2.11 CALIDAD DE AGUAS

2.11.1 Factores Fisicoquímicos y Bacteriológicos de los Ecosistemas Acuáticos

El agua es esencial para el mantenimiento de todos los procesos biológicos, la calidad de vida de una sociedad y el sostenimiento de las actividades económicas. La calidad del agua está definida por su composición química y por sus características físicas, adquiridas a través de procesos naturales y antropogénicos que limitan o perjudican su uso. Este es evaluado al comparar los valores que asumen los parámetros indicadores con estándares y criterios establecidos. La variación espacio temporal de la calidad se modifica por el influjo de múltiples actividades socioeconómicas y naturales, y la intensidad de ésta variación es determinada por las características propias de éstas dinámicas.

Se considera la cuenca del río Coello de vital importancia para el departamento del Tolima en razón del desarrollo que impulsa, especialmente por el suministro del recurso hídrico para el consumo humano, generación eléctrica y agricultura bajo riego. La calidad de sus aguas se ha visto alterada debido a la disposición directa de aguas residuales de asentamientos humanos como Cajamarca, Coello, Anaime, Payande, Gualanday y parte de Chicoral e Ibagué, que contribuyen con polución y contaminación bacteriana. Esto unido a la falta de implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y sitios debidamente construidos para el manejo integral y disposición de los residuos sólidos municipales e industriales (CORTOLIMA, 1999), hacen dudosa la calidad del agua para consumo humano, su conveniencia para regadío y la sostenibilidad de los sistemas biológicos naturales.

Por otra parte es necesario el conocimiento del deterioro de la calidad hídrica por escorrentía y percolación de agroquímicos de la zona, ya que uno de los principales usos de la tierra en el sector que comprende la cuenca es la agricultura, posibilitada por el distrito de riego “USOCOELLO” que permite el riego de 40.000 has y destina parte del agua a los acueductos del Espinal, Coello, Chicoral y el acueducto alterno de Ibagué (CORTOLIMA, 1998). Así mismo es importante conocer la calidad de las aguas de irrigación para mantener la calidad y productividad de los suelos cultivables de la zona.

Por las razones expuestas las aguas de la cuenca del río Coello requieren de metodologías de diagnóstico que permitan determinar la calidad del agua utilizada para consumo humano y agrario, así como para definir el estado ecológico del ecosistema. El presente estudio identifica la estructura y funcionamiento de la cuenca, determina las zonas, niveles y tendencias de la contaminación, logrando comprender los procesos de cambio, con el fin de disminuir los efectos negativos que sobre el ecosistema se están presentando.

La evaluación de las aguas de la cuenca y su representación gráfica será un recurso pedagógico útil para la educación ambiental de la comunidad y contribuirá a estudios limnológicos que utilizan organismos bioindicadores para una evaluación integrada de la calidad del agua.

La determinación de la calidad de un cuerpo de agua es el punto de partida de una política ambiental que garantice el uso, manejo y preservación del compuesto más esencial y vital en la vida de una comunidad, el agua.

2.11.1.1 Índice General de Calidad (IGCA)

Su objetivo es estimar un número que defina el grado de calidad de un cuerpo hídrico determinado. Con esto se pretende reconocer rápidamente problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables físico-químicas determinadas. Su aplicación permite que el evaluador de mayor ponderación a los parámetros mas relevantes y del propósito de la evaluación. Esta ponderación es reflejada en el ítem de peso o importancia, lo cual permite objetividad y que la medición de la calidad no sea estandarizada. Su cálculo se basa en:

$$IGCA = K \sum C_I P_I / \sum P_I$$

donde:

C_I: valor porcentual asignado a los parámetros de medición
P_I: peso o importancia asignado a cada parámetro
K: constante que toma los siguientes valores :

Los valores que toma K se presentan en la Tabla 2.124

Tabla 2.124 Valores de K para el Índice General de Calidad (IGCA).

CONDICIÓN	VALOR
Aguas sin aparente contaminación	1.00
Aguas con color ligero espuma y ligera turbiedad	0.75
Aguas con apariencia de estar contaminadas y con olor fuerte	0.50
Aguas negras con fermentación y olores	0.25

De tal forma que el valor obtenido con el índice permite definir la calidad de un cuerpo de agua de acuerdo con el rango que se presenta en la Tabla 2.125.

Tabla 2.125 Rango de calidad de aguas de acuerdo con el Índice General de Contaminación.

CALIDAD	RANGO
Excelente	91-100
Buena	51-70
Regular	26-50
Pésima	0-25

2.11.1.2 Índices de Contaminación (ICO)

Los índices de contaminación son complementarios, en sentido ecológico, al IGC y, por tanto, permiten precisar problemas ambientales específicos y con ello profundizar en la identificación de taxones con potencial indicador. La Tabla 2.126 indica las diferentes categorías de clasificación de las aguas de acuerdo con los valores que alcanzan cada uno de los índices.

Tabla 2.126 Categorías de contaminación para cada uno de los ICO empleados.

CATEGORÍA DE CONTAMINACIÓN	VALOR
Muy Baja	0.00 – 0.20
Baja	0.21 – 0.40
Medio	0.41 – 0.60
Medio – Alta	0.61 – 0.80
Alta	0.81 – 1.00

2.11.1.2.1 Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

Se expresa en variables que reflejan esta condición, entre las cuales se encuentran la conductividad, como reflejo de los sólidos disueltos de tipo iónico; la dureza, por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y la alcalinidad, porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos

2.11.1.2.2 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Se expresa en variables que incluyen nitrógeno, nitritos, nitratos, fósforo, oxigeno, demanda biológica (DBO) y química de oxigeno (DQO) y coliformes totales y fecales. Para este estudio se seleccionaron el DBO y las coliformes totales debido a que reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica; igualmente se seleccionó el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución.

2.11.1.2.3 Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Se determinó mediante la concentración de sólidos suspendidos.

2.11.1.3 Importancia ambiental de parámetros indicadores de contaminación

2.11.1.3.1 Temperatura

Las descargas de aguas con temperaturas considerablemente mayores a las aguas receptoras pueden causar daños a la flora y fauna al intervenir con los procesos reproductivos de las especies. De igual forma, pueden incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos no alóctonos, acelerar las reacciones químicas y reducir los niveles de oxígeno, influyendo en la precipitación de muchos compuestos y acelerando la eutroficación (APHA – AWWA - WPCF, 1995; Industria del Petróleo, 2000; Washington State Departament of Ecology, 2000; Ministerio de Medio Ambiente *et al*., 2001).

