



ESTUDIO NACIONAL DEL agua 2010



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia



IDEAM

Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010



Bogotá D.C., diciembre de 2010

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

Presidente de la República

BEATRIZ ELENA URIBE BOTERO

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

SANDRA BESSUDO LION

Alta Consejera Presidencial para la Gestión Ambiental, la Biodiversidad y el Cambio Climático

CARLOS CASTAÑO URIBE

Viceministro de Ambiente

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

Director General

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

CAROLINA CHINCHILLA TORRES

Secretaria General

OMAR FRANCO TORRES

Subdirector de Hidrología

MARCELA SIERRA CUELLO

Grupo Comunicaciones – IDEAM

Edición

Omar Franco Torres

Martha García Herrán

Omar Vargas Martínez

Coordinación Técnica

Martha García Herrán

Omar Vargas Martínez

Fotografías portada

Fuente: IDEAM

Laguna Tabacal-La Vega;

Nevado del Cocuy. 2009. G. Saldarriaga

Bocatoma acueducto Girardot. 2010. C. Contreras

Vertimiento en el río Cali. 2010. C. Rosero

Inundación Río Magdalena. 2010. G. Sopó

Edición Cartográfica

Omar Jaramillo Rodríguez

Corrección de estilo

Margarita Mejía Umaña

Diseño, diagramación e impresión

Strategy Ltda.

Raquel Gualdrón Cantor

Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM

ISBN: 978-958-8067-32-2° Diciembre de 2010, Colombia

Cítese como: IDEAM, 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usado parcialmente citando la fuente.

Su reproducción total debe ser autorizada por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Impreso en Colombia - Printed in Colombia.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

Director General

CAROLINA CHINCHILLA TORRES

Secretaria General

CONSEJO DIRECTIVO

BEATRIZ URIBE BOTERO

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

GERMÁN CARDONA GUTIÉRREZ

Ministro de Transporte

HERNANDO JOSÉ GÓMEZ

Director Departamento Nacional de Planeación- DNP

JORGE BUSTAMANTE ROLDÁN

Director Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE

ADRIANA SOTO CARREÑO

Designada por la Presidencia de la República

LUIS ALFONSO ESCOBAR TRUJILLO

Director General de Corantioquia. Representante de las Corporaciones Autónomas Regionales

OSCAR JOSÉ MESA SÁNCHEZ

Representante del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CAROLINA CHINCHILLA TORRES

Secretaría Técnica del Consejo

DIRECTIVAS

OMAR FRANCO TORRES

Subdirector de Hidrología

ERNESTO RANGEL MANTILLA

Subdirector de Meteorología

MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ

Jefe Oficina Servicio de Pronóstico
y Alertas

FERNEY BAQUERO FIGUEREDO

Jefe Oficina Asesora Jurídica

MARTHA DUARTE ORTEGA

Jefe Oficina de Control Interno (E)

LUZ MARINA ARÉVALO SÁNCHEZ

Subdirectora de Ecosistemas e
Información Ambiental

MARGARITA GUTIÉRREZ ARIAS

Subdirectora de Estudios Ambientales

JORGE FERNANDO BEJARANO LOBO

Jefe de la Oficina de Informática

LILIANA MALAMBO MARTÍNEZ

Jefe Oficina Asesora de Planeación

MARCELA SIERRA CUELLO

Coordinadora Grupo de Comunicaciones

COLABORADORES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Subdirección de Meteorología: Franklin Ruiz; Subdirección de Hidrología: Claudia Contreras, Fernando Ruiz, Fabio Bernal, Martha Patricia García, Yuleth Coronado, Hugo Cañas, Juan Gabriel Osorio y Martha Aldana; Subdirección de Ecosistemas: José Ville Triana y Patricia León.

Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.

Grupo de Recurso Hídrico: Coordinadora Claudia Arias, Leonardo Niño, Jorge Acosta, Mauricio Bayona; Grupo de Análisis Económico: Coordinador Miguel Mendoza y Marcela García.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR. Dirección de Política Sectorial: Hugo López; Corporación Colombia Internacional - CCI: Luis Eduardo Díaz, Libia Esperanza Peñuela.

Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME.

Subdirector de información: Enrique Garzón, Haider Enrique Amaranto y Jairo Riaño.

Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito - UNODC.

Proyecto SIMCI: Coordinador Leonardo Correa, Alfonso Zuluaga y Ana Elsy Donato.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Dirección de síntesis y cuentas nacionales: Jorge Enrique Centanaro; Dirección de producción estadística: Flor Sofía Roa; Dirección de Metodología y Producción Estadística: Luis Miguel Suárez y Carlos Manuel Vélez.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD.

Dirección Técnica de Acueducto y Alcantarillado: Diego Martín Castillo.

Asociación Colombiana de Porcicultores - PORCICOL.

Gestión de información: Coordinador Fredy A. González.

Federación Nacional de Avicultores de Colombia - FENAVI. Grupo cadena del pollo: Andrea Barón.

Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ. División e investigaciones económicas: José Luis Levi.

Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER.

Subdirección de Adecuación de tierras: Ricardo Sánchez y Diego Francisco Zubieta.

Universidad Central. Facultad de Ingeniería Ambiental: Rodrigo Marín.

Pasantes Diego Fernando Motavita y Liliana Rodríguez.

Centro Andino para la Economía del Medio Ambiente - CAEMA. Juan Carlos Caycedo, María Teresa Rojas.

Información Hidrometeorológica. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB; Corporación Autónoma y Regional del Valle del Cauca, CVC; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR; y Empresas Públicas de Medellín, EPM.

Información de uso de agua subterránea. Autoridades ambientales: Unidad Administrativa de Parques Nacionales Naturales, Corpoguvio, CAS, Corpamag, Cortolima, Corporinoquia, Carder, Damab, Dagma, CRQ, CAR, CRC, CRA, CSB, CVC, Cornare, AMVA, Coralina, Corponor, Corpocesar, Corpogujira, Cardique, CVS, Corpoamazonia y CDA.

Información de cuerpos de agua lénticos. Autoridades ambientales: CAR, Corpamag, Corpocaldas, Corpocesar, Corpoguvio, Cortolima y CVS.

AUTORES

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

Subdirección de Hidrología

Omar Franco Torres

Martha García Herrán

Nelson Omar Vargas Martínez

Félix Darío Sánchez Lancheros

Carmenza González Ramírez

Gabriel Saldarriaga Orozco

César Rodríguez Navarrete

Luz Consuelo Orjuela Orjuela

Mauricio Bedoya S.

