

CRÉDITOS

Doctor Ricardo José LOZANO PICÓN. Director General IDEAM.

Doctor Omar FRANCO TORRES. Subdirector de Hidrología - IDEAM.

Doctora Luz Consuelo ORJUELA ORJUELA, Coordinadora Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental

Químico Gustavo ALFONSO COY, Profesional Especializado Subdirección de Hidrología.

Ingeniero Forestal Jairo RAMOS MONTENEGRO. Profesional Universitario, Área Operativa N° 04 - Neiva.

Señor Gabriel GÓMEZ. Coordinador, Área Operativa N° 04 - Neiva.

Ingeniero Químico Jorge JIMÉNEZ. Profesional Especializado, Área Operativa N° 04 - Neiva.

Señor José Gustavo AFANDOR Técnico, Grupo Laboratorio, Subdirección de Hidrología.

Señor Alexander RAMÍREZ. Técnico Área Operativa N° 04 - Neiva.

Funcionarios Área Operativa N° 04 - IDEAM, Neiva

Funcionarios y Contratistas, Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental - IDEAM

OBSERVACIONES

Los créditos correspondientes a las fotografías, referencias y fuentes de consulta, se presentan directamente en cada uno de las partes del texto. En la bibliografía, se referencia en general el texto y/o fuente de consulta.

NORMATIVIDADES

El presente trabajo cumple cabalmente y en su totalidad con las siguientes normas:

- Norma ISO/ICE/NTC 17025, 2005 (Componente de Calidad - Laboratorio)
- Decreto 1594 de 1984, Ministerio de Agricultura (Componente de Calidad del agua)
- Componentes HOMS - WMO, 2003 (Componente de Cantidad y Calidad - Hidrología)

PRESENTACIÓN

La totalidad de los documentos presentados (memorias, cálculos, soportes técnicos, anexos y fotografías), se entregan, de acuerdo con lo convenido, en formato impreso y digital, con protección y seguridad (*.pdf).

CONTACTOS INSTITUCIONALES

LUZ CONSUELO ORJUELA.

Coordinadora Grupo Laboratorio Calidad Ambiental
lorjuela@ideam.gov.co

GUSTAVO ALFONSO COY

Profesional Especializado – Grupo Laboratorio - Subdirección de Hidrología
gacoy@ideam.gov.co

TABLA DE CONTENIDO

CONVENCIONES	4
1.1 OBJETO DEL CONVENIO.....	6
1.2 OBLIGACIONES ESPECÍFICAS	6
1.3 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL CONVENIO	7
1.4 RECURSOS	7
1.5 ACTIVIDADES	8
3 COMPONENTE HIDROLÓGICO	19
3.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO	19
3.2 ESTACIONES BASE DEL MONITOREO	19
3.3 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA	33
3.3.1 DRENAJE	36
3.3.2 DRENAJE NATURAL.....	36
3.3.3 MICROCUENCA.....	36
3.3.4 DIVISORIA DE AGUAS.....	36
3.3.5 CUENCA.....	36
3.3.6 SUBCUENCA	37
3.3.7 ÁREA	38
3.3.8 LONGITUD	39
3.3.9 ANCHO MEDIO	39
3.3.10 ANCHO MÁXIMO	39
3.3.11 FACTOR DE FORMA	39
3.3.12 PERÍMETRO	39
3.3.13 LONGITUD DE LA CORRIENTE	40
3.3.14 ALTURA DE LA CABECERA DE LA CORRIENTE	40
3.3.15 ALTURA DEL PUNTO DE CONFLUENCIA	40
3.3.16 PENDIENTE MEDIA DE LA CORRIENTE	40
3.3.17 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.....	40
3.4 GEOLOGÍA DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA.....	40
3.5 RESULTADOS.....	42
3.5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
3.5.1.1 FISIOGRAFÍA	43
3.5.1.2 HIDROLOGÍA	47
3.5.1.3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	48
4 CALIDAD DEL AGUA.....	58
4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD	58
4.2 METODOLOGÍA.....	62
4.3 RESULTADOS.....	66
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.5 CONCLUSIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA	108

CONVENCIONES

,	indicador para separación de miles
>	mayor que
A. A.	aguas arriba
a. a.	aguas abajo
AF S/P	aforo por suspensión desde puente
AF S/TB	aforo por suspensión desde tarabita
AF V	aforo por vadeo
AF	suspensión
CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
C.E.	Conductividad eléctrica
CV	Coefficiente de variación o desviación estándar relativa
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBO	demanda bioquímica de Oxígeno
DQO	demanda química de Oxígeno
D S	Desviación estándar
ej.	ejemplo
hab/Km ²	habitantes por kilómetro cuadrado
ICA	Índice de Calidad del Agua
ILCAG	Índice Lótico de Capacidad Ambiental General
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"
Ingeominas	Instituto Colombiano de Geología y Minería
Invías	Instituto Nacional de Vías
GLCA	Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental
Kg	kilogramo
Km ²	kilómetro cuadrado
L/s	litro por segundo
LG	estación de categoría limnigráfica
LM	estación de categoría limnimétrica
mg/L	miligramos por litro
µg/L	microgramos por litro
µS/cm	micro siemens por centímetro (unidad de medida conductividad)
m. s. n. m.	metros sobre el nivel del mar
m/s	metro por segundo
m	metro
m ³ /s	metro cúbico por segundo



NA	no aplica
Nº	número
NTU	Unidad de medida de turbiedad. De la sigla en inglés (Nephelometric Turbidity Units)
NW	noroeste
O D	oxígeno disuelto
o ' "	indicador de posicionamiento en grados – minutos – segundos
PR	punto de referencia
SC	sin categoría
SO	suroriente
SST	sólidos suspendidos totales
SW	suroccidente
TB	tarabita
V	vadeo

1 ANTECEDENTES

El Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), de común acuerdo, suscriben, el 17 de abril de 2009, el Convenio Específico de Cooperación N° 005 de 2009, obrando en nombre y representación legal de las partes, el doctor Rey Ariel Borbón Ardila en calidad de Director General de la CAM. y el doctor Ricardo José Lozano Picón, en calidad de Director General del IDEAM.

1.1 OBJETO DEL CONVENIO

El objeto de este es el de aunar esfuerzos técnicos, humanos y económicos entre las entidades para dar continuidad al monitoreo de la calidad y cantidad de aguas superficiales a través de dos (2) campañas de monitoreo en veintiséis (26) estaciones ubicadas en el Río Magdalena y sus principales afluentes.

1.2 OBLIGACIONES ESPECÍFICAS

- Por parte del IDEAM, se tienen las siguientes obligaciones:
 - Designar a través del subdirector de hidrología el Comité Técnico del convenio.
 - Disponer la logística necesaria (de acuerdo a la disponibilidad existente), y entregar la información a la CAM sin costo adicional alguno, requerida para el buen desarrollo del convenio.
 - Realizar dos campañas de muestreo de la cuenca del río Magdalena y sus afluentes en periodos de aguas altas y bajas, en los cuales para cada uno de los sitios de muestreo identificados se debe medir las variables fisicoquímicas, “in situ”, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; en el laboratorio: turbiedad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos totales, sólidos suspendidos totales, coliformes totales, coliformes fecales, fósforo total, ortofosfatos, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico y sulfatos.
 - Análisis de los siguientes metales pesados en sedimentos: mercurio, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo, zinc, aluminio, hierro y manganeso en las siguientes once (11) estaciones: Río Magdalena: Puente Paso la Laguna, Puente Balsadero, Vichecito, Puerto la Cebollera y Angosturas; Río Suaza: Desembocadura - Puente la Jagua; Río Páez: Puente Ricaurte y Paicol; Río Bache: Puente San Francisco – Desembocadura; Río Neiva: Desembocadura; Río Yaguará: Hacienda Venecia. Análisis de hidrocarburos Totales en las siguientes cuatro (4) estaciones: Río Suaza: Desembocadura – Puente la Jagua, Río Bache: Puente San Francisco - Desembocadura, Río Magdalena: Puente Balseadero y Angostura.

- Realización de aforos líquidos en todas las estaciones definidas.
 - Realizar el procesamiento de resultados calculando el índice de calidad en cada estación de muestreo.
 - Elaborar y entregar a la CAM un informe final que contenga los resultados de los monitoreos de cantidad y calidad del agua en los sitios que se acuerden en el Plan Operativo del Convenio.
 - Presentar a los funcionarios de la Corporación, en la sede de la ciudad de Neiva, el resultado final de las campañas de monitoreo.
 - Realizar capacitación a los funcionarios de la CAM en los temas que sean acordados con el interventor del contrato.
- Por parte de la CAM se tienen las siguientes obligaciones:
 - Designar a un funcionario que conforme el Comité Técnico del Convenio.
 - Disponer del tiempo necesario de los funcionarios que se designen para la capacitación y desarrollo del Convenio.
 - Realizar los desembolsos correspondientes en los plazos estipulados en el convenio.
 - Disponer de la logística necesaria y la información que conlleven al buen desarrollo del convenio
 - Adelantar todas aquellas actividades que contribuyan al logro del objetivo del presente Convenio Específico.

1.3 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL CONVENIO

El plazo para la ejecución del convenio es de doce (12) meses a partir de la fecha de suscripción del acta de inicio. El Acta de Inicio se firmó en Bogotá y Neiva a los 11 días del mes de mayo de 2009, por LUZ CONSUELO ORJUELA ORJUELA, Coordinadora Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM, y JESÚS ENRIQUE VASQUEZ AVILA, profesional especializado de la Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental de la CAM, interventores por parte por parte del IDEAM y de la CAM, respectivamente.

1.4 RECURSOS

El convenio tiene un valor total de TRESCIENTOS CUARENTA MILLONES DE PESOS M/TE (\$340.000.000) con un aporte efectivo de la CAM de CIENTO SETENTA MILLONES DE PESOS M/CTE

(\$170.000.000), en efectivo y un aporte por parte del IDEAM de CIENTO SETENTA MILLONES DE PESOS M/CTE (\$170.000.000) representados en recurso humano, técnico y logístico. El aporte de la CAM será desembolsado al IDEAM así: a) Un primer pago del 40% del valor de los aportes de la CAM dentro del primer mes de firmado el convenio; b) un segundo pago del 40% del valor de los aportes de la CAM a los cinco (5) meses de ejecución del convenio, una vez recibido a satisfacción el primer informe de monitoreo; c) el saldo restante o sea el 20% una vez finalizado el plazo de ejecución del convenio, y recibido a satisfacción el informe final sobre la ejecución del objeto pactado en el convenio.

1.5 ACTIVIDADES

Todas las actividades se cumplieron de acuerdo con el Plan Operativo, el Cronograma de Actividades y las Actas de acuerdo suscritas por los interventores de las dos partes contratantes.

- La primera campaña de monitoreo se realizó del 02 al 18 de junio de 2009. El siguiente fue el personal designado por el IDEAM para adelantar los trabajos de campo:
 - Jairo Ramos Montenegro. Ingeniero Forestal, Profesional Universitario, Área Operativa N° 04 - Neiva.
 - Jorge Jiménez. Ingeniero Químico. Profesional Especializado. Área Operativa N° 04 - Neiva
 - Alexander Ramírez. Técnico. Área Operativa N° 04 – Neiva
 - José Gustavo Afanador. Técnico del Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental – Subdirección de Hidrología
- Para la elaboración del informe preliminar se contó con el siguiente recurso humano:
 - Gustavo Alfonso Coy. Profesional Especializado del Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental – Subdirección de Hidrología
 - Jairo Ramos. Ingeniero Forestal. Profesional Universitario. Área Operativa N° 04 - Neiva.
 - Funcionarios del Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental – Subdirección de Hidrología

La segunda campaña de monitoreo se realizó del 09 al 25 de septiembre de 2009. El siguiente fue el personal designado por el IDEAM para adelantar los trabajos de campo:

- Jairo Ramos Montenegro. Ingeniero Forestal, Profesional Universitario, Área Operativa N° 04 - Neiva.
- Jorge Jiménez. Ingeniero Químico. Profesional Especializado. Área Operativa N° 04 - Neiva
- Alexander Ramírez. Técnico. Área Operativa N° 04 – Neiva
- José Gustavo Afanador. Técnico del Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental – Subdirección de Hidrología

Para la elaboración del presente informe se contó con el siguiente recurso humano:

Gustavo Alfonso Coy. Químico, Profesional Especializado del GLCA – Subdirección de Hidrología
Jairo Ramos Montenegro. Ingeniero Forestal, Profesional Universitario, Área Operativa N° 04 - Neiva.

El IDEAM llevó a cabo cada una de las actividades necesarias para que los procesos de contratación de personal y de insumos para el GLCA, se pudieran cumplir de acuerdo con los requerimientos para la adecuada ejecución del convenio a través del cumplimiento de cada una de sus obligaciones. Estas actividades fueron gestionadas y lideradas por la Coordinación del GLCA.

2 PLAN OPERATIVO DEL CONVENIO

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El seguimiento a la ejecución del convenio es realizado por un Comité Técnico integrado por los interventores delegados por parte del IDEAM y por parte de la CAM. Los interventores delegados aprobaron y firmaron el Plan Operativo del Convenio

En la Tabla 1 se presenta el consolidado de las estaciones, que fueron involucradas en los estudios, las cuales fueron escogidas por la CAM, por considerarse representativas para el estudio.

Tabla 1. Red de estaciones involucradas en el monitoreo.

Nº	ESTACIÓN						ELEVACIÓN (m. s. n. m.)	COORDENADAS
	TIPO	CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO		
1	LG	2101706	La Magdalena	Magdalena	San Agustín	Huila	1700	76° 24' 4,4" 01° 54' 18"
2	LG	2101702	San Agustin	Sombrierillos	San Agustín	Huila	1190	76° 13' 57" 01° 52' 10"
3	SC	NA	Puente Guillermo Plazas	Guarapas	Palestina	Huila	1590	76° 07' 24" 01° 42' 57"
4	SC	NA	Puente Fundadores	Guarapas	Pitalito	Huila	1334	76° 05' 22" 01° 46' 00"
5	SC	NA	Desembocadura Río Guachicos	Guarapas	Pitalito	Huila	1280	76° 08' 46" 01° 52' 14"
6	SC	NA	Puente Paso La Laguna	Magdalena	Pitalito	Huila	1050	76° 03' 31,2" 01° 57' 2,3"
7	LG	2101704	Saladoblanco	Magdalena	Elias	Huila	1035	76° 00' 49" 01° 59' 02"
8	LG	2102701	Pericongo	Magdalena	Altamira	Huila	950	75° 51' 18,9" 02° 03' 21,6"
9	SC	NA	Puente Avispero	Suaza	Suaza	Huila	1300	75° 49' 26,3" 01° 52' 0,06"
10	LG	2103702	San Marcos	Suaza	Acevedo	Huila	1370	75° 56' 39,7" 01° 45' 8,7"
11	LG	2103701	Puente Garces	Suaza	Guadalupe	Huila	950	75° 46' 02° 01'
12	SC	NA	Desembocadura Puente Jagua	Suaza	Garzón	Huila	758	75° 40' 11,0" 02° 10' 22,0"
13	LG	2104701	Puente Balseadero	Magdalena	Agrado	Huila	710	75° 38' 54,2" 02° 13' 56,1"
14	LG	2105703	Puente Ricaurte	Páez	Páez	Cauca	1140	75° 57' 53,8" 02° 30' 32,9"
15	LG	2105706	Paicol	Páez	Tesalia	Huila	785	75° 45' 54,2" 02° 27' 47,4"
16	LG	2107703	Vichecito	Magdalena	Yaguará	Huila	580	75° 30' 58,5" 02° 30' 3,6"
17	LG	2108708	Hacienda. Venecia	Yaguará	Yaguará	Huila	575	75° 32' 56,1" 02° 39' 47,1"
18	LG	2109712	La Esperanza	Magdalena	Palermo	Huila	460	75° 23' 47,7" 02° 43' 41,7"
19	LM	2110703	El Casil	Neiva	Algeciras	Huila	1260	75° 18' 17,7" 02° 32' 51,6"
20	LG	2110702	Puente Mulas	Neiva	Campoalegre	Huila	730	75° 22' 29,2" 02° 34' 10,0"
21	SC	NA	Desembocadura	Neiva	Campoalegre	Huila	469	75° 21' 26,9" 02° 46' 00,9"
22	LG	2109707	Frente Puerto La Cebollera	Magdalena	Neiva	Huila	430	75° 18' 02° 56'
23	LG	2112703	Santa Maria	Baché	Santa María	Huila	1700	75° 35' 1,7" 02° 56' 33"
24	LM	2112702	El Socorro	Baché	Santa María	Huila	1580	75° 31' 25,8" 02° 57' 27,5"
25	SC	NA	Puente San Francisco	Baché	Neiva	Huila	471	78° 21' 29,0" 03° 03' 13,8"
26	LG	2113705	Angostura	Magdalena	Natagaima	Tolima	369	75° 15' 19,8" 03° 26' 35,4"

Con respecto a la información suministrada en la Tabla 1, se presentan las siguientes precisiones:

- Las estaciones con la anotación SC NA, corresponden a puntos sugeridos por la CAM para los trabajos de monitoreo, pero sobre los cuales el IDEAM no tiene emplazamiento de estaciones hidrológicas. Esto no implica que las labores no se puedan realizar y los datos faltantes, como son el código y la categoría de la estación no son necesarios para los muestreos; la ubicación geográfica (corriente, municipio, departamento y coordenadas son reales).
- Atendiendo sugerencias de la CAM, se acordó lo siguiente:
 - En la estación río Magdalena - Puente Santander, el aforo líquido se realice desde el sitio del puente, mientras que el muestreo de calidad se efectúe en el río Magdalena frente al sitio llamado Puerto Cebollero (75° 16' 0.97" W / 02° 59' 33.9" N, 430 m. s. n. m).
- **NOTA 1:** Para la Primera Campaña, no se realizaron mediciones Hidrométricas en la estación Puente Ricaurte – Río Páez debido a que el sitio donde se encontraba la estación fue arrasado por una avalancha ocurrida el 21 de Noviembre de 2008. No se encontró otro sitio para realizar estas mediciones y por vadeo no se recomienda el procedimiento debido a la fuerza que lleva la corriente poniendo en riesgo la seguridad del operario y de los equipos, dados los niveles y las velocidades altas. Las mediciones de la calidad del agua se efectuaron normalmente. Para la segunda campaña se realizó el monitoreo normal en esta estación.
- **NOTA 2:** La estación Vichecito – río Magdalena, se tuvo que reemplazar por la estación Paso del Colegio – río Magdalena (coordenadas 75° 34' 0.7" y 02° 27' 45.2"), debido a que la estación se suspendió por deterioro completo de la sección por inundación de la misma. Entre las dos estaciones la distancia aproximada es de 800 metros y no existe ninguna corriente tributaria ni algún tipo de vertimiento que sea causa de alteración de las condiciones y calidades objeto de seguimiento en este estudio. Se anexan fotos de las dos secciones. Para el monitoreo en las dos campañas del año 2009 se utilizó la estación Paso del colegio. Lo más probable es que en adelante las mediciones se seguirán haciendo en ésta estación.

Las fotos que se presentan a continuación (Fotos 1, 2,3 y 4), muestran la inundación de la estación Vichecito en el río Magdalena, jurisdicción del municipio de Yaguará, y el consecuente deterioro de la sección por inundación. En la Foto 5 se muestra la estación Paso del Colegio, escogida para el monitoreo en lugar de la estación Vichecito.

FOTO 1 Estación Vichecito, río Magdalena



FOTO 2 Estación Vichecito, río Magdalena



FOTO 3 Estación Vichecito, río Magdalena



FOTO 4 Estación Vichecito, río Magdalena



FOTO 5. Estación Paso del Colegio, río Magdalena.



2.2 OBJETIVOS DE LA INFORMACION HIDROLÓGICA

Con éste proyecto se debe evaluar el estado, la degradación y/o recuperación de las corrientes monitoreadas en la cuenca o cauce principal del río Magdalena y en varios de sus subcuencas o afluentes, de tal manera que se pueda estimar el grado de afectación por vertimientos de diversa índole (domésticos, industriales, actividad agrícola y minería). Para ello, es importante el análisis hidrológico integral; todos los estudios e investigaciones comprenden desde la parte alta hasta inmediaciones de Natagaima (Tolima), cobertura de jurisdicción de la CAM.

Para establecer el grado de calidad de los cuerpos de agua evaluados, es indispensable tener en cuenta toda la información hidrológica, con el fin de cruzar éstos datos con las variables de calidad de agua para estimar las cargas contaminantes; es muy importante el estudio preliminar hidrológico, ya que el caudal tiene una incidencia significativa en la capacidad de las corrientes superficiales para la asimilación de contaminantes y su consecuente autorecuperación (se debe correlacionar los caudales con las concentraciones de las variables físico-químicas y microbiológicas analizadas).

Finalmente, con los datos de caudales se presenta (entre otros factores de importancia), un índice de calidad ambiental del agua (ICA) en donde se combinan las principales variables físico-químicas y

microbiológicas (ICA físico-químico) con el valor de los caudales (ICA lótico), para dar cuenta de los problemas de contaminación más significativos en cada uno de los sitios, en los cuales se tomaron las muestras.

2.3 OBJETIVO DE LA INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DEL AGUA

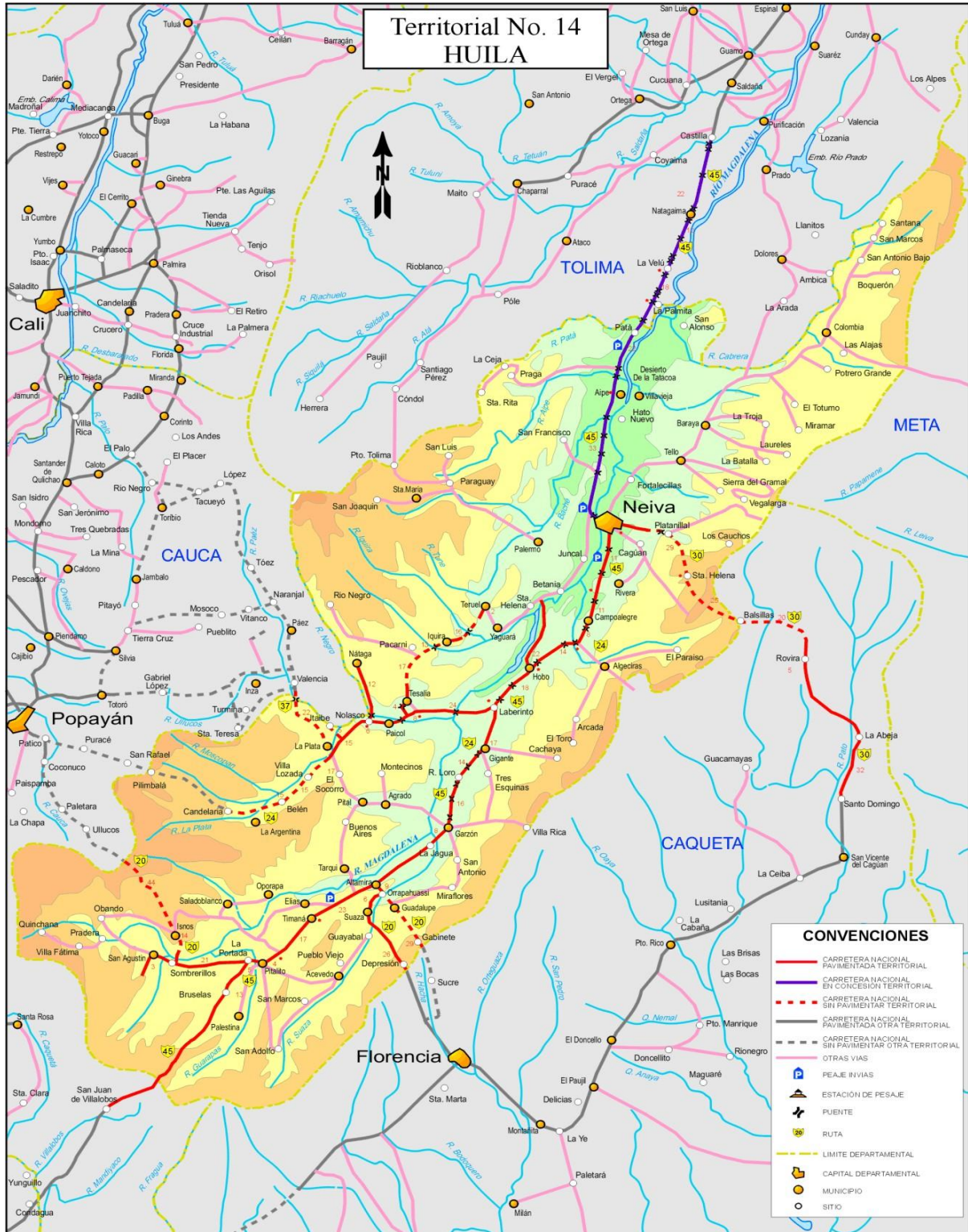
Con respecto a los parámetros físico químicos y microbiológicos, además de su interacción con la información hidrológica antes mencionada, por si solos, en forma independiente y en su conjunto, brindan información valiosa por una parte sobre el estado puntual del recurso y por otra y posiblemente la mas importante, su contribución a la construcción de una línea base confiable para el seguimiento a los posibles procesos de contaminación y para la recuperación de los niveles aceptables frente a los estándares de calidad que se definan.

2.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y EXTENSIÓN TERRITORIAL

El departamento del Huila se ubica hacia el SW de Colombia entre aproximadamente 01° 33' y 03° 48' de latitud Norte y desde 76° 37' hasta 74° 28' de longitud Oeste (ver Figura 1), con un área aproximada de 19,890 Km² (IGAC, 1989) correspondientes al 1,74% del territorio colombiano. En este sector las cordilleras Central y Oriental se aproximan de manera tal, que se habla de la bifurcación andina. Igualmente, el territorio huilense corresponde a la parte más alta de la cuenca del río Magdalena. El departamento del Huila limita al norte con los departamentos de Tolima y Cundinamarca, así como el Distrito Capital de Bogotá; al oriente con Meta y Caquetá, al occidente con los departamentos de Tolima y Cauca y hacia el sur con el departamento del Cauca en la llamada "bota caucana". En la Figura 1 se presenta un mapa geográfico básico¹ del departamento de Huila.

¹ Mapa territorial de Inviás

Figura 1. Mapa territorial básico del departamento del Huila.

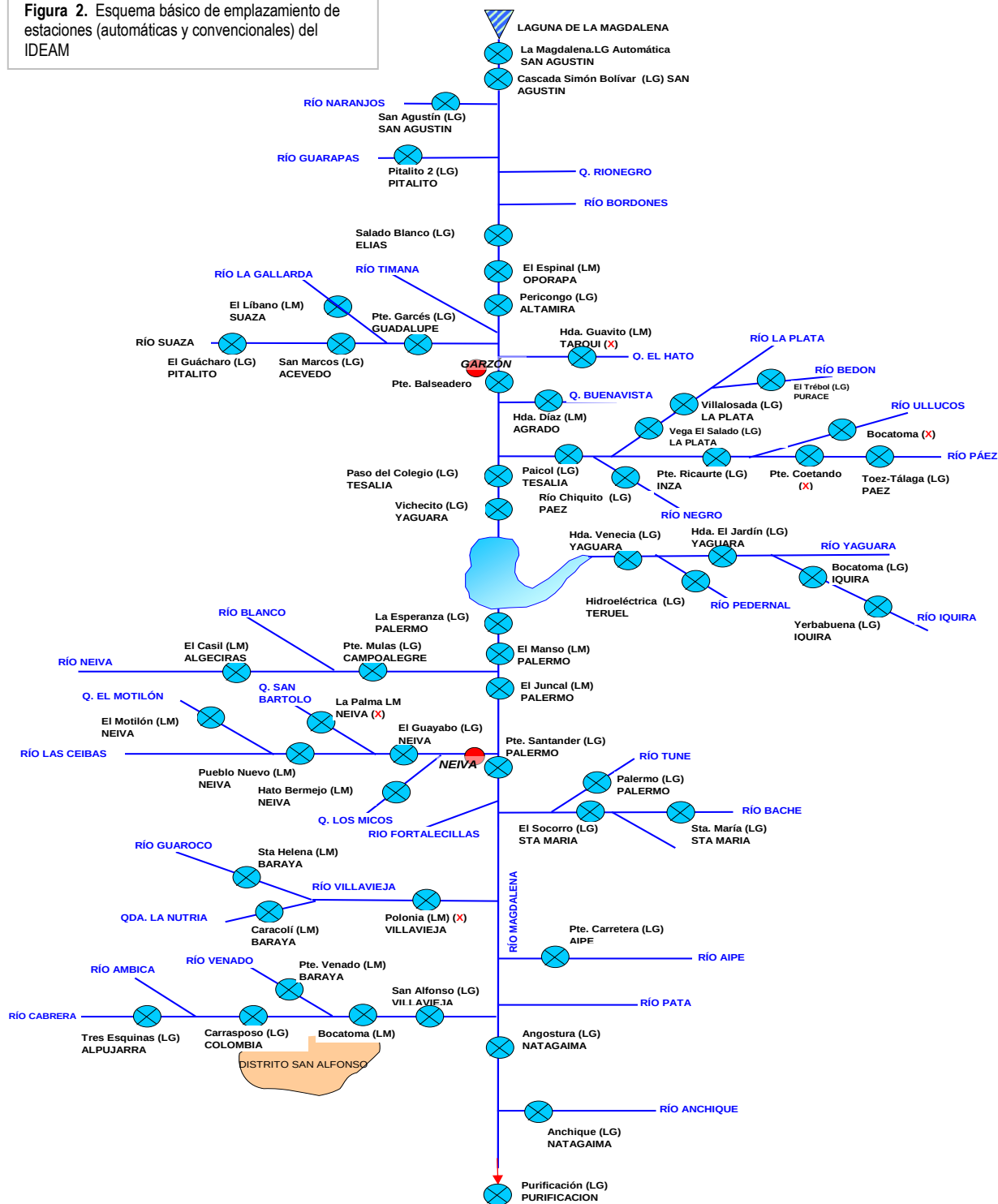


2.5 RED BÁSICA DE ESTACIONES DEL IDEAM

Para el desarrollo del estudio hidrológico con la calidad requerida, en forma combinada, se ejecutaron actividades de campo (actividades foronómicas y topográficas), con el fin de determinar los caudales de paso, en dos épocas bien diferentes y marcadas, en referencia a periodos de niveles altos y de niveles bajos, para lo cual se ejecutaron dichas actividades en dos campañas. La 1ª CAMPAÑA se efectuó en junio de 2009 y la 2ª CAMPAÑA en septiembre de 2009. Es importante indicar que los niveles bajos y altos dependen de las condiciones climáticas particulares que se den en este año y para cada estación en particular. En la Figura 2, se presenta el esquema general de ubicación de estaciones en la red básica actual del IDEAM, en la zona de estudio, en el cual también se reflejan (aproximadamente en su localización) la red de estaciones actuales del IDEAM².

² Red de Alertas Tempranas. F. A. Pardo Ojeda, agosto de 2005.

Figura 2. Esquema básico de emplazamiento de estaciones (automáticas y convencionales) del IDEAM



3 COMPONENTE HIDROLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La información básica tomada como criterio para la evaluación hidrológica es la siguiente:

- **Corporación:** correspondiente a la serie de estaciones hidrológicas (LG -convencionales y/o automáticas- y LM), cada una de ellas, involucradas en las cuencas de los ríos Magdalena y en sus afluentes (o subafluentes si es el caso); obviamente, para el estudio se analizan exclusivamente, las estaciones involucradas en la jurisdicción de la CAM.
- **Corriente:** correspondiente a la fuente de agua de monitoreo (principal o afluente)
- **Nombre del punto:** correspondiente al sitio de muestreo
- **Ubicación geográfica:** municipio y departamento (adicionalmente, otros datos adicionales de ubicación geográfica -coordenadas-, elevación, etc.).
- **Criterio:** describe si el sitio del muestreo se realizó directamente sobre el río Magdalena o sobre algún afluente o subafluente del mismo, o en algún sitio de descarga.

3.2 ESTACIONES BASE DEL MONITOREO

Los siguientes son los criterios (cada uno de ellos se explicará debidamente) que definen las bases de trabajo como información antecedente, relacionadas con los puntos de muestreo y los puntos de ubicación de las estaciones con información hidrológica:

- Con el fin de determinar en forma general los puntos de monitoreo, se presenta el diagrama de ubicación general de estaciones en la cuenca neta del río Magdalena; y posterior a ésta evaluación, se presenta a continuación la red básica (se enfatiza que no es la total sobre las cuencas mencionadas) el diagrama representado en la Figura 3³ resume los principales afluentes al río Magdalena, desde A. A. (comienzo del estudio, ubicado a. a. de su nacimiento) hasta a. a. de Purificación (Tolima).
- En la Figura 4⁴, se presenta el esquema general, que se toma como base, para determinar los tránsitos de las corrientes desde A. A., hasta a. a., correspondiente exclusivamente en la parte alta del río Magdalena. En cada uno de los puntos tomados como base de monitoreo, se realizaron las siguientes actividades de campo y oficina:

³ Afluentes y subafluentes principales del río Magdalena (parte Alta). F. A. Pardo Ojeda. Red monitoreo CAM - 2007.