2.11.1.3.2 Turbiedad

Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema (Roldan, 1992) y es asociada con la presencia de organismos patógenos (Washington State Departament of Ecology, 2001). Sirve para determinar el grado de tratamiento requerido por un agua natural, al igual que permite establecer su filtrabilidad, así como la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración (Romero, 1996).

2.11.1.3.3 Sólidos

Producen alteraciones en el desarrollo de los estados tempranos de los peces, al modificar su movimiento natural y migración; igualmente, reducen la abundancia de alimentos e inciden sobre la productividad primaria del sistema. (Ministerio de Medio Ambiente *et al*., 2001). Son un parámetro útil para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento y son importantes para determinar la “fuerza” de las agua residuales. En plantas de lodos activados se usan para controlar el proceso y factores del diseño de unidades de tratamiento biológico secundario, también son útiles para el diseño de tanques de sedimentación (Romero, 1996)

2.11.1.3.4 Conductividad

La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación, la evaluación de la actitud del agua para riego y la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Ministerio de Medio Ambiente *et al*., 2001).

2.11.1.3.5 pH

El intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 - 8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción (Metcalf y Heddy, 1985;

Massachussets Water Watch Partnership, 2002). El grado de disociación de ácidos y bases es afectado por cambios de pH, este efecto es importante debido a que la toxicidad de muchos compuestos es afectada por el grado de disociación (Ministerio de Medio Ambiente *et al*., 2001). El valor del pH también debe ser tenido en cuenta en el suministro de aguas con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión o de incrustación (Bolaños *et al.*, 2001).

2.11.1.3.6 Oxigeno disuelto

Constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración determina las especies, de acuerdo a su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de éstos sistemas (Ramírez y Viña, 1998). La baja concentración de oxigeno disuelto en el agua es, generalmente, una indicación de alta contaminación, ya que sirve para denotar la presencia de organismos que "respiran" y se multiplican a una tasa superior a la difusión del oxigeno desde la atmósfera al agua (Faña, 2000).

2.11.1.3.7 Alcalinidad

Proporciona la acción buffer o amortiguadora de cambios de pH al agua, de tal forma que conocer la alcalinidad de un cuerpo de agua es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldan, 1992). La alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento y control de la corrosión (Romero, J. A. 1996).

2.11.1.3.8 Dureza

Las aguas con bajas durezas se denominan "blandas" y biológicamente son poco productivas, por lo contrario las aguas con durezas elevadas "duras" son más productivas. La productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variada pero son menos productivas en términos de biomasa (Roldan, 1992). Para consumo humano se considera que las aguas blandas o duras son igualmente satisfactorias. El valor de la dureza determina la conveniencia del agua para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, ya que requieren demasiado jabón para producir espuma, además depositan lodo e incrustaciones sobre las superficies con las que este en contacto (Bolaños, 2000; Ministerio de Medio Ambiente *et al*., 2001).

2.11.1.3.9 Demanda Química de Oxigeno (DQO)

Permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes

domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. El aumento de la DQO contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del oxigeno disuelto, salinización de los suelos, y pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso (Beltrán y Trujillo, 1999).

2.11.1.3.10 Fósforo y Fosfatos

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y, por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. Su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Romero, 2001).

2.11.1.3.11 Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxigeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de éste. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes de determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos. Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgo de metahemoglobinemia para usuarios de la fuente receptora (Romero, 2001).

2.11.1.3.12 Coliformes Totales y Fecales

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia de la purificación y potabilidad del agua. (Ministerio de Salud, 1998; Romero, 2001).

2.11.2 Metodología

2.11.2.1 Estaciones de muestreo

Se llevó a cabo un total cuatro muestreos durante el año 2003, los cuales se efectuaron en los meses de marzo, mayo, julio y octubre con el fin de cubrir los

diferentes períodos climáticos. Las estaciones de muestreo, 31 en total, se ubicaron en los principales tributarios y quebradas de la cuenca del río Coello. Para este propósito se tuvieron en cuenta todos aquellos ecosistemas acuáticos que se consideraran importantes para la región, bien sea porque deban conservarse o por la importancia de sus aguas para el consumo humano y para la agricultura. Adicionalmente se tuvo en cuenta la presencia de ecosistemas no perturbados, con poca intervención antrópica y, por tanto, vulnerables, y perturbados, afectados por actividades agrícolas y pecuarias, por contaminación de origen doméstico e industrial. Se analizaron adicionalmente algunas quebradas que desembocan en las subcuencas principales para observar el efecto que sobre estas últimas ocasionan los vertimientos de las quebradas de importancia de la zona.

2.11.2.2 Medición de parámetros físico - químicos

La recolección de las muestras, preservación y protocolos analíticos aplicados se basaron en las técnicas recomendadas y establecidas por el Standards Methods of Examination of Water and Wastewater, versión 19 (APHA – AWWA - WPCF, 1995). Estas metodologías han sido estandarizadas por el Laboratorio de Química Ambiental del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y son utilizadas rutinariamente en el Laboratorio Ambiental del Tolima – CORTOLIMA. En éste último se realizaron las análisis de este proyecto. La técnica de análisis empleada para cada prueba y la referencia según APHA - AWWA-WPCF. 1995 se presentan en la Tabla 2.128.

2.11.2.3 Comparación con la Legislación

Los análisis de laboratorio fueron comparados con las legislaciones ambientales sobre calidad del agua para diferentes usos. En Colombia se ha legislado bajo este aspecto a través del decreto 1594/84 normas sobre el manejo del agua (Ministerio de Salud, 1984) y el decreto 475/98 (Ministerio de Salud, 1998) (Tabla 2.127).

Decreto 1594/84: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos (Tabla 2.128).

ART 38: Consumo humano y domestico que requiere tratamiento convencional ART 39: Consumo humano y domestico que requiere solo desinfección ART 40: Uso agrícola ART 41: Uso pecuario ART 42: Fines recreativos contacto primario ART 43: Fines recreativos contacto secundario

ART 45: Preservación de fauna y flora. A1: Agua dulce fría. A2: Agua dulce cálida. A3: Agua marina y estuarina.

Tabla 2.127 Normas colombianas para la destinación del recurso (Ministerio del Medio Ambiente, 2001).