Omar Jaramillo Rodríguez

Nelsy Verdugo Rodríguez

Hernando Wilches Suárez

Andrea Piñeros Botero

INDICE GENERAL

PRÓLOGO	17
INTRODUCCIÓN	19
SIGLAS	21
ÍNDICE DE FIGURAS	25
ÍNDICE DE TABLAS	32

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1. El ciclo hidrológico: modelo conceptual del ENA 2010	36
1.2. Enfoque de componentes temáticos	39

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Información para el ENA 2010	46
2.1.1. Sistema de Información Ambiental para Colombia, SIAC	46
2.1.1.1. <i>Sistema de Información Ambiental, SIA</i>	46
2.1.1.2. <i>Sistema de observación y monitoreo</i>	47
2.1.2. Sistema Estadístico Nacional	48
2.2. Unidades de análisis para el ENA 2010	48
2.3. Modelamiento espacial	51

CAPÍTULO 3

AGUA SUPERFICIAL

Caracterización y análisis de la oferta

3.1. Conceptualización y dimensionamiento de la oferta hídrica superficial	54
3.1.1. Conceptualización de la oferta hídrica en el marco del Estudio Nacional del Agua	54
3.1.1.1. <i>Ciclo hidrológico</i>	55
3.1.1.2. <i>Balance hídrico</i>	56
3.1.1.3. <i>Oferta hídrica superficial</i>	56
3.1.1.4. <i>Oferta hídrica superficial disponible</i>	57
3.1.1.5. <i>Caudal ecológico y ambiental</i>	57

3.1.2.	Elementos conceptuales para el análisis e interpretación de los cuerpos de agua lénticos	57
3.1.3.	Indicadores que caracterizan el régimen hídrico	59
3.1.3.1.	<i>Índice de retención y regulación hídrica, IRH</i>	59
3.1.3.2.	<i>Índice de aridez</i>	60
3.2.	Marco metodológico	60
3.2.1.	Cartografía básica utilizada para la estimación de la oferta hídrica superficial	62
3.2.2.	Información para la caracterización y estimación de la oferta hídrica superficial	62
3.2.3.	Unidades espaciales de análisis	62
3.2.4.	Unidades temporales de análisis	62
3.2.5.	Verificación y análisis de información	63
3.2.6.	Identificación y características de ciénagas, lagunas, pantanos y embalses	64
3.3.	Características del régimen y estimación de la oferta hídrica superficial en Colombia	65
3.3.1.	Características del régimen hídrico: indicadores de aridez y de regulación hídrica	65
3.3.2.	Estimación de la oferta hídrica superficial en Colombia	69
3.3.2.1.	<i>Comportamiento de la escorrentía y rendimiento hídrico a nivel nacional</i>	69
3.3.2.2.	<i>Oferta hídrica superficial en áreas hidrográficas</i>	75
3.3.3.	Oferta hídrica en fuentes que abastecen acueductos de las cabeceras municipales	86
3.3.4.	Oferta hídrica natural disponible	89
3.3.5.	Distribución de los cuerpos de agua lénticos en Colombia	89
3.3.5.1.	<i>Consolidado nacional</i>	92
3.3.5.2.	<i>Humedales por áreas hidrográficas</i>	98

CAPÍTULO 4

OFERTA Y USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN COLOMBIA

4.1.	Consideraciones conceptuales	112
4.1.1.	Provincias hidrogeológicas	112
4.1.2.	Rendimiento específico	115
4.1.3.	Reservas de agua subterránea	117
4.2.	Aspectos metodológicos	118
4.2.1.	Unidades de análisis	118
4.2.2.	Procedimiento metodológico	119
4.3.	Presencia y distribución del agua subterránea en Colombia	119
4.3.1.	Provincia hidrogeológica de Caguán-Putumayo	120

4.3.1.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	120
4.3.1.2.	<i>Ambiente geológico</i>	120
4.3.2.	Provincia hidrogeológica de Catatumbo	123
4.3.2.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	123
4.3.2.2.	<i>Ambiente geológico</i>	124
4.3.3.	Provincia hidrogeológica de Cauca-Patía	126
4.3.3.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	126
4.3.3.2.	<i>Ambiente geológico</i>	126
4.3.4.	Provincia hidrogeológica de Cesar-Ranchería	129
4.3.4.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	129
4.3.4.2.	<i>Ambiente geológico</i>	129
4.3.5.	Provincia hidrogeológica de Chocó	132
4.3.5.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	132
4.3.5.2.	<i>Ambiente geológico</i>	132
4.3.6.	Provincia hidrogeológica de Cordillera Oriental	133
4.3.6.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	133
4.3.6.2.	<i>Ambiente geológico</i>	133
4.3.7.	Provincia hidrogeológica de La Guajira	136
4.3.7.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	136
4.3.7.2.	<i>Ambiente geológico</i>	136
4.3.8.	Provincia hidrogeológica de la isla de San Andrés y Providencia	138
4.3.8.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	138
4.3.8.2.	<i>Ambiente geológico</i>	138
4.3.8.3.	<i>Potencial del recurso hídrico aprovechable en la isla de San Andrés</i>	140
4.3.9.	Provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales	141
4.3.9.1	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	141
4.3.9.2.	<i>Ambiente geológico</i>	142
4.3.10.	Provincia hidrogeológica de Sinú-San Jacinto	144
4.3.10.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	144
4.3.10.2.	<i>Ambiente geológico</i>	144
4.3.11.	Provincia hidrogeológica de Tumaco	146
4.3.11.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	146
4.3.11.2.	<i>Ambiente geológico</i>	146
4.3.12.	Provincia hidrogeológica de Urabá	148
4.3.12.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	148
4.3.12.2.	<i>Ambiente geológico</i>	148
4.3.13.	Provincia hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena	150
4.3.13.1.	<i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	150
4.3.13.2.	<i>Ambiente geológico</i>	150

4.3.14. Provincia hidrogeológica del Valle Bajo del Magdalena	153
4.3.14.1. <i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	153
4.3.14.2. <i>Ambiente geológico</i>	153
4.3.15. Provincia hidrogeológica del Valle Medio del Magdalena	156
4.3.15.1. <i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	156
4.3.15.2. <i>Ambiente geológico</i>	156
4.3.16. Provincia hidrogeológica de Vaupés-Amazonas	158
4.3.16.1. <i>Localización geográfica y límites geológicos</i>	158
4.3.16.2. <i>Ambiente geológico</i>	158
4.4. Reservas de agua subterránea en Colombia	161
4.5. Uso del agua subterránea	164
4.6. Conclusiones y recomendaciones	166

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial

12

5.1. Conceptualización de la demanda hídrica en el marco del Estudio Nacional del Agua	171
5.2. Resultados alcanzados en la estimación de la demanda hídrica sectorial	175
5.2.1. Demanda hídrica total nacional	175
5.2.2. Demanda hídrica en el sector agrícola	178
5.2.2.1. <i>Premisas de cálculo</i>	178
5.2.2.2. <i>Unidades de observación</i>	180
5.2.2.3. <i>Variables de cálculo</i>	180
5.2.2.4. <i>Resultados estimados de demanda hídrica en el sector agrícola</i>	181
5.2.3. Demanda hídrica en el sector pecuario	196
5.2.3.1. <i>Resultados estimación demanda hídrica en el sector pecuario</i>	197
5.2.3.2. <i>Demanda hídrica pecuaria según población animal</i>	197
5.2.4. Demanda hídrica en sistemas de producción acuícola	203
5.2.4.1. <i>Unidades de observación</i>	203
5.2.4.2. <i>Premisas de cálculo en piscicultura</i>	203
5.2.4.3. <i>Resultados de estimación de la demanda hídrica en actividades de acuicultura</i>	204
5.2.5. Uso del agua en consumo humano o doméstico	208
5.2.5.1. <i>Fuentes de información</i>	208
5.2.5.2. <i>Premisas de cálculo</i>	208
5.2.5.3. <i>Resultados estimación demanda hídrica para uso doméstico</i>	211
5.2.6. Uso del agua en el sector industrial	214

5.2.6.1.	<i>Unidades de observación en industria</i>	214
5.2.6.2.	<i>Premisas de cálculo y criterios metodológicos de la demanda hídrica en la industria</i>	214
5.2.6.3.	<i>Resultados de estimación de demanda hídrica en la industria</i>	215
5.2.7.	Uso del agua en el sector de servicios	220
5.2.7.1.	<i>Premisas de cálculo y criterios metodológicos</i>	220
5.2.7.2.	<i>Resultados de estimación de la demanda hídrica en servicios</i>	221
5.2.8.	Demanda hídrica en el sector energía	223
5.2.8.1.	<i>Unidades de observación</i>	223
5.2.8.2.	<i>Premisas de cálculo</i>	223
5.2.8.3.	<i>Resultados de estimación de demanda hídrica en el sector de energía</i>	225
5.2.9.	Resultados de la estimación del caudal ambiental	226
5.3.	Conclusiones	227