⁴ Afluentes y subafluentes principales del río Magdalena (parte Alta). F. A. Pardo Ojeda. Red Alertas tempranas, agosto de 2005.

- Aforo líquido
- Verificación de cota “0.00” y empalme de la misma
- Empalme de la hidrotopografía (perfil del río) con topografía externa (en taludes de m. d. y de m. i.)
- Evaluación del gradiente hidráulico
- Cálculo de carteras (metodología *CURVAS-1*, el cual es un modelo digital de la Subdirección de Hidrología, - IDEAM -, que se emplea para cálculo y captura de perfiles -; cálculo de aforos líquidos; verificación de información y ajuste de resultados en la curva de gastos).
- Verificación de información digital en tiempo real, únicamente si aplica éste trabajo para estaciones únicamente automáticas. Ésta verificación fue asistida y verificada vía telefónica (tiempo real) con la Oficina de Alertas y Pronósticos del IDEAM.
- Verificación de información digital (descargar información de la estación con el VOTA), únicamente si aplica éste trabajo para estaciones únicamente automáticas.

Figura 3. Afluentes y subafluentes principales del río Magdalena (parte alta).

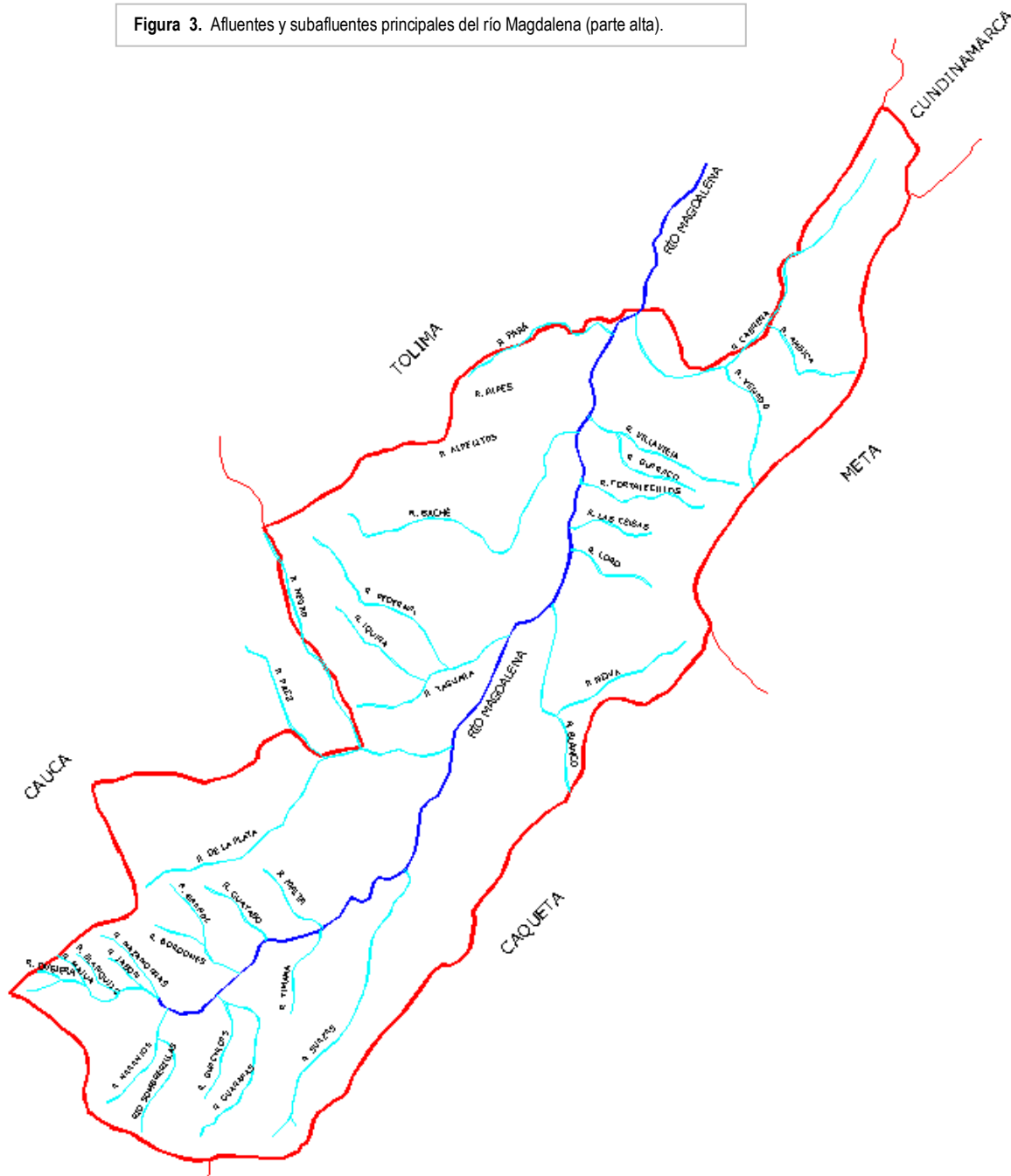


Figura 4. Afluentes y subafluentes principales del río Magdalena (parte alta).

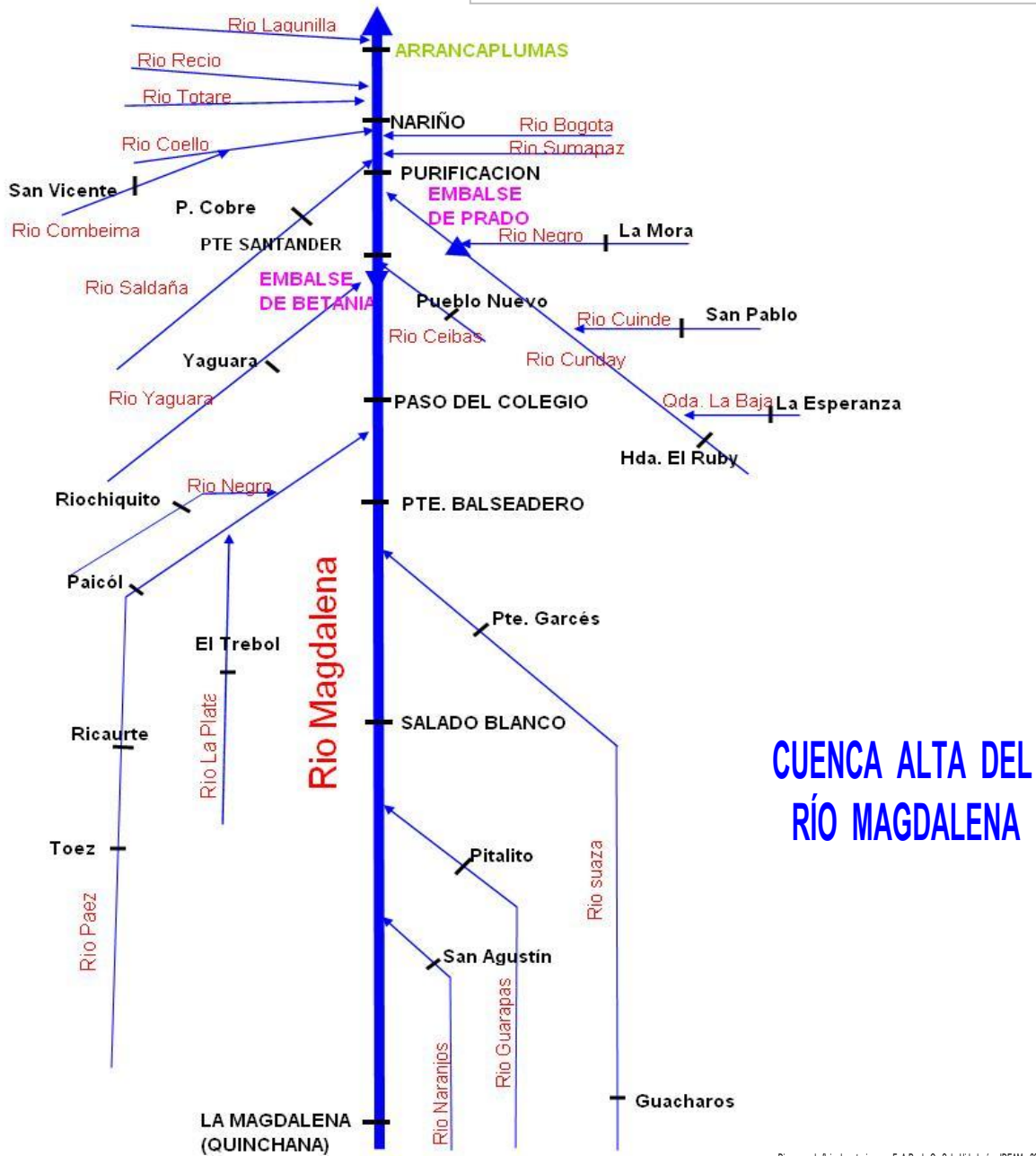
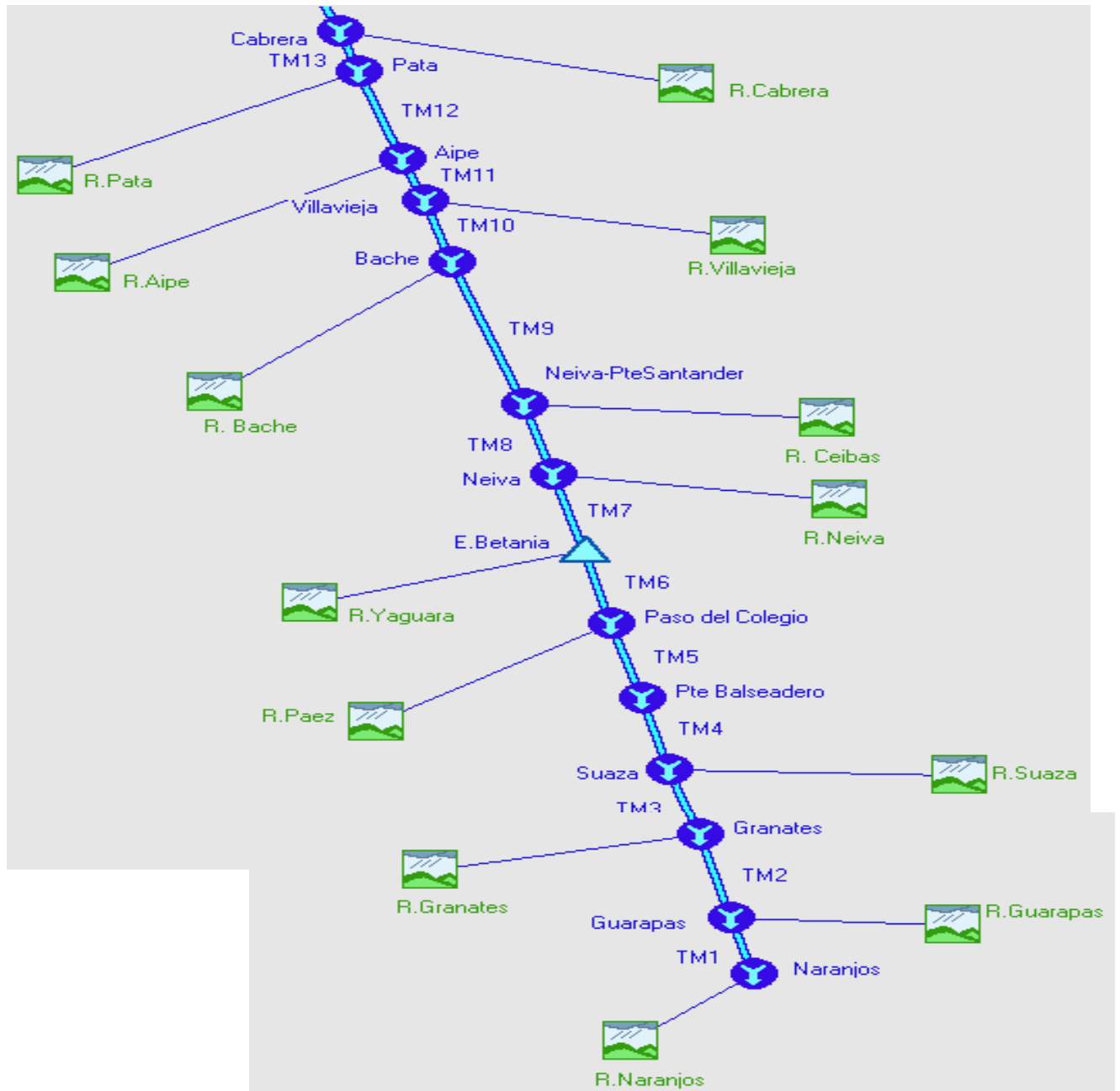


Diagrama de flujo de estaciones - F. A. Pardo O., Sub. Hidrología - IDEAM - 2003

- Modelamiento esquemático⁵ relacionado con afluentes y subafluentes en la zona de estudio

⁵ Diagrama para modelamiento de tránsito de corrientes y aportes. F. A. Pardo Ojeda., Alertas y Pronósticos, Comités Diarios, 2006.

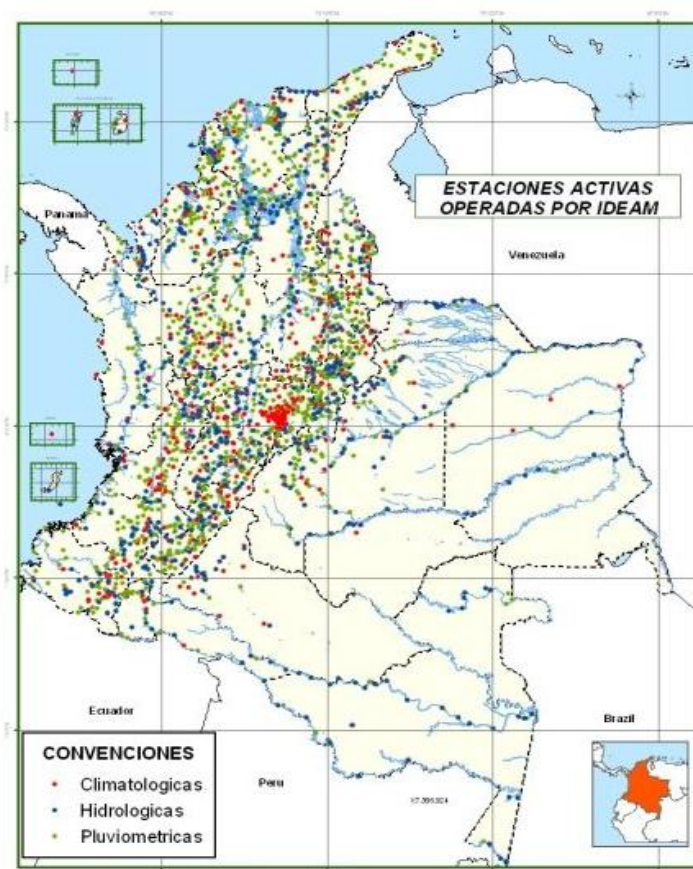
Figura 5. Modelo esquemático de la cuenca del río Magdalena, para el montaje de sistemas de modelación. Parte alta hasta Cabrera, afluentes y subafluentes principales del río Magdalena (parte alta).



- Otro análisis bien importante, consistió en la selección de estaciones, actividad conjunta y cargo exclusivo del LCA y de la CAM; desde el punto de vista hidrológico, se respetaron cada uno de los puntos seleccionados previamente, los cuales en su gran mayoría

presentaron coincidencia con la red de estaciones del IDEAM⁶. En la Figura 6 se presenta la ubicación espacial de estaciones de la red básica (convencional y automática).

Figura N° 6. Modelo esquemático de la Red de Estaciones del IDEAM.



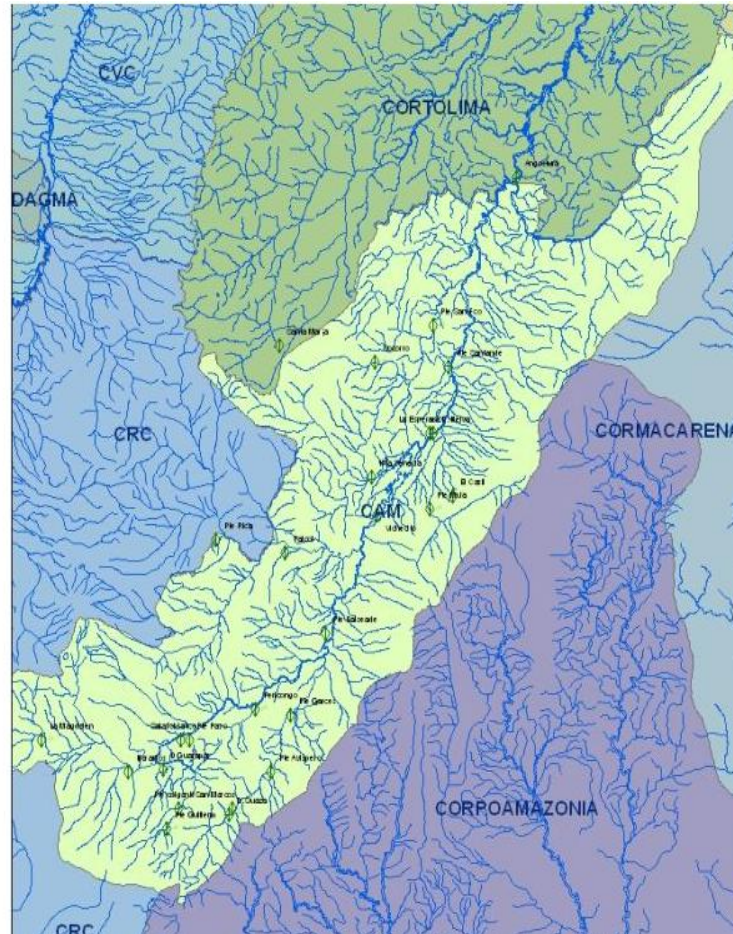
- Una vez se determinó el alcance de la zona de estudio, se procedió (desde el punto de vista hidrológico), a determinar los puntos exactos de monitoreo, con el fin de particularizar cada uno de ellos, y así definir el área de influencia. En la Figura 7, se presenta el modelo de trabajo⁷.

⁶ Red básica actual de estaciones operadas por el IDEAM. Digitalizado por F. A. Pardo Ojeda, mayo de 2006.

⁷ Vertientes Alto Magdalena y aportes /afuentes y subafuentes). F. A. Pardo Ojeda, Pronósticos y Alertas, enero 2006.

Figura 7. Modelo esquemático de la cuenca del río Magdalena, y su red hídrica (afluentes y subafluentes principales del río Magdalena -parte Alta-).

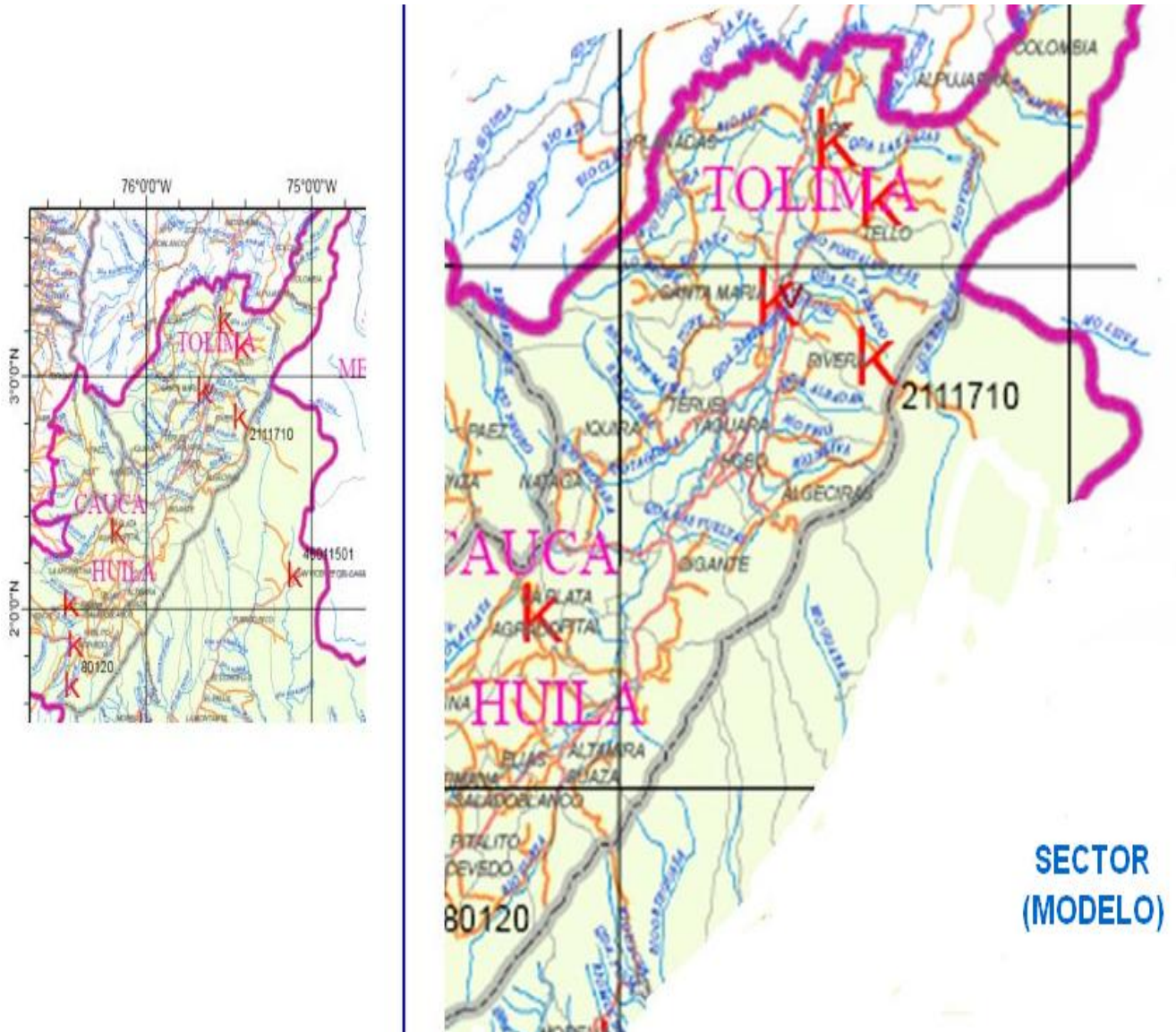
ÁREA
DE INFLUENCIA
(MODELO)



- Posterior al modelamiento del área de influencia, se cruzó ésta información con la del Banco de Datos del IDEAM, ya que una vez determinados los puntos exactos de monitoreo, se procedió al análisis de las series históricas de datos (niveles y caudales). En la Figura 8, se presenta el mapa particular de estaciones para la zona de estudio.⁸

⁸ Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

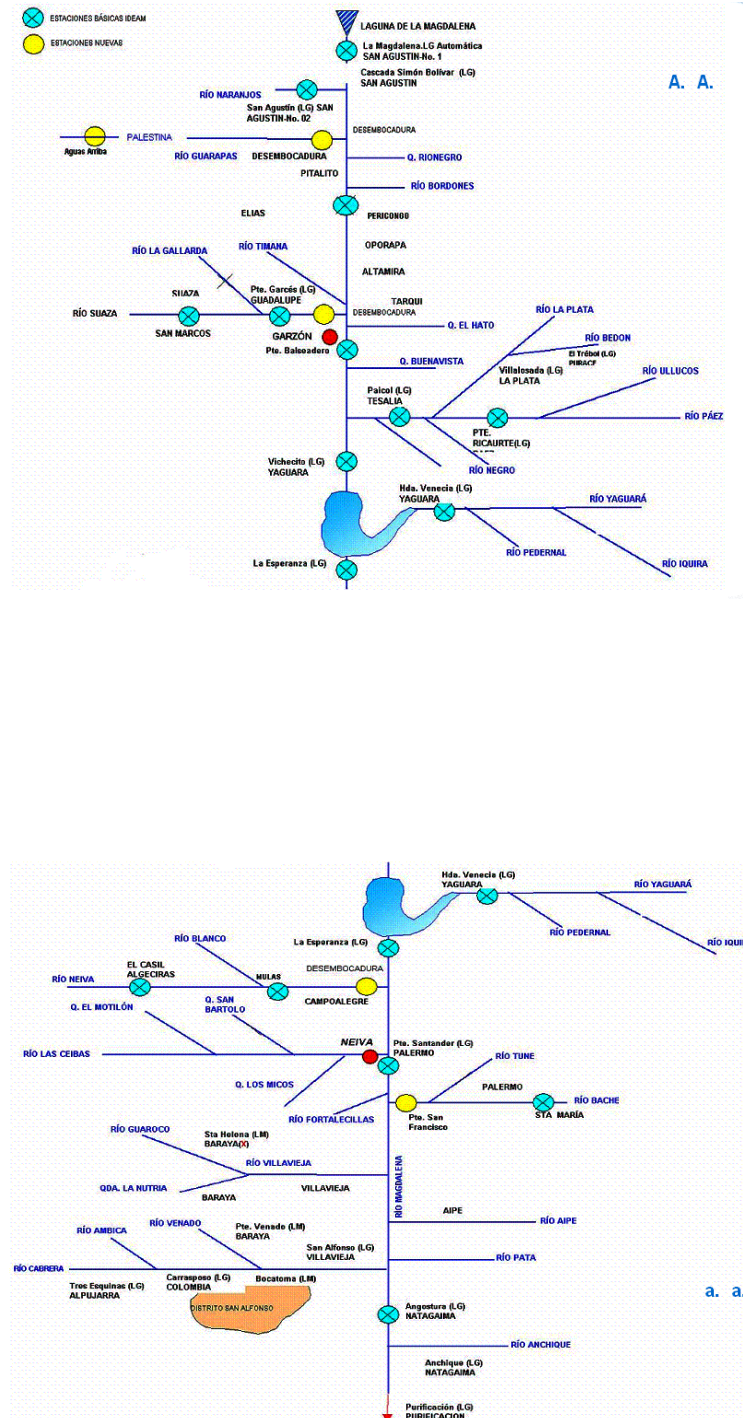
Figura 8. Modelo esquemático de la cuenca I río Magdalena, y su red hídrica (afluentes y subafluentes principales del río Magdalena -parte Alta-). Red Básica de Estaciones Hidrométricas.



- Aprovechando la sectorización de la información hidrológica, todas las estaciones (tanto para la CAMPAÑA1 como para la CAMPAÑA2), se individualizaron, tomando como base los puntos A. A. y a. a., siempre referenciados al Embalse de Betania⁹ (Figura 9).

⁹ Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

Figura 9. Esquema básico de emplazamiento de estaciones (automáticas y convencionales).



- Aprovechando la sectorización de la información hidrológica, todas las estaciones (tanto para la CAMPAÑA1 como para la CAMPAÑA2), se individualizaron, tomando como base los puntos A. A. y a. a., siempre referenciados al Embalse de Betania¹⁰ (Figuras 10 y 11).

Figura 10. Esquema básico de emplazamiento de estaciones (automáticas y convencionales). Detalle.

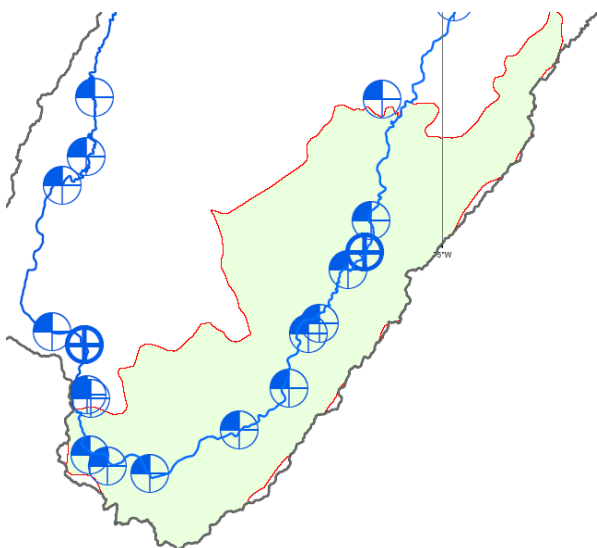
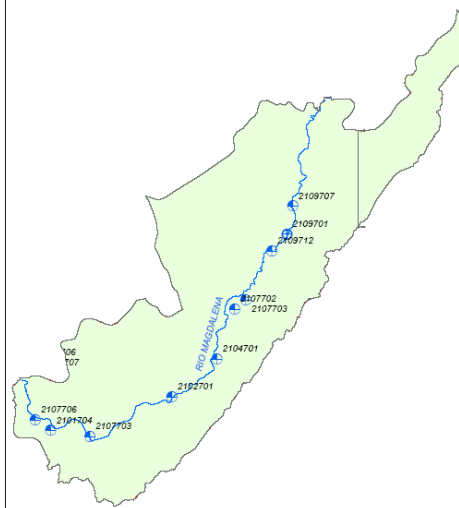


Figura 11. Esquema básico de emplazamiento de estaciones (automáticas y convencionales). Detalle departamental.



- Como antecedente importante, se cita el Estudio para Calidad Ambiental (Componente Hidrológico¹¹), en el cual se particulariza la variación de los caudales; para el actual informe para la CAM, se particulariza la información, desde a. a. del nacimiento del río Magdalena hasta A. A. (aproximadamente) de Natagaima (Tolima). Su descripción se presenta en la Figura 12.

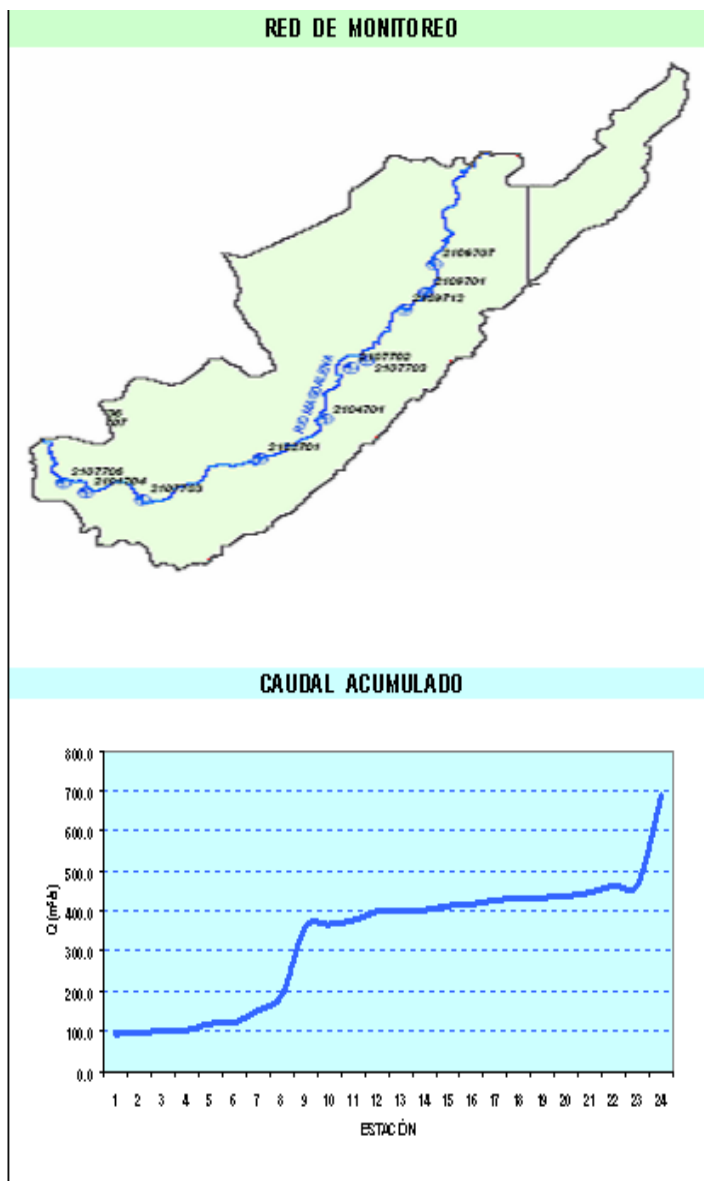
¹⁰ Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

¹¹ Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

Figura 12. Variación de caudales, a lo largo de la Red de Monitoreo. Detalle departamental.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM	
	TOTAL MONITOREOS
	24
PUNTO	Q (m³/s)
NACIMIENTO MAGDALENA	92.2
RÍO GUARAPAS ANTES	96.8
RÍO GUARAPAS DESPUÉS	99.7
PITALITO ANTES	102.3
RÍO SUAZA ANTES	118.7
PUENTE BALSEADERO	121.8
RÍO SUAZA DESPUÉS	151.7
RÍO PÁEZ ANTES	189.7
RÍO PÁEZ DESPUÉS	359.7
RÍO YAGUARÁ ANTES	366.7
RÍO YAGUARÁ DESPUÉS	375.7
RÍO NEIVA ANTES	397.7
RÍO NEIVA DESPUÉS	401.9
NEIVA ANTES	401.9
NEIVA DESPUÉS	412.9
RÍO FORTALECILLAS ANTES	416.7
RÍO FORTALECILLAS DESPUÉS	426.7
RÍO BACHÉ ANTES	431.0
RÍO BACHÉ DESPUÉS	433.9
RÍO AIPE ANTES	436.9
RÍO AIPE DESPUÉS	445.7
RÍO CABRERA ANTES	462.7
RÍO CABRERA DESPUÉS	466.1
CAM/CORTOLIMA	687.8

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24



- Como base de estaciones de consulta se tomó al Área Operativa 04/Neiva¹², cuya red particulariza las estaciones automáticas (figuras de los caudales; para el actual informe para la CAM, se particulariza la información (Figuras 13, 14 y 15).