PARÁMETRO	UNIDAD	DECRETO 1594 – 1984									RAS 98-2000				DECRETO 2105-83	DECRETO 475-1998
		ART 38	ART 39	ART 40	ART 41	ART 42	ART 43	ART 45			Aceptable	Regular	Deficiente	Muy deficiente		
								A1	A2	A3						
Oxigeno disu/	mg/l	-	-	-	70%	70%	70	75.0	4.0	4.0	>4	>4	>4	<4	-	-
Conductividad	us/cm	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	50-1000
PH	Unidades	5.0-9.0	6.5-8.5	4.5-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	6.5-9.0	4.5-9.0	6.5-8.5	6.0-8.5	5.0-9.0	3.8-10.5	-	6.5-9.0	6.5-9.0
Alcalinidad	mg/l CaCo3	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	100
Turbiedad	NTU	-	10	-	-	-		0.143	0.143	0.143	<2	2.0-4.0	40-150	>150	5-1	<5
Color	Upc	75	20	-	-	-		-	-	-	<10	10-20	20-40	>40	inobjetable	Aceptable
Dureza	mg/L CaCO3	-						-	-	-	-	-	-	-	30-150	160
DBO mensual	mg/l O2	-						-	-	-	>1.5	1.5-2.5	2.5-4.0	4.0	-	-
DBO diario	mg/l O2	-						-	-	-	1.0-3.0	3.0-4.0	4.0-6.0	6.0	-	-
DQO	mg/l o2	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solidos	mg/L	-						-	-	-	-	-	-	-	500-200	<500
Nitratos	mg/l N	10	10	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	30-150	10
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	20000	1000	5000	1000	-		-	-	-	0-50	50-500	500-5000	>5000	-	<2
Coliformes Fecales	NMP/ 100 ml	2000	-	1000	200	5000		-	-	-	-	-	-	-	-	0

RAS: Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico. 1998/2000.

Decreto 2105/83: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua

Decreto 475/98: Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable

Tabla 2.128 Parámetros y técnicas de análisis empleada

PARÁMETRO	UNIDAD	TÉCNICA DE	REFERENCIA
Temperatura	°C	Termométrico	2550-B
PH	Unidades	Potenciométrico	4500-H^+
Oxigeno D	mg/l O_2	Electrométrico	4500-O_2 G
Turbiedad	NTU	Nefelométrico	2130
Conductividad	UPC	Conductimétrico	2510
Nitratos	mg/l NO_3	Espectrofotométrico	4500-NO_3 B
Nitrógeno	mg/l N	Destilación Kjeldal	4500-N B
Nitritos	mg/l NO_2	Espectrofotométrico	4500-NO_2 B
Fosfatos	mg/l P	Espectrofotométrico	4500-P
Sulfatos	mg/l SO_4	Gravimétrico	4500- SO_4 E
Sólidos Suspendidos	mg/l	Filt- Crisol Gooh	2540-D
Sólidos Totales	mg/l	Gravimétrico	2540-B
Alcalinidad	mg/l $CaCO_3$	Titulométrico (HCL.)	2320
Dureza	mg/l $CaCO_3$	Titulométrico (EDTA)	2340
DQO	mg/l O_2	Reflujo cerrado $K_2Cr_2O_7$	5220
Coliformes T	UFC	Conteo en placa	Petrifilm 3M
Coliformes F	UFC	Conteo en placa	Petrifilm 3M

2.11.3 Resultados

2.11.3.1 Índice general de calidad hídrica (IGCA)

El Índice General de Calidad (IGCA), el cual está basado en el Índice de Calidad de Agua (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de Estados Unidos, permitió catalogar las aguas del río Coello y sus afluentes como de calidad regular. Esto se debe a que la mayoría de las estaciones muestreadas dentro de la cuenca se encuentran dentro de la puntuación 51-70 (Tabla 2.129); igualmente, se observa que las subcuencas muestreadas son homogéneas y no presentan cambios de calidad bruscos entre ellas (Figura 2.60).

Solo con pocas excepciones (río Combeima - Chapetón y río Combeima - El Totumo) el IGCA alcanza niveles que califican el agua como de mala calidad (Tabla 2.129). La mejor calidad hídrica se encontró en la estación Páramo de Anaime, subcuenca del río Anaime. Estos resultados permitieron elaborar el mapa correspondiente (Figura 2.60), el cual representa los valores del IGCA en colores facilitando su interpretación.

2.11.3.2 Índices de contaminación (ICO)

El comportamiento de éstos índices en cada estación de muestreo es diferente y manifiestan condiciones ambientales diversas, por tanto, son complementarios al IGCA. Los resultados presentados en la Tabla 2.129 permitieron elaborar los mapas correspondientes al ICOMI, ICOMO e ICOSUS (Figuras 2.61, 2.62 y 2.63).

Tabla 2.129 Valores del Índice General de Calidad (IGCA) para las distintas subcuencas del río Coello para el 2003

SUBCUENCA	ESTACION	A.S.N.M.	IGCA
Magdalena	Río Magdalena – desemb. Río Coello	256	52.7
Coello	Río coello – desembocadura	256	51.6
	Quebrada potrerilla	460	67.6
	Río Coello – Distrito de Riego	473	51.4
	Quebrada La Barbona	479	52.9
	Quebrada Gualanday	520	58.9
	Río Coello - Caracolito	576	55.0
	Río Coello – vía Rovira	770	56.5
	Río Coello - Cocora	1145	57.3
	Río Coello - Peñaranda	1388	58.8
Andes	Quebrada Andes	850	64.6
Combeima	Río Combeima - Totumo	1200	43.0
	Río Combeima - Chapetón	1240	50.0
	Quebrada Cay – sector bajo	1300	61.9
	Quebrada Cay – sector alto	1611	63.2
	Quebrada Las Perlas	1950	62.6
	Río Combeima -Juntas	1950	59.1
Cocora	Río Cocora	1275	63.2
	Río Cocora – Laureles	1661	64.3
	Río Cocora - Dantas	2043	64.5
Toche	Río Toche - Desembocadura	1400	53.2
	Río Toche	2073	68.1
	Quebrada Campoalegre	2073	68.7
	Quebrada San Juan	2072	65.4
Bermellón	Río Bermellón – San Lorenzo	1600	63.1
	Río Bermellón – Los Alpes	1820	64.4
	Río Bermellón – La Guala	2460	67.4
Anaime	Río Anaime	1778	64.7
	Río Anaime – La Leona	2048	62.8
	Quebrada Carrizales	2052	66.1
	Río Anaime – Páramo	3533	81.1

2.11.3.3 Mineralización (ICOMI)

Las subcuencas de los ríos Coello, Anaime, Bermellón, Toche y Andes presentan contaminación de baja a media por mineralización. La estación con el valor mas bajo corresponde a la quebrada Potrerilla, subcuenca del Coello, seguida por la estación Páramo de Anaime, ubicada en la Reserva Semillas de Agua, subcuenca del río Anaime. La subcuenca del río Cocora presenta una baja contaminación iónica y la subcuenca del río Combeima medianamente alta a alta, en esta última

se encuentran las estaciones de mayor contaminación en la cuenca, río Combeima - Juntas y la quebrada Las Perlas (Figuras 2.64 y 2.65).