CAPÍTULO 6

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN COLOMBIA

6.1.	Elementos conceptuales e indicadores para la evaluación de la calidad del agua superficial	231
6.1.1.	El índice de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como indicativo de presión por contaminación	233
6.1.2.	El índice de calidad de agua (ICA) como indicativo de las condiciones de calidad en las corrientes	234
6.2.	Marco metodológico	235
6.2.1.	Información sectorial para las estimaciones de presión por carga contaminante	236
6.2.2.	Proceso metodológico para estimación de cargas a partir de información secundaria	237
6.2.3.	Inventario y análisis de vertimientos	240
6.2.4.	Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)	241
6.2.5.	Índice de calidad del agua (ICA)	243
6.2.6.	Contaminantes específicos	243
6.3.	Análisis de resultados	244
6.3.1.	Análisis de presiones sobre la calidad de agua en los sistemas hídricos por DBO, DQO, SST, NT y PT	244
6.3.2.	Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)	250
6.3.3.	Análisis inferencial sobre el sector industrial a partir de la muestra consultada	254
6.3.4.	Uso de mercurio en beneficio de oro y plata	254

6.3.5.	Uso de agroquímicos en el sector agrícola	254
6.3.6.	Uso de químicos en el cultivo y transformación de la coca	256
6.3.7.	Calidad de agua superficial en puntos de referencia	259
6.3.7.1.	<i>Índice de calidad del agua 2009</i>	259
6.3.7.2.	<i>Otras variables de calidad</i>	263
6.4.	Comportamiento general y rendimiento medio diario de los sedimentos en las distintas áreas hidrográficas	266
6.4.1.	Área hidrográfica Magdalena-Cauca	268
6.4.1.1.	<i>Zona hidrográfica del Alto Magdalena</i>	269
6.4.1.2.	<i>Zona del Medio Magdalena</i>	269
6.4.1.3.	<i>Zona del Bajo Magdalena</i>	270
6.4.1.4.	<i>Zona hidrográfica del Cauca</i>	271
6.4.2.	Área hidrográfica del Caribe	273
6.4.3.	Área hidrográfica del Orinoco	273
6.4.3.1.	<i>Zona hidrográfica del río Meta</i>	273
6.4.3.2.	<i>Zona hidrográfica del río Arauca</i>	274
6.4.4.	Área hidrográfica del Pacífico	275
6.4.4.1.	<i>Zona hidrográfica del río San Juan</i>	275
6.4.4.2.	<i>Zona hidrográfica del río Patía</i>	276
6.4.5.	Área hidrográfica del Amazonas	276
6.4.5.1.	<i>Zona hidrográfica del río Putumayo</i>	276
6.4.6.	Rendimiento medio diario de sedimentos	277

CAPÍTULO 7

ALTERACIONES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y DE LA OFERTA HÍDRICA POR VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

7.1.	Variabilidad climática y el recurso hídrico en Colombia	282
7.1.1.	El fenómeno ENSO: El Niño y La Niña	283
7.1.2.	Índices macroclimáticos relacionados con el ENSO	285
7.1.2.1.	<i>Generalidades</i>	285
7.1.2.2.	<i>Consenso de los diferentes índices para clasificación según intensidad de las fases del ENSO</i>	286
7.1.3.	El ENSO y la hidroclimatología colombiana	286
7.1.3.1.	<i>Ciclos anuales promedio de caudal para años El Niño, La Niña y normal</i>	287
7.1.3.2.	<i>Análisis de anomalías promedio sobre caudales para eventos de El Niño en el trimestre diciembre-enero-febrero</i>	287
7.1.3.3.	<i>Análisis de anomalías promedio sobre caudales para eventos de La Niña en el trimestre septiembre-octubre-noviembre</i>	290

7.1.4.	Impactos sobre los niveles de los principales ríos de Colombia durante el evento de El Niño 2009-2010	293
7.1.4.1.	<i>Datos y aspectos metodológicos</i>	293
7.1.4.2.	<i>Impacto en los niveles de los ríos por El Niño 2009-2010</i>	293
7.1.4.3.	<i>Efectos de El Niño 2009-2010 sobre los niveles de los ríos colombianos, en relación con eventos anteriores</i>	296
7.1.5.	Impactos del evento de La Niña 2010 sobre los niveles de los principales ríos de Colombia	299
7.2.	Vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el cambio climático	302
7.2.1.	Los recursos hídricos en el contexto del cambio climático	303
7.2.2.	Dinamizantes de la oferta hídrica y cambios futuros	303
7.2.3.	Incertidumbre en los impactos del cambio climático sobre el recurso hídrico	304
7.2.4.	Aspectos metodológicos	305
7.2.4.1.	<i>Metodología implementada</i>	305
7.2.4.2.	<i>Información utilizada</i>	308
7.2.5.	Resultados	308
7.2.5.1.	<i>Cambios promedio en precipitación y temperatura bajo escenarios de cambio climático en Colombia, por subzona hidrológica</i>	309
7.2.5.2.	<i>Ensamble multiescenario</i>	310
7.2.5.3.	<i>Afectación sobre la escorrentía promedio anual en las principales subzonas hidrológicas por efectos del cambio climático</i>	312
7.3.	Conclusiones	316
7.3.1.	Fenómeno ENSO: El Niño y La Niña	316
7.3.2.	Cambio climático y recurso hídrico en Colombia	318

CAPÍTULO 8

ESTADO Y DINÁMICA DEL AGUA EN ÁREAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA Análisis integrado e indicadores hídricos

8.1.	Indicadores de referencia	322
8.1.1.	Índice de aridez (IA)	322
8.1.2.	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	323
8.1.3.	Índice de uso del agua (IUA)	323
8.1.4.	Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)	329
8.1.5.	Índice de calidad de agua (ICA)	334
8.1.6.	Índice de alteración potencial de la calidad (IACAL)	335
8.2.	Metodología para el análisis integral del estado y la dinámica del agua por área hidrográfica	336

8.3.	Proyecciones de la demanda hídrica sectorial a 2019	336
8.3.1.	Proyección de la demanda hídrica en el sector pecuario y acuícola	338
8.3.2.	Proyección de la demanda hídrica en el sector Industrial	341
8.3.3.	Proyección de la demanda hídrica en el sector de servicios	342
8.3.4.	Proyección de la demanda hídrica en el sector de uso doméstico	344
8.3.5.	Proyección de la demanda hídrica en el sector de energía	345
8.3.6.	Proyección de la demanda hídrica en el sector de agricultura	346
8.4.	Análisis de resultados del ENA 2010 por área hidrográfica	350
8.4.1.	Área hidrográfica del Caribe	350
8.4.2.	Área hidrográfica Magdalena-Cauca	351
8.4.3.	Área hidrográfica del Pacífico	355
8.4.4.	Área hidrográfica de la Orinoquía	356
8.4.5.	Área hidrográfica de la Amazonía	357
8.5.	Consideraciones finales	358
a)	Planificación hídrica y ordenamiento del uso del recurso	358
b)	Sistemas de observación y monitoreo de las principales variables hidrológicas y ambientales	359
c)	Sistema de información	359
d)	Investigación	360
e)	Riesgo asociado con la hidrológica y recurso hídrico	361
ANEXO 1		363
OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS EN 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS PARA CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS Y SECAS		
ANEXO 2		373
OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS PARA UNIDADES HÍDRICAS FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE CABECERAS MUNICIPALES PARA CONDICIONES HIDROLÓGICAS MEDIAS Y SECAS		
BIBLIOGRAFÍA		409

PRÓLOGO

El Ideam desde sus inicios, en el año 1994, ha reportado datos, información y conocimiento sobre el estado y dinámica de las aguas en Colombia y particularmente ha sintetizado ese conocimiento en los Estudios Nacionales del Agua divulgados en los años 1998, 2000, 2004 y 2008. El propósito de estos estudios es determinar la situación actual y posibles escenarios futuros del agua en Colombia en sus componentes de oferta, demanda, calidad, disponibilidad y riesgo hidrológico a partir de sus características, dinámica e interacciones con el medio natural y con la sociedad.