¹² Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

Figura 13. Estaciones automáticas - Red HYDRAS 3.

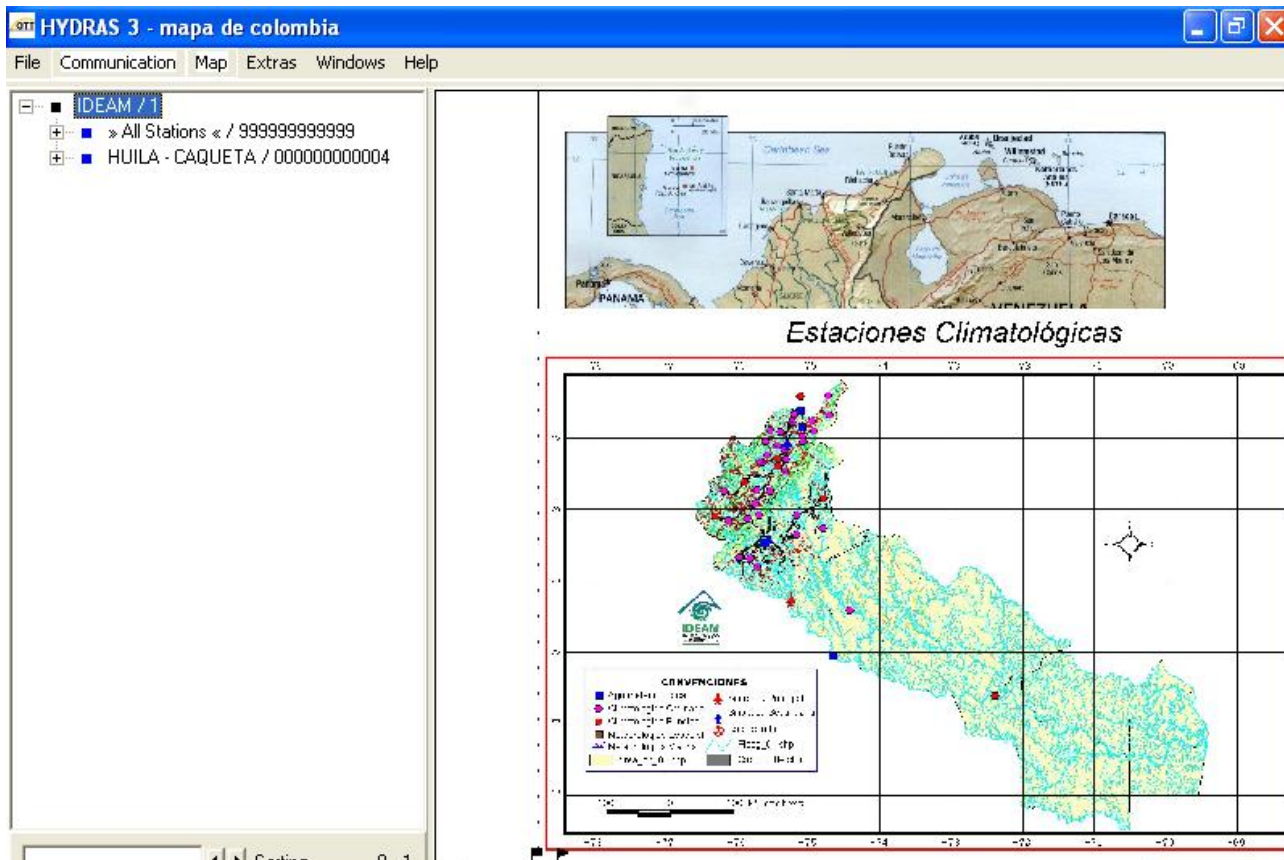


Figura 14. Estaciones automáticas - Red HYDRAS 3.

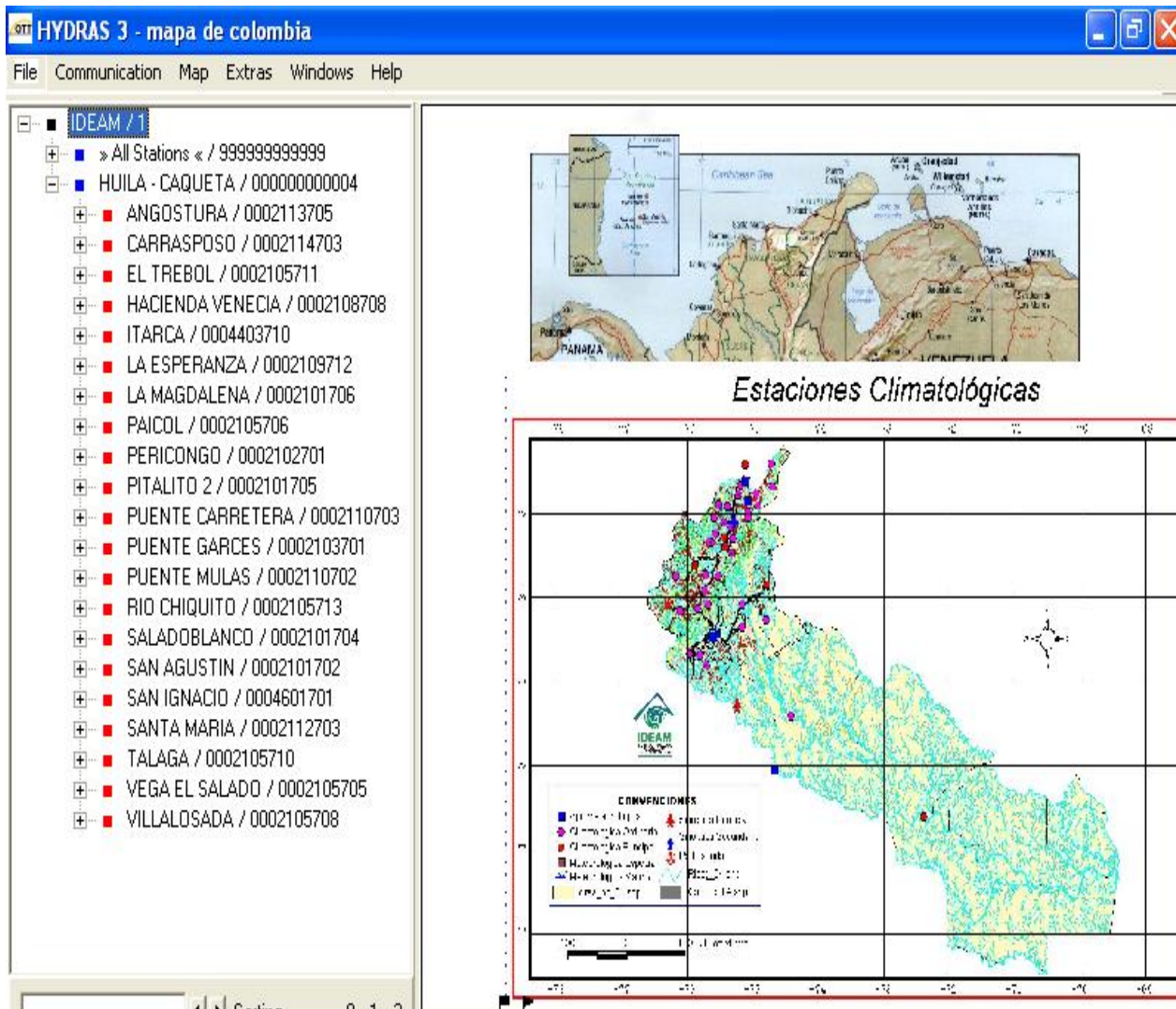
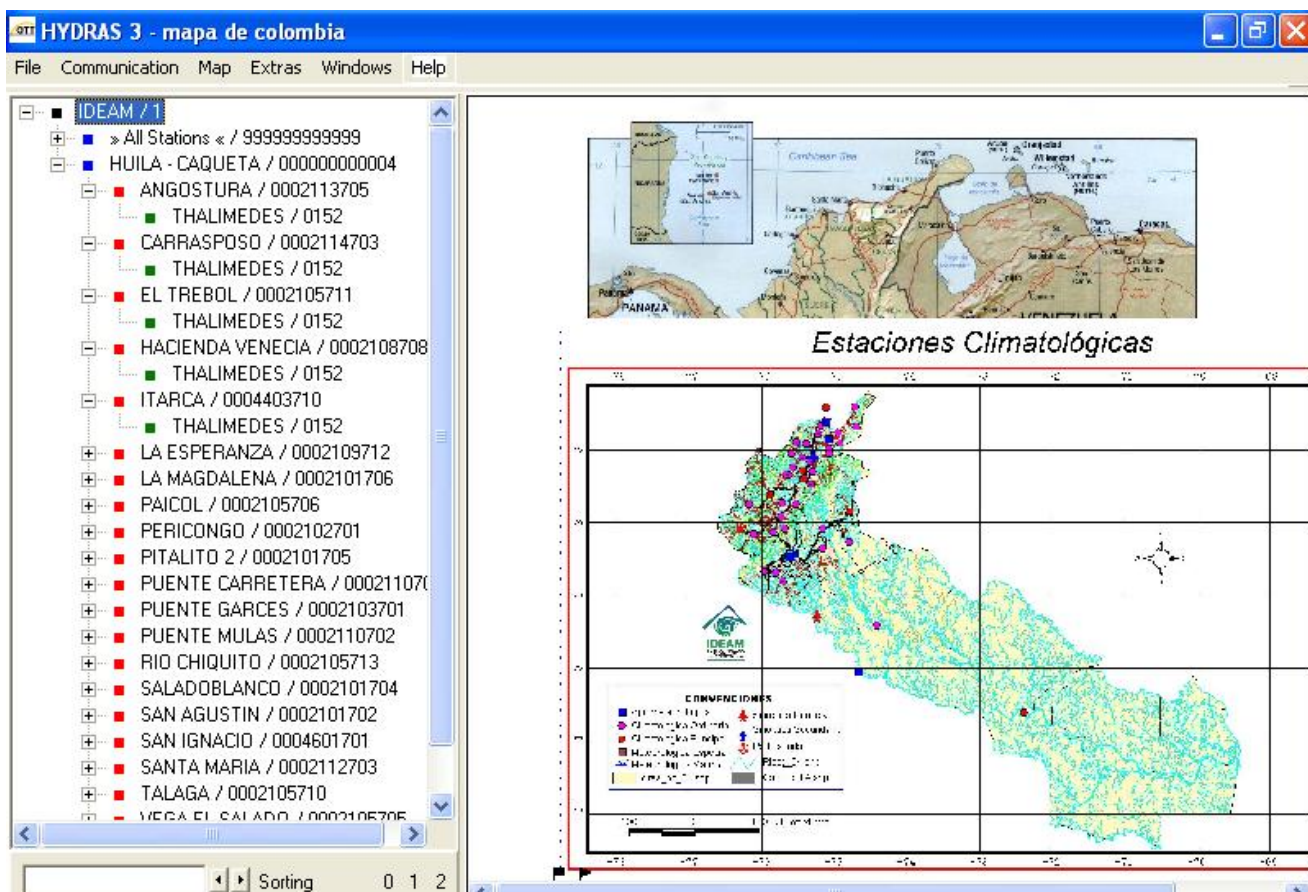


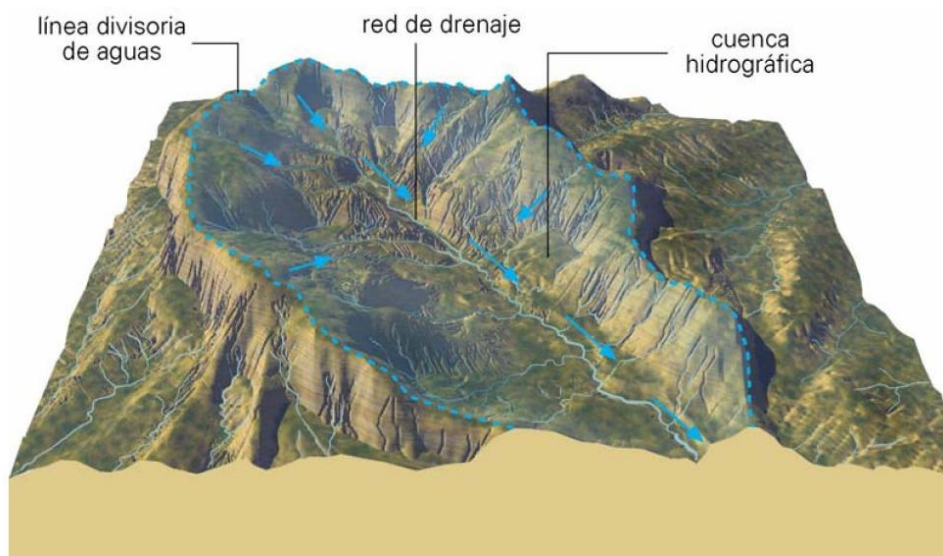
Figura 15. Estaciones automáticas - Red HYDRAS 3.



3.3 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

Para el concepto de cuenca hidrográfica se tienen varias definiciones. Según Heras (1972)¹³, se entiende por cuenca vertiente, o cuenca de drenaje de un río, considerado en un punto dado de su curso, al área limitada por el contorno en el interior del cual el agua precipitada corre por su superficie, se encuentra y pasa por el punto determinado del cauce. Otra definición es la de LLamas (1993)¹⁴, según la cual una cuenca es un espacio geográfico cuyos aportes son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura, una estación de aforo, o un punto arbitrario. En la Figura 16 se presenta el esquema básico de una hoya hidrográfica¹⁵.

Figura 16. Estaciones automáticas - Red HYDRAS 3.



La caracterización cuantitativa de determinados rasgos propios de la superficie terrestre se llama Morfometría, está aplicada a la geomorfología que entrega valores numéricos que permite posteriormente comparar una área con otra. Se tiene que los parámetros morfométricos son fundamentales para determinar la analogía territorial y definir relaciones de caracterización hidrológica. Se define como línea divisoria o línea de divorcio a una línea imaginaria que delimita la cuenca. Generalmente se considera que la línea divisoria es la línea de cresta que separa dos vertientes teniendo en cuenta el drenaje superficial, pero en algunos casos se debe considerar la línea definida por las elevaciones más altas de la capa freática (almacenamiento de agua gravitacional en el suelo - agua libre en el suelo). Sin embargo, dado

¹³ Anales de Morfometría. R. Heras, mayo de 1972.

¹⁴ Morfometría básica. A. Llamas, enero de 1933.

¹⁵ Morfometría de una cuenca abierta. Digitalizado por F. A. Pardo Ojeda, agosto de 2007.

que dicho límite generalmente no difiere mucho del que está determinado por el drenaje superficial y cuando difiere un poco es muy difícil de detectar, se suele considerar como cuenca la determinada por el límite de las aguas superficiales.

Los factores físico-geográficos determinantes en los procesos hidrológicos y en la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca, tienen directa relación con la localización geográfica del país y con las características morfológicas y fisiográficas de la cuenca, los cuales influyen en los diferentes patrones de drenaje y las variaciones del régimen hidrológico.

A continuación se definen los principales factores a ser evaluados en el presente estudio, con el fin de determinar una caracterización morfológica básica, de la cuenca alta del río Magdalena: el río Magdalena fluye después de su nacimiento de sur a norte por un valle interandino ubicado entre las cordilleras Central y Oriental y su afluente mayor el río Cauca corre por entre las cordilleras Central y Occidental. Su propio origen tiene lugar en la laguna de La Magdalena situada en el macizo colombiano. El río Magdalena, es la corriente de agua más importante del país, nace en la laguna de la Magdalena, localizada a 01° 56' de latitud Norte y 76° 35' de longitud Oeste, en el extremo Sur-occidental de una pequeña planicie del páramo de las Papas, en el macizo colombiano, conocida igualmente, como el valle de las papas, a 3,685 m.s.n.m., en el departamento del Huila (Foto 6¹⁶).



Foto 6. Nacimiento.

¹⁶ Sitio de nacimiento del río Magdalena; Enciclopedia WEB de Colombia.

El mayor afluente del río Magdalena es el Cauca, el cual nace también en el nudo de Almaguer propiamente en los páramos de Coconucos y El Buey. El río Cauca sigue su curso sur-norte formando el valle de su nombre entre las cordilleras Central y Oriental hasta su afluencia en el río Magdalena en la boca Guamal, localizada en la zona baja de este mismo río. Las demás subcuencas que integran el sistema hidrográfico drenan a los cursos principales de acuerdo a la configuración hidrográfica. Los afluentes más grandes son los ríos Saldaña, Sumapáz, Bogotá, Negro, Sogamoso, Lebrija y San Jorge. La planicie inundable de la cuenca Magdalena ofrece una variedad de unidades morfológicas, de características propias, en las que las inundaciones, los suelos y la aptitud agropecuaria presentan aspectos diferenciales.



Foto 7. Laguna de la Magdalena.

El Delta del río Magdalena es un depósito en forma de cono cuya parte Terminal fue acumulada en el mar. Se inicia un poco aguas abajo de Calamar y termina en Barranquilla, Ciénaga en forma triangular. Las unidades más sobresalientes son el lecho mayor y los diques que bordean el Magdalena. El río Magdalena forma un valle asimétrico alargado, con dirección Sur - Norte, tiene un área total de 257,440 km², que equivale al 23 % de la superficie total del país, allí se localizan 722 municipios y se asienta más del 80 % de la población colombiana, vierte sus aguas a través de dos bocas bien definidas, en el mar Caribe

después de recorrer 1,540 km con un caudal medido en Calamar, antes de la bifurcación del Canal del Dique, del orden de los 7100 m³/s. (Foto 2¹⁷).

3.3.1 DRENAJE

Los factores físico-geográficos determinantes en los procesos hidrológicos y en la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca, tienen directa relación con la localización geográfica del país y con las características morfológicas y fisiográficas de la cuenca, los cuales influyen en los diferentes patrones de drenaje y las variaciones del régimen hidrológico. La red de drenaje es aquella área sobre la que cae el agua y es a la vez la red a través de la cual el agua viaja.

3.3.2 DRENAJE NATURAL

El drenaje natural, indica la velocidad con que se mueve el agua sobre el perfil del suelo que está en función de la textura, estructura, consistencia, porosidad y pendiente, entre otras, quizás uno de los factores más importantes a hora de definir un territorio.

3.3.3 MICROCUENCA

Se entiende como microcuenca, aquella área delimitada por una divisoria de aguas que vierten en un curso mayor, el cual puede desembocar en un río principal, dentro de una red hidrográfica natural.

3.3.4 DIVISORIA DE AGUAS

Es el límite entre dos cuencas, o aquellas líneas que permite separar las aguas de una cuenca de otra, se traza sobre un plano topográfico con curvas de nivel de máximas alturas que bordean la microcuenca, dividiendo las aguas lluvias hacia uno y otro lado; distinguiéndose los conceptos de cuenca hidrográfica (real) y de la cuenca topográfica, que para cuencas grandes, tiene poca importancia esta diferencia.

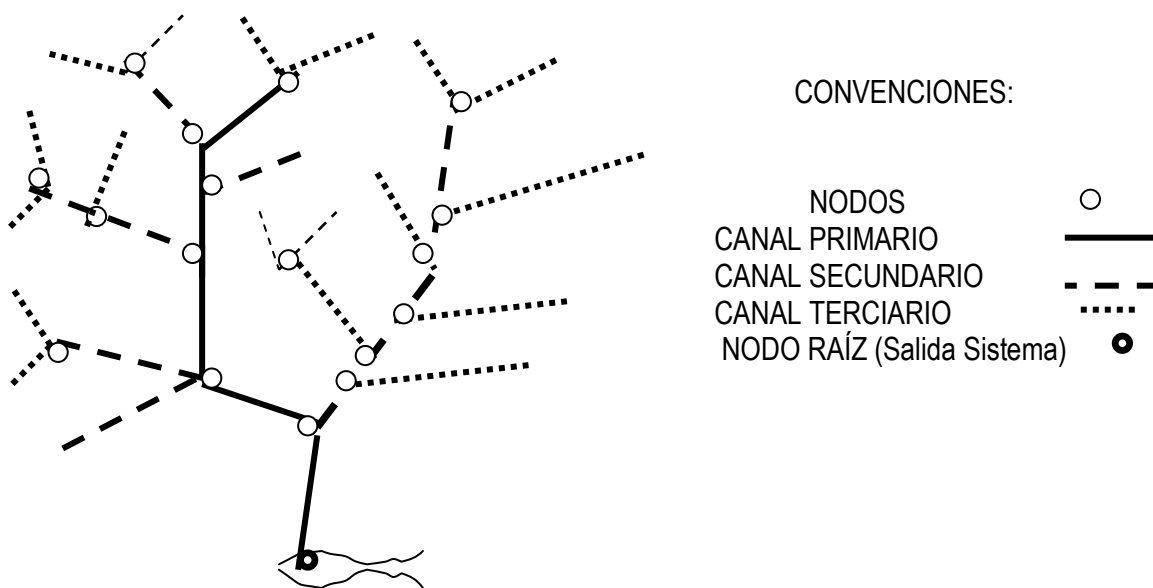
3.3.5 CUENCA

Una cuenca es el conjunto de subcuencas conectadas entre sí, que forman un sistema hidrológico. La formación de una cuenca se origina por parte del agua que escurre a lo largo de las laderas que puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, donde se evapora o infiltra, ó finalmente, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forman el flujo superficial. Los fenómenos de escorrentía se produce de forma dinámica, las aguas de los valles confluentes se reúnen, los cauces se alargan y los arroyos y quebradas dan origen a los ríos importantes. Los flujos: superficial, subterráneo y subsuperficial conforman la escorrentía que integra los cauces de las corrientes, alimenta los diferentes almacenamientos y dan lugar a una red hidrográfica que drena finalmente hacia el mar¹⁸.

¹⁷ Sitio de nacimiento del río Magdalena; Enciclopedia WEB de Colombia.

¹⁸ Ibid referencia 14

Figura 17. Modelo de un sistema de drenaje finito.



3.3.6 SUBCUENCA

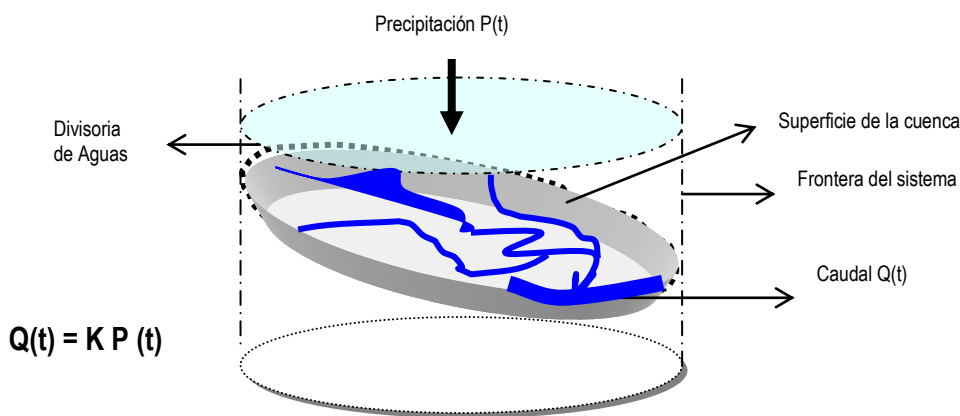
Una subcuenca, simplemente comprende, una subparte pequeña dentro de la jerarquía de una cuenca y su red a través de la cual viaja el agua a un punto de salida. Una subcuenca, simplemente comprende, una subparte pequeña dentro de la jerarquía de una cuenca y su red a través de la cual viaja el agua a un punto de salida puede estar visualizada como la forma de un árbol (Figura 17). La base del árbol es la salida o el punto más bajo de la cuenca. Las ramas menores son los drenajes de menor volumen de agua.

En resumen tenemos que: una cuenca¹⁹ (hoya) es una superficie de tierra que drena sus aguas hacia una corriente en un lugar dado. La divisoria de aguas como se enunció anteriormente, es una línea que separa la superficie de tierra cuyo drenaje fluye hacia un río del contorno de las superficies de tierra cuyos desagües corren hacia otros ríos. La frontera del sistema se dibuja alrededor de la cuenca, proyectando la divisoria de aguas verticalmente hacia arriba y abajo hacia los planos horizontales. La estructura del

¹⁹ Hidrología Aplicada, Ven Te Chow; Mc Graw Hill, 1998.

sistema es el conjunto de caminos de flujo sobre el suelo o a través de él e incluye sistemas tributarios que eventualmente convergen para convertirse en caudal a la salida de la cuenca. (ver Figura 18²⁰).

Figura 18. La cuenca como un sistema de drenaje infinito.



3.3.7 ÁREA

El área de una cuenca es la principal magnitud de referencia en hidrología y se define como aquella área superficial comprendida entre los límites de la divisoria de aguas, integrando áreas parciales entre curvas de nivel sucesivos sobre un mismo río. El área de la cuenca es quizá el parámetro más importante, siendo determinante de la escala de varios fenómenos hidrológicos tales como, el volumen de agua que ingresa por precipitación, la magnitud de los caudales, etc.

El área de la cuenca se define como la proyección horizontal de la superficie de la misma y se puede medir directamente del mapa topográfico. Desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca. Las gotas de lluvia caen verticalmente y no ortogonales a la ladera, igualmente el crecimiento de los árboles es vertical, etc. El “área superficial real” o el “área de la superficie real” considera la pendiente de la cuenca se puede relacionar con el área de la cuenca mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{A}{\cos i}$$

siendo A la superficie medida en el mapa e i el ángulo que define la pendiente media de la cuenca. Como este ángulo de inclinación de las laderas es, en general, pequeño, los valores de A_s y A son prácticamente iguales, excepto en las cuencas

²⁰ Ibid referencia 19

de orografía muy abrupta. El área superficial real puede parecer una medida representativa de la magnitud de la cuenca pero en realidad es una medida ambigua que se puede prestar a equivocaciones. Así por ejemplo haciendo huecos y montículos se puede aumentar el área superficial real de la cuenca y no cambia su magnitud. La proyección horizontal, que es perpendicular a la aceleración de la gravedad es mucho más coherente, los procesos de intercambio con la atmósfera son generalmente verticales, el crecimiento de los árboles es vertical, etc. A continuación se presenta la ecuación más común (su resultado es producto de medición, y para el caso, se empleó *AUTOCAD-2007*).

$$A = \int_{(A)} dA$$

3.3.8 LONGITUD

Parámetro morfométrico que se mide desde el nacimiento de la corriente hasta el punto medio del drenaje donde desemboca

3.3.9 ANCHO MEDIO

Este parámetro se estima con base en la forma de la cuenca y se pondera con los valores obtenidos entre el ancho Máximo (B_x) y el Mínimo (B_m) de la cuenca, o se le selecciona a criterio del analista. Este parámetro se emplea para calcular otros índices empíricos.

3.3.10 ANCHO MÁXIMO

Se obtiene directamente de seleccionar la parte más amplia de la cuenca sobre la cartografía que se encuentre evaluando

3.3.11 FACTOR DE FORMA

El comportamiento de los caudales en una cuenca larga y estrecha es diferente a la que puede presentar una cuenca amplia y redondeada. Este parámetro matemático se analiza para determinar la forma de la

$$Ff = \frac{Bc}{Lc}$$

cuenca y se relaciona con otros aspectos físicos para cuantificar y comparar las cuencas entre sí.

3.3.12 PERÍMETRO

Es la longitud total medida alrededor del polígono que encierra la cuenca, o en otros términos es la longitud perimetral de la cuenca.

3.3.13 LONGITUD DE LA CORRIENTE

Este parámetro fisiográfico se mide desde la parte media de la desembocadura hasta el nacimiento de la corriente, siguiendo el cauce más largo de la cuenca. Generalmente, los caudales crecen con la longitud y la pendiente media del cauce, y está asociada con la duración de las crecidas, influye en las características físico-químicas y biológicas del agua; igualmente, está asociada a la energía potencial que permite establecer que grado de erosión o deposición de sedimentos se presentan en un tramo del río; asimismo, que tipos de suelos estarían atravesando el lecho del río.

3.3.14 ALTURA DE LA CABECERA DE LA CORRIENTE

Corresponde la altura de la cabecera medida en metros más alta del nacimiento de la corriente en la cuenca

3.3.15 ALTURA DEL PUNTO DE CONFLUENCIA

Esta característica fisiográfica corresponde la altura del punto de confluencia del cauce principal de la cuenca, medida en metros

3.3.16 PENDIENTE MEDIA DE LA CORRIENTE

Para establecer este parámetro fisiográfico se debe conocer las alturas absolutas de la cabecera y el punto donde desemboca el río y la longitud total de la corriente

3.3.17 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Este parámetro fisiográfico corresponde al promedio ponderado de las pendientes que se encuentran en el interior de la cuenca y se calcula de la siguiente forma: generalmente, los caudales crecen con la longitud y la pendiente media del cauce, y asocia con la duración de las crecidas, e influye en las características físico-químicas y biológicas del agua; de otra parte, está asociada a la energía potencial que permite establecer que grado de erosión o deposición de sedimentos se presentan en un tramo del río; igualmente, que tipos de suelos estarán atravesando el lecho del cauce.

3.4 GEOLOGÍA DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

La geología del departamento del Huila se define como compleja, tal como se detalla en las memorias del Mapa Geológico elaborado por Ingeominas (2001). En el presente texto, no se pretende mostrar detalladamente dicha geología, la cual se puede observar en el mapa geológico anexo al presente informe, así como en la memoria respectiva del Ingeominas. Únicamente se transcribirá el resumen, tal como lo presenta el Ingeominas con el propósito de tener una visión general.

El territorio del departamento del Huila, ubicado en el suroccidente del país, está conformada por cuatro regiones morfológicas, como son: las cordilleras Central y Occidental, el Macizo Colombiano y el Valle Superior del Río Magdalena.

La geología es compleja, estando conformada por rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, las cuales tienen edades desde el Precámbrico hasta el Neógeno e igualmente depósitos cuaternarios de origen clástico y volcánico.

En la cordillera Oriental afloran rocas metamórficas precámbricas, las cuales constituyen el Macizo de Garzón; así mismo se presentan en la Cordillera Central y sus estribaciones, como la Serranía de las Minas. Dichas rocas están conformadas por neises, granulitos, anfibolitas y mármoles que constituyen diversas unidades litoestratigráficas, relacionadas con el desarrollo del Escudo de Guyana, o con la colisión entre los escudos de Guyana y Canadiense.

Por su parte, las metamorfitas paleozoicas, están conformadas por esquistos de diverso color y composición y de cuarcitas que afloran al suroccidente del departamento. Aparecen rocas sedimentarias del Paleozoico, expuestas en las estribaciones de las cordilleras Central y Oriental, formando secuencias, normalmente fosilíferas, de intercalaciones de limonitas, calizas y areniscas, algunas veces afectadas por metamorfismo regional de bajo grado y eventos térmicos generados por el magmatismo jurásico.

Los afloramientos del Triásico están restringidos al noroccidente del departamento, en la Cordillera Central; se distinguen areniscas, conglomerados y brechas de tono rojizo, además de calizas micríticas que hacen parte de las formaciones Luisa y eomorfo, respectivamente. La secuencia vulcanoclástica de la Formación Saldaña (Triásico superior a Jurásico), tiene en cambio una amplia distribución en el Huila y se encuentran tanto en la cordillera Central y Oriental, como en el Valle del río

Magdalena y el Macizo Colombiano. Los numerosos cuerpos plutónicos que afloran en el área departamental, se consideran como emplazados durante el jurásico; su composición varía entre intermedia y ácida y se asume que son comagmáticos con el volcanismo de la formación Saldaña. El marco geológico que se ha interpretado para este magmatismo es de tectónica distensiva o de una zona de subducción ubicada al occidente del territorio actual del departamento.