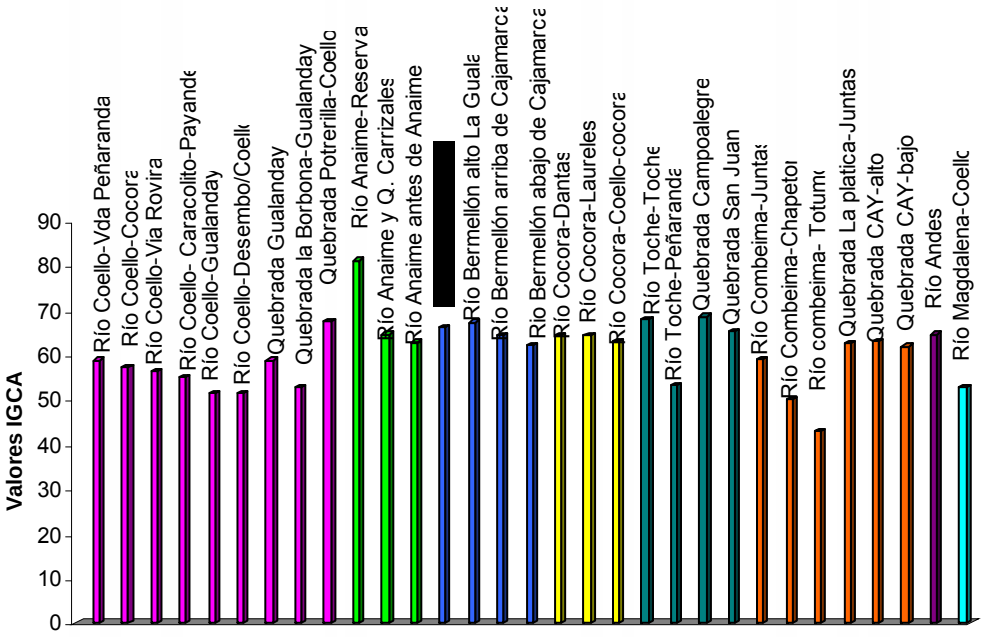


Figura 2.60 Comportamiento del Índice General de Calidad Hídrica (IGCA) en la cuenca del río Coello para el 2003.

Figura 2.61 Mapa del Índice General de Calidad Hídrica (IGCA) para la cuenca del río Coello para el 2003.

Tabla 2.130 Valores de ICOMI, ICOMO e ICOSUS para la cuenca del río Coello para el 2003.

SUBCUENCA	ESTACION	ICOMI	ICOMO	ICOSUS
Magdalena	Río Magdalena – des.río Coello	0.43	0.67	0.94
Coello	Río Coello – Desembocadura	0.55	0.65	0.25
	Quebrada Potrerilla	0.19	0.47	0.03
	Río Coello – Distrito de Riego	0.46	0.60	0.33
	Quebrada La Barbona	0.72	0.31	0.35
	Quebrada Gualanday	0.69	0.55	0.02
	Río Coello - Caracolito	0.35	0.54	0.47
	Río Coello – vía Rovira	0.41	0.61	0.16
	Río Coello - Cocora	0.42	0.51	0.20
	Río Coello - Peñaranda	0.47	0.56	0.04
Andes	Quebrada Andes	0.48	0.54	0.44
Combeima	Río Combeima - Totumo	0.25	0.66	0.65
	Río Combeima - Chapetón	0.60	0.56	0.27
	Quebrada Cay – sector bajo	0.29	0.50	0.29
	Quebrada Cay – sector alto	0.28	0.49	0.20
	Quebrada Las Perlas	0.83	0.39	0.02
	Río Combeima -Juntas	0.68	0.46	0.02
Cocora	Río Cocora	0.68	0.48	0.08
	Río Cocora – Laureles	0.26	0.54	0.13
	Río Cocora - Dantas	0.26	0.55	0.16
Toche	Río Toche - Desembocadura	0.48	0.57	0.02
	Río Toche	0.27	0.40	0.00
	Quebrada Campoalegre	0.30	0.38	0.01
	Quebrada San Juan	0.35	0.37	0.01
Bermellón	Río Bermellón – San Lorenzo	0.44	0.59	0.02
	Río Bermellón – Los Alpes	0.43	0.46	0.05
	Río Bermellón – La Guala	0.31	0.44	0.03
Anaime	Río Anaime	0.44	0.52	0.16
	Río Anaime – La Leona	0.41	0.50	0.02
	Quebrada Carrizales	0.30	0.47	0.00
	Río Anaime – Páramo	0.25	0.23	0.00

