cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas de conservantes para madera.
Picloram	0.5	0.5	Trastornos hepáticos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Simazina	0.004	0.004	Problemas sanguíneos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Estireno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de goma y plástico; lixiviados de vertederos.
Tetracloroetileno	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas y empresas de limpieza en seco.
Tolueno	1	1	Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso.	Efluentes de refinerías de petróleo.
Trihalometanos totales (TTHM)	ninguno ⁵	0.10	Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central; alto riesgo de cáncer.	Subproducto de la desinfección de agua potable.
Toxafeno	cero	0.003	Problemas renales, hepáticos o de tiroides; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en algodón y ganado.
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05	Trastornos hepáticos.	Residuos de herbicidas prohibidos.
1,2,4- Triclorobenceno	0.07	0.07	Cambios en glándulas adrenales.	Efluentes de fábricas de textiles.
1,1,1- Tricloroetano	0.20	0.2	Problemas circulatorios, hepáticos o del sistema nervioso.	Efluentes de plantas para desgrasar metales y de otros tipos de plantas.
1,1,2- Tricloroetano	3	5	Problemas hepáticos, renales o del sistema inmunológico.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.

Tricloroetileno	cero	5	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas para desgrasar metales y de otros tipos de plantas.
Cloruro de vinilo	cero	2	Alto riesgo de cáncer.	Percolado de tuberías de PVC; efluentes de fábricas de plásticos.
Xilenos (total)	10	10	Lesiones del sistema nervioso.	Efluentes de refinerías de petróleo; efluentes de plantas químicas.
Radio nucleidos				
Emisores de partículas beta y de fotones.	ninguno ⁵	4 milirems por año (mrem/año)	Alto riesgo de cáncer.	Desintegración radiactiva de depósitos naturales y artificiales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como fotones y radiación beta.
Actividad bruta de partículas alfa	ninguno ⁵	15 picocurios por litro (pCi/l)	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como radiación alfa.
Radio 226 y Radio 228 (combinados)	ninguno ⁵	5 pCi/l	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales.
Microorganismos				
<i>Giardia lamblia</i>	cero	TT ⁸	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Desechos fecales humanos y de animales.
Conteo de placas de bacterias heterotróficas(HPC)	N/A	TT ⁸	El HPC no tiene efecto sobre la salud; es sólo un método analítico usado para medir la variedad de bacterias comúnmente encontradas en el agua. Cuanto menor sea la concentración de bacterias en el agua potable, mejor mantenido estará el sistema.	Con el HPC se determinan las diversas bacterias que hay en forma natural en el medio ambiente.
<i>Legionella</i>	cero	TT ⁸	Enfermedad de los legionarios, un tipo de neumonía ⁹ .	Presente naturalmente en el agua; se multiplica en los sistemas de calefacción.
Coliformes totales (incluye coliformes fecales y <i>E. coli</i>)	cero	5.0% ¹⁰	Por sí mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas ¹¹ .	Los coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente; los coliformes fecales y la <i>E. coli</i> proviene de heces fecales de humanos y de animales.
Turbidez	N/A	TT ⁸	La turbidez es una medida del enturbiamiento del agua. Se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración (por ejemplo, para determinar si hay presentes organismos que provocan enfermedades). Una alta turbidez suele asociarse a altos	Agua de escorrentía por el terreno.

			niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como por ejemplo, virus, parásitos y algunas bacterias. Estos organismos pueden provocar síntomas tales como náuseas, retortijones, diarrea y dolores de cabeza asociadas.	
Virus (entéricos)	cero	TT ⁸	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Heces fecales de humanos y de animales.