El avance marino de finales del Cretácico temprano permitió la acumulación de sucesiones de conglomerados, areniscas eomorfo y calizas, expuestas en el valle del Magdalena y las estribaciones de las dos cordilleras; el retiro de este mar está registrado en las unidades litológicas de finales del Cretácico tardío. A partir del Maastrichtiano se depositaron eomorfo y areniscas rojizas, mientras que en el Paleógeno predominaron las intercalaciones de eomorfo, areniscas y conglomerados de origen continental, producto de la intensa erosión durante el levantamiento de la Cordillera Central a lo largo de fallas de cabalgamiento. En el Neógeno se registra intensa actividad volcánica en la cordillera Central y el inicio del levantamiento de la cordillera Oriental. En el Cuaternario continuó la actividad volcánica de la Cordillera Central y en la región suroccidental del departamento, así como erosión intensa que produjo la conformación de abanicos, terrazas y otros depósitos recientes.

Además del registro litológico, las fallas y pliegues ponen de manifiesto la compleja evolución geológica del territorio huilense. Se identifican dos sistemas mayores de fallas geológicas: uno con dirección predominante hacia el nororiente, con fallas longitudinales continuas y otro al noroccidente de fallas transversales que se asumen principalmente de basamento por su falta de continuidad en superficie.

El sistema de fallas de Chusma marca el límite entre el valle del Magdalena y la Cordillera Central, mientras que el de Algeciras establece el límite entre el valle del Magdalena y la Cordillera Oriental. Las fallas geológicas dividen el área departamental en cuatro regiones tectónicas: Cordillera Central, Piedemonte de la Cordillera Central, Valle del río Magdalena y Cordillera Oriental – Macizo Colombiano.

Por otra parte, los recursos geológicos tienen gran influencia en el desarrollo económico de la región, especialmente por la explotación de hidrocarburos, minerales industriales como mármol y baritina, así como materiales de construcción. En cuanto a metales preciosos, se conocen manifestaciones y explotaciones auríferas en el noroeste. Las aguas subterráneas, básicas para el consumo humano y su aprovechamiento en actividades industriales y agropecuarias, tienen interés en tres regiones del departamento: El Hobo – Baraya, Baraya – San Alfonso y Colombia – Algeciras; la formación Gigante, del grupo Huila, es el acuífero de mayor potencial.

Debido a la conformación geomorfológica y geológica, el territorio del Departamento del Huila ha sido afectado por fenómenos naturales que en épocas recientes han provocado pérdidas de vidas e infraestructura. Los indicadores morfológicos de geotectónica y los datos históricos e instrumentales permiten ubicar esta región como de amenaza sísmica alta. Igualmente se han identificado tres zonas expuestas a amenaza volcánica, las cuales están relacionadas con: el volcán Nevado del Huila, la cadena volcánica de los Coconucos – Volcán Sotaró y eventualmente con el volcanismo básico del suroccidente del departamento. Por el relieve y la actividad antropogénica, en el territorio se presenta también amenaza por fenómenos de erosión, remoción y transporte de masa.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Debido a que el ICA define el grado de calidad de un cuerpo de agua determinado, con lo que se pretende reconocer problemas de contaminación de una manera ágil, se atendió la recomendación de realizar los monitoreos en sitios en los cuales se cuenta con registro de caudales; en su defecto, de no existir estaciones en los sitios que demanden su evaluación, se realizaron aforos y mediciones en éste punto.
- Es importante que para estudios hidrológicos posteriores, se siga efectuado el análisis de tendencias de los caudales, para diferentes períodos, esto con el fin de determinar la degradación o recuperación de la calidad hídrica a través de un período de tiempo. Como los períodos de aguas máximas, medias y mínimas a lo largo de toda la cuenca del río Magdalena no son los

misimos, se recomienda que los monitoreos de calidad se realicen en época de niveles medios, previamente identificados, para las partes de las cuencas (alta, media y baja). Lo anterior debido a que el caudal tiene una incidencia significativa en la capacidad de las corrientes superficiales para la asimilación de contaminantes y su consecuente autorecuperación.

- Para los caudales en los cuales coincidían con puntos de estaciones del IDEAM, se efectuaron diferentes comprobaciones de los mismos (con respecto a las curvas de gastos vigentes - para todas las estaciones tipo LG-A, con respecto a información de aforos recientes del IDEAM y con respecto a información de niveles provenientes de estaciones automáticas); lo anterior se realizó, con el fin de garantizar la calidad y certeza del dato a emplear para posteriores cálculos e índices, por parte del Laboratorio de Calidad Ambiental. Aunque la anterior descripción es válida.

3.5.1.1 FISIOGRAFÍA

Desde el punto de vista del estudio fisiográfico y morfométrico, para el área de estudio, se tiene que el área del departamento del Huila, comprende básicamente cuatro regiones fisiográficas de la región andina de Colombia: la Cordillera Central, el Valle del río Magdalena, la Cordillera Oriental y el Macizo Colombiano. Debido a esta configuración geomorfológica se presenta gran variedad de climas con la siguiente distribución porcentual en pisos térmicos:

Tabla 2. Distribución porcentual de áreas por pisos térmicos.

PISO TÉRMICO	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
Cálido	5,708	28.50
Templado	7,797	39.00
Frío	5,271	26.50
Páramo - Nival	1,193	6.00

Con respecto a la anterior clasificación, se hacen las siguientes ampliaciones temáticas:

- **Cordillera Central:**
 - La divisoria de aguas de esta cordillera se constituye en el límite occidental del departamento, desde la Cadena Volcánica de Los Coconucos al sur (4,670 m. s. n. m.) hasta las estribaciones al norte del Volcán Nevado del Huila (5,750 m. s. n. m.). Es una región de altas pendientes topográficas con un relieve muy quebrado e intensa deforestación en algunos sectores donde se presentan fuertes procesos erosivos.

▪ **Valle del río Magdalena:**

- La región fisiográfica se inicia en el área de los municipios de Tarqui y Altamira desde donde el río Magdalena define claramente su valle y finaliza al norte del país, en el Mar Caribe, en los departamentos de Bolívar, Atlántico y Magdalena. En el Huila se encuentra limitada al oriente y occidente por las cordilleras Oriental y Central, respectivamente. La parte sur del valle tiene una topografía ondulada con serranías cortas y planicies de poca extensión en las cuales hay un importante desarrollo agrícola y ganadero. La

parte norte del valle es ondulada a plana con alturas inferiores a los 800 m. y en ella se presenta una buena parte de la actividad agropecuaria y ganadera huilense.

- Los suelos son, en general, aptos para la agricultura y ganadería. En la zona norte del departamento, especialmente en los municipios de Villavieja, Tello y Baraya, existe el desierto de La Tatacoa, una de las zonas más áridas del Huila.

▪ **Cordillera Central:**

- La vertiente occidental de esta cordillera conforma el sector oriental del Departamento del Huila, y llega hacia el norte hasta las estribaciones del Páramo del Sumapáz donde se alcanza una altura de 4,180 m. s. n. m. en el cerro del Fraile. Esta es una zona susceptible a fenómenos de erosión por la intensa deforestación de bosques alto andinos.

▪ **Macizo Colombiano:**

- El Macizo Colombiano o Nudo de Almaguer se encuentra situado en el extremo SW del departamento del Huila y SO del Departamento del Cauca. Allí se acercan las cordilleras Central y Oriental y general una región elevada con accidentes orográficos representativos como los páramos de Las Papas y de Cutanga, la Sierra Nevada Los Coconucos y el Volcán Sotará con una altura máxima de 4,580 m. s. n. m. Esta región está cubierta por vegetación de bosque andino alto y páramo que ha sido deforestada en mayor o menor grado, debido a la colonización desordenada que busca ampliar la frontera agrícola y ganadera. En el macizo también se presenta siembra de cultivos ilícitos que acaban con la vegetación natural en muchos sectores. El Macizo Colombiano constituye la estrella fluvial más importante del país.

Figura 19. Limitante (divisoria de aguas), cuenca como un sistema de drenaje finito - parte alta, zona de estudio-.

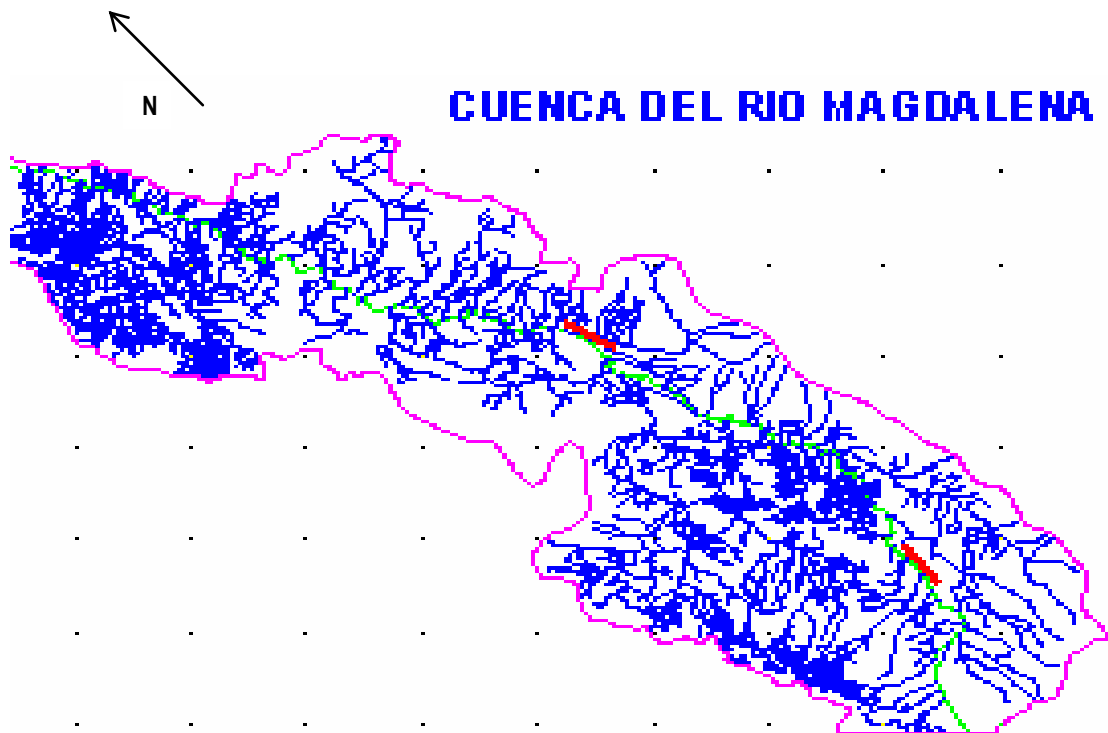
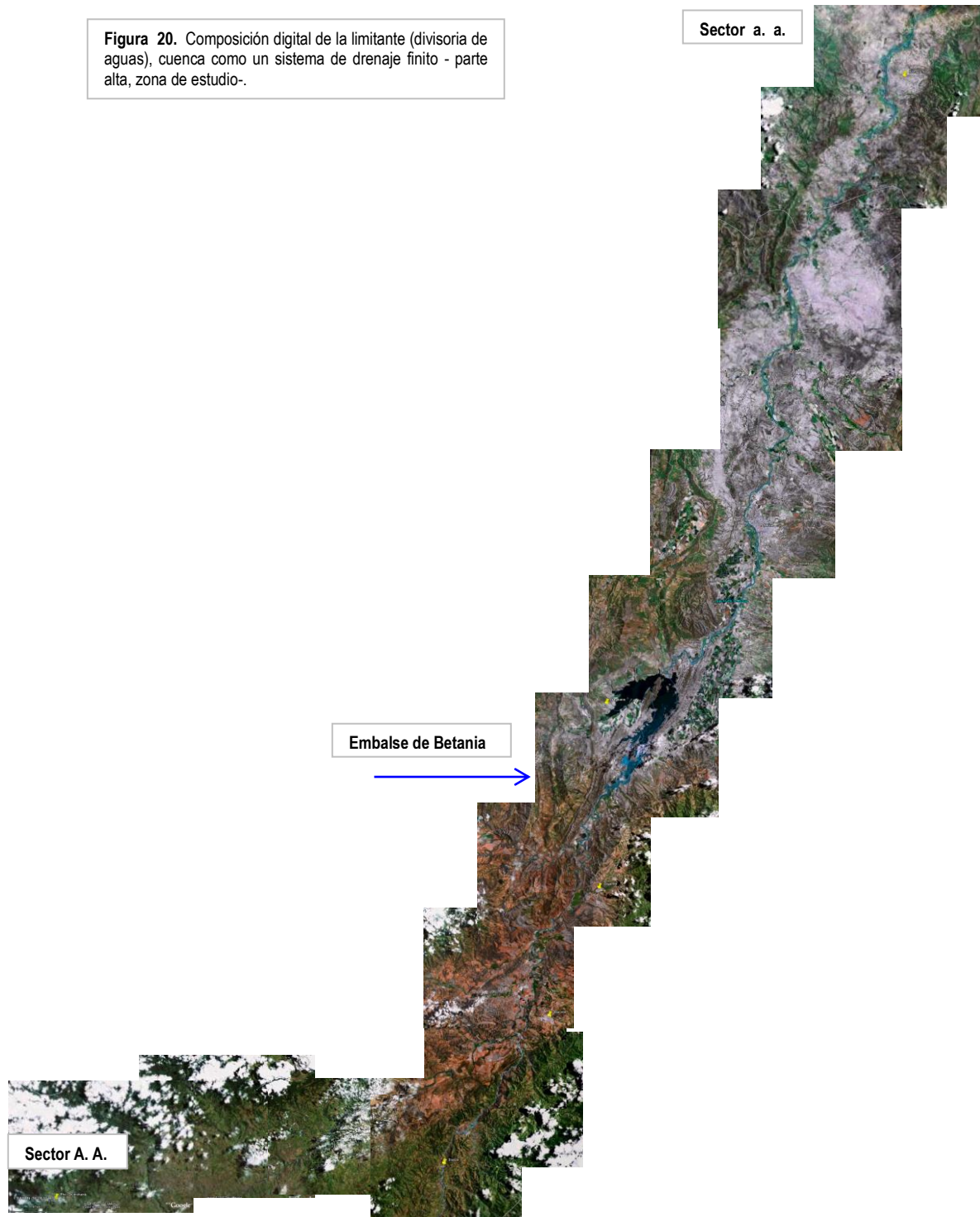


Figura 20. Composición digital de la limitante (divisoria de aguas), cuenca como un sistema de drenaje finito - parte alta, zona de estudio-.



En La Figura 19²¹ se representa la limitante de la cuenca (divisoria de aguas), cuenca como un sistema de drenaje finito - parte alta, zona de estudio-; se considera como finito, ya que se pueden evaluar en su totalidad, los afluentes y subafluentes que vierten al cauce principal; en la Figura 20²² se representa una composición digital de la limitante (divisoria de aguas, presentada en la Figura 19). Con los anteriores modelos, se limitaron exactamente aquellos puntos específicos, que dan alcance al presente estudio.

De acuerdo con la metodología propuesta en la caracterización morfométricas (numeral 3.3.), se presentan los resultados obtenidos:

- Área de la cuenca: 24,592.3465 Km² (expresada con cuatro decimales)
- Cota de inicio: 4,500 m. s. n. m.
- Cota de descole: 500 m. s. n. m.
- Pendiente media: 12.25%
- Perímetro: 976.72 Km
- Longitud de la cuenca: 327.87 Km
- Longitud del cauce: 441.53 Km
- Longitud máxima: 323.87 Km
- Distancia al centro de gravedad: 181.53 Km (desde A. A.)
- Distancia al centro de gravedad: 145.97 Km (desde a. a.)
- Centro de gravedad: 116.46 Km (sentido coordenadas X)
- Centro de gravedad: 79.77 Km (sentido coordenadas Y)
- Ancho medio: 79.87 Km
- Ancho máximo: 131.05 Km
- Ancho mínimo: 28.69 Km
- Forma de la cuenca: $K_o = 1.74$
- Factor de forma: $R_f = 0.23$
- Coeficiente de forma: $K_f = 246.61$

3.5.1.2 HIDROLOGÍA

- Hidrografía:
 - El territorio del departamento del Huila hace parte de la cuenca más alta del río Magdalena, el cual lo atraviesa de sur a norte y recibe afluentes importantes como los ríos Mazamorras, Sombrerillo y Guarapas desde el Macizo Colombiano; los ríos Timaná, Suaza, Neiva, Fortalecillas, Villavieja y Cabrera desde la Cordillera Oriental, y los ríos Bordoneros, Páez, Yaguará, Bache, Aipe y Patá desde la Cordillera Central.

²¹ Estudio fisiográfico CAM 2007, F. A. Pardo Ojeda, agosto de 2007.

²² Estudio fisiográfico CAM 2007, F. A. Pardo Ojeda, agosto de 2007.

- La mayoría de estas corrientes presentan valles profundos en las zonas montañosas donde nacen depósitos cuaternarios de morfología plana a suavemente inclinada en la parte plana, hacia su desembocadura en el río Magdalena.
- Cada uno de los ríos mencionados tiene varios tributarios que ayudan a conformar la red hidrográfica del departamento. Las corrientes más importantes son: río Granadillo y Naranjos que conforman el río Sombrerillos; río Venado y Ambicá que confluyen al río Cabrera; río Granates que fluye al Bordonés; ríos La Plata y Negro de Narvéez fuentes del Páez; ríos Íquira y Pedernal que tributan al Yaguará; río Tune, Bachecito y Yaya que confluyen al Bache.
- En la zona SW se encuentran las lagunas El Buey y La Magdalena, mientras que en la zona central del departamento el embalse de Betania, que regula los caudales del río Magdalena y Yaguará y genera energía eléctrica.

3.5.1.3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

- Desarrollo de las campañas: la primera se desarrolló en junio y la segunda en septiembre de 2009; en las Figuras 21 y 22 se presentan los mapas de precipitación y la evaluación de los mismos en términos de precipitaciones acumuladas para los meses respectivos²³. Se observa que aunque en el mes de junio fueron mayores los valores de las precipitaciones, cuya escurriencia, posteriormente se ve reflejada como caudal, en la segunda campaña, se presentaron caudales notoriamente menores para 23 de las 26 estaciones estudiadas. Solamente las estaciones La Magdalena, La Esperanza y Angostura presentaron en septiembre valores mayores que los presentados en junio. El caso más notorio y significativo es de la estación La Esperanza, pero se explica por la influencia directa y cercana de la operación de la represa de Betania. Las variaciones indicadas (fuerte disminución de los caudales), corresponden a la transición hacia el fenómeno del Niño, que básicamente se manifestó para el mes de septiembre como una disminución de las precipitaciones, siendo éstas muy localizadas y no extendidas hacia toda la cuenca en estudio.
- Desde la parte alta del estudio hasta la parte baja del mismo, no se registraron en los períodos de trabajo, crecidas extraordinarias ni tránsitos de caudales anómalos. Los incrementos registrados corresponden a los normales para las épocas de monitoreos.
- Es importante anotar que la estación el Vichécito código 2107703 se vio afectada por las avalanchas ocasionadas por el río Páez, las cuales deterioraron la sección y la inundaron haciéndose imposible la medición en ese lugar. Por tal motivo se cambió por la estación Paso Del Colegio código 2107702, localizada unos 1500 metros aguas arriba de la primera, sin que haya una afectación significativa debido a que en ese pequeño tramo no hay intercepción por parte de afluente alguno.

²³ Mapa de distribución de lluvias. F. A. Pardo Ojeda, abril y julio de 2007, Oficina de Pronósticos y Alertas - IDEAM.

Figura 21. Variación de la precipitación en junio de 2009.

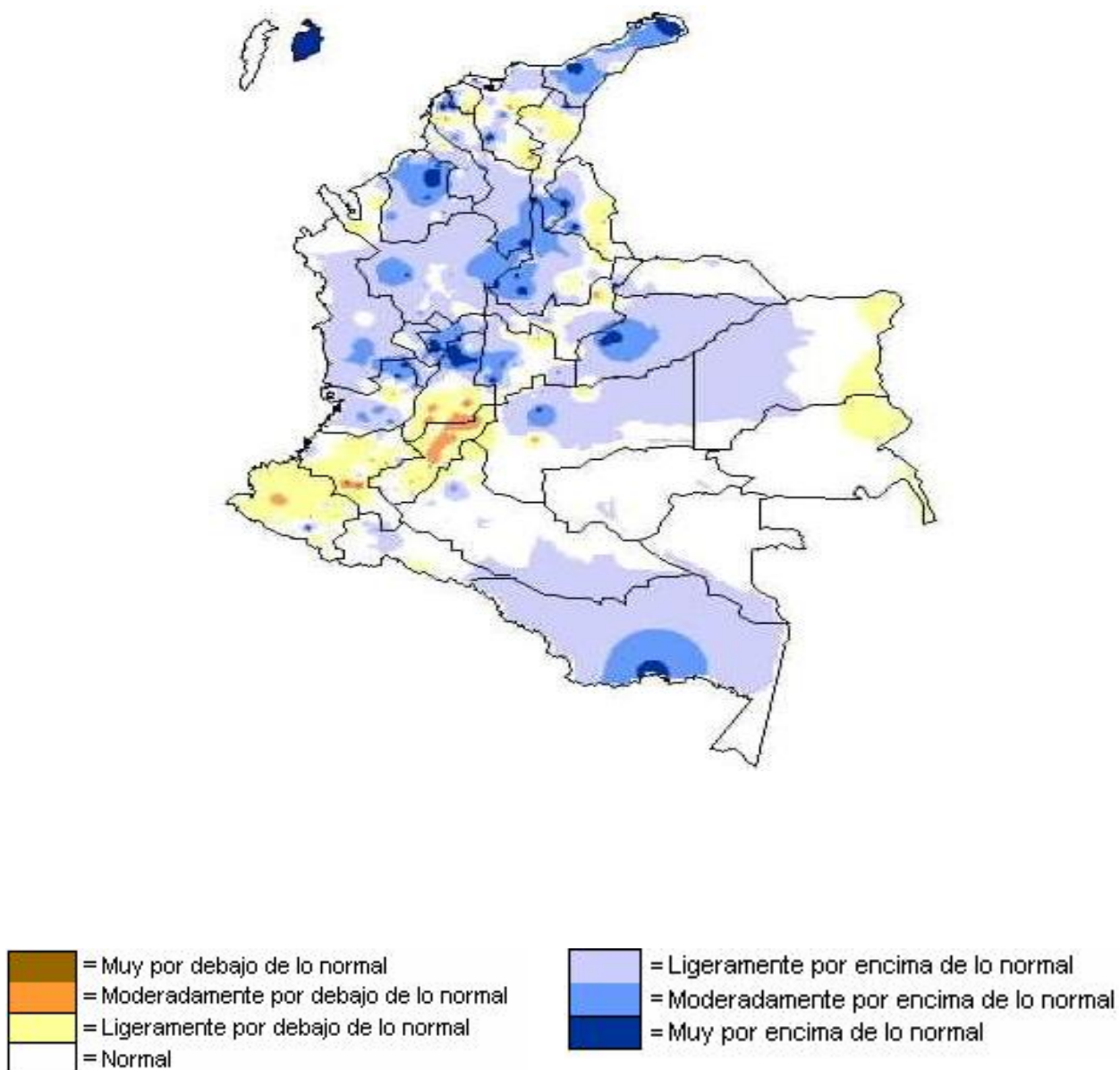


Figura 22. Variación de la precipitación en septiembre de 2009.

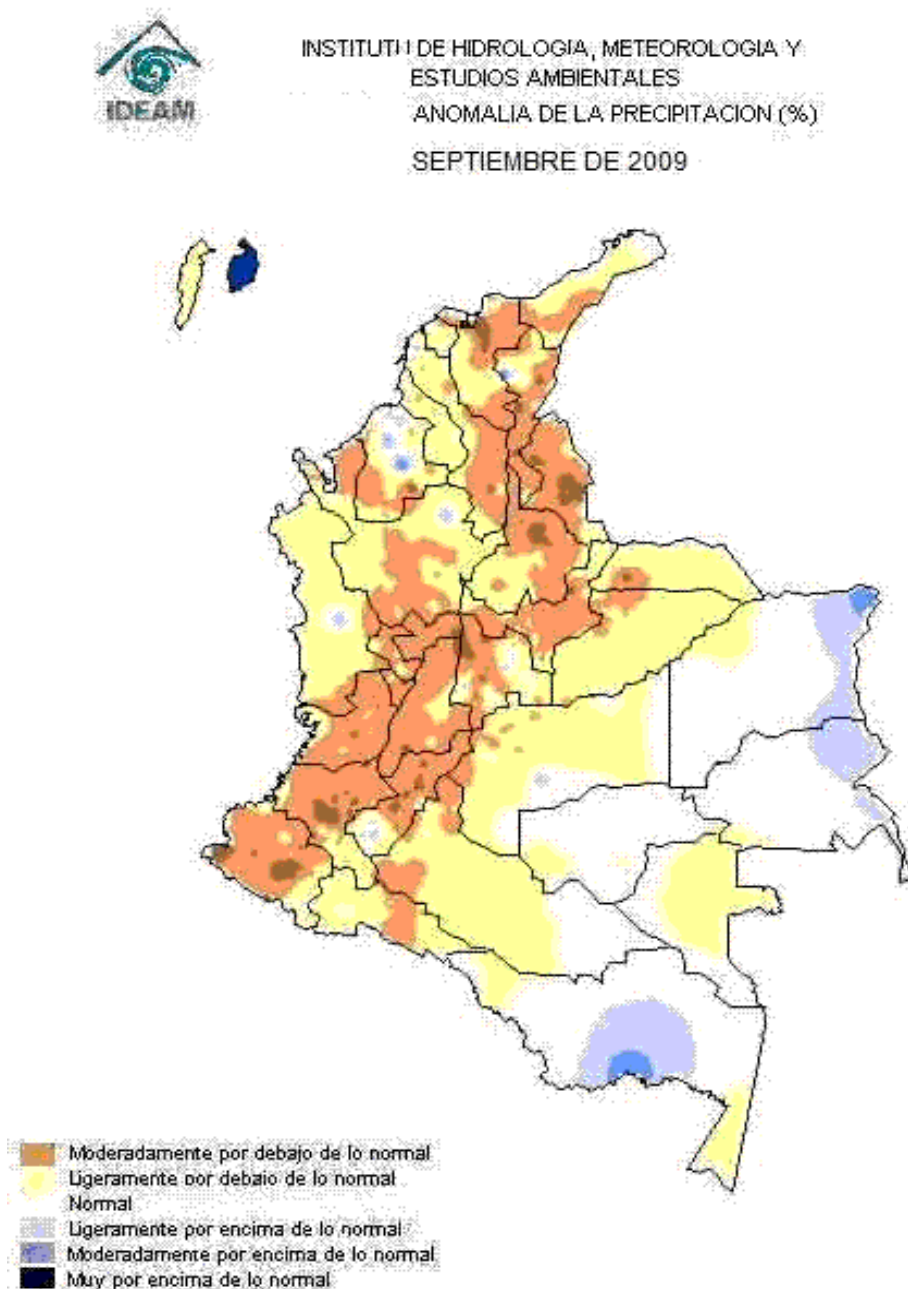
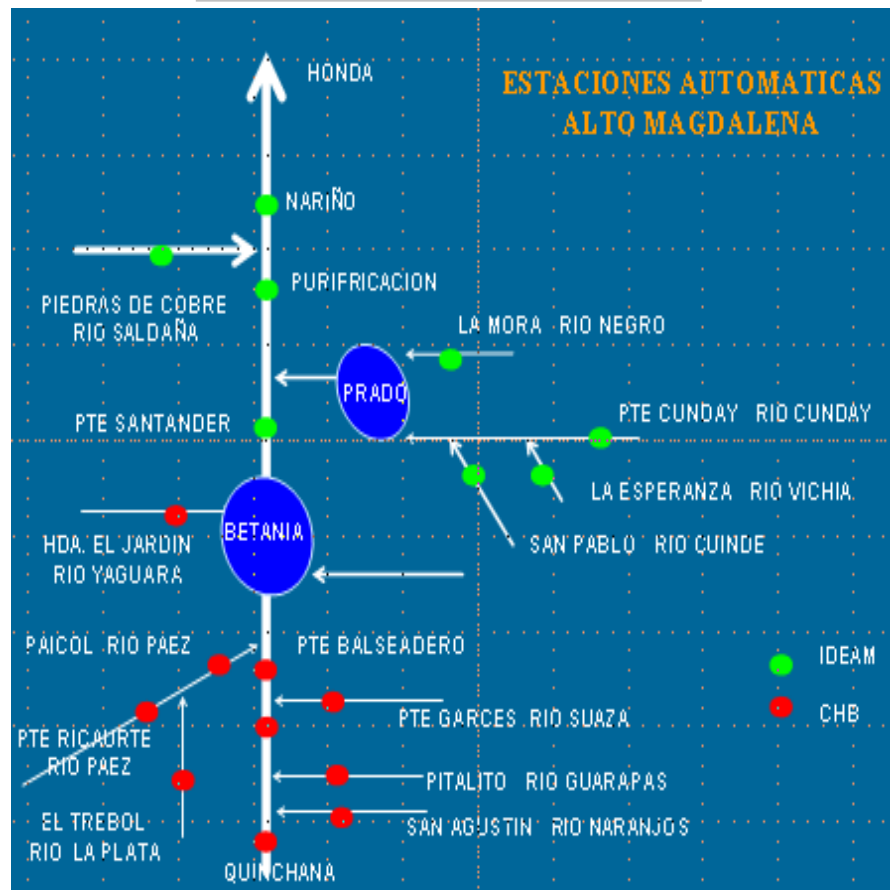


Tabla 3. Red de estaciones monitoreadas y resultados de aforos (1: CAMPAÑA1 y 2: CAMPAÑA2).

Nº	ESTACIÓN					ELEVACIÓN (m. s. n. m.)	AFOROS (Q, m³/s)	
	TIPO	CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO		1	2
1	LG	2101706	La Magdalena	Magdalena	San Agustín	1700	45.502	45.736
2	LG	2101702	San Agustín	Sombrerillos	San Agustín	1190	14.725	11.178
3	SC	NA	Puente Guillermo Plazas	Guarapas	Palestina	1590	4.302	3.598
4	SC	NA	Puente Fundadores	Guarapas	Pitalito	1334	6.122	4.562
5	SC	NA	Desembocadura Río Guachicos	Guarapas	Pitalito	1280	19.475	12.206
6	SC	NA	Puente Paso La Laguna	Magdalena	Pitalito	1050	612.799	84.809
7	LG	2101704	Saladoblanco	Magdalena	Elias	1070	241.541	61.302
8	LG	2102701	Pericongo	Magdalena	Altamira	950	238.292	91.697
9	SC	NA	Puente Avispero	Suaza	Suaza	1300	32.558	26.870
10	LG	2103702	San Marcos	Suaza	Acevedo	1370	54.764	17.605
11	LG	2103701	Puente Garcés	Suaza	Guadalupe	950	57.328	33.257
12	SC	NA	Desembocadura Puente Jagua	Suaza	Garzón	758	49.991	36.147
13	LG	2104701	Puente Balseadero	Magdalena	Agrado	710	245.987	134.257
14	LG	2105703	Puente Ricaurte	Páez	Páez	1140	NA	51.368
15	LG	2105706	Paicol	Páez	Tesalia	785	320.389	97.662
16	LG	2107702	Paso Del Colegio	Magdalena	Yaguará	536	875.914	271.321
17	LG	2108708	Hacienda Venecia	Yaguará	Yaguará	575	11.778	2.775
18	LG	2109712	La Esperanza	Magdalena	Palermo	460	345.607	872.216
19	LM	2110703	El Casil	Neiva	Algeciras	1260	13.742	3.408
20	LG	2110702	Puente Mulas	Neiva	Campoalegre	730	13.730	4.935
21	SC	NA	Desembocadura	Neiva	Campoalegre	469	7.645	4.260
22	LG	2109707	Frente Puerto La Cebollera	Magdalena	Neiva	430	984.995	225.390
23	LG	2112703	Santa María	Baché	Santa María	1700	9.423	3.497
24	LM	2112702	El Socorro	Baché	Santa María	1580	11.428	4.935
25	SC	NA	Puente San Francisco	Baché	Neiva	471	16.910	5.899
26	LG	2113705	Angostura	Magdalena	Natagaima	369	501.889	523.792

Aprovechando la sectorización de la información hidrológica, todas las estaciones (tanto para la CAMPAÑA1 como para la CAMPAÑA2), se individualizaron, tomando como base los puntos A. A. y a. a., siempre referenciados al Embalse de Betania²⁴. En las Figuras 24²⁵ y 25²⁶, se presentan los valores medios de aportes de caudales. Los valores presentados tienen la afectación directa de variaciones climatológicas (a mayor lluvia mayor escorrentía), y además, la regulación de embalses Prado y Betania).