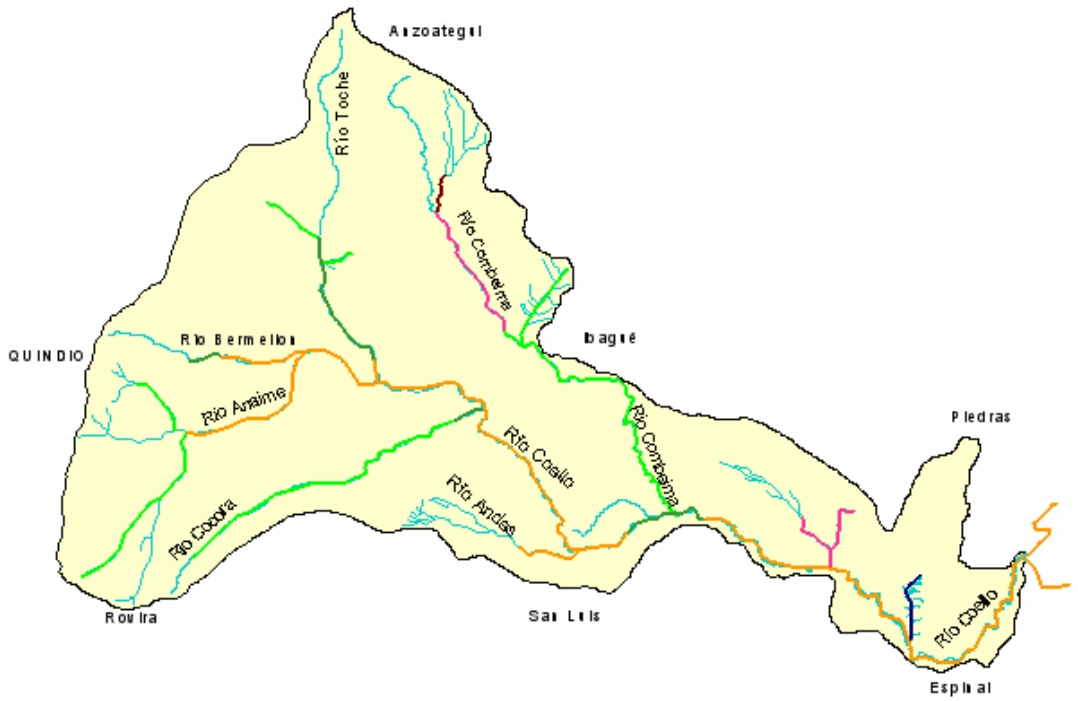


Figura 2.62 Mapa del Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) para la cuenca del río Coello para el 2003.

Figura 2.63 Mapa del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) para la cuenca del río Coello para el 2003.

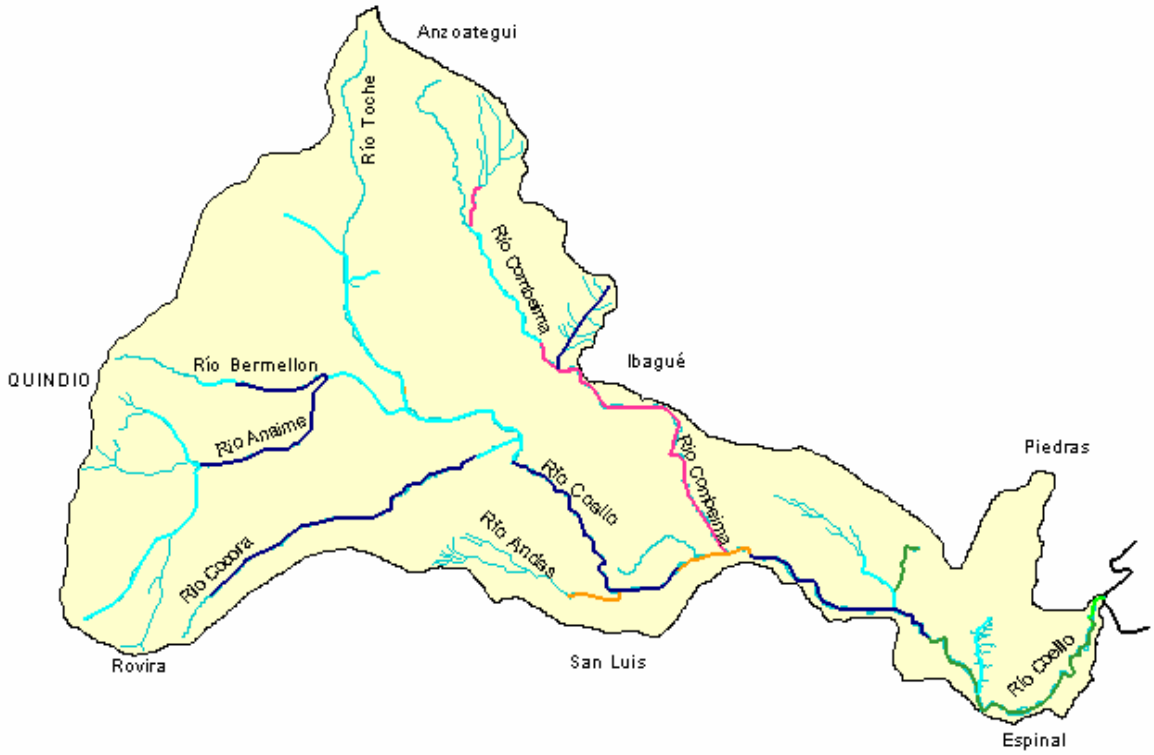


Figura 2.64 Mapa del Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) para la cuenca del río Coello para el 2003.

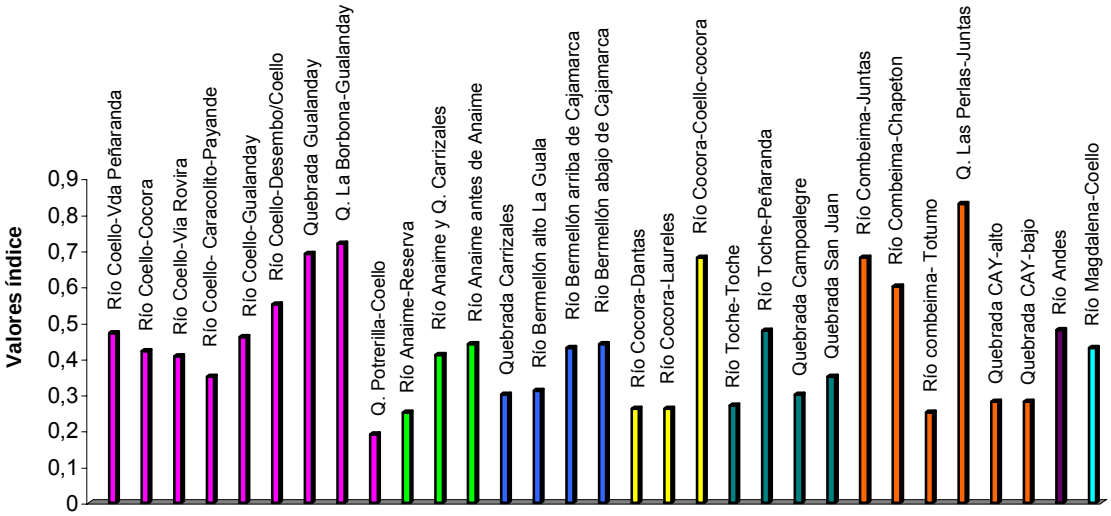


Figura 2.65 Comportamiento del Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) en las diferentes subcuencas del río Coello para el 2003.