NOTAS:

1. Meta del Nivel Máximo del Contaminante (MNMN) Es el nivel de un contaminante en el agua potable por debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud. Los MNMC permiten contar con un margen de seguridad y no son objetivos de salud pública obligatorios.
2. Nivel Máximo del Contaminante (NMC) - Es el máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable. Los NMC se establecen tan próximos a los MNMC como sea posible, usando para ello la mejor tecnología de tratamiento disponible y teniendo en cuenta también los costos. Los NMC son normas obligatorias.
3. Técnica de Tratamiento (TT) Proceso obligatorio, cuya finalidad es reducir el nivel de un contaminante dado en el agua potable.
4. Las unidades se expresan en miligramos por litro (mg/l) a menos que se indique otra cosa.
5. Los MNMC se establecieron luego de la Enmienda de 1986 a la Ley de Agua Potable Segura. El estándar para este contaminante se fijó antes de 1986. Por lo tanto, no hay MNMC para este contaminante.
6. El plomo y el cobre se regulan mediante una Técnica de Tratamiento que exige la implementación de sistemas que controlen el poder corrosivo del agua. El nivel de acción sirve como un aviso para que los sistemas de agua públicos tomen medidas adicionales de tratamiento si los niveles de las muestras de agua superan en más del 10 % los valores permitidos. Para el cobre, el nivel de acción es 1.3 mg/l y para el plomo es 0.015mg/l.
7. Todos y cada uno de los sistemas de agua deben declarar al estado, por escrito, que si se usa acrilamida y/o epíclorhidrina para tratar agua, la combinación (o producto) de dosis y cantidad de monómero no supera los niveles especificados, a saber: acrilamida = 0.05% dosificada a razón de 1 mg/l (o su equivalente); epíclorhidrina = 0.01% dosificada a razón de 20 mg/l (o su equivalente).
8. La Regla de Tratamiento de Agua de Superficie requiere que los sistemas que usan agua de superficie o subterránea bajo influencia directa de agua de superficie, (1) desinfecten el agua y (2) filtren el agua o realicen el mismo nivel de tratamiento que aquellos que filtran el agua. El tratamiento debe reducir los niveles de *Giardia lamblia* (parásito) en un 99.9% y los virus en un 99.99%. La *Legionella* (bacteria) no tiene límite, pero la EPA considera que si se inactivan la *Giardia* y los virus, la *Legionella* también estará controlada. En ningún momento la turbidez (enturbiamiento del agua) puede superar las 5 unidades nefelométricas de turbidez ("NTU") [los sistemas filtrantes deben asegurar que la turbidez no supera 1 NTU (0.5 NTU para filtración convencional o directa) en al menos el 95% de las muestras diarias de cualquier mes]; HPC- no más de 500 colonias por mililitro.
9. La Enfermedad de los Legionarios se produce cuando las personas susceptibles inhalan un aerosol que contiene *Legionella*, no cuando se bebe agua que contiene *Legionella*. (Las duchas, grifos de agua caliente, jacuzzis y equipos de enfriamiento, tales como torres de enfriamiento y acondicionadores de aire, producen aerosoles). Algunos tipos de *Legionella* pueden provocar un tipo de neumonía llamada Enfermedad de los Legionarios. La *Legionella* también puede provocar una enfermedad mucho menos grave llamada fiebre Pontiac. Los síntomas la fiebre Pontiac pueden incluir: dolores musculares, cefaleas, tos, náuseas, mareos y otros síntomas.
10. En un mes dado, no pueden detectarse más de 5.0% de muestras con coliformes totales positivas. (Para sistemas de agua en los que se recogen menos de 40 muestras de rutina por mes, no puede detectarse más de una muestra con coliformes totales positiva). Toda muestra que presente coliformes totales debe analizarse para saber si presenta *E. coli* coliformes fecales, a fin de determinar si hubo contacto con heces fecales humanas o de animales (coliformes fecales y *E. coli* son parte del grupo de coliformes totales).
11. Coliformes fecales y *E. coli* son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos.

**NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
(OMS/1995) SEGÚN LOS USOS AL QUE SEA DESTINADO EL RECURSO**

a) CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO:

PARAMETROS	UNIDADES	OMS/1995
BARIO	Mg/L	0,7
CADMIO	Mg/L	0,003
CIANURO LIBRE	Mg/L	0,07
CINC	Mg/L	3,0
CLORUROS	Mg/L	250,0
COBRE	Mg/L	2,0
COLIFORMES FECALES	NMP	0
COLIFORMES TOTALES	NMP	0
COLOR		15,0 UCV
CROMO	Mg/L	0,05
MERCURIO	Mg/L	0,001
NITRATOS	Mg/L	50,0
NITRITOS	Mg/L	3,0
PLOMO	Mg/L	0,01
SALES	peso total	
SELENIO	Mg/L	0,01
SULFATOS	Mg/L	250,0
TURBIEDAD		5 UNT

b) CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRICOLA:

PARAMETROS	UNIDADES	OMS
BORO	Mg/L	0,3-4,0
CADMIO	Mg/L	0,01
CINC	Mg/L	2,0
COBALTO	Mg/L	0,05
COBRE	Mg/L	0,2
COLIFORMES FECALES	NMP	1000 NMP
CROMO	Mg/L	0,1
FLUOR	Mg/L	1,0
HIERRO	Mg/L	5,0
LITIO	Mg/L	2,5
MANGANESO	Mg/L	0,2
MOLIBDENO	Mg/L	0,01
NIQUEL	Mg/L	0,2
PH	unidades	4,5-9,0 UND
PLOMO	Mg/L	5,0
SELENIO	Mg/L	0,02
VANADIO	Mg/L	0,1

c) CALIDAD DEL AGUA PARA USO PECUARIO:

PARAMETROS	UNIDADES	OMS
ARSENICO	Mg/L	0,2
BORO	Mg/L	5,0
CADMIO	Mg/L	0,05
CINC	Mg/L	25,0
COBRE	Mg/L	0,5
CROMO	Mg/L	1,0
MERCURIO	Mg/L	0,01
NITRATOS+NITRITOS	Mg/L	100
NITRITOS	Mg/L	10,0
PLOMO	Mg/L	0,1
SALES	peso total	3.000

d) CALIDAD DEL AGUA PARA PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA

PARAMETROS	UNIDADES	OMS		
		AGUA FRIA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y ESTUARINA
AMONIACO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
ARSENICO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
BARIO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
BERILIO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
CADMIO	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
CIANURO LIBRE	Mg/L	0,05*	0,05*	0,05*
CINC	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
CLORO TOTAL RESIDUAL	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
CLOROFENOLES	Mg/L	0,5000	0,5	0,5
COBRE	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
CROMO HEXAVALENTE	CL96/50	0,01*	0,01*	0,01*
DIFENIL	C.de agente activo	0,0001	0,0001	0,0001
FENOLES MONOHIDRICOS	Fenoles	1*	1*	1*
GRASAS Y ACEITES	% de sólidos secos	0,01*	0,01*	0,01*
HIERRO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
MANGANESO	Mg/L	0,1*	0,1*	0,1*
MERCURIO	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
NIQUEL	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
OXIGENO DISUELTO	Mg/L	5,0000	4	4
PH	unidades	6,5 - 9	4,5 - 9	6,5 - 8,5
PLAGUICIDAS	concentracion de agente activo	0,05*	0,05*	0,05*
PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS	C. de agente activo	0,001*	0,001*	0,001*
PLATA	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
PLOMO	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
SELENIO	Mg/L	0,01*	0,01*	0,01*
SULFURO DE HIDROGENO IONIZADO	Mg/L	0,0002	0,0002	0,0002
TENSOACTIVOS	Mg/L	0,143*	0,143*	0,143*

e) CALIDAD DEL AGUA PARA RECREACIÓN:

PARAMETROS	UNIDADES	OMS	
		CONTACTO PRIMARIO	CONTACTO SECUNDARIO
COLIFORMES FECALES	NMP	1000	
COLIFORMES TOTALES	NMP	200	5000
COMPUESTOS FENOLICOS	Mg/L	0,002	
OXIGENO DISUELTO	Mg/L	70% de concentración de saturación a la temperatura media	70% de concentración de saturación a la temperatura media
PH	unidades	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0
TENSOACTIVOS	Mg/L	0,5	0,5

ANEXO G

CUADRO COMPARATIVO DE NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES (VER CD)