Figura 23. Emplazamiento de estaciones de monitoreo.

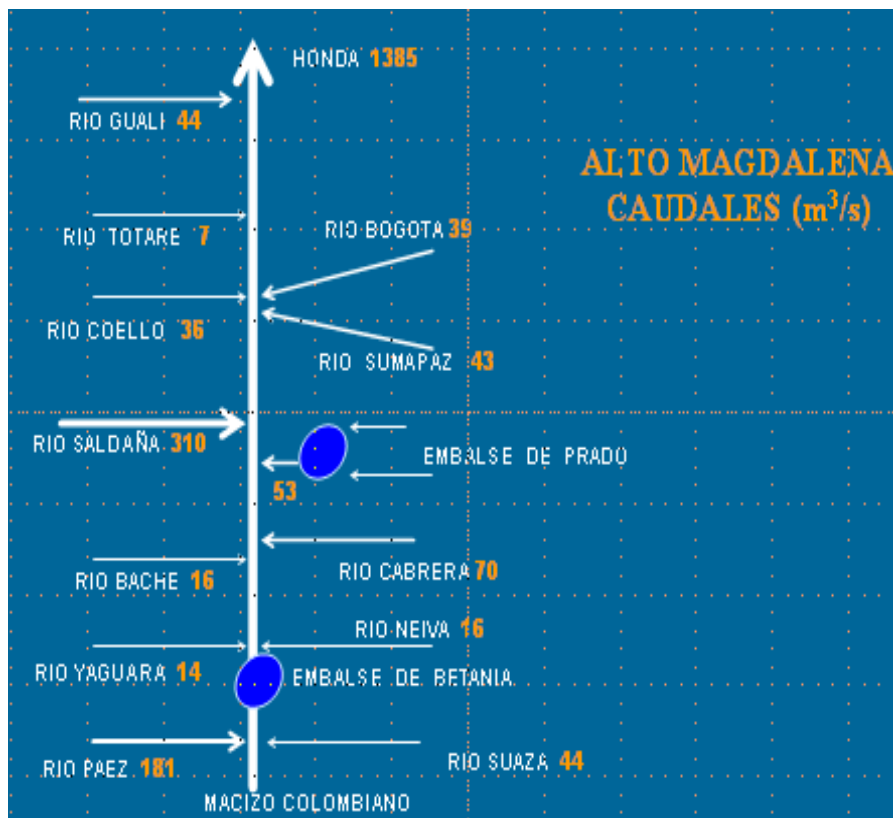


²⁴ Red de Estaciones Hidrométricas, Área Operativa 04/Neiva. F. A. Pardo O., mayo de 2007.

²⁵ Emplazamiento de estaciones automáticas e información media de caudales de aporte. F. A. Pardo Ojeda. Oficina de Alertas y Pronósticos. IDEAM. Mayo de 2005.

²⁶ Ibid 26

Figura 24. Caudales aportantes promedio.



La red básica empleada para la sectorización de la información hidrológica, se basó en primera instancia en aquellas estaciones que cuentan con información de caudales y de niveles; adicionalmente, también se tuvieron en cuenta aquellas estaciones con registro automático. Toda la información obtenida del grupo de estaciones antes mencionado, se correlacionó con los resultados de campo obtenidos en las Campañas 1 y 2, en lo inherente a caudales aforados y a niveles encontrados. Se concluye que en promedio, los datos de campo obtenidos para ambas campañas se ajustan con los promedios históricos. Se presenta en la Figuras 26²⁷ y 27²⁸ los puntos de muestreo y los puntos de ubicación de estaciones.

²⁷ Emplazamiento de estaciones automáticas. F. A. Pardo Ojeda. Oficina de Alertas y Pronósticos. IDEAM. Mayo de 2005.

²⁸ Ibid 28

Figura 25. Ubicación general de estaciones. Cuenca alta del río Magdalena.

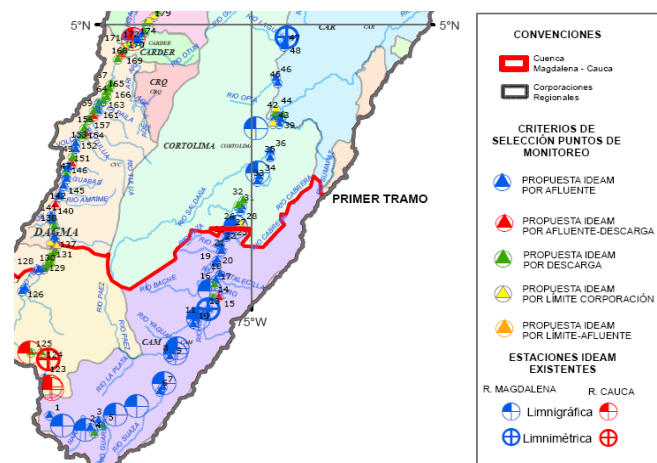
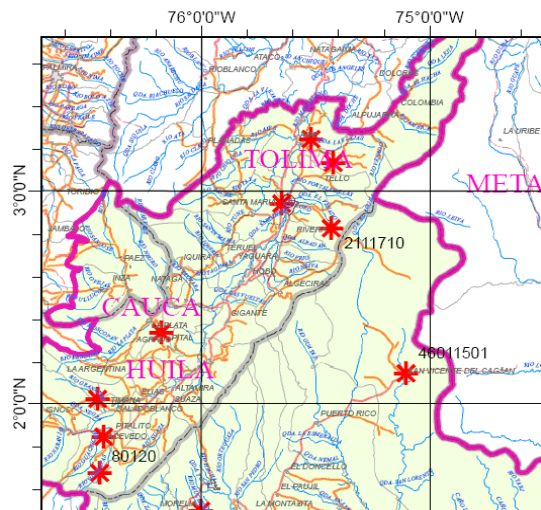
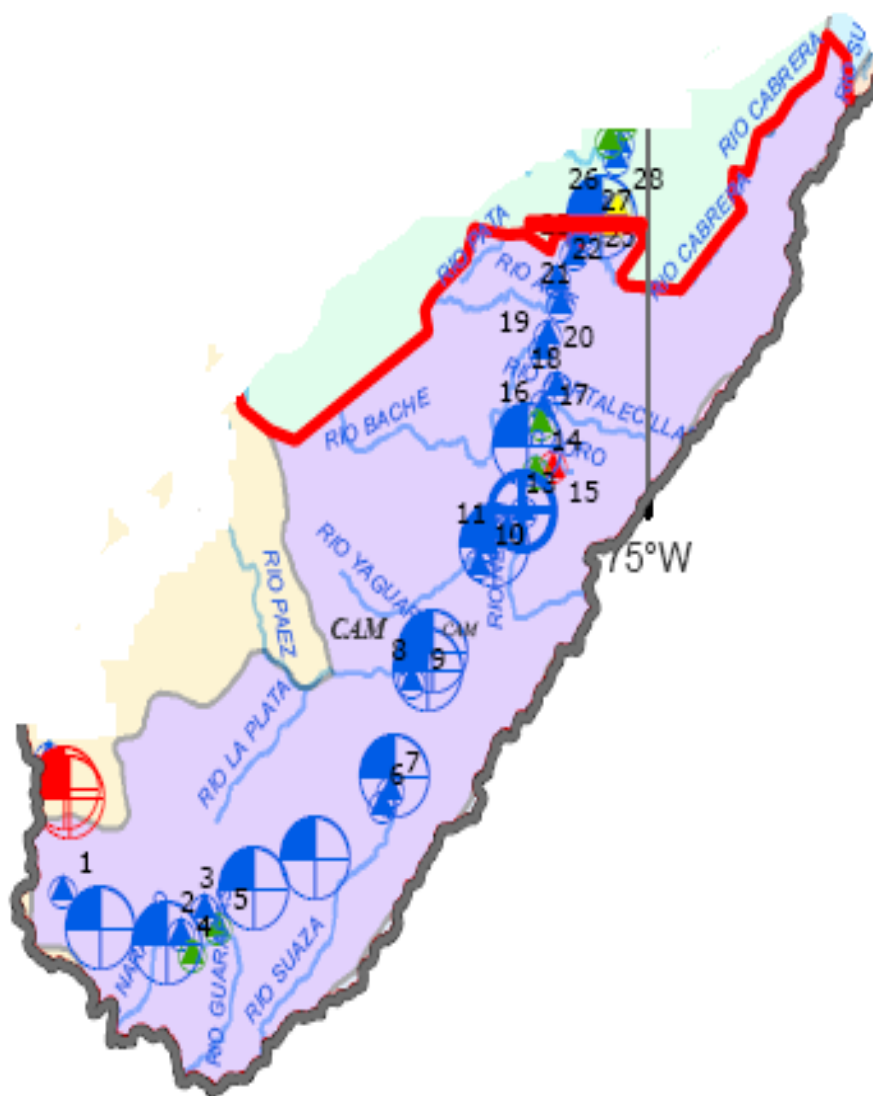
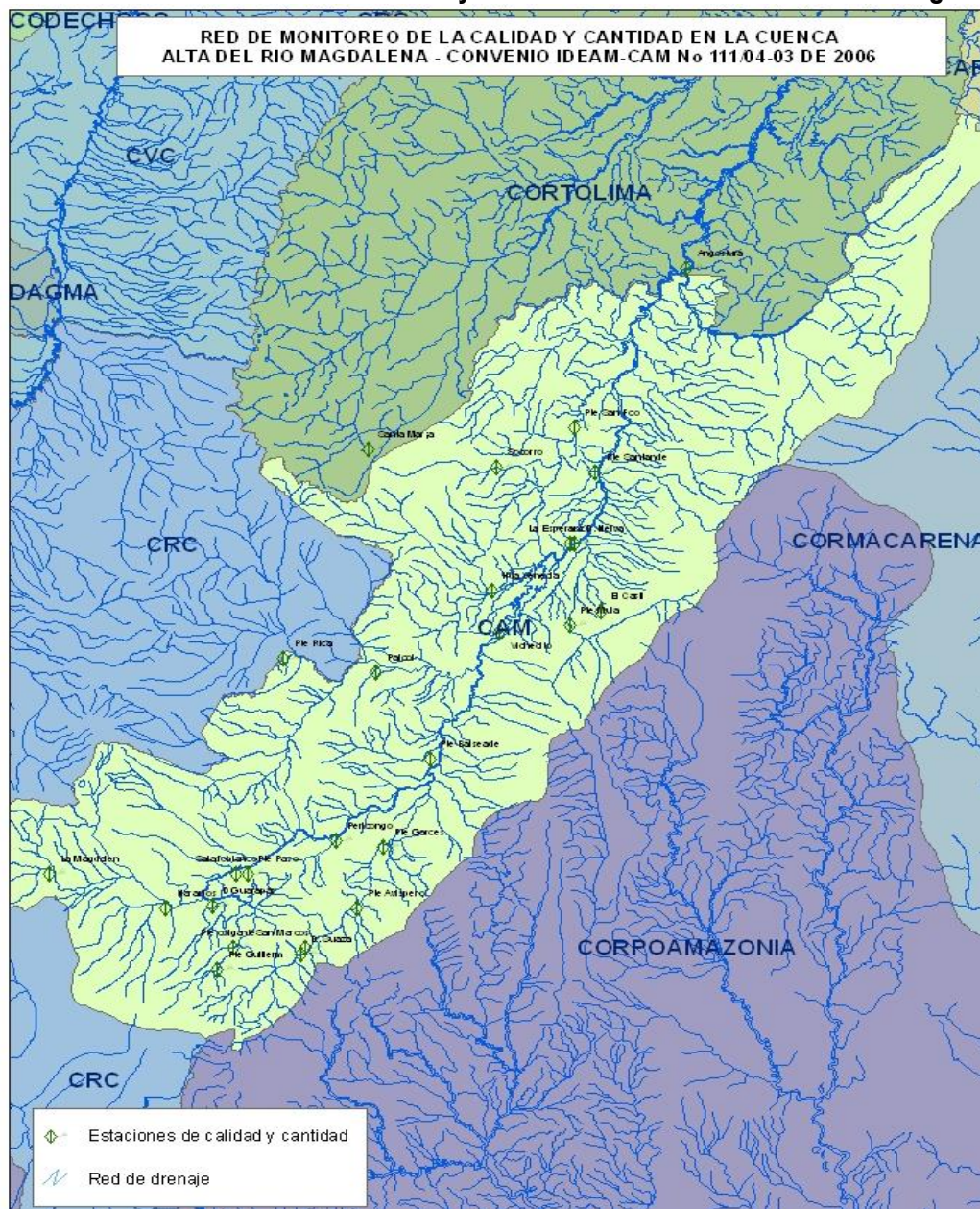


Figura 26. Ubicación general de estaciones. Cuenca alta del río Magdalena (red específica).



En la Figura 27²⁹ se presenta el emplazamiento de las estaciones específicas, base del monitoreo

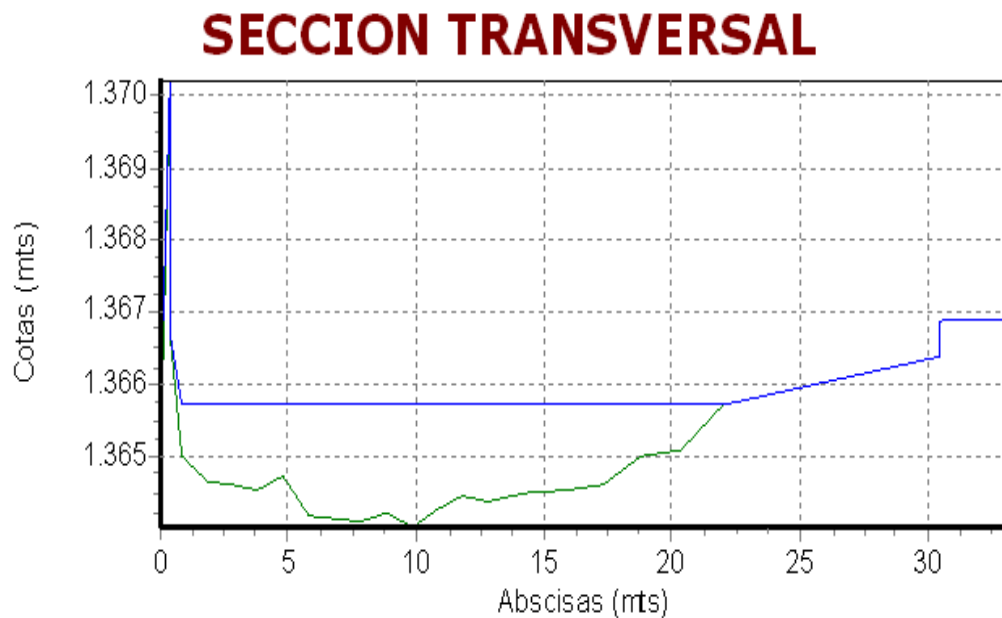
Figura N° 277. Red de Monitoreo de la Calidad y Cantidad en la Cuenca Alta del río Magdalena.



²⁹ Red de monitoreo, Convenio Específico CAM-IDEAM. F. A. Pardo Ojeda, mayo de 2007.

El cálculo de la topografía total (tanto la de la hidrotopografía como la de los taludes y márgenes externas), se desarrolló empleando el modelo CURVAS1; en la Figura 28 se presenta la salida gráfica de éste modelo.

Figura 28. Modelo de sección transversal.



4 CALIDAD DEL AGUA

El agua es quizá el compuesto químico más importante para los seres humanos y para la vida en general, que se desarrolla en nuestro planeta.

Los usos consuntivos del agua³⁰, o de consumo de agua como tal, con modificación de la calidad, son

- a) Urbano, doméstico, o de abastecimiento,
- b) Industrial,
- c) Agropecuario.

Otros usos del agua son: generación de energía eléctrica, medio de vida acuático, recreativo y estético, navegación.

Las aguas naturales contienen una amplia variedad de sustancias o especies químicas, como consecuencia principalmente de la gran capacidad disolvente y reactiva del agua.

Hablar de contaminación del agua implica tener en cuenta la composición de las aguas naturales y los usos principales a los que se puede destinar el agua.

“La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural” (Carta del Agua, Consejo de Europa, 1968).

“Un agua está contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural” (CEE de las Naciones Unidas, 1961)

De las definiciones hay tres aspectos fundamentales:

- se parte de la calidad o composición natural del agua, no de agua pura
- se mide la contaminación en función del uso al que el agua está destinada
- se considera contaminación la provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana.

4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD

Los parámetros generales indicadores de contaminación o calidad de las aguas se pueden clasificar según la naturaleza de la propiedad o especie que se determina:

- Parámetros de Carácter Físico
Características organolépticas
Turbiedad y materias en suspensión

³⁰ Contaminación Ambiental Una visión desde la Química C. Orozco B. et al, 2003

Temperatura
Conductividad

- Parámetros de Carácter Químico
Salinidad y dureza
pH
Oxígeno disuelto
Medidores de materia orgánica, DQO, DBO,...
Medidores de materia Inorgánica, cationes, aniones, metales
- Parámetros de Carácter Radiactivo
Radiación alfa y beta totales
Elementos individuales
- Parámetros de Carácter Microbiológico
Bacterias, virus, hongos, algas

Las variables físicas, químicas y microbiológicas que se evalúan en este estudio fueron escogidas por la importancia ambiental que tienen para una aproximación al diagnóstico de la calidad del agua de la Cuenca Alta del río Magdalena y algunos de sus tributarios. Estas variables están relacionadas en el numeral 1.2 Obligaciones Específicas, por parte del IDEAM y corresponden a cuatro variables de campo y 25 variables físicas, químicas y microbiológicas de laboratorio. Las metodologías analíticas utilizadas en el Laboratorio del IDEAM para la determinación de las variables en estudio, se presentan en la Tabla 36, Metodologías Analíticas.

A continuación se presenta e forma resumida, el significado físico, químico, microbiológico y ambiental de las variables incluidas:

TURBIEDAD

La turbiedad en el agua es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal. La medición de la turbiedad es posible gracias a que ocurre un fenómeno óptico que consiste, esencialmente, en una absorción de luz combinada con un proceso de difusión. Las partículas insolubles responsables de la turbiedad pueden ser aportadas tanto por procesos de arrastre como de remoción de tierras y también por vertidos urbanos e industriales.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica del agua es una buena apreciación de la concentración de iones en disolución. Una conductividad elevada se debe a una alta concentración de iones presentes y normalmente se traduce en una salinidad elevada o en valores anómalos de pH. La conductividad está íntimamente relacionada con el parámetro Sólidos disueltos totales, secos a 105°C (TSD) y con la composición de los iones más abundantes en las aguas. La determinación de la conductividad se ve afectada por la temperatura del medio pero se contrarresta ese efecto con el uso de equipos de medición que efectúan la corrección por

temperatura, normalizándola a 25°C. El incremento significativo de la conductividad eléctrica en el agua, puede indicar presencia de vertimientos domésticos e industriales.

pH

Indica el comportamiento ácido o básico del agua. Es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua, y el poder desinfectante del cloro, entre otros. Es un buen parámetro de carácter general para determinar la calidad de un agua. Habitualmente, las aguas naturales tienen un cierto carácter básico, y puede presentar normalmente valores de pH comprendidos entre 6.5 – 8.5.

OXÍGENO DISUELTO.

La cantidad de oxígeno disuelto, medida como mg O₂/L, es un indicador importante de la calidad del agua, ya que es un elemento indispensable para la vida en el seno de la misma. La ley de Henry indica que la solubilidad de un gas depende de la presión, además de variar con la temperatura. Las fuentes de oxígeno del agua son la disolución del oxígeno atmosférico y la fotosíntesis; la reaeración por agitación ayuda a la oxigenación del agua. Las principales causas de la desoxigenación de un agua son las actividades de oxidación biológica y respiración de los seres vivos. El primer aspecto está relacionado con la presencia en el agua de los llamados “residuos con requerimiento de oxígeno”, que por un proceso de oxidación biológica van a consumirlo, degradándose ellas a otras sustancias. Los compuestos oxidables pueden ser sustancias inorgánicas tales como nitritos, cloruros, sulfuros, hierro (II), etc, pero la mayor parte son compuestos orgánicos biodegradables.

TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro importante que se debe conocer para diferentes procesos de análisis de laboratorio, en estudios de polución de ríos y estudios limnológicos. Los cambios extremos o bruscos de temperatura afectan adversamente el ecosistema. Mayor temperatura disminuye el oxígeno disuelto, aumenta la actividad bacterial, aumenta la sensibilidad de la vida acuática a los tóxicos, disminuye el valor del agua para algunos usos. La temperatura debe medirse en el sitio de muestreo.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una prueba que mide el oxígeno utilizado para la degradación (oxidación) biológica de la materia orgánica carbonácea (biodegradable) por medio de la acción de bacterias comunes. Es un indicador de vertimientos de origen doméstico e industrial. Mayores descargas de materia orgánica, consumen en mayor proporción el oxígeno disponible en la corriente, poniendo en riesgo la vida acuática.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

La demanda química de oxígeno (DQO), es un indicador de calidad cuyo significado ambiental tiene que ver con la presencia en el agua de sustancias susceptibles de oxidación (orgánicas e inorgánicas). Se utiliza como parámetro indicativo de materia orgánica global, biodegradable y no biodegradable, en el agua, ya que en la determinación analítica se eliminan las interferencias de algunas especies inorgánicas

oxidables que se pueden encontrar en concentraciones importantes, como los cloruros. La relación DQO/DBO5 ofrece una idea de la complejidad de la contaminación presente en la corriente.

AMONIO (NITRÓGENO AMONIAL)

Las aguas superficiales, si están bien aireadas, no deben contener normalmente amoníaco. Cuando se hacen grandes descargas de aguas negras o de origen doméstico, el recurso puede presentar niveles altos de amonio, es decir que esta especie es considerada como un indicador de contaminación reciente y peligrosa. Cuando el nitrógeno amoniacal se encuentra en concentraciones superiores a los nitratos, se evidencian procesos de putrefacción (respiración anaeróbica) en el agua.

NITRITO (NITRÓGENO NITROSO)

Los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amonio o por la reducción de los nitratos. En el primer caso, es casi seguro que su presencia se deba a una contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco.

NITRATO (NITRÓGENO NÍTRICO)

En las aguas los nitratos pueden encontrarse bien procedentes de las rocas que los contengan, lo que ocurre raramente, o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas, principalmente de las eliminadas por los animales.

NITRÓGENO TOTAL – NITRÓGENO ORGÁNICO

De acuerdo con el ciclo del Nitrógeno, una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el Nitrógeno presente en compuestos orgánicos puede considerarse Nitrógeno orgánico. El contenido de Nitrógeno orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminos, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno. El método Kjeldahl determina el Nitrógeno en estado trivalente negativo; el “Nitrógeno Kjeldahl” es la suma del Nitrógeno Orgánico y el Nitrógeno Amoniacal.

FOSFATO Y FÓSFORO TOTAL

El fósforo disuelto en el agua puede proceder de ciertas rocas, o del lavado en los suelos, en cuyo caso puede tener su origen en un pozo séptico o un estercolero. El fósforo se encuentra en el agua como fósforo orgánico o inorgánico, disuelto o en suspensión. Este elemento es escaso en la hidrosfera, cuando su concentración supera la normal (0.010 – 0.030 mg/L), generalmente provienen de fertilizantes empleados en la agricultura y de aguas residuales ricas en fósforo, y puede estimular el crecimiento de algas (eutrofización) sobre todo en cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas, ciénagas).

SÓLIDOS TOTALES Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Los sólidos suspendidos totales son un indicador de cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente y puede relacionarse con la presión por erosión, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tienen una relación directa con la turbiedad y a éstos se pueden adherir sustancias como los metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas, entre otras. Los sólidos totales

involucran la presencia de sales, minerales, microorganismos y sustancias disueltas y en suspensión, por lo que también se relaciona con el nivel de carga contaminante.

SULFATO

Los sulfatos están presentes en la mayoría de las aguas naturales. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a la disolución de los yesos, dependiendo su concentración en los terrenos drenados. Los sulfatos son, después de los bicarbonatos y de los silicatos, los elementos principales de las aguas continentales, siendo muy importante el conocimiento del contenido de este ión para la utilización de las mismas. El ión sulfato se encuentra en las aguas debido a su estabilidad y resistencia a la reducción, tiende a formar sales con metales pesados disueltos en el agua, y debido a que el valor del producto de la solubilidad de dichas sales es muy bajo, contribuye eficazmente a disminuir su toxicidad. Un incremento en los sulfatos presentes en el medio hídrico es indicador de un vertido próximo.

COLIFORMES FECALES Y TOTALES

Los coliformes totales se relacionan con un grupo de bacterias (bacilos Gram negativos no esporulados) que se encuentran con frecuencia en el suelo de las aguas naturales. Interesan por su resistencia a los agentes antisépticos, principalmente el cloro y sus derivados. Los coliformes fecales son una porción de los coliformes totales que provienen de las heces fecales de animales de sangre caliente. Su presencia en los ríos se asocian a vertimientos domésticos y a la actividad ganadera.

HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos se encuentran en las aguas continentales por la presencia de fugas de oleoductos y vertidos industriales. Dan al agua un sabor y olor desagradables, lo que permite detectarlos en cantidades incluso de ppb, que además se intensifica con la cloración. La película superficial impide el intercambio gaseoso agua – aire, con el consiguiente trastorno de la vida acuática.

4.2 METODOLOGÍA

La metodología utilizada, ante todo, atiende los lineamientos del Sistema de Calidad documentado e implementado en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM. El sistema de calidad prevé la forma en que se han de desarrollar las actividades para el desarrollo de todo el proceso de las mediciones hasta la obtención de los datos finales a reportar, incluyendo la información inherente a la producción del dato (metadato).

La garantía de la conservación de las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original, y que no ocurran cambios significativos en su composición antes del análisis, se fundamenta en un Sistema de Calidad documentado e implementado en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM. Este sistema prevé, entre otros, la operación efectiva de la cadena de custodia de las muestras. El sistema de calidad del Laboratorio, cumple con las directrices de la norma NTC/ISO/IEC 17025, que establece los requerimientos para la acreditación de laboratorios ambientales.

La cadena de custodia hace referencia al procedimiento utilizado para asegurar la integridad de las muestras, su composición química, y en consecuencia la calidad analítica de los resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos.

En cumplimiento de lo anterior, para el monitoreo de las 26 estaciones mediante las dos campañas realizadas en el año 2008 se realizaron las siguientes actividades inherentes a la cadena de custodia:

- Alistamiento de insumos de muestreo (envases, material de muestreo, equipos de campo calibrados, rótulos, formatos, reactivos para preservación, instructivos, controles, neveras, entre otros).
- Desarrollo del monitoreo (visita a los sitios de muestreo, calibración de equipos de campo, toma de muestras, medición de variables de campo, preservación, almacenamiento y transporte de muestras, diligenciamiento de los formatos de campo).
- Recepción de muestras y formatos correspondientes en el laboratorio (Radicación y digitación de información de campo en base de datos, almacenamiento en cuarto frío y diligenciamiento de formatos de custodia de muestras en el Laboratorio).
- Preparación previa y/o alistamiento de reactivos, materiales, equipos, formatos, estándares, controles.
- Procesos de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos siguiendo métodos estandarizados a las condiciones de este laboratorio a partir de métodos validados y normalizados internacionales, mediante el seguimiento estricto de los Procedimientos Estándar de Operación (PSO).
- Disposición final (envases, reactivos, equipos, muestreo de efluentes, formatos, instructivos)
- Control de calidad de datos de campo y analíticos producidos en el Laboratorio
- Digitación de datos analíticos y su respectiva verificación en la base de datos
- Elaboración de informes correspondientes (utilización de aplicativos)

Las muestras en campo fueron tomadas siguiendo la metodología de muestreo establecida por el sistema de calidad vigente en el Laboratorio de acuerdo con los procedimientos planteados en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1998. Las mediciones se realizaron sobre la muestra integrada; esta muestra se constituyó con las submuestras tomadas en tres puntos de la sección transversal de la corriente, a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la orilla del río.

Se realizaron dos monitoreos, el primero en el mes de junio y el segundo en el mes de septiembre de 2009. Los parámetros "In Situ", se toman sobre la muestra integrada, así: el pH, la temperatura y la conductividad con equipos de lectura directa, el oxígeno disuelto se determinó por volumetría (yodometría). Las muestras

para los análisis en el laboratorio, se envasan en las botellas correspondientes según el protocolo de muestreo, se embalan adecuadamente para garantizar la integridad de las mismas y son transportadas tan pronto como es posible al laboratorio en Bogotá (normalmente dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la muestra).

Las muestras son recibidas en el laboratorio, se registra su recepción con el formato de captura de datos en campo TF0010 el cual contiene registros de georreferenciación, parámetros in situ y pruebas a realizar en el laboratorio, entre otros. Los parámetros son evaluados de acuerdo a los protocolos correspondientes, definidos en el sistema de calidad, extractados del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1998, EPA y estandarizaciones realizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM. En la Tabla 36 se relacionan las metodologías analíticas aplicadas para los análisis de Laboratorio.

Se efectúa el ingreso de toda la información de las muestras a la base de datos del IDEAM, Módulo Físicoquímico y se codifican de acuerdo al consecutivo correspondiente, en cada una de las etiquetas de las botellas de muestreo. Además se registra en la cadena de custodia (formatos AF0018, AF0019, AF0312 y AF0313) los nombres de los análisis a realizar. Esta cadena es verificada por el líder de análisis físicoquímico para supervisar la coincidencia de los parámetros registrados en el formato de campo con los registrados en la cadena de custodia, que es el puente de información con los analistas, respecto a las variables a analizar.

El analista solicita la muestra en el respectivo formato de solicitud para análisis AF 0061 con el objeto de realizar las variables prioritarias; éstas se analizan a la mayor brevedad posible de acuerdo al tiempo de validez (ver Tabla 4) y el resto de envases son almacenados en el cuarto frío bajo la custodia del líder de química básica para su análisis tan pronto como sea posible. Igualmente el analista solicita el formato de captura de datos correspondiente al líder de análisis físicoquímico; este formato se entrega numerado con el consecutivo correspondiente y las iniciales de quien lo entrega, registrando en el formato correspondiente, fecha y nombre de quien lo recibe.

Las muestras que requieren filtración como tratamiento previo al análisis, se registran en el formato TF0016 con fecha, análisis y responsable del proceso.

TABLA 4. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS.

METODO ANALITICO	LDM	UNIDADES	MAXIMO ALMACENAMIENTO REGULATORIO
pH en agua por electrometría	N.A.	Unidad de pH	2 Horas
Conductividad eléctrica	N.A.	uS/cm	28 días
Oxígeno Disuelto por Yodometría - Modificación Azida	N.A.	mg/L de O ₂	8h
Demanda Química de Oxígeno por reflujo cerrado y volumetría	10	mg/L de O ₂	28d
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días , incubación y electrometría	2	mg/L de O ₂	48 h
Turbiedad por Nefelometría	0,02	NTU	48 h
Sólidos Suspendidos Totales secados a 103 - 105 °C	4,5	mg/L	7d
Sólidos Totales	50	mg/L	7d
Nitrogeno Amoniacal en agua por electrodo selectivo de amoníaco	0,3	mg/L de N	28d
Nitrito en agua por espectrofotometría	0,006	mg/L de N	48 h
Nitrato en agua por espectrofotometría ultravioleta	0,03	mg/L de N	48 h
Nitrogeno total en Agua por el método semi - micro kjeldahl electrodo de amoníaco	0,5	mg/L	28d
Fósforo soluble en agua por el método del ácido ascórbico	0,03	mg/L de P	48 h
Fósforo Total en agua por digestión ácida, método del ácido ascórbico	0,05	mg/L de P	28 d
Coliformes totales NMP	1	NMP/100 mL	24h
Sulfato en agua por nefelometría	3	mg/L de SO ₄	28d
Hidrocarburos totales en agua por extracción Soxhlet y gravimetría	2	mg/L	28d
Mercurio en sedimentos por espectrofotometría de absorción atómica - vapor Frio	0,05	mg Hg /Kg	28d
Metales en sedimentos por plasma: Cadmio	0,4	mg Cd/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Cobre	0,4	mg Cu/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Cromo	0,4	mg Cr/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Níquel	2	mg Ni/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Plomo	5	mg Pb/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Zinc	0,4	mg Zn/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Aluminio	1	mg Al/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Hierro	1	mg Fe/Kg	6 meses
Metales en sedimentos por plasma: Manganeseo	0,2	mg Mn/Kg	6 meses

4.3 RESULTADOS

Con el propósito de tener una visión de conjunto que facilite la evaluación de los datos obtenidos mediante las mediciones efectuadas en las campañas de este convenio y de los anteriores, se presentan los datos para cada estación, por cada parámetro, en forma secuencial para las campañas de 2006, 2007, 2008 y 2009. Esto permite visualizar en que medida se va obteniendo la línea base para cada variable de calidad del agua, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos ya se tienen ocho datos con mediciones en épocas diferentes y por consiguiente para diversos valores de caudales. Se presenta entonces en este informe los datos históricos junto con los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo del año 2009. Las unidades en que se expresan los resultados se presentan en la Tabla 4, Metodologías.