La publicación del actual Estudio Nacional del Agua (ENA 2010) actualiza y recoge el acervo de experiencia y conocimiento de ejercicios anteriores ampliando su alcance y cobertura con base en refinamientos conceptuales y metodológicos que se adecuan a los ejes, estrategias y premisas de la Política para la Gestión Integrada de Recurso Hídrico promulgada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT en marzo de 2010. La información y resultados se presentan en las unidades hidrográficas (áreas, zonas y subzonas hidrográficas) del recientemente publicado Mapa de la Red Hidrográfica de Colombia con la respectiva zonificación por cuencas a escala 1:1.500.000. Adicionalmente, el ENA 2010 recoge y analiza los eventos hidrológicos extremos que determinaron la emergencia nacional por inundaciones a finales del año.

Es pertinente resaltar la participación y compromiso de los profesionales que en su calidad de autores asumieron la responsabilidad de generar los resultados temáticos de este estudio desde la Subdirección de Hidrología del Ideam. Asimismo, han sido determinantes para esta publicación los aportes de colaboradores de otras subdirecciones del Ideam, MAVDT y otras instituciones o entidades que proveyeron información estadística o compartieron sus opiniones y convicciones intelectuales para fortalecer los debates, talleres y reuniones técnicas que se organizaron con el propósito de fortalecer los resultados del estudio.

De esta manera, el Ideam entrega al país un documento de referencia nacional con alta relevancia para la gestión del agua en Colombia. Los productos presentados en textos, tablas de datos, gráficas y mapas donde se espacializan las variables e indicadores hídricos, constituyen sin duda una fuente de información básica y esencial para las instituciones, los sectores y los usuarios que quieran disponer para sus desarrollos de información rigurosamente procesada, sistematizada, analizada e interpretada sobre la oferta, demanda, calidad y afectaciones por variabilidad y cambio climático de las aguas superficiales y subterráneas en Colombia.

Ricardo José Lozano Picón
Director General
IDEAM

INTRODUCCIÓN

El presente Estudio Nacional del Agua 2010, llamado de aquí en adelante ENA 2010, muestra los resultados de la evaluación del agua en Colombia, y la dinámica y situación actual del recurso hídrico; abarca las temáticas de oferta superficial y subterránea, uso y demanda, condiciones de calidad, y las afectaciones al régimen hidrológico por variabilidad y cambio climático.

Anterior a este estudio, en los años 1998, 2000, 2004 y 2008 se generaron documentos con el mismo propósito, en los que se actualiza cada vez la información, para ofrecer a las instituciones y a los sectores económicos resultados que satisfagan sus necesidades para la toma de decisiones y la creación de escenarios de planificación.

En esta oportunidad, el ENA 2010 se enmarca en los lineamientos de la Política para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, generada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), publicada y difundida en el 2010. El presente estudio se realizó con el concurso de expertos temáticos y funcionarios de la Subdirección de Hidrología que conformaron un equipo interdisciplinario e integral en el Ideam. Adicionalmente, se convocó a varios foros y paneles de trabajo con vínculo académico y científico o que forman parte de entidades generadoras y gestoras de información, en busca de un resultado óptimo, que se refleja en el soporte conceptual y metodológico, y en la exhaustiva validación de la información utilizada.

El ENA 2010 analiza el estado de las unidades hidrográficas de Colombia mediante el estado más detallado de las, 5 áreas, 41 zonas y 309 subzonas hidrográficas. Esta delimitación es privilegiada en el esquema de ordenación de cuencas que prefigura la Política Hídrica Nacional. Esta innovación permite dar trazabilidad y sostenibilidad a los resultados para futuras actualizaciones.

Desde el punto de vista de los contenidos, el documento se ha dividido en ocho capítulos, que sintetizan e integran los resultados para la gestión del agua en Colombia. El primer capítulo consolida el marco conceptual sobre el cual gravita el estudio. El segundo capítulo presenta el marco metodológico de manera ilustrada, que permite al lector un reconocimiento de los procedimientos y métodos utilizados en el desarrollo del estudio.

Un tercer capítulo abarca el tema de la oferta hídrica superficial, con innovaciones en cuanto al alcance y validación de la información hidrometeorológica del Ideam, que sirvió de referencia para la obtención de resultados. En este capítulo, se desarrollan indicadores de régimen natural, que se espacializan para una mayor comprensión de las variaciones espacio-temporales de la oferta, en condiciones medias, de año seco y de año húmedo, con base en variables de caudal

y rendimiento hídrico. Igualmente, se presentan las condiciones de oferta para cuencas abastecedoras de acueductos, lo cual puede resultar útil para autoridades ambientales y territoriales.

En el cuarto capítulo, se aborda el tema de aguas subterráneas, que parte de una propuesta de división en provincias hidrogeológicas. Estas provincias se caracterizan desde el punto de vista geológico e hidrogeológico, y se estiman sus reservas permanentes con base en el rendimiento específico. Adicionalmente, se incluye la información de uso reportada por las diferentes autoridades ambientales; hay que reconocer que estos datos deben ser considerados como aproximaciones importantes, pues no constituyen registros administrativos en el sentido estricto, además de que no cuentan con un registro histórico sistemático, salvo en el caso de CVC.

En el capítulo cinco, se sintetiza los resultados de la demanda hídrica para diferentes sectores que usan el agua de manera intensiva o extensiva (agrícola, pecuario, doméstico, industrial, servicios, hidroenergía y acuicultura). En este tema, se privilegia la cadena de consumo y consumo intermedio, y se amplían las unidades de observación, con soporte en operaciones estadísticas objetivas, confiables, oficiales y defendibles.

El sexto capítulo analiza la calidad del agua, que está soportado en las mediciones que se realizan desde la Red del Ideam y en la información de sectores económicos que recolectan datos de calidad del agua de manera sistemática. En este capítulo se desarrollan y espacializan indicadores de calidad del agua y de amenaza potencial por contaminación.

En el capítulo siete, se muestran resultados de modelación hidrológica para ilustrar los efectos hidrológicos de la variabilidad y cambio climático, con un énfasis especial en fenómenos climáticos extremos, como son El Niño y La Niña 2010. Este último evento excepcional ha causado una emergencia invernal de grandes proporciones e impactos socioeconómicos en diferentes regiones del país.

En el capítulo ocho, finalmente, se realiza una síntesis del estudio basada en un sistema de indicadores tanto de régimen natural como de intervención en las diferentes cuencas del país. Se resaltan las cuencas hidrográficas con mayor criticidad debido a muy altas presiones por utilización del agua; deficiencias en la retención-regulación hídrica; vulnerabilidad al desabastecimiento; y posibilidad de alteración potencial de la calidad del agua por altas cargas contaminantes. La lectura se realiza a nivel de subzonas, para atender las necesidades de planificación a nivel nacional y regional. Este capítulo se cierra con unas consideraciones acordes con el marco de la política hídrica del país.