2.11.3.4 Materia Orgánica (ICOMO)

Las subcuencas de los Ríos Bermellón y Toche muestran una baja a media contaminación orgánica, encontrándose el punto de menor polución en el río Anaime, estación Páramo de Anaime. Las subcuencas de los ríos Cocora, Bermellón y Andes exhiben mediana contaminación y las subcuencas de los ríos Combeima y Coello registran valores de media a medianamente altos. La estación con mayor afectación es río Combeima – Totumo, seguida por las estaciones río Magdalena – desembocadura del río Coello y río Coello - desembocadura (Figuras 2.66 y 2.67).

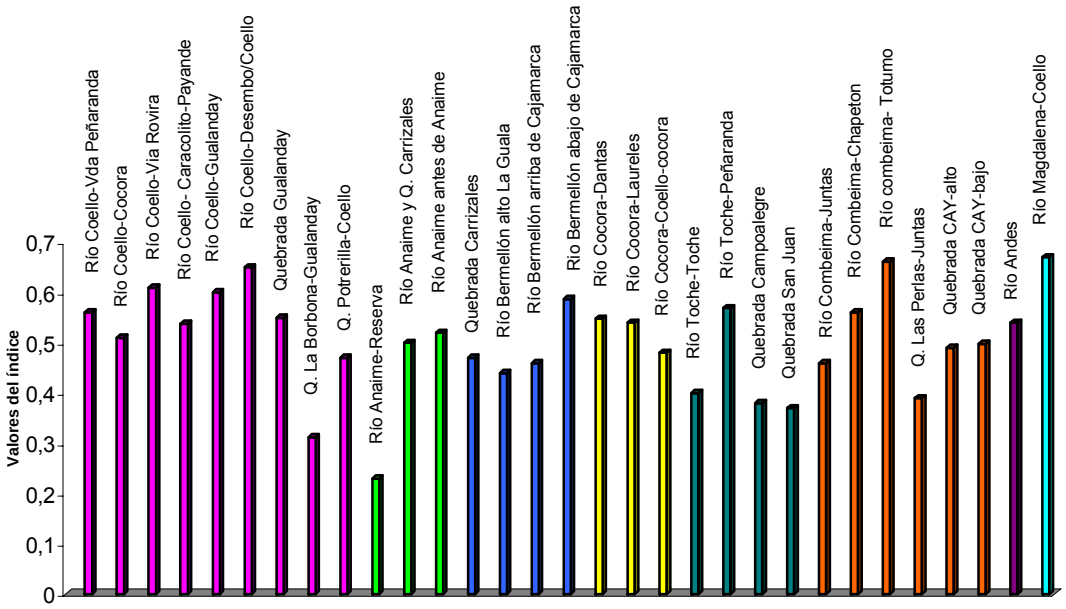


Figura 2.66 Comportamiento del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), en las diferentes subcuencas del río Coello para el 2003.

Se puede observar una relación directa entre la contaminación orgánica y la altitud en toda la cuenca. La contaminación orgánica es la principal fuente de contaminación y causa del deterioro de la calidad hídrica sobre la cuenca del río Coello, fenómeno asociado a las descargas de aguas residuales de los principales municipios.

2.11.3.5 Sólidos Suspendidos

Las subcuencas de los ríos Anaime, Bermellón, Cocora y Toche presentan contaminación muy baja por sólidos suspendidos. En el río Combeima se observa esta situación con una tendencia a contaminación baja. El río Coello estaría catalogado como de contaminación muy baja a mediana, encontrándose en éste el punto promedio de mayor perturbación, río Coello - Caracolito. (Figura 2.67). El comportamiento de los sólidos suspendidos varía sustancialmente entre periodos

de muestreos mostrando relación con la precipitación y con procesos erosivos (Figura 2.67).

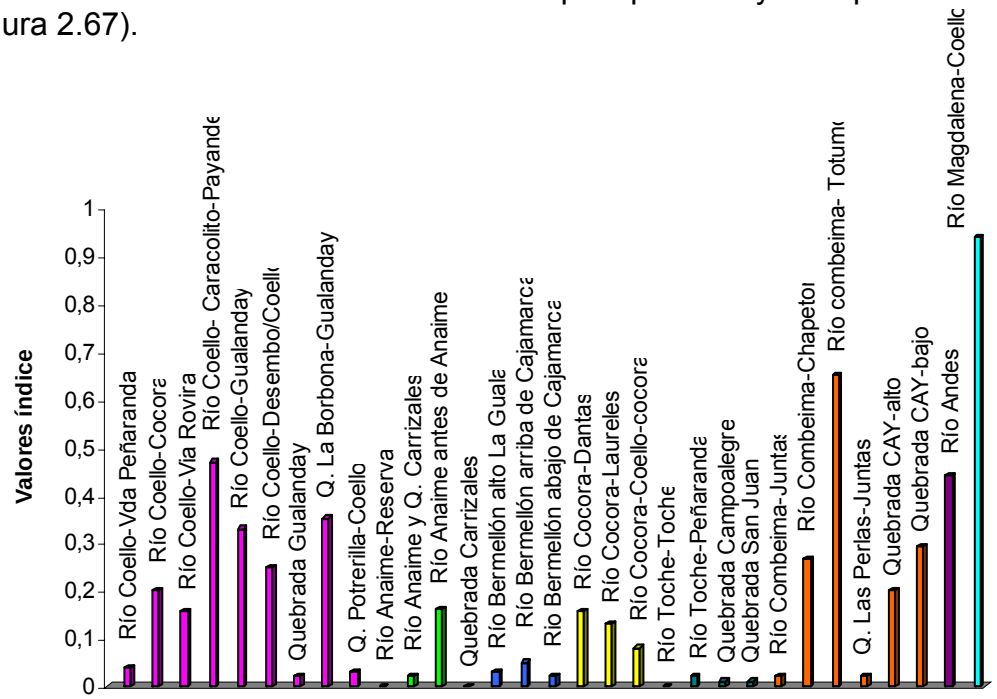


Figura 2.67 Comportamiento del Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), en las diferentes subcuencas del río Coello para el 2003.