Los resultados junto con las variaciones de caudal para cada estación se presentan en la Tabla 5., los resultados y las variaciones de los parámetros de campo se presentan en las Tablas 6 a 9., los resultados y las variaciones de los parámetros de laboratorio se presentan en las Tablas 10 a 34., los resultados y las variaciones del ICAg y del descriptor ICAg se presentan en las Tablas 35 y 36. En la Tabla 37., se presentan las definiciones de los descriptores para el ICA.

En el Anexo 1., se presenta las gráficas correspondientes que nos permite visualizar tanto los valores obtenidos como la tendencia de la variación en el tiempo (a través de las campañas realizadas desde el año 2006. En Anexo 2 se presentan las gráficas para los coeficientes de variación para algunos parámetros de cada una de las estaciones monitoreadas.

NOTA: Es importante señalar que por facilidad, en las tablas se ha denominada cada una de las campañas de monitoreo por el año en que se realizaron y mediante las letras "A" y "B" se distinguen las dos campañas de monitoreo de cada año, asignando la letra A para la primera, efectuada normalmente en el primer semestre, y la letra B a la segunda campaña. Así por ejemplo 2009A significa la primera campaña de monitoreo del año 2009. En las gráficas se han numerado las campañas en forma cronológica, así:

- 1 primera campaña del 2006
- 2 segunda campaña del 2006
- 3 primera campaña del 2007
- 4 segunda campaña del 2007
- 5 primera campaña del 2008
- 6 segunda campaña del 2008
- 7 primera campaña del 2009
- 8 segunda campaña del 2009

TABLA 5. VARIACION DE CAUDALES (m3/s)

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO	DESCRIPTOR
Magdalena	La Magdalena	61,54	43,57	24,40	33,40	25,04	42,65	45,50	45,74	40,23	24,40	61,54	MEDIO
Sombrerillos	San Agustín	15,08	19,57	7,21	19,81	12,59	15,43	14,73	11,18	14,45	7,21	19,81	MEDIO
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	5,12	4,80	3,94	4,12	5,61	2,63	4,30	3,60	4,26	2,63	5,61	BAJO
Guarapas	Puente Fundadores			4,33	4,74	7,17	2,86	6,12	4,56	4,96	2,86	7,17	BAJO
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	16,12	14,46	9,32	12,69	14,98	12,35	19,48	12,21	13,95	9,32	19,48	MEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna			129,67	107,89	284,90	123,05	612,80	84,81	223,85	84,81	612,80	ALTO
Magdalena	Saladoblanco			65,40	202,55	111,58	78,08	241,54	61,30	126,74	61,30	241,54	ALTO
Magdalena	Pericongo	150,01	482,58	168,27	125,59	131,21	77,74	238,29	91,70	183,17	77,74	482,58	ALTO
Suaza	Puente Avispero			27,84	36,51	27,28	83,66	32,56	26,87	39,12	26,87	83,66	MEDIO
Suaza	San Marcos	23,56	22,51	14,59	33,76	27,17	19,29	54,76	17,61	26,66	14,59	54,76	MEDIO
Suaza	Puente Garces	52,48	39,53	49,57	37,11	35,47	84,96	57,33	33,26	48,71	33,26	84,96	MEDIO
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	70,55	76,14	33,21	29,55	43,48	42,40	49,99	36,15	47,68	29,55	76,14	MEDIO
Magdalena	Puente Balseadero	154,49	399,00	156,01	263,72	262,89	251,55	245,99	134,26	233,49	134,26	399,00	ALTO
Páez	Puente Ricaurte	98,92	195,55	93,45	58,33	256,02	186,85	NA	51,37	134,35	51,37	256,02	ALTO
Páez	Paicol	133,49	284,87	198,34	134,39	440,30	413,38	320,39	97,66	252,85	97,66	440,30	ALTO
Magdalena	Paso del Colegio	359,76	680,54	236,03	246,02	337,75	576,04	875,91	271,32	447,92	236,03	875,91	ALTO
Yaguará	Hacienda. Venecia	13,63	11,30	86,04	5,13	47,12	3,29	11,78	2,78	22,63	2,78	86,04	MEDIO
Magdalena	La Esperanza	583,32	867,17	641,47	483,15	525,04	305,39	345,61	872,22	577,92	305,39	872,22	ALTO
Neiva	El Casil	6,06	4,29	3,76	2,89	6,24	3,86	13,74	3,41	5,53	2,89	13,74	BAJO
Neiva	Puente Mulas	20,03	12,23	8,31	9,83	18,39	9,89	13,73	4,94	12,17	4,94	20,03	MEDIO
Neiva	Desembocadura	15,77	23,64	7,37	6,10	11,83	8,41	7,65	4,26	10,63	4,26	23,64	MEDIO
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	649,95	736,22	784,82	354,08	884,45	905,40	985,00	225,39	690,66	225,39	985,00	ALTO
Baché	Santa María	6,70	6,21	7,96	7,07	14,51	7,11	9,42	3,50	7,81	3,50	14,51	BAJO
Baché	El Socorro			8,71	11,15	21,24	8,62	11,43	4,94	11,01	4,94	21,24	MEDIO
Baché	Puente San Francisco	68,19	17,99	323,28	17,89	90,21	9,76	16,91	5,90	68,77	5,90	323,28	MEDIO
Magdalena	Angostura	764,89	841,03	1173,46	742,98	1320,12	216,77	501,89	523,79	760,62	216,77	1320,12	ALTO
MÍNIMO		5,12	4,29	3,76	2,89	5,61	2,63	4,30	2,78				
MÁXIMO		764,89	867,17	1173,46	742,98	1320,12	905,40	985,00	872,22				

TABLA 6. VARIACIÓN DEL pH.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	6,70	7,01	6,98	6,96	7,75	7,22	7,53	7,81	7,25	0,4	5,6
Sombrerillos	San Agustin	7,15	6,82	6,55	7,02	7,81	7,47	7,76	8,05	7,33	0,5	7,2
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	5,80	7,42	6,83	6,98	7,26	6,67	7,55	7,51	7,00	0,6	8,3
Guarapas	Puente Fundadores			6,81	6,75	7,52	7,06	7,65	8,05	7,31	0,5	7,1
Guarapas	Desembocadura Rio Guachicos	5,73	6,75	7,20	6,76	7,81	6,61	7,69	8,11	7,08	0,8	11,0
Magdalena	Puente Paso La Laguna			6,77	6,79	7,54	7,02	7,74	8,02	7,31	0,5	7,2
Magdalena	Saladoblanco			6,89	6,93	7,63	6,53	7,52	7,76	7,21	0,5	6,8
Magdalena	Pericongo	7,24	6,60	6,52	6,69	7,67	7,16	7,56	7,87	7,16	0,5	7,2
Suaza	Puente Avispero			6,62	6,59	7,95	7,04	7,72	7,73	7,28	0,6	8,3
Suaza	San Marcos	5,18	6,84	6,48	6,77	7,86	6,70	7,60	7,69	6,89	0,9	12,5
Suaza	Puente Garces	6,70	6,70	7,18	6,77	7,89	7,22	7,76	7,77	7,25	0,5	7,0
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	7,43	6,70	6,67	6,72	7,96	6,98	7,92	8,13	7,31	0,6	8,5
Magdalena	Puente Balseadero	6,78	7,51	7,30	6,67	7,82	7,17	7,81	7,83	7,36	0,5	6,3
Páez	Puente Ricaurte	6,20	7,10	6,63	6,43	8,11	7,64	7,24	7,80	7,14	0,7	9,6
Páez	Paicol	6,39	6,69	6,75	6,85	8,05	7,78	7,77	7,88	7,27	0,7	9,1
Magdalena	Paso del Colegio	6,72	6,92	7,47	6,99	7,87	7,15	7,76	7,37	7,28	0,4	5,6
Yaguará	Hacienda. Venecia	7,03	7,54	7,45	6,76	7,86	8,12	7,94	7,98	7,59	0,5	6,4
Magdalena	La Esperanza	6,76	6,45	6,30	6,23	7,15	7,23	7,04	7,00	6,77	0,4	5,8
Neiva	El Casil	6,40	6,75	7,12	6,89	7,84	8,02	7,75	8,06	7,35	0,6	8,7
Neiva	Puente Mulas	7,40	6,77	7,00	7,30	7,84	8,22	8,03	8,25	7,60	0,6	7,4
Neiva	Desembocadura	7,00	6,80	7,09	7,22	7,74	7,33	7,63	7,65	7,31	0,3	4,7
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	6,81	6,65	6,97	6,54	7,54	7,33	7,37	7,56	7,10	0,4	5,7
Baché	Santa Maria	6,41	7,01	7,34	6,86	7,96	8,16	8,03	8,28	7,51	0,7	9,3
Baché	El Socorro			7,75	6,94	7,97	8,12	8,05	8,20	7,84	0,5	5,9
Baché	Puente San Francisco	6,74	6,71	7,00	6,85	7,74	8,09	7,85	8,21	7,40	0,6	8,6
Magdalena	Angostura	6,82	6,62	6,38	6,37	7,55	7,80	7,69	7,28	7,06	0,6	8,3
MÍNIMO		5,18	6,45	6,30	6,23	7,15	6,53	7,04	7,00			
MÁXIMO		7,43	7,54	7,75	7,30	8,11	8,22	8,05	8,28			

TABLA 7. VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	55	50	80	60	70	41	38	69	58	15	25
Sombrerillos	San Agustín	54	43	61	63	57	53	51	72	57	9	16
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	23	27	19	29	18	29	28	30	25	5	18
Guarapas	Puente Fundadores			36	49	37	54	60	63	50	11	23
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	83	78	87	70	75	93	90	87	83	8	10
Magdalena	Puente Paso La Laguna			50	53	39	46	40	75	50	13	26
Magdalena	Saladoblanco			72	48	51	58	39	76	57	14	25
Magdalena	Pericongo	61	61	55	60	59	74	40	93	63	15	24
Suaza	Puente Avispero			64	59	66	39	49	50	54	10	19
Suaza	San Marcos	41	48	56	38	53	47	36	51	46	7	15
Suaza	Puente Garces	55	66	65	56	73	42	21	53	54	16	31
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	81	86	90	79	88	70	80	79	82	6	8
Magdalena	Puente Balseadero	110	66	66	59	81	63	71	81	75	16	22
Páez	Puente Ricaurte	117	124	352	173	91	80	163	227	166	89	54
Páez	Paicol	135	113	253	149	88	77	19	173	126	70	56
Magdalena	Paso del Colegio	105	92	127	118	123	84	102	111	108	15	14
Yaguará	Hacienda. Venecia	154	137	89	149	109	148	139	166	136	25	19
Magdalena	La Esperanza	110	111	62	106	125	110	153	103	110	25	23
Neiva	El Casil	82	109	94	115	90	113	79	127	101	17	17
Neiva	Puente Mulas	122	144	123	124	98	133	125	147	127	15	12
Neiva	Desembocadura	176	124	164	135	134	205	200	218	169	36	21
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	121	103	98	114	116	105	135	124	115	12	11
Baché	Santa Maria	136	121	108	90	113	116	116	150	119	18	15
Baché	El Socorro			123	93	104	124	122	144	118	18	15
Baché	Puente San Francisco	58	139	46	144	94	143	124	154	113	42	37
Magdalena	Angostura	116	114	111	106	121	131	145	111	119	13	11
MÍNIMO		23	27	19	29	18	29	19	30			
MÁXIMO		176	144	352	173	134	205	200	227			

TABLA 8. VARIACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V	%sat O 2009B
Magdalena	La Magdalena	8,2	8,2	8,2	8,4	8,2	8,3	7,8	8,2	8,2	0,2	2,1	99
Sombrerillos	San Agustín	7,6	7,8	7,2	8,2	7,7	8,1	7,0	8,2	7,7	0,4	5,8	100
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	7,2	7,6	7,6	8,0	7,8	8,2	7,5	8,2	7,8	0,4	4,6	100
Guarapas	Puente Fundadores			7,4	7,6	7,7	7,4	6,7	8,0	7,5	0,4	5,8	103
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	6,4	6,5	7,2	7,4	6,7	7,5	7,0	7,2	7,0	0,4	5,9	99
Magdalena	Puente Paso La Laguna			8,2	7,6	7,6	7,7	8,0	8,0	7,9	0,3	3,2	103
Magdalena	Saladoblanco			7,3	7,6	8,0	7,9	7,8	7,8	7,7	0,3	3,2	96
Magdalena	Pericongo	8,0	7,8	7,6	7,8	7,9	7,9	8,0	7,8	7,9	0,1	1,7	99
Suaza	Puente Avispero			8,0	7,4	7,6	7,4	7,8	8,0	7,7	0,3	3,6	101
Suaza	San Marcos	7,9	8,2	7,5	7,6	7,7	7,8	7,8	8,0	7,8	0,2	2,9	99
Suaza	Puente Garces	6,4	7,6	7,8	7,8	7,3	7,2	7,5	7,8	7,4	0,5	6,4	99
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	6,8	6,8	7,4	7,8	7,5	7,4	7,0	7,4	7,3	0,4	4,9	96
Magdalena	Puente Balseadero	7,4	7,6	7,6	7,4	7,9	7,7	7,8	7,6	7,6	0,2	2,3	93
Páez	Puente Ricaurte	7,1	8,0	5,2	8,0	7,9	7,9	7,4	8,0	7,4	1,0	13,0	95
Páez	Paicol	6,4	8,0	5,4	7,8	7,8	7,9	7,6	7,5	7,3	0,9	12,6	94
Magdalena	Paso del Colegio	7,1	8,0	7,2	7,2	7,8	7,6	7,2	7,5	7,5	0,3	4,4	95
Yaguará	Hacienda. Venecia	7,2	7,8	7,4	7,4	7,3	7,4	7,1	7,2	7,4	0,2	2,9	93
Magdalena	La Esperanza	5,2	6,0	3,8	7,6	4,9	5,3	4,7	5,6	5,4	1,1	20,6	70
Neiva	El Casil	7,6	8,0	8,0	7,8	7,8	7,8	7,6	7,6	7,8	0,2	2,1	96
Neiva	Puente Mulas	7,8	7,6	7,6	7,6	7,4	7,4	8,0	7,7	7,6	0,2	2,6	96
Neiva	Desembocadura	7,0	7,9	7,0	7,0	7,6	6,7	7,5	7,0	7,2	0,4	5,6	89
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	6,9	7,0	6,4	7,0	7,1	6,3	6,5	6,6	6,7	0,3	4,6	81
Baché	Santa María	8,0	8,0	8,2	8,0	7,9	7,7	7,8	7,7	7,9	0,2	2,2	101
Baché	El Socorro			8,0	7,6	8,1	7,9	7,8	8,0	7,9	0,2	2,3	106
Baché	Puente San Francisco	7,2	6,6	7,6	7,2	7,5	7,3	7,2	7,3	7,2	0,3	4,1	99
Magdalena	Angostura	7,0	6,8	6,8	6,4	7,1	6,4	6,8	7,0	6,8	0,3	3,9	88
MÍNIMO		5,2	6,0	3,8	6,4	4,9	5,3	4,7	5,6				
MÁXIMO		8,2	8,2	8,2	8,4	8,2	8,3	8,0	8,2				

TABLA 9. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	La Magdalena	14,9	16,3	15,5	16,0	15,1	13,2	14,6	14,4	15,0
Sombrierillos	San Agustín	17,7	18,7	21,7	18,9	18,9	16,0	17,4	17,6	18,4
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	17,8	16,7	16,8	16,9	16,2	14,9	16,6	15,2	16,4
Guarapas	Puente Fundadores			18,4	18,9	17,9	18,7	18,1	19,4	18,6
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	22,4	20,9	20,2	18,1	22,4	18,6	19,8	23	20,7
Magdalena	Puente Paso La Laguna			18,4	18,5	18,4	17,4	17,0	21,1	18,5
Magdalena	Saladoblanco			22,4	18,8	18,1	16,5	16,1	19,0	18,5
Magdalena	Pericongo	19,7	18,9	19,7	20,6	18,7	18,2	17,8	21,2	19,4
Suaza	Puente Avispero			21,0	19,1	20,5	18,3	19,4	19,0	19,6
Suaza	San Marcos	18,5	17,3	21,1	18,5	17,5	17,1	17,6	17,5	18,1
Suaza	Puente Garces	22,7	21,1	22,7	21,7	22,8	19,6	20,5	21,0	21,5
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	25,6	23,0	25,5	23,2	22,4	21,0	23,9	23,8	23,6
Magdalena	Puente Balseadero	21,3	19,2	21,5	19,5	20,2	18,8	19,8	20,7	20,1
Páez	Puente Ricaurte	20,8	16,6	20,0	16,3	16,6	14,9	16,3	16,5	17,3
Páez	Paicol	21,3	20,7	24,2	20,6	19,4	18,6	19,2	21,8	20,7
Magdalena	Paso del Colegio	22,6	19,9	24,2	26,0	23,0	19,8	21,4	23,5	22,6
Yaguará	Hacienda. Venecia	26,1	22,1	23,9	25,1	22,1	24,5	23,5	24,6	24,0
Magdalena	La Esperanza	24,7	24,1	23,9	23,5	24,6	23,1	24,8	23,5	24,0
Neiva	El Casil	17,9	18,1	18,8	18,5	18,5	19,5	18,7	19,0	18,6
Neiva	Puente Mulas	20,4	22,0	20,9	20,7	23,2	22,9	18,7	21,8	21,3
Neiva	Desembocadura	23,3	22,3	28,2	22,4	22,7	23,7	23,3	24,6	23,8
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	23,7	24,4	23,1	22,2	23,6	22,5	22,7	23,1	23,2
Baché	Santa Maria	18,1	17,3	17,0	16,0	18,1	18,0	17,6	18,0	17,5
Baché	El Socorro			20,0	19,4	18,1	17,7	19,5	19,2	19,0
Baché	Puente San Francisco	24,2	27,3	23,8	24,2	22,6	26,1	24,5	27,9	25,1
Magdalena	Angostura	26,0	22,9	24,2	23,1	23,7	25,5	26,2	24,3	24,5
MÍNIMO		14,9	16,3	15,5	16,0	15,1	13,2	14,6	14,4	
MÁXIMO		26,1	27,3	28,2	26,0	24,6	26,1	26,2	27,9	

TABLA 10. VARIACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	< 20	< 20	15	12	< 10	10	26	24	17,4	7,2	41,4
Sombrerillos	San Agustín	< 20	< 20	11	10	12	17	26	33	18,2	9,4	51,6
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	< 20	< 20	25	12	20	15	14	12	16,3	5,2	31,6
Guarapas	Puente Fundadores			20	11	19	24	14	14	17,0	4,8	28,3
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	30	< 20	12	26	14	<10	18	11	18,5	7,8	42,4
Magdalena	Puente Paso La Laguna			19	24	50	24	40	10	27,8	14,6	52,4
Magdalena	Saladoblanco			27	22	20	<10	36	<10	26,3	7,1	27,2
Magdalena	Pericongo	< 20	25	55	12	11	<10	27	<10	26,0	17,8	68,4
Suaza	Puente Avispero			< 10	30	< 10	79	<10	<10	54,5	34,6	63,6
Suaza	San Marcos	< 20	< 20	< 10	12	42	<10	20	<10	24,7	15,5	63,0
Suaza	Puente Garces	47	< 20	18	< 10	10	72	<10	<10	36,8	28,4	77,2
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	77	< 20	13	< 10	40	13	10	<10	30,6	28,7	93,7
Magdalena	Puente Balseadero	< 20	36	28	22	31	27	17	14	25,0	7,8	31,2
Páez	Puente Ricaurte	25	40	230	19	131	44	170	11	83,8	82,4	98,3
Páez	Paicol	< 20	54	200	32	96	45	110	17	79,1	62,9	79,5
Magdalena	Paso del Colegio	< 20	120	19	19	12	52	58	27	43,9	37,9	86,3
Yaguará	Hacienda. Venecia	< 20	< 20	54	10	21	<10	21	25	26,2	16,5	63,0
Magdalena	La Esperanza	< 20	21	38	16	14	24	13	15	20,1	8,8	43,8
Neiva	El Casil	28	< 20	19	11	37	<10	88	13	32,7	28,8	88,1
Neiva	Puente Mulas	< 20	< 20	15	13	31	62	28	13	27,0	18,9	69,8
Neiva	Desembocadura	< 20	< 20	26	18	48	12	21	<10	25,0	13,8	55,3
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	< 20	21	48	12	23	<10	13	17	22,3	13,3	59,5
Baché	Santa María	< 20	< 20	16	32	39	15	52	<10	30,8	15,7	51,0
Baché	El Socorro			16	33	71	16	37	12	30,8	22,1	71,8
Baché	Puente San Francisco	47	< 20	70	14	24	65	27	10	36,7	24,2	65,8
Magdalena	Angostura	< 20	22	46	20	22	<10	12	40	27,0	13,1	48,4
MÍNIMO		25	21	11	10	10	10	10	10			
MÁXIMO		77	120	230	33	131	79	170	40			

TABLA 11. VARIACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	La Magdalena	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Sombrerillos	San Agustín	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,1	2,1
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Guarapas	Puente Fundadores			<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	2,1	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,2	2,2
Magdalena	Puente Paso La Laguna			<2,0	< 2,0	2,4	< 2,0	2,8	< 2,0	2,6
Magdalena	Saladoblanco			<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Magdalena	Pericongo	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,8	< 2,0	2,8
Suaza	Puente Avispero			<2,0	< 2,0	2,4	5,1	< 2,0	< 2,0	3,8
Suaza	San Marcos	2,1	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	3,5	< 2,0	< 2,0	2,8
Suaza	Puente Garces	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	4,3	< 2,0	< 2,0	4,3
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	2,3	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,3
Magdalena	Puente Balseadero	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Páez	Puente Ricaurte	2,2	<2,0	5,7	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	4,0
Páez	Paicol	<2,0	<2,0	4,3	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	4,3
Magdalena	Paso del Colegio	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	3,9	2,9	< 2,0	3,4
Yaguará	Hacienda. Venecia	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	6,7	< 2,0	6,7
Magdalena	La Esperanza	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Neiva	El Casil	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	7,0	2,0	4,5
Neiva	Puente Mulas	<2,0	6,4	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,7	< 2,0	4,6
Neiva	Desembocadura	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	3,4	< 2,0	3,4
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,4	< 2,0	2,4
Baché	Santa María	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5,2	< 2,0	5,2
Baché	El Socorro			<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5,3	< 2,0	5,3
Baché	Puente San Francisco	2,1	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5,1	< 2,0	3,6
Magdalena	Angostura	<2,0	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,3	2,3
MÍNIMO		2,1	6,4	4,3	< 2,0	2,4	3,5	2,4	2,0	
MÁXIMO		2,3	6,4	5,7	< 2,0	2,4	5,1	7,0	2,3	

TABLA 12. VARIACIÓN DE LA TURBIEDAD.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	36	8	5	7	6	8	16	3.2	11	11	96
Sombrerillos	San Agustín	55	26	7	66	9	13	21	5.2	25	23	92
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	14	8	19	5	14	5	6	5.0	9	5	58
Guarapas	Puente Fundadores			17	11	16	66	35	8.7	26	22	85
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	140	52	30	130	28	12	48	15.0	57	50	88
Magdalena	Puente Paso La Laguna			39	12	220	22	390	4.5	115	157	137
Magdalena	Saladoblanco			15	55	20	6	180	5.1	47	68	145
Magdalena	Pericongo	96	140	360	19	27	6	180	76.0	113	117	103
Suaza	Puente Avispero			31	16	16	780	12	28.0	147	310	211
Suaza	San Marcos	30	43	18	31	140	10	63	35.0	46	41	89
Suaza	Puente Garces	690	38	29	17	51	680	17	34.0	195	303	156
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	820	85	42	34	110	66	64	23.0	156	270	174
Magdalena	Puente Balseadero	210	460	53	140	170	83	65	20.0	150	141	94
Páez	Puente Ricaurte	75	1,990	3,100	39	490	220	2,560	17.0	1,061	1,277	120
Páez	Paicol	25	820	2,100	39	660	200	1,620	8.2	684	797	116
Magdalena	Paso del Colegio	91	1,140	35	150	29	370	500	30.0	293	384	131
Yaguará	Hacienda. Venecia	19	78	1,690	19	220	9	200	8.1	280	576	205
Magdalena	La Esperanza	114	160	77	210	90	18	59	51.0	97	62	64
Neiva	El Casil	158	14	28	6	70	5	600	17.0	112	204	182
Neiva	Puente Mulas	95	13	16	5	150	4	8	3.7	37	55	149
Neiva	Desembocadura	56	27	57	13	220	7	21	6.6	51	71	140
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	110	170	480	86	100	30	180	26.0	148	145	98
Baché	Santa Maria	18	72	47	130	270	39	230	8.0	102	99	98
Baché	El Socorro			44	150	240	54	250	9.2	125	104	84
Baché	Puente San Francisco	1,400	36	2,300	50	240	30	170	11.0	530	853	161
Magdalena	Angostura	124	280	1,000	130	270	30	97	550.0	310	322	104
MÍNIMO		14	8	5	5	6	4	6	3			
MÁXIMO		1,400	1,990	3,100	210	660	780	2,560	550			

TABLA 13. VARIACIÓN DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	36	8	5	7	6	8	16	14	13	10	82
Sombrerillos	San Agustin	55	26	7	66	9	13	21	18	27	22	82
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	14	8	19	5	14	5	6	15	11	6	51
Guarapas	Puente Fundadores			17	11	16	66	35	19	27	21	75
Guarapas	Desembocadura Rio Guachicos	140	52	30	130	28	12	48	23	58	49	85
Magdalena	Puente Paso La Laguna			39	12	220	22	390	21	117	155	132
Magdalena	Saladoblanco			15	55	20	6	180	19	49	66	135
Magdalena	Pericongo	96	140	360	19	27	6	180	21	106	121	114
Suaza	Puente Avispero			31	16	16	780	12	19	146	311	213
Suaza	San Marcos	30	43	18	31	140	10	63	18	44	42	96
Suaza	Puente Garces	690	38	29	17	51	680	17	21	193	304	158
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	820	85	42	34	110	66	64	24	156	270	173
Magdalena	Puente Balseadero	210	460	53	140	170	83	65	21	150	140	93
Páez	Puente Ricaurte	75	1.990	3.100	39	490	220	2.560	17	1.061	1.277	120
Páez	Paicol	25	820	2.100	39	660	200	1.620	22	686	795	116
Magdalena	Paso del Colegio	91	1.140	35	150	29	370	500	24	292	385	132
Yaguará	Hacienda. Venecia	19	78	1.690	19	220	9	200	25	282	575	204
Magdalena	La Esperanza	114	160	77	210	90	18	59	24	94	66	70
Neiva	El Casil	158	14	28	6	70	5	600	19	112	204	181
Neiva	Puente Mulas	95	13	16	5	150	4	8	22	39	54	137
Neiva	Desembocadura	56	27	57	13	220	7	21	25	53	70	131
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	110	170	480	86	100	30	180	23	147	146	99
Baché	Santa Maria	18	72	47	130	270	39	230	18	103	98	95
Baché	El Socorro			44	150	240	54	250	19	126	102	81
Baché	Puente San Francisco	1.400	36	2.300	50	240	30	170	28	532	852	160
Magdalena	Angostura	124	280	1.000	130	270	30	97	24	244	320	131
MÍNIMO		14	8	5	5	6	4	6	14			
MÁXIMO		1.400	1.990	3.100	210	660	780	2.560	28			

TABLA 14. VARIACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	160	52	78	53	76	64	82	72	80	34	43
Sombrerillos	San Agustín	170	90	76	130	77	82	91	87	100	33	33
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	69	36	61	< 50	73	39	53	<50	55	15	28
Guarapas	Puente Fundadores			73	< 50	86	63	100	71	79	15	18
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	300	120	110	220	140	100	150	95	154	71	46
Magdalena	Puente Paso La Laguna			100	63	480	75	1.190	71	330	451	137
Magdalena	Saladoblanco			79	86	98	71	380	74	131	122	93
Magdalena	Pericongo	250	200	600	140	95	75	300	160	228	168	74
Suaza	Puente Avispero			95	59	90	1.430	64	76	302	553	183
Suaza	San Marcos	100	72	68	54	260	64	140	90	106	68	64
Suaza	Puente Garces	1.110	140	100	55	120	850	74	92	318	415	131
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	1.240	130	120	< 50	220	140	150	93	299	417	139
Magdalena	Puente Balseadero	390	520	130	200	280	200	170	92	248	143	58
Páez	Puente Ricaurte	190	1.210	3.280	140	2.100	420	5.380	180	1.613	1.891	117
Páez	Paicol	130	670	2.180	120	1.700	390	230	130	694	801	115
Magdalena	Paso del Colegio	180	1.050	130	270	150	620	1.380	120	488	485	100
Yaguará	Hacienda. Venecia	78	150	1.580	120	340	120	380	120	361	505	140
Magdalena	La Esperanza	180	170	150	200	160	100	150	130	155	31	20
Neiva	El Casil	190	100	120	81	200	93	1.450	110	293	470	160
Neiva	Puente Mulas	140	98	120	85	300	100	110	100	132	70	53
Neiva	Desembocadura	190	120	190	140	460	160	170	150	198	109	55
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	130	170	630	140	220	120	260	110	223	173	78
Baché	Santa María	330	180	130	210	540	160	450	120	265	158	60
Baché	El Socorro			130	220	450	180	560	120	277	184	66
Baché	Puente San Francisco	1.430	130	1.850	150	440	150	270	130	569	679	119
Magdalena	Angostura	200	110	760	150	460	130	230	710	344	265	77
MÍNIMO		69	36	61	53	73	39	53	71			
MÁXIMO		1.430	1.210	3.280	270	2.100	1.430	5.380	710			

TABLA 15. VARIACIÓN DEL AMONIO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	La Magdalena	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Sombrierillos	San Agustin	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Guarapas	Puente Fundadores			<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Guarapas	Desembocadura Rio Guachicos	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Puente Paso La Laguna			<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Saladoblanco			<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Pericongo	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Suaza	Puente Avispero			<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Suaza	San Marcos	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Suaza	Puente Garces	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Puente Balseadero	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Páez	Puente Ricaurte	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Páez	Paicol	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Paso del Colegio	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Yaguará	Hacienda. Venecia	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	La Esperanza	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Neiva	El Casil	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Neiva	Puente Mulas	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Neiva	Desembocadura	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Baché	Santa Maria	<0,30	0,70	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,7
Baché	El Socorro			<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Baché	Puente San Francisco	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Magdalena	Angostura	<0,30	1,00	<0,30	<0,30	<0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	1,0

TABLA 16. VARIACIÓN DEL NITRITO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	La Magdalena	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Sombrerillos	San Agustín	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,006	<.006	< 0,006
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,006	<.006	< 0,006
Guarapas	Puente Fundadores			< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,019	0,022	0,055	0,016	0,013	0,026	0,014	0,04	0,026
Magdalena	Puente Paso La Laguna			< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	0,009	< 0,006
Magdalena	Saladoblanco			0,007	< 0,006	< 0,006	0,006	<.006	0,011	0,008
Magdalena	Pericongo	< 0,006	< 0,006	0,007	0,008	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	0,007
Suaza	Puente Avispero			< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Suaza	San Marcos	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Suaza	Puente Garces	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Magdalena	Puente Balseadero	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,007	<.006	< 0,006
Páez	Puente Ricaurte	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Páez	Paicol	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Magdalena	Paso del Colegio	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Yaguará	Hacienda. Venecia	< 0,006	< 0,006	0,009	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,010	<.006	0,010
Magdalena	La Esperanza	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Neiva	El Casil	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Neiva	Puente Mulas	< 0,006	< 0,006	0,007	0,011	< 0,006	< 0,006	<.006	0,0092	0,009
Neiva	Desembocadura	0,011	< 0,006	0,012	0,016	< 0,006	0,008	0,010	<.006	0,011
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	< 0,006	< 0,006	0,008	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	0,008
Baché	Santa María	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Baché	El Socorro			< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
Baché	Puente San Francisco	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,0063	< 0,006	< 0,006	0,006	0,0066	0,006
Magdalena	Angostura	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	<.006	<.006	< 0,006
MÍNIMO		0,011	0,022	0,007	0,006	0,013	0,006	0,006	0,007	
MÁXIMO		0,019	0,022	0,055	0,016	0,013	0,026	0,014	0,040	