De esta manera, se entrega al país un documento con alto valor agregado, soportado en conceptos y metodologías replicables con bases de datos alfanuméricas y espaciales sistematizadas, que forman parte del acervo de información procesada del Ideam e integrada al Sistema de Información del Recurso Hídrico que forma parte del Sistema de Información Ambiental SIAC.

SIGLAS

AICA	Area Importante para la Conservación de las Aves
AMVA	Area Metropolitana del Valle de Aburrá
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
AR4	Fourth assessment report (en español, Cuarto Informe de Evaluación).
AUGURA	Asociación de Bananeros de Colombia
CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CAR	Corporación Autónoma Regional
CCI	Corporación Colombia Internacional
CDA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
CESCR	Pacto sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales (por su sigla en inglés)
CIEM	Centro de incubación y especies menores
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
Coralina	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
CORNARE	Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare
CORPAMAG	Corporación Autónoma del Magdalena
Corpoamazonía	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía
Corponor	Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander
Corporinoquia	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía
Corpourabá	Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá
CPC	Clasificación Central de Productos
cps	café pergamino seco
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CRQ	Corporación Autónoma Regional del Quindío
CSB	Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
CVS	Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y San Jorge
Damab	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DEM	modelos digitales de elevación de terreno
DIMPE	Dirección de Metodología y Producción Estadística

<i>DIRAN</i>	<i>Dirección Nacional de la Policía Antinarcóticos</i>
<i>DNP</i>	<i>Departamento Nacional de Planeación</i>
<i>DUD</i>	<i>demanda de agua para uso doméstico</i>
<i>EAAB</i>	<i>Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá</i>
<i>EAI</i>	<i>Encuesta Ambiental Industrial</i>
<i>EAM</i>	<i>Encuesta Anual Manufacturera</i>
<i>EAM 2007</i>	<i>Encuesta Anual Manufacturera del 2007</i>
<i>ESP</i>	<i>Empresas de Servicios Públicos</i>
<i>ETc</i>	<i>evapotranspiración del cultivo</i>
<i>ETP</i>	<i>evapotranspiración potencial</i>
<i>ETR</i>	<i>evapotranspiración real</i>
<i>FAO</i>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
<i>Fedegan</i>	<i>Federación Colombiana de Ganaderos</i>
<i>Fenavi</i>	<i>Federación Nacional de Avicultores de Colombia</i>
<i>FUNIA</i>	<i>Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas</i>
<i>G</i>	<i>giga</i>
<i>g</i>	<i>gramo</i>
<i>GIRH</i>	<i>Gestión Integrada de Recurso Hídrico</i>
<i>GPSS</i>	<i>mecanismo de generación con periodo de planeación superior</i>
<i>Himat</i>	<i>Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras</i>
<i>IACAL</i>	<i>Índice de alteración potencial de la calidad del agua</i>
<i>ICA</i>	<i>índice de calidad del agua</i>
<i>Ideam</i>	<i>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</i>
<i>IGAC</i>	<i>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</i>
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change, en español, Panel Intergubernamental</i>
<i>IRH</i>	<i>índice de retención y regulación hídrica</i>
<i>IUA</i>	<i>índice de uso del agua</i>
<i>IVH</i>	<i>Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico</i>
<i>k</i>	<i>kilo</i>
<i>lps</i>	<i>Litros/segundo</i>
<i>MADR</i>	<i>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</i>
<i>MAVDT</i>	<i>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</i>
<i>MJ de energía</i>	<i>Megajoules</i>
<i>Mm³</i>	<i>millones de metros cúbicos</i>
<i>mmbd</i>	<i>millones de barriles por día</i>
<i>msnm</i>	<i>metros sobre el nivel del mar</i>
<i>NBI</i>	<i>necesidades básicas insatisfechas</i>

NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce</i>
OCDE	<i>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico</i>
OPS	<i>Organización Panamericana de la Salud</i>
POMCA	<i>Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas</i>
RAS	<i>Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico</i>
SCHM	<i>Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología</i>
SDA	<i>Secretaría Distrital de Ambiente</i>
SDAB	<i>Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá</i>
SIA	<i>Sistema de Información Ambiental</i>
SIAC	<i>Sistema de Información Ambiental para Colombia</i>
SIARL	<i>Subsistemas de Información Ambiental</i>
SIAT	<i>Subsistemas de información territoriales</i>
SIGME	<i>Sistema de Información del Ministerio de Minas y Energía</i>
SIMCI	<i>Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos</i>
SINA	<i>Sistema Nacional Ambiental</i>
SINVEU	<i>Sistema de Información de Vivienda y Desarrollo Territorial</i>
SIPGA	<i>Sistema de Información para la Planeación y Gestión Ambiental</i>
SIRH	<i>Sistema de Información del Recurso Hídrico</i>
SISBIM	<i>Sistemas Básicos de Información Municipal</i>
SSPD	<i>Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios</i>
STAR	<i>Sistema de tratamiento de aguas residuales</i>
SUI	<i>Sistema Único de Información de Servicios Públicos</i>
TSW	<i>Programa Tramo-Seats-Windows</i>
UICN	<i>Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales</i>
UMATA	<i>Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria</i>
Unesco	<i>Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura</i>
UnescoIHE	<i>Institute for Water Education (Instituto Unesco-IHE para la Educación sobre el Agua)</i>
UNODC	<i>Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito</i>
UPME	<i>Unidad de Planeación Minero-Energética</i>
USGS	<i>Servicio Geológico de los Estados Unidos (U.S. Geological Survey).</i>
W	<i>vatio o watt</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
WWAP	<i>World Water Assessment Programme, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.1. *Diagrama del ciclo del agua.*
- Figura 1.2. *Estructura del Estudio Nacional del Agua 2010.*
- Figura 1.3. *Modelo del Sistema de Indicadores Hídricos (García, M., 2009).*
- Figura 1.4. *Distribución espacial de las reservas de agua subterránea de una cuenca (Modificado de Tarbuck y Lutgens, 2004).*
- Figura 1.5. *Dominios que definen la demanda hídrica.*

CAPÍTULO 2

- Figura 2.1. *Esquema metodológico para construcción del ENA.*
- Figura 2.2. *Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC (MAVDT, 2007).*
- Figura 2.3. *Red nacional de referencia de estaciones hidrológicas y meteorológicas (Ideam, 2010).*
- Figura 2.4. *Zonificación hidrográfica e hidrogeológica de Colombia.*

CAPÍTULO 3

- Figura 3.1. *Flujograma para la obtención de la oferta hídrica superficial.*
- Figura 3.2. *Correlación de caudales estimados y caudales observados para estaciones representativas de las áreas hidrográficas.*
- Figura 3.3. *Mapa del índice de aridez en las regiones de Colombia.*
- Figura 3.4. *Curva de duración de caudales.*
- Figura 3.5. *Representación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) en Colombia.*
- Figura 3.6. *Distribución de caudales (m³/s) por áreas hidrográficas.*
- Figura 3.7. *Escorrentía promedio anual de Colombia.*
- Figura 3.8. *Escorrentía anual de Colombia: escenario de año seco.*
- Figura 3.9. *Escorrentía mensual, escenario de año medio.*
- Figura 3.10. *Rendimiento hídrico de Colombia en condiciones de año medio.*
- Figura 3.11. *Rendimiento hídrico para un escenario de año seco.*
- Figura 3.12. *Rendimiento hídrico mensual, escenario de año seco.*
- Figura 3.13. *Escorrentía anual de Colombia, escenario de año húmedo.*
- Figura 3.14. *Escorrentía mensual, escenario de año húmedo.*
- Figura 3.15. *Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en las cuencas alta y media del río Magdalena, y en la cuenca del río Cauca.*
- Figura 3.16. *Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en la cuenca baja del río Magdalena y área hidrográfica del Caribe.*