2.11.3.6 Trofía

La contaminación trófica se estimó teniendo en cuenta los criterios establecidos por Margaleff (1983), con respecto a la DBO. En la cuenca dominan las condiciones mesosaprobias. La estación menos perturbada en cuanto a este parámetro fue el Páramo de Anaime, subcuenca del río Anaime, y las de mayor perturbación con categorías de polisaprobias son río Coello – Desembocadura, quebrada Andes, subcuenca del río andes, y río Toche – desembocadura.

2.11.4 Interpretación de resultados

2.11.4.1 Río Coello

El río Coello desde su nacimiento hasta su desembocadura exhibe una condición de calidad regular de las más bajas en su conjunto con respecto a sus afluentes. Se observa un deterioro progresivo en su recorrido desde las partes de mayor altitud a las partes bajas, sin llegar a ubicarse en categorías de mala calidad pero sin una evidente recuperación en su trayecto (Tabla 2.124).

Las descargas de los ríos Cocora, Andes y Combeima sobre el río Coello ejercen un efecto negativo reflejado en una disminución del índice al paso por estos

puntos (Tabla 2.124). La presión que ejercen las poblaciones de Cocora, Gualanday y Coello también son responsables de esta disminución como lo evidencian los valores de contaminación orgánica arrojados por el ICOMO (Tabla 2.125). Las quebradas muestreadas en esta subcuenca presentan igualmente calidad regular y no ejercen ningún efecto de dilución apreciable sobre el cauce principal.

2.11.4.2 Río Combeima

El río Combeima, en el corregimiento de Juntas, presenta un índice de calidad general de 59.1 (regular), el cual desciende a 46.6 en el sector de Chapetón y a 50.0 en el Totumo, ubicando el sector comprendido entre estos dos últimos puntos como de mala calidad hídrica. La disminución de la calidad en esta subcuenca podría ser atribuida a las descargas industriales a lo largo del río (Carlima, Fruver, Fatextol, Toliplásticos, entre otras) y a descargas de aguas residuales domésticas de la parte sur, centro y occidente de la ciudad de Ibagué. Adicionalmente, el río Combeima recibe las aguas de 10 quebradas que eventualmente pueden alterar su calidad. En el caso de las quebradas Las Perlas y Cay, con índices de 62.6 y 62.5 respectivamente, le mejorar la calidad al río Combeima por efecto de dilución.

El ICOMI en ésta subcuenca se encuentra en categoría alta (0.80 - 1), desde las estaciones Juntas hasta Chapetón y no presenta cambios considerables en el tiempo. Característica que ha sido observada en monitoreos anteriores realizados por CORTOLIMA, ésta condición es considerada como contaminación alóctona, ya que es ocasionada por la geoquímica de los suelos por donde discurren los afluentes que la nutren.

El aumento progresivo del ICOMO a lo largo del río, generalmente implica un aumento de coliformes, DBO y disminución de oxigeno. El ICOSUS presenta variaciones relacionadas con la estacionalidad climática, pero entre las categorías de contaminación muy baja a media.

2.11.4.3 Río Cocora

Esta subcuenca presentó una disminución en el IGCA poco representativa entre una estación y otra (Dantas 64.5, Laureles 64.3 y Cocora 64.1), ubicándose todo el cuerpo de agua en categoría regular. De igual forma, existen ligeras variaciones espaciales con respecto a los índices de contaminación específica. Se presenta contaminación baja por sólidos suspendidos y mineralización, y mediana contaminación por materia orgánica.

2.11.4.4 Río Toche

El río Toche después de recibir las aguas del río Tochecito y la quebrada Campoalegre presenta una calidad hídrica regular, con tendencia a categoría bueno. Se logra observar una disminución del índice general de calidad entre los puntos Toche y su desembocadura, debido a la contaminación por mineralización y materia orgánica como se observa en los índices respectivos (Tabla 2.129).

La mineralización expresada en aumento de parámetros como alcalinidad, dureza y conductividad, comprometidos en el cálculo del ICOMI, está relacionada con efectos de erosión del cauce y la naturaleza geoquímica de los suelos. Los parámetros indicadores de contaminación orgánica medidos por el ICOMO también aumentaron, especialmente las coliformes cuya fuente es atribuible al municipio de Toche; algo similar se presenta con las demandas química y biológica de oxígeno.

2.11.4.5 Río Bermellón

La subcuenca del río Bermellón presenta una disminución progresiva de la calidad hídrica a medida que desciende altitudinalmente. Se encuentra en categoría regular, según IGCA. La estación río Bermellón – La Guala, presenta la mejor calidad con respecto al índice general e índices de contaminación, pero presuntivamente contiene fenoles, grasas y aceites (com. personal Fernando Poveda, 2003), parámetros que no han sido cuantificados ni contemplados en el cálculo del índice general de contaminación, pero que se constituyen componentes que actúan en detrimento de la calidad del agua.

El descenso de calidad hídrica de 64.4, en la estación río Bermellón – Los Alpes, a 62.3, estación río Bermellón – San Lorenzo, podría atribuirse a las descargas de aguas residuales del casco urbano de Cajamarca, las cuales aumentan los valores de contaminación orgánica y conllevan a esta zona a un nivel medio. Adicionalmente, el río Anaime al parecer contribuye a la disminución de la calidad del río Bermellón, ya que después de su desembocadura aumentan los parámetros indicadores. Los sólidos suspendidos así como la mineralización no reflejan cambios apreciables entre las estaciones y se encuentran dentro de las categorías bajo y medio.

2.11.4.6 Río Anaime

Según el IGCA el punto de mejor calidad hídrica dentro de la cuenca del río Coello se encuentra en la estación Páramo de Anaime, ubicando sus aguas en la categoría de buenas con tendencia a calidad excelente. La contaminación ocasionada por mineralización, según el ICOMI, y por materia orgánica, ICOMO, para este punto son bajas para ambos casos, y la contaminación por sólidos en suspensión es inexistente.