TABLA 17. VARIACIÓN DEL NITRATO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	0,039	0,034	0,071	<0,030	<0,030	<0,030	<.03	<.03	0,05	0,02	42
Sombrerillos	San Agustín	0,046	0,044	<0,030	0,130	<0,030	<0,030	0,030	0,044	0,06	0,04	69
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	<0,030	0,076	< 0,03	<0,030	<0,030	0,065	0,390	0,066	0,15	0,16	108
Guarapas	Puente Fundadores			< 0,03	0,050	0,070	0,100	0,160	0,097	0,10	0,04	44
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,400	0,350	0,380	0,380	0,340	0,350	0,390	0,086	0,33	0,10	31
Magdalena	Puente Paso La Laguna			0,068	0,055	0,260	0,031	0,100	0,11	0,10	0,08	79
Magdalena	Saladoblanco			0,100	0,050	0,042	0,059	0,069	0,35	0,11	0,12	106
Magdalena	Pericongo	0,069	0,130	0,320	0,040	0,046	0,068	0,050	0,13	0,11	0,09	87
Suaza	Puente Avispero			0,120	0,080	0,096	0,690	0,140	0,095	0,20	0,24	118
Suaza	San Marcos	0,068	0,067	0,058	0,079	0,041	0,058	0,100	0,11	0,07	0,02	32
Suaza	Puente Garces	0,057	0,160	0,110	0,070	0,120	0,600	0,150	0,087	0,17	0,18	105
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	0,078	0,200	< 0,03	0,130	0,210	0,210	0,210	0,074	0,16	0,06	40
Magdalena	Puente Balseadero	0,300	0,250	0,140	0,150	0,200	0,200	0,170	0,12	0,19	0,06	31
Páez	Puente Ricaurte	<0,030	0,240	2,000	0,100	0,340	0,110	0,790	0,05	0,52	0,70	135
Páez	Paicol	0,031	0,120	1,600	0,100	0,390	0,240	0,380	<.03	0,41	0,54	133
Magdalena	Paso del Colegio	0,089	0,280	0,370	0,130	0,100	0,290	0,550	0,068	0,23	0,17	72
Yaguará	Hacienda. Venecia	0,350	0,340	0,700	0,270	0,600	0,140	0,500	0,16	0,38	0,20	53
Magdalena	La Esperanza	0,180	0,150	0,150	0,160	0,190	0,110	0,270	0,12	0,17	0,05	30
Neiva	El Casil	0,260	0,170	0,043	0,059	0,140	0,120	1,000	0,13	0,24	0,31	131
Neiva	Puente Mulas	0,260	0,310	0,120	0,080	0,390	0,170	0,210	0,19	0,22	0,10	47
Neiva	Desembocadura	0,400	0,240	0,260	0,440	0,500	0,450	0,460	0,33	0,39	0,10	25
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	0,280	0,130	0,410	0,140	0,071	0,130	0,200	0,18	0,19	0,11	56
Baché	Santa María	0,250	0,260	0,150	0,320	0,580	0,280	0,630	0,3	0,35	0,17	49
Baché	El Socorro			0,200	0,360	0,570	0,250	0,690	0,32	0,40	0,19	48
Baché	Puente San Francisco	0,250	0,210	0,600	0,280	0,300	0,280	0,440	0,19	0,32	0,14	43
Magdalena	Angostura	0,240	0,190	0,540	0,200	0,230	0,190	0,300	0,47	0,30	0,14	46
MÍNIMO		0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04			
MÁXIMO		0,40	0,35	2,00	0,44	0,60	0,69	1,00	0,47			

TABLA 18. VARIACIÓN DEL NITRÓGENO TOTAL.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	0,52	< 0,50	0,76	< 0,50	0,84	< 0,50	0,64	<,5	0,69	0,14	20
Sombrerillos	San Agustin	0,58	< 0,50	0,57	< 0,50	0,60	0,53	0,68	<,5	0,59	0,06	9
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	0,53	< 0,50	0,54	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,98	<,5	0,68	0,26	38
Guarapas	Puente Fundadores			< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,91	<,5	0,91	0,00	0
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,84	< 0,50	0,64	0,73	0,62	0,52	0,88	0,73	0,71	0,13	18
Magdalena	Puente Paso La Laguna			< 0,50	< 0,50	0,98	< 0,50	1,60	<,5	1,29	0,44	34
Magdalena	Saladoblanco			0,52	< 0,50	< 0,50	< 0,50	1,20	<,5	0,86	0,48	56
Magdalena	Pericongo	0,78	0,97	1,20	0,50	< 0,50	< 0,50	0,88	0,77	0,85	0,23	27
Suaza	Puente Avispero			0,59	< 0,50	0,60	1,20	<,5	0,83	0,81	0,29	35
Suaza	San Marcos	0,57	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,91	< 0,50	0,73	<,5	0,74	0,17	23
Suaza	Puente Garces	0,93	0,57	< 0,50	0,56	< 0,50	0,52	<,5	0,81	0,68	0,18	27
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	0,79	0,69	0,53	< 0,50	< 0,50	< 0,50	<,5	<,5	0,67	0,13	20
Magdalena	Puente Balseadero	0,94	0,58	0,72	1,00	0,63	0,73	0,54	<,5	0,73	0,18	24
Páez	Puente Ricaurte	0,64	5,90	3,80	0,70	2,00	0,86	4,30	<,5	2,60	2,08	80
Páez	Paicol	< 0,50	2,50	3,40	0,60	1,20	0,73	3,10	<,5	1,92	1,23	64
Magdalena	Paso del Colegio	< 0,50	2,80	0,66	0,58	< 0,50	2,30	0,53	<,5	1,37	1,09	79
Yaguará	Hacienda. Venecia	< 0,50	0,88	2,40	0,70	0,82	1,00	1,60	<,5	1,23	0,65	53
Magdalena	La Esperanza	0,58	0,99	1,10	1,00	< 0,50	< 0,50	0,60	<,5	0,85	0,24	29
Neiva	El Casil	0,71	0,76	0,62	< 0,50	0,84	0,85	3,20	<,5	1,16	1,00	86
Neiva	Puente Mulas	0,64	0,72	< 0,50	< 0,50	0,82	0,84	0,64	<,5	0,73	0,10	13
Neiva	Desembocadura	0,67	0,84	0,81	0,71	1,50	1,00	0,75	<,5	0,90	0,29	32
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	0,87	0,92	5,00	1,00	< 0,50	0,91	0,71	0,63	1,43	1,58	110
Baché	Santa Maria	< 0,50	0,93	< 0,50	0,88	1,30	1,00	1,40	<,5	1,10	0,23	21
Baché	El Socorro			0,59	0,77	0,96	0,78	1,40	0,51	0,84	0,32	38
Baché	Puente San Francisco	1,50	0,75	3,00	0,90	0,68	0,76	0,84	0,58	1,13	0,81	72
Magdalena	Angostura	0,58	1,20	1,50	0,56	0,56	0,87	0,84	0,99	0,89	0,34	38
MÍNIMO		0,52	0,57	0,52	0,50	0,56	0,52	0,53	0,51			
MÁXIMO		1,50	5,90	5,00	1,00	2,00	2,30	4,30	0,99			

TABLA 19. VARIACIÓN DE FOSFATOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Sombrerillos	San Agustín	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	< 0,030	0,047	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	0,047		
Guarapas	Puente Fundadores			< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,054	0,094	0,076	0,036	0,052	0,059	0,060	0,072	0,063	0,02	28
Magdalena	Puente Paso La Laguna			< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	0,03	< 0,030		
Magdalena	Saladoblanco			< 0,030	< 0,030	0,048	< 0,030	<.03	<.03	0,048		
Magdalena	Pericongo	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,300	<.03	< 0,030		
Suaza	Puente Avispero			< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,300	<.03	< 0,030		
Suaza	San Marcos	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Suaza	Puente Garces	< 0,030	0,032	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	0,032		
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	< 0,030	0,036	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	0,036		
Magdalena	Puente Balseadero	0,036	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,052	<.03	0,044	0,01	26
Páez	Puente Ricaurte	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Páez	Paicol	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,031	<.03	< 0,030		
Magdalena	Paso del Colegio	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Yaguará	Hacienda. Venecia	0,060	0,056	0,058	0,045	0,055	0,044	0,062	0,06	0,055	0,01	12
Magdalena	La Esperanza	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	< 0,030		
Neiva	El Casil	< 0,030	0,035	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,030	0,040	0,034	0,035	0,00	12
Neiva	Puente Mulas	0,035	0,050	0,040	< 0,030	< 0,030	0,033	0,036	0,031	0,038	0,01	18
Neiva	Desembocadura	0,067	0,073	0,058	0,051	0,036	0,061	0,062	0,052	0,058	0,01	20
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	0,042	< 0,030	0,076	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<.03	<.03	0,059	0,02	41
Baché	Santa María	0,039	< 0,030	0,030	< 0,030	0,039	0,082	0,083	<.03	0,055	0,03	47
Baché	El Socorro			0,034	0,039	0,035	0,070	0,070	<.03	0,050	0,02	38
Baché	Puente San Francisco	< 0,030	0,054	0,038	0,056	0,036	0,050	0,074	0,049	0,051	0,01	25
Magdalena	Angostura	0,039	< 0,030	< 0,030	< 0,030	0,030	0,034	<.03	<.03	0,034	0,00	13
MÍNIMO		0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03			
MÁXIMO		0,07	0,09	0,08	0,06	0,06	0,08	0,30	0,07			

TABLA 20. VARIACIÓN DEL FÓSFORO TOTAL.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	0,110	<0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,085	<,05	0,098		
Sombrerillos	San Agustín	0,130	0,054	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,065	0,083	0,057	0,078	0,031	40
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	< 0,050	<0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	<.05	<,05	< 0,050		
Guarapas	Puente Fundadores			< 0,050	0,050	< 0,050	< 0,050	0,110	0,054	0,071	0,034	
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,300	0,130	0,160	< 0,050	0,140	0,150	0,260	0,054	0,171	0,083	49
Magdalena	Puente Paso La Laguna			0,068	0,053	0,460	0,078	0,980	<,05	0,328	0,403	123
Magdalena	Saladoblanco			< 0,050	< 0,050	0,048	0,073	0,650	0,14	0,228	0,284	125
Magdalena	Pericongo	0,150	0,190	0,340	0,070	0,087	0,051	0,620	0,23	0,217	0,189	87
Suaza	Puente Avispero			0,052	< 0,050	< 0,050	2,000	0,074	<,05	0,709	1,118	158
Suaza	San Marcos	0,060	0,069	< 0,050	0,060	0,230	< 0,050	0,200	0,1	0,120	0,076	63
Suaza	Puente Garces	0,670	0,067	0,080	0,076	0,140	1,500	0,850	0,085	0,434	0,529	122
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	1,200	0,110	0,090	< 0,050	0,230	0,180	0,260	0,067	0,305	0,401	131
Magdalena	Puente Balseadero	0,360	0,160	0,140	0,100	0,260	0,330	0,260	0,085	0,212	0,105	50
Páez	Puente Ricaurte	0,130	0,220	< 0,050	< 0,050	2,600	0,760	7,900	0,064	1,946	3,069	158
Páez	Paicol	0,090	0,320	< 0,050	0,090	1,700	0,750	6,400	0,06	1,344	2,305	171
Magdalena	Paso del Colegio	0,150	0,970	0,071	0,052	0,073	1,000	1,800	0,14	0,532	0,652	122
Yaguará	Hacienda. Venecia	0,100	0,130	0,140	0,130	0,240	0,096	0,630	0,12	0,198	0,180	91
Magdalena	La Esperanza	0,160	0,180	0,110	< 0,050	0,093	0,084	0,120	0,11	0,122	0,035	29
Neiva	El Casil	0,240	0,078	0,075	0,069	0,370	0,071	3,400	0,12	0,553	1,155	209
Neiva	Puente Mulas	0,170	0,083	0,062	0,063	0,410	0,080	0,110	0,06	0,130	0,119	92
Neiva	Desembocadura	0,250	0,083	0,190	0,120	0,730	0,110	0,210	0,098	0,224	0,213	95
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	0,230	0,220	0,470	0,170	0,150	0,120	0,420	0,07	0,231	0,142	61
Baché	Santa María	0,100	0,140	0,100	0,070	0,450	0,170	0,710	0,09	0,229	0,230	100
Baché	El Socorro			0,110	0,190	0,520	0,210	0,730	0,093	0,309	0,258	83
Baché	Puente San Francisco	0,390	0,120	0,240	0,100	0,230	0,160	0,400	0,096	0,217	0,123	56
Magdalena	Angostura	0,180	0,390	0,620	0,120	0,340	0,120	0,270	1	0,380	0,300	79
MÍNIMO		0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05			
MÁXIMO		1,20	0,97	0,62	0,19	2,60	2,00	7,90	1,00			

TABLA 21. VARIACIÓN DE LOS COLIFORMES FECALIS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	2.160	64	34	49	5.600	300	52	30	1.036	1.983	191
Sombrerillos	San Agustín	16.740	1.350	10.000	8.600	14.400	8.200	4.080	9.900	9.159	4.989	54
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	630	510	91	250	700	102	677	86	381	276	73
Guarapas	Puente Fundadores			500	750	1.200	1.600	3.450	1.600	1.517	1.046	69
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	14.300	5.040	2.300	11.000	9.900	7.120	9.330	4.040	7.879	3.994	51
Magdalena	Puente Paso La Laguna			3.000	1.400	800	2.310	2.790	1.850	2.025	841	42
Magdalena	Saladoblanco			700	960	4.800	6.130	3.180	5.210	3.497	2.277	65
Magdalena	Pericongo	18.500	6.130	7.000	3.800	20.000	1.870	2.620	3.840	7.970	7.173	90
Suaza	Puente Avispero			9.900	2.900	6.100	13.140	6.050	1.600	6.615	4.311	65
Suaza	San Marcos	2.160	850	800	960	1.500	2.950	960	1.890	1.509	773	51
Suaza	Puente Garcés	13.170	5.040	5.600	5.500	16.100	9.080	3.690	5.650	7.979	4.446	56
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	23.330	4.710	1.900	3.000	8.000	2.950	3.930	1.850	6.209	7.194	116
Magdalena	Puente Balseadero	3.640	5.120	4.100	11.000	20.000	9.850	7.270	2.790	7.971	5.690	71
Páez	Puente Ricaurte	1.990	9.600	8.200	4.700	820	1.460	1.340	520	3.579	3.543	99
Páez	Paicol	1.200	23.300	7.800	6.200	390.000	1.990	5.630	3.360	54.935	135.566	247
Magdalena	Paso del Colegio	4.260	3.690	3.200	6.100	3.600	9.090	27.900	5.710	7.944	8.289	104
Yaguará	Hacienda. Venecia	970	1.080	41.000	1.100	140.000	200	9.700	100	24.269	48.795	201
Magdalena	La Esperanza	24.890	200	42	310	4.000	96	200	1.210	3.869	8.598	222
Neiva	El Casil	2.090	5.200	700	2.600	15.900	4.350	10.760	1.610	5.401	5.283	98
Neiva	Puente Mulas	22.300	27.550	19.000	9.900	13.400	9.090	24.810	10.120	17.021	7.345	43
Neiva	Desembocadura	5.730	2.950	16.000	1.400	4.800	1.440	2.130	3.230	4.710	4.812	102
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	13.330	10.390	50.000	9.100	12.700	18.600	5.940	15.650	16.964	13.907	82
Baché	Santa María	1.450	12.100	33.000	7.100	14.000	5.880	11.190	9.590	11.789	9.441	80
Baché	El Socorro			20.000	17.000	50.000	16.070	16.100	8.620	21.298	14.554	68
Baché	Puente San Francisco	32.500	2.410	7.600	5.000	3.400	4.040	5.460	300	7.589	10.295	136
Magdalena	Angostura	7.710	7.430	5.800	2.100	6.300	6.910	6.630	6.310	6.149	1.751	28
MÍNIMO		630	64	34	49	700	96	52	30			
MÁXIMO		32.500	27.550	50.000	17.000	390.000	18.600	27.900	15.650			

TABLA 22. VARIACIÓN DE LOS COLIFORMES TOTALES.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	6.200	488	140	310	14.400	17.850	428	146	4.995	7.225	145
Sombrerillos	San Agustín	98.040	69.100	33.000	49.000	31.300	31.300	19.350	36.540	45.954	25.778	56
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	9.830	8.140	460	920	1.700	155	2.481	987	3.084	3.740	121
Guarapas	Puente Fundadores			4.000	3.300	5.000	5.910	27.550	6.630	8.732	9.299	106
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	91.390	36.540	11.000	73.000	32.800	43.520	48.840	22.800	44.986	26.247	58
Magdalena	Puente Paso La Laguna			38.000	6.600	34.400	11.450	12.590	9.804	18.807	13.670	73
Magdalena	Saladoblanco			6.400	11.000	19.200	32.550	13.740	31.300	19.032	10.820	57
Magdalena	Pericongo	38.770	34.480	69.000	37.000	61.000	6.130	8.820	30.760	35.745	21.983	62
Suaza	Puente Avispero			46.000	7.700	24.900	92.080	11.120	10.140	31.990	32.742	102
Suaza	San Marcos	12.460	3.090	4.400	4.000	7.100	20.460	8.160	6.050	8.215	5.763	70
Suaza	Puente Garces	37.620	17.230	69.000	42.000	64.900	86.640	17.890	29.010	45.536	25.436	56
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	69.100	41.060	10.000	16.600	23.000	11.980	16.160	14.670	25.321	20.198	80
Magdalena	Puente Balseadero	28.090	36.540	26.000	61.000	42.000	51.720	19.350	17.890	35.324	15.457	44
Páez	Puente Ricaurte	8.420	120.100	10.000.000	21.000	1.030.000	4.550	3.270	1.624	1.398.621	3.493.397	250
Páez	Paicol	8.840	110.000	4.900.000	31.000	650.000	8.360	12.230	10.860	716.411	1.704.616	238
Magdalena	Paso del Colegio	21.050	64.880	37.000	46.100	17.800	57.480	461.100	36.090	92.688	149.740	162
Yaguará	Hacienda. Venecia	11.780	29.870	190.000	46.000	160.000	13.740	67.700	36.540	69.454	67.995	98
Magdalena	La Esperanza	101.120	4.260	15.000	4.500	4.700	1.274	3.730	41.060	21.956	34.550	157
Neiva	El Casil	25.950	13.960	5.600	14.000	155.300	18.600	81.640	32.550	43.450	50.964	117
Neiva	Puente Mulas	74.300	92.080	46.000	73.000	28.100	31.300	77.010	48.840	58.829	23.430	40
Neiva	Desembocadura	27.000	17.890	65.000	46.000	47.200	61.310	27.550	29.870	40.228	17.246	43
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	54.750	57.940	350.000	65.000	75.600	46.110	18.600	72.700	92.588	105.541	114
Baché	Santa María	15.760	148.300	220.000	28.000	60.200	32.550	81.640	57.940	80.549	69.925	87
Baché	El Socorro			69.000	52.000	220.000	54.750	123.600	120.330	106.613	63.907	60
Baché	Puente San Francisco	461.100	24.000	340.000	155.000	57.500	24.000	48.800	13.540	140.493	169.603	121
Magdalena	Angostura	20.640	64.880	34.000	12.000	46.100	32.550	48.840	37.300	37.039	16.569	45
MÍNIMO		6.200	488	140	310	1.700	155	428	146			
MÁXIMO		461.100	148.300	10.000.000	155.000	1.030.000	92.080	461.100	120.330			

TABLA 23. VARIACIÓN DEL SULFATO.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Sombrerillos	San Agustín	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Guarapas	Puente Fundadores	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	Puente Paso La Laguna	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	Saladoblanco	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	Pericongo	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Suaza	Puente Avispero	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Suaza	San Marcos	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Suaza	Puente Garces	< 3,0	< 3,0	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	3,0		
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	Puente Balseadero	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Páez	Puente Ricaurte	140	32	3,0	< 3,0	48	46	53,8	51	96
Páez	Paicol	96	20	< 3,0	< 3,0	39	25	45,0	35	78
Magdalena	Paso del Colegio	< 3,0	< 3,0	5,2	< 3,0	< 3,0	< 3,0	5,2		
Yaguará	Hacienda. Venecia	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	La Esperanza	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	5,6	< 3,0	< 3,0		
Neiva	El Casil	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	3,0	< 3,0	< 3,0		
Neiva	Puente Mulas	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Neiva	Desembocadura	< 3,0	16,0	< 3,0	10,0	< 3,0	6,5	10,8	5	44
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	< 3,0	< 3,0	3,0	< 3,0	5,2	< 3,0	4,1		
Baché	Santa María	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Baché	El Socorro	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Baché	Puente San Francisco	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
Magdalena	Angostura	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0		
MÍNIMO		96,0	16,0	3,0	10,0	3,0	6,5			
MÁXIMO		140,0	32,0	5,2	10,0	48,0	46,0			

TABLA 24. RESULTADOS PARA HIDROCARBUROS

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	< 2,0	< 2,0	3,6	< 2,0	<0.5	<0.5	3,6
Magdalena	Puente Balseadero	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	<0.5	<0.5	< 2,0
Baché	Puente San Francisco	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	<0.5	<0.5	< 2,0
Magdalena	Angostura	< 2,0	< 2,0	2,8	< 2,0	2,1	<0.5	2,4
MÍNIMO				2,8				
MÁXIMO				3,6				

TABLA 25. RESULTADOS DE MERCURIO TOTAL EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		<0,05	<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Magdalena	Puente Balseadero	<0,05	<0,05	<0.05	<0.05	0,18	< 0,05	0,18
Páez	Puente Ricaurte			<0.05	<0.05	0,07	0,064	0,07
Páez	Paicol			<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Magdalena	Paso del Colegio	<0,05	<0,05	0,05	<0.05	<0.05	< 0,05	0,05
Yaguará	Hacienda. Venecia			<0.05	0,08	<0.05	< 0,05	0,08
Neiva	Desembocadura			<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	<0,05	<0,05	<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Baché	Puente San Francisco			<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
Magdalena	Angostura	<0,05	<0,05	<0.05	<0.05	<0.05	< 0,05	
MÍNIMO				0,05	0,08	0,07	0,06	
MÁXIMO				0,05	0,08	0,18	0,06	

TABLA 26. RESULTADOS DE CADMIO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		0,70	0,50	0,50	0,85	1,09	0,73
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			0,50	0,81	0,92	1,55	0,95
Magdalena	Puente Balseadero	0,90	0,70	<0,40	0,72	0,68	1,34	0,87
Páez	Puente Ricaurte			0,90	1,10	0,62	1,68	1,08
Páez	Paicol			0,80	1,00	0,59	1,31	0,93
Magdalena	Paso del Colegio	0,80	0,70	0,60	0,89	1,05	1,15	0,87
Yaguará	Hacienda. Venecia			<0,40	1,80	0,86	1,72	1,46
Neiva	Desembocadura			<0,40	1,00	0,85	1,61	1,15
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	1,20	0,60	<0,40	0,35	0,88	1,23	0,85
Baché	Puente San Francisco			<0,40	0,65	0,67	1,24	0,85
Magdalena	Angostura	0,68	0,70	0,40	0,64	0,68	1,21	0,72
MÍNIMO		0,68	0,60	0,40	0,35	0,59	1,09	
MÁXIMO		1,20	0,70	0,90	1,80	1,05	1,72	

TABLA 27. RESULTADOS DE CROMO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		1,9	1,9	1,7	2,4	2,7	2,1
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			3,6	2,4	4,8	4,8	3,9
Magdalena	Puente Balseadero	2,8	2,9	2,9	2,2	2,5	4,0	2,9
Páez	Puente Ricaurte			2,5	1,9	2,2	3,0	2,4
Páez	Paicol			2,1	1,8	2,0	3,3	2,3
Magdalena	Paso del Colegio	2,3	1,7	2,6	1,9	2,4	4,5	2,6
Yaguará	Hacienda. Venecia			2,4	4,5	2,6	5,7	3,8
Neiva	Desembocadura			5,1	3,5	4,4	5,4	4,6
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	3,4	2,6	3,0	1,9	4,3	4,2	3,2
Baché	Puente San Francisco			2,2	2,6	3,0	3,8	2,9
Magdalena	Angostura	2,8	2,8	2,6	2,4	2,6	4,28	2,9
MÍNIMO		2,3	1,7	1,9	1,7	2,0	2,7	
MÁXIMO		3,4	2,9	5,1	4,5	4,8	5,7	

TABLA 28. RESULTADOS DE COBRE BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		8,5	6,8	7,0	8,7	8,2	7,8
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			5,8	5,0	8,0	7,1	6,5
Magdalena	Puente Balseadero	7,0	6,3	5,7	5,8	6,7	6,8	6,4
Páez	Puente Ricaurte			16,1	10,0	11,5	20,9	14,6
Páez	Paicol			10,9	9,5	10,0	11,4	10,5
Magdalena	Paso del Colegio	16,0	9,0	7,6	7,6	14,3	6,8	10,2
Yaguará	Hacienda. Venecia			6,5	13,0	7,6	9,8	9,2
Neiva	Desembocadura			8,5	9,1	8,5	9,4	8,9
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	12,0	7,0	7,8	22,0	8,9	9,0	11,1
Baché	Puente San Francisco			5,6	11,0	8,0	8,7	8,3
Magdalena	Angostura	6,7	5,3	5,4	4,9	6,1	5,2	5,6
MÍNIMO		6,7	5,3	5,4	4,9	6,1	5,2	
MÁXIMO		16,0	9,0	16,1	22,0	14,3	20,9	

TABLA 29. RESULTADOS DE NÍQUEL BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		4,0	4,0	<2,0	4,1	3,5	3,9
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			3,0	2,8	4,2	5,7	3,9
Magdalena	Puente Balseadero	3,1	3,0	3,0	2,5	3,0	4,1	3,1
Páez	Puente Ricaurte			5,0	4,3	3,3	5,5	4,5
Páez	Paicol			4,0	4,8	2,9	4,6	4,1
Magdalena	Paso del Colegio	3,6	3,0	4,0	4,3	3,6	5,5	4,0
Yaguará	Hacienda. Venecia			3,0	6,1	2,8	4,7	4,2
Neiva	Desembocadura			6,0	3,4	4,0	4,6	4,5
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	4,0	3,0	3,0	3,1	3,5	4,0	3,4
Baché	Puente San Francisco			<2,0	<2,0	2,2	3,1	2,6
Magdalena	Angostura	3,1	3,0	2,0	2,7	2,7	4,4	3,0
MÍNIMO		3,1	3,0	2,0	2,5	2,2	3,1	
MÁXIMO		4,0	4,0	6,0	6,1	4,2	5,7	

TABLA 30. RESULTADOS DE PLOMO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		10,0	11,0	6,3	11,2	8,7	9,4
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			13,0	9,2	24,5	18,8	16,4
Magdalena	Puente Balseadero	15,0	19,0	18,0	15,0	20,9	16,4	17,4
Páez	Puente Ricaurte			10,0	9,0	5,8	6,5	7,8
Páez	Paicol			13,0	8,2	7,8	5,6	8,6
Magdalena	Paso del Colegio	7,5	5,0	10,0	7,9	6,4	13,8	8,4
Yaguará	Hacienda. Venecia			9,0	13,0	6,4	8,5	9,2
Neiva	Desembocadura			9,0	3,7	<5	4,4	5,7
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	11,0	15,0	11,0	9,5	10,5	8,2	10,9
Baché	Puente San Francisco			12,0	6,1	6,2	5,7	7,5
Magdalena	Angostura	6,6	7,0	6,0	5,1	7,1	5,5	6,2
MÍNIMO		6,6	5,0	6,0	3,7	5,8	4,4	
MÁXIMO		15,0	19,0	18,0	15,0	24,5	18,8	

TABLA 31. RESULTADOS DE ZINC BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		17,9	24,2	16,0	25,3	25,1	21,7
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			24,7	19,0	28,3	32,2	26,1
Magdalena	Puente Balseadero	22,0	20,0	18,7	17,0	20,4	26,7	20,8
Páez	Puente Ricaurte			32,4	30,0	16,1	35,1	28,4
Páez	Paicol			30,2	28,0	15,8	27,1	25,3
Magdalena	Paso del Colegio	23,0	20,0	25,8	22,0	20,4	28,2	23,2
Yaguará	Hacienda. Venecia			17,8	48,0	22,6	37,6	31,5
Neiva	Desembocadura			19,8	20,0	18,2	24,2	20,6
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	29,0	17,0	20,2	23,0	22,1	23,5	22,5
Baché	Puente San Francisco			13,0	18,0	18,3	21,4	17,7
Magdalena	Angostura	17,0	18,0	16,8	15,0	16,9	25,1	18,1
MÍNIMO		17,0	17,0	13,0	15,0	15,8	21,4	
MÁXIMO		29,0	20,0	32,4	48,0	28,3	37,6	

TABLA 32. RESULTADOS DE ALUMINIO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna			2.091	2.100	2.435	3.253	2.470
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			2.696	2.000	2.597	3.273	2.642
Magdalena	Puente Balseadero	2.508	2.508	1.922	1.800	1.800	2.765	2.217
Páez	Puente Ricaurte			2.232	1.500	2.184	3.816	2.433
Páez	Paicol			1.665	1.400	1.698	2.474	1.809
Magdalena	Paso del Colegio	2.152	2.152	1.970	1.700	2.327	3.134	2.239
Yaguará	Hacienda. Venecia			1.697	3.900	2.259	3.914	2.943
Neiva	Desembocadura			3.060	2.500	3.124	3.999	3.171
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	2.548	2.548	2.300	1.700	2.343	2.829	2.378
Baché	Puente San Francisco			1.416	2.600	2.297	2.797	2.278
Magdalena	Angostura	2.421	2.421	2.221	1.700	2.115	2.875	2.292
MÍNIMO		2.152	2.152	1.416	1.400	1.698	2.474	
MÁXIMO		2.548	2.548	3.060	3.900	3.124	3.999	

TABLA 33. RESULTADOS DE HIERRO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		3.944	4.107	3.000	4.183	4.706	3.988
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			7.166	5.000	5.929	6.864	6.240
Magdalena	Puente Balseadero	4.854	4.559	3.986	4.100	3.762	5.904	4.528
Páez	Puente Ricaurte			6.334	3.200	2.616	6.561	4.678
Páez	Paicol			5.098	3.900	2.541	5.381	4.230
Magdalena	Paso del Colegio	3.912	3.071	4.190	4.100	5.684	5.825	4.464
Yaguará	Hacienda. Venecia			2.727	9.000	2.990	7.322	5.510
Neiva	Desembocadura			5.660	6.400	5.621	8.032	6.428
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	3.193	3.166	4.018	1.200	4.624	5.508	3.618
Baché	Puente San Francisco			2.381	4.400	4.099	5.187	4.017
Magdalena	Angostura	3.260	4.365	3.732	3.200	3.195	5.628	3.897
MÍNIMO		3.193	3.071	2.381	1.200	2.541	4.706	
MÁXIMO		4.854	4.559	7.166	9.000	5.929	8.032	

TABLA 34. RESULTADOS DE MANGANESO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO
Magdalena	Puente Paso La Laguna		208	172	188	171	241	196
Suaza	Desembocadura Puente Jagua			270	318	172	306	267
Magdalena	Puente Balseadero	195	210	187	142	170	246	192
Páez	Puente Ricaurte			181	171	107	176	159
Páez	Paicol			171	154	94	160	145
Magdalena	Paso del Colegio	198	175	199	207	148	205	189
Yaguará	Hacienda. Venecia			269	537	489	345	410
Neiva	Desembocadura			138	143	160	329	193
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	170	177	162	81	153	217	160
Baché	Puente San Francisco			172	268	320	427	297
Magdalena	Angostura	228	189	217	170	219	220	207
MÍNIMO		170	175	138	81	94	160	
MÁXIMO		228	210	270	537	489	427	

TABLA 35. VARIACIÓN DEL ICAg.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	PROMEDIO	D S	C V
Magdalena	La Magdalena	0,65	0,81	0,66	0,76	0,68	0,80	0,77	0,77	0,74	0,06	9
Sombrerillos	San Agustín	0,61	0,67	0,50	0,63	0,65	0,65	0,61	0,62	0,62	0,05	8
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	0,56	0,69	0,58	0,72	0,68	0,73	0,69	0,74	0,67	0,07	10
Guarapas	Puente Fundadores			0,54	0,68	0,66	0,61	0,60	0,62	0,62	0,05	8
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	0,65	0,59	0,49	0,57	0,62	0,52	0,61	0,62	0,58	0,05	9
Magdalena	Puente Paso La Laguna			0,56	0,72	0,63	0,69	0,57	0,72	0,65	0,07	11
Magdalena	Saladoblanco			0,60	0,74	0,70	0,69	0,59	0,71	0,67	0,06	9
Magdalena	Pericongo	0,64	0,68	0,57	0,70	0,72	0,70	0,58	0,68	0,66	0,06	9
Suaza	Puente Avispero			0,53	0,67	0,56	0,51	0,69	0,71	0,61	0,09	14
Suaza	San Marcos	0,54	0,70	0,58	0,71	0,61	0,63	0,68	0,67	0,64	0,06	9
Suaza	Puente Garces	0,63	0,66	0,53	0,67	0,67	0,51	0,69	0,71	0,63	0,07	12
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	0,45	0,65	0,66	0,67	0,62	0,65	0,65	0,68	0,63	0,07	12
Magdalena	Puente Balseadero	0,60	0,58	0,69	0,65	0,64	0,66	0,68	0,72	0,65	0,05	7
Páez	Puente Ricaurte	0,23	0,20	0,37	0,66	0,63	0,59	0,57	0,68	0,49	0,20	40
Páez	Paicol	0,59	0,52	0,42	0,68	0,60	0,60	0,61	0,70	0,59	0,09	15
Magdalena	Paso del Colegio	0,68	0,41	0,57	0,59	0,72	0,56	0,54	0,72	0,60	0,10	17
Yaguará	Hacienda. Venecia	0,63	0,65	0,42	0,63	0,57	0,70	0,48	0,66	0,59	0,10	16
Magdalena	La Esperanza	0,66	0,77	0,76	0,75	0,67	0,66	0,77	0,79	0,73	0,05	8
Neiva	El Casil	0,62	0,58	0,65	0,60	0,57	0,61	0,42	0,59	0,58	0,07	12
Neiva	Puente Mulas	0,59	0,54	0,61	0,61	0,56	0,59	0,59	0,61	0,59	0,03	4
Neiva	Desembocadura	0,57	0,61	0,56	0,60	0,49	0,59	0,53	0,60	0,57	0,04	7
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	0,68	0,69	0,46	0,71	0,70	0,73	0,65	0,72	0,67	0,09	13
Baché	Santa María	0,54	0,59	0,59	0,55	0,49	0,58	0,45	0,60	0,55	0,05	10
Baché	El Socorro			0,60	0,53	0,51	0,58	0,45	0,60	0,55	0,06	11
Baché	Puente San Francisco	0,70	0,60	0,46	0,60	0,58	0,58	0,55	0,61	0,59	0,07	11
Magdalena	Angostura	0,70	0,64	0,60	0,70	0,61	0,69	0,69	0,54	0,65	0,06	9
MÍNIMO		0,23	0,20	0,37	0,53	0,49	0,51	0,42	0,54			
MÁXIMO		0,70	0,81	0,76	0,76	0,72	0,80	0,77	0,79			

TABLA 36. VARIACIÓN DEL DESCRIPTOR DEL ICA.