- Figura 3.17. *Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en las áreas hidrográficas del Pacífico, Orinoco y Amazonas.*
- Figura 3.18. *Esquema metodológico para la estimación de la oferta y vulnerabilidad de fuentes abastecedoras de acueductos.*
- Figura 3.19. *Distribución de cabeceras municipales y su relación con la oferta media por área hidrográfica.*
- Figura 3.20. *Rendimiento hídrico disponible en condiciones media y de año típico seco.*
- Figura 3.21. *Distribución de cuerpos de agua lénticos en Colombia.*
- Figura 3.22. *Principales complejos de humedales en la región Caribe.*
- Figura 3.23. *Principales complejos de humedales en la cuenca del Bajo Magdalena.*
- Figura 3.24. *Coberturas en la cuenca del río Sinú que establecen zonas de humedal.*
- Figura 3.25. *Coberturas en la cuenca del río Atrato consideradas zonas de humedal.*
- Figura 3.26. *Coberturas en las cuencas de los ríos Mira y Patía que establecen zonas de humedal.*
- Figura 3.27. *Coberturas en las cuencas de los ríos Apaporis, Guainía y Vaupés que establecen zonas de humedal.*
- Figura 3.28. *Coberturas en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Yarí y Caguán que constituyen zonas de humedal.*
- Figura 3.29. *Coberturas en las cuencas de los ríos Meta, Casanare y Arauca que conforman zonas de humedal.*
- Figura 3.30. *Coberturas en las cuencas de los ríos Guaviare e Inírida que establecen zonas de humedal.*

CAPÍTULO 4

- Figura 4.1. *Provincias hidrogeológicas de Colombia.*
- Figura 4.2. *Procedimiento metodológico para el desarrollo del componente de aguas subterráneas.*
- Figura 4.3. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Caguán-Putumayo.*
- Figura 4.4. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Caguán-Putumayo.*
- Figura 4.5. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Caguán-Putumayo.*
- Figura 4.6. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Catatumbo.*
- Figura 4.7. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Catatumbo.*
- Figura 4.8. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Catatumbo.*
- Figura 4.9. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cauca-Patía.*
- Figura 4.10. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cauca-Patía.*
- Figura 4.11. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cauca-Patía.*
- Figura 4.12. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cesar-Ranchería.*
- Figura 4.13. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cesar-Ranchería.*
- Figura 4.14. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cesar-Ranchería.*
- Figura 4.15. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Chocó.*
- Figura 4.16. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Chocó.*

- Figura 4.17. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cordillera Oriental.*
- Figura 4.18. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cordillera Oriental.*
- Figura 4.19. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cordillera Oriental.*
- Figura 4.20. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de La Guajira.*
- Figura 4.21. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia La Guajira.*
- Figura 4.22. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia La Guajira.*
- Figura 4.23. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Isla de San Andrés y Providencia.*
- Figura 4.24. *Columna estratigráfica generalizada de San Andrés.*
- Figura 4.25. *Modelo hidrogeológico básico de la isla de San Andrés.*
- Figura 4.26. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Llanos Orientales.*
- Figura 4.27. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Llanos Orientales.*
- Figura 4.28. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Llanos Orientales.*
- Figura 4.29. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Sinú-San Jacinto.*
- Figura 4.30. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Sinú-San Jacinto.*
- Figura 4.31. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Sinú-San Jacinto.*
- Figura 4.32. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Tumaco.*
- Figura 4.33. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Tumaco.*
- Figura 4.34. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Urabá.*
- Figura 4.35. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Urabá.*
- Figura 4.36. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Urabá.*
- Figura 4.37. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Alto del Magdalena.*
- Figura 4.38. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Alto del Magdalena.*
- Figura 4.39. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Alto del Magdalena.*
- Figura 4.40. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Bajo del Magdalena.*
- Figura 4.41. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Bajo del Magdalena.*
- Figura 4.42. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Bajo del Magdalena.*
- Figura 4.43. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Medio del Magdalena.*
- Figura 4.44. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Medio del Magdalena.*
- Figura 4.45. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Medio del Magdalena.*
- Figura 4.46. *Ubicación de la provincia hidrogeológica de Vaupés-Amazonas.*
- Figura 4.47. *Modelo hidrogeológico básico de la provincia Vaupés-Amazonas.*
- Figura 4.48. *Columna estratigráfica generalizada de la provincia Vaupés-Amazonas.*
- Figura 4.49. *Distribución de las reservas de agua subterránea por provincia hidrogeológica.*
- Figura 4.50. *Distribución de uso según áreas de jurisdicción de corporaciones.*

CAPÍTULO 5

- Figura 5.1. *Conceptos y universos de aplicación, demanda hídrica en el marco del ENA 2010.*
- Figura 5.2. *Demanda hídrica sectorial nacional agregada (2008).*
- Figura 5.3. *Estimación, usos efectivos y uso de agua extraída no consumida agregada.*
- Figura 5.4. *Demanda hídrica nacional.*

- Figura 5.5. Curva del coeficiente del cultivo (FAO, 2006).
- Figura 5.6. Demanda hídrica del sector agrícola.
- Figura 5.7. Demanda hídrica agrícola desagregada por tipo.
- Figura 5.8. Volumen de agua insumida (Mm³) en el sector pecuario en 2008.
- Figura 5.9. Demanda de agua en población de aves (2008).
- Figura 5.10. Demanda total de agua en población porcina (2008).
- Figura 5.11. Demanda de agua en población bovina (2008).
- Figura 5.12. Volumen de agua insumido en actividades piscícolas (2008).
- Figura 5.13. Concesiones en actividad acuícola (Registro concesiones CAR, 2008).
- Figura 5.14. Demanda hídrica nacional del sector pecuario y piscícola por subzonas hidrográficas.
- Figura 5.15. Diagrama general del cálculo para estimación de la demanda de agua para uso doméstico con desagregación municipal.
- Figura 5.16. Participación de la demanda de agua según zona: cabecera y resto municipal (2008).
- Figura 5.17. Demanda de agua doméstica por subzonas hidrográficas.
- Figura 5.18. Agua extraída con fines industriales, suplida por ESP en 2007.
- Figura 5.19. Composición del consumo con fines industriales (elaborada con base en el registro SUI SSPD 2006-2009).
- Figura 5.20. Agua consumida en el sector servicios según las ESP.
- Figura 5.21. Demanda hídrica nacional de los sectores industria, servicios y energía.
- Figura 5.22. Volumen de agua utilizado en generación energética (2008).

CAPÍTULO 6

- Figura 6.1. Esquema simplificado del procesamiento de la información de calidad del agua.
- Figura 6.2. Diagrama metodológico del procesamiento de información secundaria.
- Figura 6.3. Cargas contaminantes vertidas a los sistemas hídricos por los distintos sectores.
- Figura 6.4. Presión estimada de DBO₅ en 2008, por municipio y por subzonas hidrográficas.
- Figura 6.5. Presión estimada de DQO por municipio y de DQO-DBO (sustancias químicas) por subzonas hidrográficas (2008).
- Figura 6.6. Presión estimada de sólidos suspendidos totales (SST) por municipios y subzonas hidrográficas (2008).
- Figura 6.7. Presión estimada de nitrógeno y foforo total estimado para el 2008 en las subzonas hidrográficas.
- Figura 6.8. IACAL en condiciones de año medio para 309 subzonas hidrográficas.
- Figura 6.9. IACAL en condiciones de año seco para 309 subzonas hidrográficas.
- Figura 6.10. Mayores aportantes de DBO, DQO, SST, NT y PT en el sector industrial.
- Figura 6.11. Carga de mercurio vertida a los sistemas hídricos por el beneficio de oro y plata en 2008.
- Figura 6.12. Demanda potencial de agroquímicos del sector agrícola en 2008.