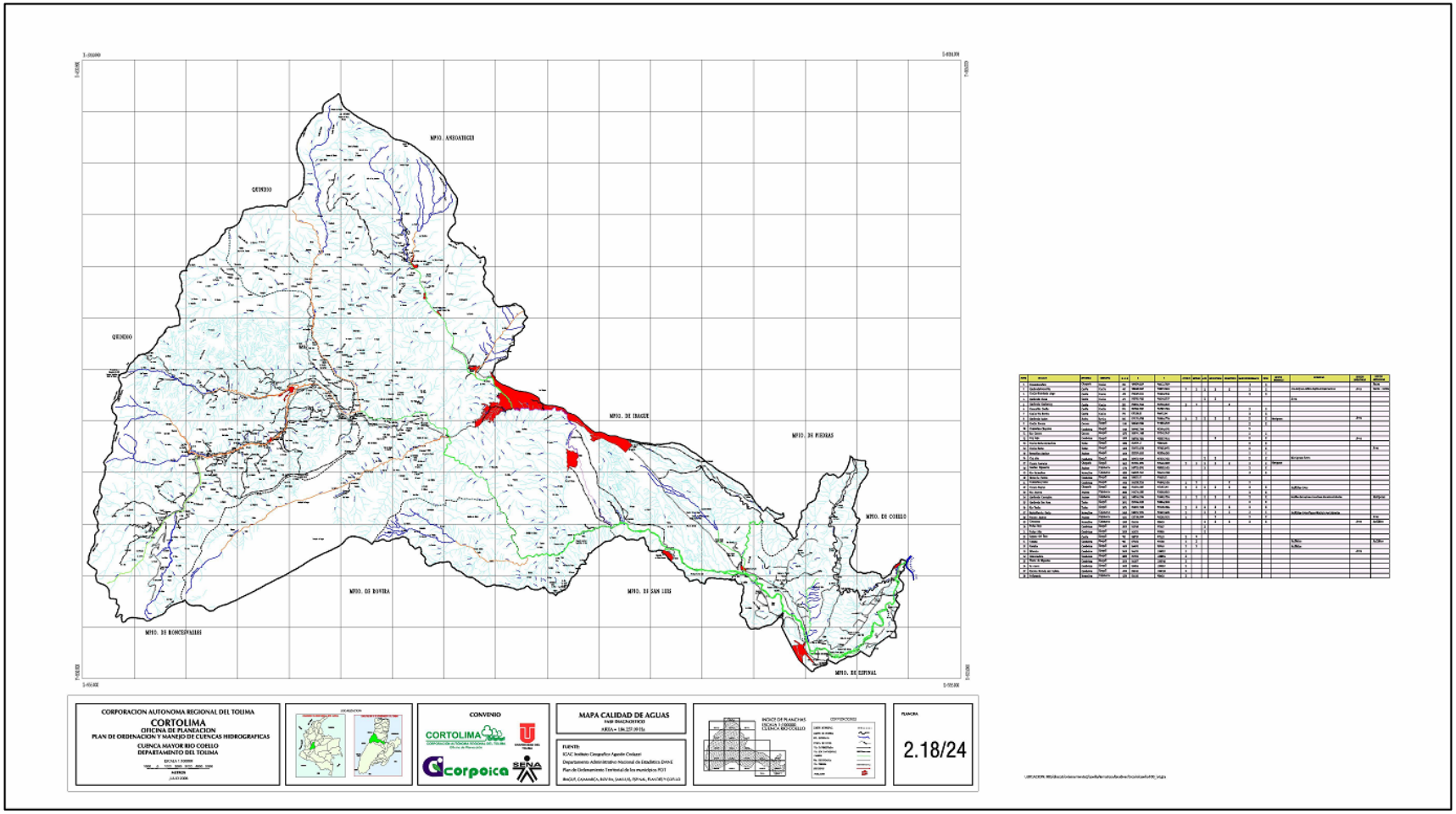
A partir de ésta estación hasta el punto río Anaime, aguas abajo del casco urbano de Anaime, se disminuye considerablemente el IGCA y aumentan los valores de los Índices de Contaminación. Se observa el efecto negativo sobre la calidad del río que ejercen la Quebrada Carrizales y de la población de Anaime, incrementándose los parámetros indicadores de contaminación orgánica (ICOMO) debido a la actividad pecuaria de la zonas y a las descargas de aguas residuales. La mediana contaminación por mineralización es atribuible a la actividad agrícola del sector que unido a las pendientes de la subcuenca, hacen que los procesos de precipitación se transformen en procesos de escorrentía que transportan residuos químicos y aumentan la mineralización de las aguas.

2.11.4.7 Legislación y criterios de calidad de agua

La legislación colombiana sobre calidad de agua para diferentes propósitos se observa resumida en la Tabla 2.125 Al comparar los resultados de los diferentes análisis físico – químicos y bacteriológicos con la legislación colombiana, se observa que el oxigeno disuelto para todas las estaciones supera el 70% de saturación y, por tanto, ubica las aguas como aptas para labores agrarias, pecuarias y preservación de fauna y flora (Decreto 1594 1984). En cuanto a potabilidad todas las estaciones presentaron un oxigeno disuelto mayor de 4, límite que determina su aceptación para este propósito (RAS 98-200).

Los valores de conductividad, pH, nitritos, nitratos presentan variaciones espaciales y temporales dentro de la cuenca pero se encuentran dentro de los rangos establecidos por la legislación para uso del agua potable. La alcalinidad cuyo límite es 100, es superado en varias estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca, sólo algunas califican como potables a este respecto y corresponden a río Anaime - Páramo, río Anaime, quebrada Carrizales, río Cocora – Dantas, río Cocora - Laureles, río Toche, y las quebradas Campoalegre y Cay. La mayoría de estaciones muestran valores menores a 160 en dureza como es establecido por la normatividad para uso potable, pero en algunos puntos este límite no es mantenido como es el caso de las quebradas Gualanday, Barbona y Las Perlas, y río Combeima – Juntas. La turbiedad varía considerablemente dependiendo de la precipitación y aunque en algunas ocasiones presenta valores menores a 5 (valor límite para potabilidad) esta medición no es mantenida en el tiempo. (Ver Mapa 2.18).

Con respecto al número de coliformes totales y fecales, las aguas de la cuenca del río Coello no se consideran potables, teniendo en cuenta los criterios de las diferentes legislaciones que regulan dicho aspecto. Este hecho demuestra la ausencia de tratamiento de las aguas servidas municipales. Las estaciones con mayores problemas por contaminación por excretas son aquellas cercanas a centros poblacionales como Ibagué, Coello, Gualanday, Payandé y Anaime.



Mapa 2.18 Calidad de Aguas