CORRIENTE	ESTACIÓN	2006A	2006B	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	BALANCE
Magdalena	La Magdalena	MEDIO	BUENO	MEDIO	BUENO	MEDIO	BUENO	BUENO	BUENO	bueno
Sombrerillos	San Agustín	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Guarapas	Puente Guillermo Plazas	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	MEDIO	BUENO	MEDIO	BUENO	medio - bueno
Guarapas	Puente Fundadores			MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Guarapas	Desembocadura Río Guachicos	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Magdalena	Puente Paso La Laguna			MEDIO	BUENO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Magdalena	Saladoblanco			MEDIO	BUENO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Magdalena	Pericongo	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	BUENO	MEDIO	MEDIO	medio
Suaza	Puente Avispero			MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Suaza	San Marcos	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Suaza	Puente Garces	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Suaza	Desembocadura Puente Jagua	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Magdalena	Puente Balseadero	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Páez	Puente Ricaurte	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	malo - medio
Páez	Paicol	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Magdalena	Paso del Colegio	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	BUENO	MEDIO	MEDIO	BUENO	medio
Yaguará	Hacienda. Venecia	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	medio
Magdalena	La Esperanza	MEDIO	BUENO	BUENO	BUENO	MEDIO	MEDIO	BUENO	BUENO	bueno
Neiva	El Casil	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	medio
Neiva	Puente Mulas	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Neiva	Desembocadura	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Magdalena	Frente Puerto La Cebollera	MEDIO	MEDIO	MALO	BUENO	MEDIO	BUENO	MEDIO	BUENO	medio
Baché	Santa María	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MALO	MEDIO	medio
Baché	El Socorro			MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	medio
Baché	Puente San Francisco	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio
Magdalena	Angostura	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	medio

TABLA 37. DESCRIPTORES PARA EL ICA

DESCRIPTOR	AMBITO NUMÉRICO	COLOR
Muy malo	0 – 0.25	Rojo
Malo	0.26 – 0.50	Naranja
Medio	0.51 – 0.70	Amarillo
Bueno	0.71 – 0.90	Verde
Excelente	0.91 – 1.00	azul

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aún se tiene cierta limitación para un tratamiento estadístico de datos por el bajo número de estos con que se cuenta hasta ahora. En el mejor de los casos se cuenta con ocho datos incluyendo tanto periodos secos como periodos lluviosos. Se hace la comparación de los datos para cada variable a través de los ocho monitoreos realizados y en particular se hace un análisis de los resultados del año 2009.

CAUDALES

El año 2009 se puede considerar hasta ahora como la mejor oportunidad que se ha presentado en relación con la diferenciación entre época seca y época lluviosa para las dos campañas anuales de monitoreo, ver mapas de precipitación para los meses de junio y septiembre de 2009, Figuras 21 y 22. En años anteriores no fue posible que se dieran dichas condiciones debido a diferentes regímenes de precipitación para cada zona del departamento del Huila. En este año la primera campaña se puede decir que se efectuó en época lluviosa y la segunda en época seca. Se hace la comparación sobre la variación del caudal para cada estación por separado, a través de las ocho campañas. Aunque aparentemente arbitrario, pero acorde con los grupos de caudales del Índice Lótico de Capacidad Ambiental General, ILCAG, se hace una clasificación para los caudales en: BAJO (hasta 10 m³/s), MEDIO (hasta 100 m³/s), ALTO (mayor de 100 m³/s). De ésta manera se pueden clasificar cada una de las corrientes estudiadas y para el punto de monitoreo en particular, en caudal bajo, medio y alto. El tiempo seco (debido al fenómeno del niño) que ya se insinuaba en el mes de septiembre (segunda campaña 2009), es corroborado por los caudales medidos ya que de las 26 estaciones que se monitorean, en 22 estaciones se evidencia un notorio descenso de caudal con respecto a los caudales medidos en el mes de junio de 2009. Solamente tres estaciones mostraron aumento del caudal: La Magdalena que pasó de 45.5 a 45.7 m³/s que es prácticamente el mismo caudal; La Esperanza que pasó de 346 a 872 m³/s; y Angostura que pasó de 502 a 524 m³/s, estas

estaciones sobre el río Magdalena. En el caso de La Esperanza ese gran incremento se podría explicar por la apertura de compuertas de la represa de Betania, horas antes de efectuada la medición. La disminución de caudal respecto al monitoreo anterior (primera campaña de 2009) es notoria principalmente en estaciones como Puente Paso la Laguna (disminuyó 86%), Saladoblanco (75%), Pericongo (62%), San Marcos, Suaza (68%), Paicol, Páez (70%), Paso Del Colegio (69%), Hacienda Venecia, Yaguará (76%), El Casil, Neiva (75%), Puente Mulas, Neiva (64%), Frente Puerto la Cebollera (77%), entre otros. Además de la importancia inherente a la cantidad del recurso hídrico, la información de caudales también guarda cierta correlación con las variables de calidad del agua y por consiguiente se hace continua referencia al caudal cuando se discuten las variables de calidad.

pH

A través de todo el estudio se puede observar que esta variable es más bien estable, los Coeficientes de Variación (CV) o Desviación Estándar (DS) relativa, son menores de 10 lo cual indica una buena homogeneidad o de relativa baja dispersión de datos; solamente dos estaciones, una en el Guarapas y una en el Suaza tienen coeficientes de variación ligeramente superior a 10. Lo anterior es muy importante, ya que el promedio de los datos obtenidos es claramente en buena medida la tendencia para una línea base para las 26 estaciones, en lo referente a pH.

En general, se observa que para los años 2008 y 2009 encontramos valores un poco más altos que para los dos años anteriores. Esto podría sugerir cierto incremento más o menos gradual del promedio del pH a través de la serie, sin embargo no se podría dar una explicación razonable para esta aparente tendencia. Para todos los datos (198), de las ocho campañas, el pH varía entre 5.18 (un dato del 2006) y 8.28 (un dato del 2009), intervalo aceptable para el uso del recurso hídrico para consumo humano y para los demás usos del recurso. Según el decreto 1594 de 1984, el pH puede estar entre 5.0 y 9.0 para efectuar el tratamiento convencional del agua para fines de potabilización, y debe estar entre 6.5 y 8.5 para tratamiento solamente de desinfección. Se puede decir que el pH no constituye una limitante de calidad para el recurso hídrico de las corrientes bajo estudio.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Para el año 2009 se observa, en general, que la conductividad en la mayoría de las estaciones aumentó en septiembre con respecto a junio, siendo el dato de la segunda campaña de 2009, el mayor histórico para algunas estaciones. Una explicación podría ser la tendencia hallada en la disminución de caudales, debido a la mayor concentración de sales disueltas. En general todos los sitios muestran valores normales de C.E. teniendo en cuenta que son aguas superficiales. Se destacan algunas corrientes con valores bastante bajos, como el Río Guarapas en la estación Puente Guillermo Plazas, lo que indicaría agua libre de sales minerales o inorgánicas y por consiguiente una región con bajo aporte de minerales solubles en agua por parte de la geología y aportes no significativos debido a las actividades humanas.

Para esta variable los coeficientes de variación CV son moderadamente bajos, el 50% de las estaciones tienen valores de CV menores de 20, lo que indica buen grado de homogeneidad o de relativa baja dispersión de datos. Para esta variable todavía se requieren más datos para establecer una línea base

confiable con el propósito de poder rechazar estadísticamente datos que se consideren fuera de la población. Para 14 estaciones ya se tendría una buena estimación del valor promedio de la CE y de su variabilidad en términos de CV o DS relativa. Dichas estaciones son aquellas que presentaron un $CV < 20$.

OXÍGENO DISUELTO (OD)

Los resultados para el año 2009 muestran, en general, valores altos de oxígeno disuelto es decir una buena oxigenación de las aguas. Los valores más bajos fueron para estaciones sobre el río Magdalena como frente a Puerto la Cebollera (6.5 y 6.6) pero principalmente en La Esperanza (4.7 y 5.6). Se observa que en general los valores aumentaron de junio a septiembre. Para este año los valores de OD obtenidos son todos compatibles con el desarrollo de la vida acuática. Los promedios varían entre 4.7 y 8.2. De acuerdo con los valores de CV se tendría ya una línea base para la mayoría de las estaciones, con excepción de tres estaciones (Pte Ricaurte, Paicol y La Esperanza). Para el monitoreo en 2009B la gran mayoría de las estaciones mostraron %sat de O por encima del 90% siendo la más baja La Esperanza con un valor del 70%.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Los resultados para el año 2009 muestran, en general, valores mas altos en junio que en septiembre, estando los primeros (primera campaña) entre los más altos de toda la serie y los segundos (segunda campaña) entre los más bajos de toda la serie. Para el índice de calidad del agua (ICA) hay una alta exigencia en DQO puesto que valores de 60 ya aportan un índice de cero al ICA. De acuerdo con los valores para el CV, los datos obtenidos hasta el momento no permiten obtener una línea base respecto a este parámetro, aunque desde el punto de vista de los resultados como tal por ser estos en general bajos ya se tendría en buena medida una tendencia del comportamiento “normal” para cada una de las corrientes en estudio. En general se observan valores de medios a altos para la DQO teniendo en cuenta que se trata de aguas superficiales y no aguas residuales. Probablemente se tiene una condición muy particular debido a la geología de la región y en general a la composición de las sustancias disueltas o suspendidas en el agua. Teniendo en cuenta que los valores de la DBO son bajos, la mayoría de esta DQO es materia no biodegradable. Lo anterior se corrobora con los datos de la campaña 2009B que arrojó los valores mas bajos para la DQO, con menores caudales y por consiguiente con menores aportes por escorrentía y lavado de las cuencas respectivas. En el decreto 1594 de 1984 no se presenta valores admisibles para este parámetro. No es bueno tener en cuenta en forma literal las legislaciones de otros países debido a que muy probablemente no son comparables ni la presencia ni la concentración de las especies químicas causantes de la DQO en esta región con respecto a otros lugares. Los resultados para el año 2009 mostraron valores entre 10 y 170 mg O_2/L . En general, los valores más altos para la DQO se pueden atribuir a un posible aumento en los sólidos, debido al arrastre del material orgánico además de pequeños aportes de origen antrópico, en cada sitio. Un ejemplo de esto podrían ser las estaciones Puente Ricaurte y Paicol sobre el río Páez. La DQO se constituye en una variable muy importante en estos casos y por consiguiente se debe seguir monitoreando en forma sistemática en la mayoría de las corrientes objeto de este estudio. Los valores de CV son altos y muestran que no se puede establecer la línea base con los datos actuales debido a la dispersión de los mismos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

La línea base estaría definida para 16 de las 26 estaciones con valores muy cercanos y entre 2 y 4. En general se observa que las corrientes monitoreadas no tienen altos niveles de materia orgánica biodegradable de acuerdo con los datos de la DBO. Sería conveniente tener un mayor número de datos aunque ya se puede tener una línea base para la mayoría de las estaciones. En general, los valores encontrados no superan los límites admisibles según la legislación existente para uso del agua en el Decreto 1594 de 1984, artículo 38 que establece máximo 7mg O₂/L para fuentes que por tratamiento convencional servirían para consumo humano. En la estación El Casil para el río Neiva y en la estación Hacienda Venecia para el río Yaguará, en la campaña 2009A se encontraron valores altos (7.0 y 6.7 respectivamente) y alejados del histórico (<2.0) para esas dos estaciones.

TURBIEDAD

Los resultados para el año 2009 muestran que para la primera campaña 14 estaciones mostraron resultados de turbiedad mayores del promedio histórico, mientras que para la segunda campaña todas las estaciones mostraron valores notablemente inferiores al promedio histórico. Los datos de la turbiedad muestran una gran variabilidad y por lo tanto no se tiene aún una línea base sobre este parámetro. Hay una gran diferencia en los valores de la turbiedad entre las corrientes estudiadas. Para el año 2009 los resultados de turbiedad varían entre 3.2 y 2560 NTU. Se observa una correlación directa entre la turbiedad y el caudal que se explica por el mayor arrastre y carga de materia en suspensión. Se podría distinguir entre aumentos de caudal por aporte de aguas limpias y aporte de aguas turbias tipo avalanchas o deslizamientos de lodo. Esta variable es muy importante para el monitoreo rápido y confiable de las variaciones de la calidad fisicoquímica del agua y principalmente puede indicar la ocurrencia de fenómenos como inundaciones, deslizamientos de tierra y avalanchas. Los valores de CV son altos y muestran que no se puede establecer la línea base con los datos actuales debido a la dispersión de los mismos. De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, artículo 39, el límite admisible para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico es 10 Unidades Jackson de Turbiedad (UJT) que equivalen a 190 UTN (las unidades usuales actuales y en las cuales el IDEAM reporta los resultados. En las dos campañas del 2009 hay nueve estaciones que no cumplirían con esta normatividad, principalmente por los valores mostrados para la campaña 2009A.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Los resultados para el año 2009 muestran que para la primera campaña la mayoría de las estaciones mostraron valores mayores o similares (de la misma magnitud) al promedio histórico de la estación, mientras que para la segunda campaña 21 estaciones mostraron valores notablemente inferiores a la primera campaña y 25 estaciones mostraron valores notablemente menores al promedio histórico, la excepción fue la estación Angostura. Los resultados en este año para la estación Puente Avispero del Río Suaza regresan a los valores “normales” de los años 2006 y 2007 ya que los resultados para 2008B en esta estación mostraron un valor totalmente diferente de lo que podría ser la línea base. Los valores de CV son altos y muestran que no se puede establecer la línea base con los datos actuales por la gran

dispersión de los mismos. Se confirma con los datos analizados, que existe una correlación directa entre los niveles de SST, la turbiedad y el caudal.

SÓLIDOS TOTALES

Los resultados para el año 2009 muestran que los datos obtenidos para las dos campañas son en general comparables, con la excepción de ocho estaciones en siete de las cuales el valor más alto corresponde a la primera campaña y solamente en la estación Angostura el valor mayor corresponde a la segunda campaña. En general, encontramos valores bajos medios y altos para ST en las corrientes objeto de estudio. De acuerdo el CV hay una gran dispersión de los datos y por consiguiente no se puede establecer por ahora una línea base para este parámetro. El valor de los ST es afectado por la variación de los SST, los sólidos disueltos que a su vez son los responsables de la C.E., y por la mayor o menor dilución de la corriente debida a las variaciones del caudal.

AMONIO

Con los resultados para el año 2009 se confirma, luego de ocho campañas realizadas, que la especie química amonio parece no estar presente a los niveles de detección que maneja el laboratorio. De 198 datos obtenidos durante el estudio, únicamente un dato correspondiente a la campaña 2006B presentó un valor por encima (0.7 mg/L) del límite de detección y cuantificación del método; esto podría ser por la coincidencia del momento del muestreo con descargas orgánicas bastante recientes. Si se tiene en cuenta que en general se trata de aguas bien oxigenadas, esto sería una explicación para la no presencia del amonio que requiere condiciones reductoras y deficientes en oxígeno. Se podría decir que ya se tiene la línea base para este parámetro. De acuerdo con el decreto 1594 de 1984, el valor admisible para el amonio es de 1 mg/L para el caso de uso del recurso para tratamiento convencional para consumo humano.

NITRITO

Con los resultados para el año 2009 se confirma que en ocho estaciones hay valores de nitritos mayores al límite de detección del método de análisis químico, presentando para las ocho campañas entre uno y cinco datos positivos para nitritos. La estación Desembocadura Río Guachicos es la única que presenta los ocho datos para nitritos mayores que el límite de detección del método, pero son valores bajos. Se podría decir que para las 17 estaciones restantes ya se tendría una línea base para nitritos. Debido al poco número de datos no se puede conocer la variabilidad de este parámetro pero se conoce que el nivel de concentración para los nitritos en las corrientes estudiadas es considerablemente bajo. Se puede afirmar que no se tiene problemas de calidad en estas corrientes por presencia de nitritos. De acuerdo con el decreto 1594 de 1984, el límite o valor admisible para nitritos es de 1 mg/L para el caso de uso del recurso para tratamiento convencional para consumo humano. Una explicación para la no presencia de nitritos es lo ya expuesto para el caso del amonio, se trata de aguas bien oxigenadas lo cual permite la rápida oxidación de las especies químicas reducidas del nitrógeno.

NITRATO

Los resultados para el año 2009 confirman que los niveles de nitratos para las corrientes objeto de estudio son relativamente bajos; ningún valor para este parámetro se acerca al valor de criterio de calidad admisible según el decreto 1594 que es de 10 mg/L. Los valores obtenidos en las ocho campañas de monitoreo para nitratos son bajos pero tienen una alta variabilidad. No se puede tener seguridad aún de una línea base para este parámetro debido a la dispersión de los datos obtenidos. El promedio más alto se encontró en Puente Ricaurte - Páez (0,52 mg/L).

NITRÓGENO TOTAL

Los resultados para el año 2009 confirman que excepción de las estaciones San Agustín - Sombrerillos y Puente Fundadores - Guarapas, no se puede tener seguridad de una línea base para este parámetro debido a la dispersión de los datos obtenidos. Los valores obtenidos en las campañas de monitoreo, para nitrógeno total son relativamente bajos y tienen una alta variabilidad. Esta variable es importante cuando se quiere tener balance del nitrógeno como parte del ciclo del nitrógeno.

FOSFATOS

En general, los valores obtenidos son bajos y hay una variabilidad moderada en las estaciones que dieron mayor del límite de detección (<0.030) por lo cual no se puede aún establecer una línea base para dichas estaciones. Los resultados para el año 2009 confirman que hay 10 estaciones que han dado como resultado en cada una de las ocho campañas menor al límite de detección del método (0.030) y en consecuencia se podría asumir ya una línea base confiable. En el decreto 1594 de 1984 no existe criterio de calidad admisible para este parámetro. Tiene importancia debido a que por su función como nutriente favorece el crecimiento de algas, causando eutrofización. Se encuentra en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con la escorrentía agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras.

FÓSFORO TOTAL

Los resultados para el año 2009 confirman que los valores obtenidos para esta variable en general son bajos, con excepción de tres estaciones: las dos del Río Páez y Paso del Colegio en el Río Magdalena en las que se observan valores muy por encima de los promedios históricos de los años anteriores. La variabilidad es alta teniendo en cuenta los valores de CV obtenidos; por consiguiente, no se tiene una línea base para este parámetro.

COLIFORMES FECALES

Los resultados para el año 2009 confirman la gran variabilidad de los datos y no se observa con facilidad alguna correlación con las variaciones de caudal. Los valores de CV indican que en todas las estaciones se presenta una alta variabilidad de los resultados para este parámetro y por lo tanto no se dispone todavía de

una línea base. Se confirma que teniendo en cuenta el promedio de los ocho monitoreos, las estaciones Puente Guillermo Plazas y Puente Fundadores sobre el río Guarapas y San Marcos en el Suaza serían las únicas que cumplirían con lo dispuesto en el Decreto 1594 (2000 como NMP) de coliformes fecales. Para otras estaciones hay resultados puntuales que cumplen con el decreto pero la dificultad es que se tratan precisamente de datos puntuales, es decir para unas condiciones particulares que se dieron en ese momento. Los resultados son un reflejo de la situación general del país en lo referente a la calidad bacteriológica de las aguas superficiales.

COLIFORMES TOTALES

Los resultados para el año 2009 confirman la gran variabilidad de los datos para esta variable. Los valores de CV indican que en todas las estaciones se presenta una alta variabilidad de los resultados y por lo tanto no se dispone de una línea base. Teniendo en cuenta el promedio de todos los monitoreos realizados, hay seis estaciones, que cumplirían con lo dispuesto en el Decreto 1594 (20000 como NMP). Nuevamente, al igual que para los coniformes fecales, los resultados son un reflejo de la situación general del país en lo referente a la calidad bacteriológica de las aguas superficiales.

SULFATO

Los resultados para el año 2009 muestran que 20 estaciones ya tendrían definida una línea base ya que los ocho datos son menores del límite de detección del método (3 mg/L). Sería conveniente tener otros datos para confirmar que esta sea la línea base. Para las seis estaciones que presentaron valores superiores al límite de detección, la variabilidad es alta, de acuerdo con los valores obtenidos para el CV. El valor admisible de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 1594 es de 400 mg/L, valor que está muy por encima de los valores observados hasta el momento en todas las estaciones.

HIDROCARBUROS

Los resultados para el año 2009 confirman que los valores obtenidos para esta variable son bajos. No se tienen datos suficientes para un análisis estadístico de este parámetro. Los resultados muestran valores por debajo del límite de detección del método o muy cercanos a este.

MERCURIO TOTAL EN SEDIMENTOS

Partiendo de la base de la baja disponibilidad de datos hasta ahora, no se puede establecer línea base por datos insuficientes y la interpretación de los datos obtenidos hasta el momento es limitada. Los resultados para el año 2009 confirman que en cuatro de las 11 estaciones se ha detectado por lo menos en una ocasión valores cuantificables de mercurio en los sedimentos. De acuerdo con los resultados obtenidos se tendría algún indicio de posible presencia de mercurio para las estaciones Río Páez, Ricaurte, Hacienda Venecia – Yaguará y para el Río Magdalena en las estaciones Puente Balseadero y Vichécito. No se ha detectado mercurio en los otros siete sitios monitoreados. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados.

CADMIO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

Los resultados para el año 2009 muestran que los niveles de cadmio en sedimentos son comparables con los datos de los años anteriores pero aún no se puede establecer una línea base por datos insuficientes. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Todos los datos obtenidos para este parámetro son comparables en magnitud y se nota aumento en los niveles de este metal para las campañas del 2009 con respecto a los años anteriores, principalmente comparando con la campaña 2009B. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 0.35 mg/L y 1.80 mg/L.

CROMO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

Los resultados para el año 2009 confirman que en general se tienen datos homogéneos o moderadamente dispersos. No se puede establecer línea base por datos insuficientes. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Los datos obtenidos hasta ahora, son consistentes entre si y bastante comparables en magnitud. Los resultados obtenidos hasta ahora se encuentran entre 1.7 mg/L y 5.7 mg/L.

COBRE BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Los resultados para el año 2009 y todos los datos obtenidos muestran en general, una tendencia hacia una baja dispersión. No es recomendable hacer comparación entre si de los pocos datos disponibles ni se puede hacer un tratamiento estadísticamente válido de estos datos. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 4.9 mg/L y 22.0 mg/L.

NIQUEL BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos obtenidos muestran una buena homogeneidad de sus valores. No es adecuado discutir sobre los valores obtenidos ni mucho menos emitir conclusiones, por ahora. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 2.0 mg/L y 6.0 mg/L.

PLOMO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos disponibles muestran una buena homogeneidad de sus valores. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 3.7 mg/L y 24.5 mg/L.

ZINC BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos disponibles muestran una buena homogeneidad de sus valores. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 13.0 mg/L y 48.0 mg/L.

ALUMINIO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos disponibles muestran una buena homogeneidad de sus valores. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 1400 mg/L y 3900 mg/L.

HIERRO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos disponibles muestran una buena homogeneidad de sus valores. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 1200 mg/L y 9000 mg/L.

MANGANESO BIODISPONIBLE EN SEDIMENTOS

No se puede establecer línea base por datos insuficientes. Los resultados para el año 2009 y todos los datos disponibles muestran una buena homogeneidad de sus valores aunque un poco menor que para los otros metales presentados anteriormente. No existe normatividad contra la cual se puedan comparar los resultados. Las estaciones monitoreadas presentaron valores entre 81 mg/L y 537 mg/L.

ICAg

En términos del ICAg se observa de la primera a la segunda campaña una notable mejoría de la calidad, ya que en junio encontramos cuatro estaciones con descriptor MALO mientras que en septiembre ninguna estación se encuentra en esta categoría. Por otra parte, en junio hay dos estaciones con descriptor BUENO mientras que en septiembre encontramos diez estaciones en ésta categoría, siendo esta la campaña con mayor número de estaciones en la categoría BUENO entre las ocho campañas de monitoreo efectuadas hasta ahora. En todas las ocho campañas, el mayor número de estaciones cae en la categoría MEDIO. En general los valores obtenidos muestran una moderada variabilidad con excepción de la estación Puente Ricaurte - Páez que presenta una alta variabilidad de resultados, el CV es 40. Los valores para el ICA varían ampliamente entre 0.20 y 0.81.

DESCRIPTOR ICA

Teniendo en cuenta los resultados del año 2009 y haciendo un consolidado o balance para las ocho campañas se obtiene un descriptor muy general que se presenta en la Tabla 36. El descriptor ICA muestra las grandes tendencias para cada estación de monitoreo. Haciendo un balance con las ocho campañas realizadas entre 2006 y 2009, se puede observar que hay dos estaciones con calificación BUENO: La Magdalena y la Esperanza, una estación entre MEDIO y BUENO: Puente Guillermo Plazas, una estación con calificación entre MEDIO y MALO: Puente Ricaurte – Páez, y 22 estaciones con calificación MEDIO.

4.5 CONCLUSIONES

- ✓ Se ha cumplido el objetivo del Convenio Específico 005 DE 2009 suscrito entre la CAM y el IDEAM para dar continuidad al monitoreo de la calidad y cantidad de aguas superficiales a través de dos campañas de monitoreo en 26 estaciones ubicadas en el Río Magdalena y sus principales afluentes. Esto ha sido posible mediante el diseño y ejecución de una Plan Operativo y específicamente a través de una serie de actividades y de un trabajo convenientemente planeado y ejecutado en forma estricta, acorde con protocolos de muestreo y análisis. Como resultado se ha obtenido información ambiental primaria, necesaria e indispensable para el acercamiento al estado actual del recurso hídrico en la región del Alto Magdalena, en la jurisdicción de la CAM. Esta información consiste en el levantamiento de información hidrológica con el propósito específico de ser utilizada junto con la información de la calidad del agua, para la interpretación del estado del recurso y el conocimiento de los procesos de contaminación y los de remediación que se puedan implementar en un futuro, para las corrientes objeto de este estudio.
- ✓ En lo referente a la destinación del recurso hídrico objeto de estudio, de acuerdo con la información disponible resultante de estos monitoreos, se podría decir que en la parte alta del río Magdalena y en sus tributarios, la calidad del agua podría atender a los distintos usos del recurso, citados en el decreto 1594 de 1984. Vale la pena aclarar que de todas maneras para el uso en consumo humano es necesario realizar tratamiento convencional principalmente con el fin mejorar la calidad microbiológica a los niveles admisibles.
- ✓ De acuerdo con los resultados para el ICAg en las corrientes estudiadas, y con los valores para cada uno de los parámetros, se pueden calificar el recurso hídrico bajo monitoreo, entre buena y alta disponibilidad tanto por su cantidad como por la calidad.
- ✓ Ya se tiene una parte importante en el proceso de la construcción de la línea base del recurso. Cumplidas ocho campañas de monitoreo se puede establecer una línea base para algunos parámetros como AMONIO, NITRITOS, SULFATOS, O.D. y DBO, aunque no para todas las estaciones por lo menos para algunas o la mayoría de ellas según cada variable lo permita. Sin embargo, para la mayoría de variables monitoreadas, este proceso debería continuarse para tener una línea confiable para cada una de las variables seleccionadas y que se están estudiando desde

al año 2006. Se debe anotar que de todas maneras es necesario continuar con un seguimiento sobre la línea base que se establezca.

- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos hasta ahora, se tienen mejores criterios para tomar decisiones sobre las variables a considerar en los monitoreos futuros, es decir poder ajustar el proceso de acuerdo con las necesidades que impone el mismo comportamiento de cada variable y la información que cada una puede entregar.
- ✓ Teniendo en cuenta la alta variabilidad climática y en particular de los regímenes de lluvias, no es posible siempre clasificar y definir las campañas como épocas de aguas bajas y altas; mas bien es importante registrar adecuadamente y con precisión, las condiciones previas y en el momento del monitoreo para cada estación. El año 2009 presentó en este sentido una gran ventaja toda vez que permitió una marcada diferenciación de las dos campañas entre aguas altas (en junio) y aguas bajas (en septiembre) debido al inicio del fenómeno del niño que actualmente está en desarrollo.
- ✓ Respecto a los metales en sedimentos no se puede hacer un análisis de los resultados debido al bajo número de datos disponibles hasta ahora. De todas maneras los resultados obtenidos muestran valores normales de metales en sedimentos y los datos para cada metal en una estación son bastante comparables, es decir sin grandes diferencias. Esto se ha ratificado con las dos campañas de monitoreo del año 2009.
- ✓ De acuerdo con los datos obtenidos para el 2009, se corroboran los resultados de los años anteriores, en lo referente a los coliformes fecales y totales, pero aunque la condición de alta contaminación microbiológica se debe tener en cuenta, no es una desventaja particular de las corrientes aquí estudiadas, sino un problema general de las aguas superficiales en el país. Por otra parte, se debe señalar que este tipo de contaminación se puede remediar con el tratamiento de desinfección del agua mediante alguno de los métodos convencionales.
- ✓ Finalmente, es necesario indicar que este tipo de estudios son de gran importancia ya que salvo algunos casos de excepción, el país no cuenta con este tipo de información sistemática y confiable para las escalas regionales y locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundamentos de Hidrología General. IDEAM. 2002
- PARDO OJEDA, F. A., Diagramas de estaciones - red de alertas. IDEAM, 2004.
- PARDO OJEDA, F. A., Estudio hidrológico básico para la red de alertas (documento en proceso). IDEAM, 2006-2007

- PARDO OJEDA, F. A., Estudio hidrológico para cotas críticas - estaciones HYDRAS-, (documento en proceso). IDEAM, 2006-2007.
- Decreto 1594 de 1984 En cuanto a usos del agua y residuos líquidos., Ministerio de Salud
- FUNDACIÓN MAPFRE. 1994. Manual de Contaminación Ambiental. España.
- IDEAM, Índice de Calidad General en Corrientes Superficiales
- NALCO. (1989). Manual de Agua. Tomo 1. Mc. Graw-Hill Editores. 1ª. Edición
- RODIER, J. (1990). Análisis de las Aguas. Ediciones Omega. 2ª. Edición
- STOCKER, H.S. y SEAGER S.L., 1981.- Química Ambiental, Contaminación del Aire y del Agua, Ed. Blume, Barcelona, p. 259-298.
- U.S.EPA (Environmental Protection Agency), 1986.- Quality Criteria for Water. Office of Water Regulations and Standards, Criteria and Standard Division, Washington, D.C., 20460. EPA 440/5-86-001. (In Beak International Incorporated, 2002).