- Figura 6.13. *Uso de agroquímicos en el cultivo de coca (Fuente: SIMCI, 2010).*
- Figura 6.14. *Utilización de químicos en la transformación de hoja de coca a cocaína, subzonas hidrográficas (Simci-Ideam, 2010).*
- Figura 6.15. *Mapa de ubicación de la estaciones monitoreadas en 2009 con su descriptor para el valor promedio de ICA.*
- Figura 6.16. *Mapa de ubicación de la estaciones monitoreadas en 2009 con su descriptor para el valor mínimo de ICA.*
- Figura 6.17. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Arrancaplumas, río Magdalena (kton/día).*
- Figura 6.18. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación el Banco-río Magdalena (kton/día).*
- Figura 6.19. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Montelíbano-río San Jorge (kton/día).*
- Figura 6.20. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Calamar-río Magdalena (kton/día).*
- Figura 6.21. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación La Virginia-río Cauca (kton/día).*
- Figura 6.22. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Pto. Valdivia-río Cauca (kton/día).*
- Figura 6.23. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Las Varas-río Cauca (kton/día).*
- Figura 6.24. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Montería-río Sinú (kton/día).*
- Figura 6.25. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Aceitico-río Meta (kton/día).*
- Figura 6.26. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Alcaraván-río Arauca (kton/día).*
- Figura 6.27. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Tadó-río San Juan (kton/día).*
- Figura 6.28. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Puente Pusmeo-río Patía (kton/día).*
- Figura 6.29. *Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Puente Texas-río Putumayo (kton/día).*

CAPÍTULO 7

- Figura 7.1. *Regiones de desarrollo y monitoreo del fenómeno El Niño sobre el Océano Pacífico tropical.*
- Figura 7.2. *Representación de las condiciones en el océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad sobre la región de desarrollo del ENSO.*

- Figura 7.3. Ciclos anuales promedio para El Niño, La Niña y Normal, para estaciones representativas, por regiones hidrológicas.
- Figura 7.4. Anomalías en caudales para el trimestre DEF debidas al efecto de El Niño sobre 180 estaciones de la red hidrológica del Ideam en el país (periodo 1974-2008).
- Figura 7.5. Anomalías en caudales, para el trimestre septiembre-octubre-noviembre, debidas al efecto de La Niña sobre 180 estaciones de la red hidrológica del Ideam en el país (periodo 1974-2008).
- Figura 7.6. Esquema comparativo de niveles promedio máximo, medio y mínimo con relación a niveles promedio mensuales, en el periodo que comprende desde inicios de junio de 2009 hasta finales de 2010.
- Figura 7.7. Ciclo anual de niveles máximos, medios y mínimos con respecto a caudales mensuales promedio en el año 2009-2010, para estaciones sobre la cuenca del río Magdalena.
- Figura 7.8. Ciclo anual de niveles máximos, medios y mínimos respecto a caudales mensuales promedio en el año 2009-2010, para estaciones sobre la cuenca del río Cauca.
- Figura 7.9. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-83, 1991-92, 1997-98 y 2009-2010, en estaciones sobre el río Magdalena.
- Figura 7.10. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-1983, 1991-1992, 1997-1998 y 2009-2010 en estaciones sobre el río Cauca.
- Figura 7.11. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-1983, 1991-1992, 1997-1998 y 2009-2010 en estaciones sobre el Orinoco.
- Figura 7.12. Ciclo anual de niveles máximos, medios y mínimos respecto a caudales mensuales promedio en el año 2010 para estaciones sobre la cuenca del río Magdalena.
- Figura 7.13. Ciclo anual de niveles máximos, medios y mínimos respecto a caudales mensuales promedio en el año 2010 para estaciones sobre la cuenca del río Cauca.
- Figura 7.14. Cambios relativos en gran escala de la escorrentía anual para el periodo 2090-2099 respecto de 1980-1999. Las áreas en blanco indican que menos de un 66% del agregado de 12 modelos concuerdan en el signo del cambio, y las áreas en trama sombreada indican que más de un 90% de los modelos concuerdan en el signo del cambio (Milly et ál., 2005, en Bates et ál., 2008).
- Figura 7.15. Esquema metodológico implementado para estimar el efecto del cambio climático sobre la escorrentía media anual en el territorio colombiano.
- Figura 7.16. Mapas de precipitación y temperatura generados por el Ideam para el periodo 1970-2000 agregados a nivel de subzona hidrológica; constituyen línea base de comparación con los escenarios a futuro.
- Figura 7.17. Cambio promedio de la precipitación por subzonas hidrológicas en porcentaje, para escenario A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, con respecto al promedio 1970-2000.
- Figura 7.18. Cambio promedio de la temperatura por subzona hidrológica en grados centígrados, para escenario A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, con respecto al promedio 1970-2000.

- Figura 7.19. Cambio promedio de la precipitación y temperatura por subzona hidrológica para ensamble multiescenario, intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.
- Figura 7.20. Cambio promedio de la escorrentía por subzona hidrológica para escenarios A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.
- Figura 7.21. Cambio en escorrentía media por subzona hidrológica según ensamble multiescenario.
- Figura 7.22. Cambios en escorrentía media anual relacionada con cambios en precipitación y aumentos de temperatura sobre las 309 subzonas hidrológicas oficiales del país.

CAPÍTULO 8

- Figura 8.1. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.
- Figura 8.2. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año típico seco.
- Figura 8.3. Índice de uso del agua para unidades hídricas fuente de abastecimiento de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.
- Figura 8.4. Índice de uso del agua en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales, en condiciones hidrológicas medias.
- Figura 8.5. Índice de uso del agua en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.
- Figura 8.6. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.
- Figura 8.7. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año seco.
- Figura 8.8. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para unidades hídricas fuente de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.
- Figura 8.9. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio.
- Figura 8.10. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.
- Figura 8.11. Metodología para análisis integral del estado y dinámica del agua en Colombia, por áreas hidrográficas
- Figura 8.12. Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial para 2008 y 2019.

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1.	<i>Calificación de los rangos de valores del IRH.</i>
Tabla 3.2.	<i>Oferta hídrica por zonas hidrográficas en Colombia</i>
Tabla 3.3.	<i>Resumen cuerpos de agua en áreas hidrográficas.</i>
Tabla 3.4.	<i>Ciénagas más extensas del territorio nacional.</i>
Tabla 3.5.	<i>Lagunas más extensas del territorio nacional.</i>
Tabla 3.6.	<i>Resumen de lagunas por complejo de páramo.</i>
Tabla 3.7.	<i>Características geométricas de los embalses por zonas hidrográficas.</i>

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1.	<i>Valores de rendimiento específico para diferentes materiales de la corteza terrestre.</i>
Tabla 4.2.	<i>Características y reservas de las provincias hidrogeológicas.</i>
Tabla 4.3.	<i>Uso del agua subterránea según jurisdicción de la autoridad ambiental.</i>
Tabla 4.4.	<i>Distribución del uso de aguas subterráneas por provincia hidrogeológica.</i>

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1.	<i>Demanda hídrica nacional.</i>
Tabla 5.2.	<i>Demanda hídrica agrícola en 2008.</i>
Tabla 5.3.	<i>Coefficientes de cultivo y ciclo de siembra para pastos manejados.</i>
Tabla 5.4.	<i>Volumen de agua extraída (Mm³/año) para pastos manejados (2008).</i>
Tabla 5.5.	<i>Demanda anual de agua para pastos manejados y consumo efectivo por departamentos.</i>
Tabla 5.6.	<i>Volumen de agua extraída para bosques plantados.</i>
Tabla 5.7.	<i>Demanda anual de agua para bosques plantados y consumo efectivo por departamentos.</i>
Tabla 5.8.	<i>Coefficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos permanentes.</i>
Tabla 5.9.	<i>Volumen de agua extraída (Mm³/año) para cultivos permanentes (2008).</i>
Tabla 5.10a.	<i>Demanda anual de agua por cultivo permanente.</i>
Tabla 5.10b.	<i>Demanda anual de agua para cultivos permanentes por departamento.</i>
Tabla 5.11.	<i>Coefficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos transitorios.</i>
Tabla 5.12.	<i>Volumen total de agua extraída en cultivos transitorios.</i>
Tabla 5.13.	<i>Volumen de agua extraída por cultivo transitorio.</i>
Tabla 5.14.	<i>Demanda anual de agua y consumo efectivo para cultivos transitorios, por departamentos.</i>
Tabla 5.15.	<i>Volumen de agua consumida en cultivos de flores (2008).</i>

Tabla 5.16.	<i>Volumen de agua consumida en el beneficio del café.</i>
Tabla 5.17.	<i>Volumen de agua consumida en el beneficio del banano (2008).</i>
Tabla 5.18.	<i>Demanda hídrica del sector aves (2008).</i>
Tabla 5.19.	<i>Demanda hídrica en el sector de porcinos (2008).</i>
Tabla 5.20.	<i>Demanda hídrica en el sector de bovinos (2008).</i>
Tabla 5.21.	<i>Producción piscícola por especie y por departamento (2008).</i>
Tabla 5.22.	<i>Producción de tilapia en sistemas de estanques y jaulas.</i>
Tabla 5.23.	<i>Producción de cachama en estanques.</i>
Tabla 5.24.	<i>Producción de trucha en estanques.</i>
Tabla 5.25.	<i>Demanda hídrica producción acuícola (2008).</i>
Tabla 5.26.	<i>Concesiones en actividad acuícola (2008).</i>
Tabla 5.27.	<i>Relación de información de consumos de agua para el año 2008.</i>
Tabla 5.28.	<i>Consumos per cápita (litros/habitante-día) sin tener en cuenta pérdidas en el sistema.</i>
Tabla 5.29.	<i>Porcentajes de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta.</i>
Tabla 5.30.	<i>Volumen de agua utilizada en la industria por componente.</i>
Tabla 5.31.	<i>Consumo de la pequeña industria (2007).</i>
Tabla 5.32.	<i>Indicador de identidad industrial.</i>
Tabla 5.33.	<i>Volumen de agua concesionado según las CAR para 2008.</i>
Tabla 5.34.	<i>Volumen de agua captado para uso industrial según la EAI.</i>
Tabla 5.35.	<i>Demanda hídrica (m³) en actividades de servicios (2008).</i>
Tabla 5.36.	<i>Volumen concesionado por las autoridades ambientales a establecimientos de servicios.</i>
Tabla 5.37.	<i>Demanda Hídrica Nacional en Energía (2008).</i>

CAPÍTULO 6

Tabla 6.1.	<i>Descriptor para presentar el aplicativo del ICA.</i>
Tabla 6.2.	<i>Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (t/año).</i>
Tabla 6.3.	<i>Jerarquización de las variables para estimar la presión agregada.</i>
Tabla 6.4.	<i>Categorías y descriptores de presión por subzona hidrográfica clasificados de acuerdo con los percentiles asignados al cociente carga (t/año)/oferta total (MMC).</i>
Tabla 6.5.	<i>Categoría y descriptor del IACAL.</i>
Tabla 6.6.	<i>Ponderación de variables en el ICA.</i>
Tabla 6.7.	<i>Carga contaminante de DBO, DQO y relación DBO-DQO para las subzonas hidrográficas más presionadas.</i>
Tabla 6.8.	<i>Zonas y subzonas hidrográficas más afectadas por utilización de químicos en el cultivo y procesamiento de cocaína.</i>
Tabla 6.9.	<i>Relación de corrientes monitoreadas por el Ideam en zonas hidrográficas y corrientes, en el año 2009.</i>

- Tabla 6.10. Estaciones con valores de nitrógeno amoniacal indicativos de degradación activa de vertimientos recientes.
- Tabla 6.11. Corrientes degradadas a causa de un desbalance de nutrientes en diferentes zonas hidrográficas.
- Tabla 6.12. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones área hidrográfica Magdalena-Cauca.
- Tabla 6.13. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones cuenca Orinoco.
- Tabla 6.14. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones área hidrográfica del Pacífico.
- Tabla 6.15. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones cuenca Amazonas.
- Tabla 6.16. Rendimiento medio diario en transporte de sedimentos en suspensión en estaciones de las cinco áreas hidrográficas de Colombia.

CAPÍTULO 7

- Tabla 7.1. Consenso para clasificación de diferentes fases del ENSO según índices ONI, MEI y SOI.
- Tabla 7.2. Modelos globales y regionales utilizados para la generación de escenarios de cambio climático en Colombia (Ideam-Ruiz, 2010).
- Tabla 7.3. Rangos de interpretación de los resultados para afectación de la escorrentía en el territorio nacional bajo escenarios de cambio climático.

CAPÍTULO 8

- Tabla 8.1. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA).
- Tabla 8.2. Matriz de relación para categorizar el Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH).
- Tabla 8.3. Demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019.
- Tabla 8.4. Proyección de la demanda hídrica a 2019, sector de bovinos.
- Tabla 8.5. Proyección de la demanda hídrica, sector de porcinos (m³/2019)
- Tabla 8.6. Proyección de la demanda hídrica a 2019 del sector de aves.
- Tabla 8.7. Proyección de la demanda hídrica para 2019 del sector acuícola.
- Tabla 8.8. Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica-industrias manufactureras.
- Tabla 8.9. Proyección de demanda hídrica a 2019 para el sector industrial.
- Tabla 8.10. Producto interno bruto por ramas de actividad económica-actividades de servicios.
- Tabla 8.11. Demanda hídrica en actividades de servicios, proyección a 2019.
- Tabla 8.12. Demanda total nacional de energía.
- Tabla 8.13. Demanda hídrica en el sector agrícola, pastos con manejo y forestales comerciales. Proyección a 2019 (Mm³).

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

Laguna de Tota-Boyacá. / O. Franco



Autores
OMAR FRANCO
MARTHA GARCÍA
OMAR VARGAS

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentan los elementos conceptuales básicos que orientan y soportan la evaluación de las características e interacciones de la oferta y la demanda para diferentes usos, las condiciones de calidad y de disponibilidad del recurso, y los riesgos asociados a la dinámica del agua en Colombia.

Se expone el enfoque conceptual general del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010, y se relacionan los indicadores que apoyan el análisis integral de la situación actual y de la proyectada al 2019, en concordancia con el horizonte temporal de Colombia II Centenario (DNP 2005).

1.1. El ciclo hidrológico: modelo conceptual del ENA 2010

El ciclo hidrológico y su balance de agua global constituyen el modelo básico para entender el funcionamiento del sistema hídrico y las interacciones entre el océano y el continente (Ideam, 1998). El ciclo hidrológico representa el proceso continuo de la circulación y transformación del agua en sus diversos estados en la esfera terrestre. Su dinámica es determinada por las condiciones de la radiación solar, la acción de la

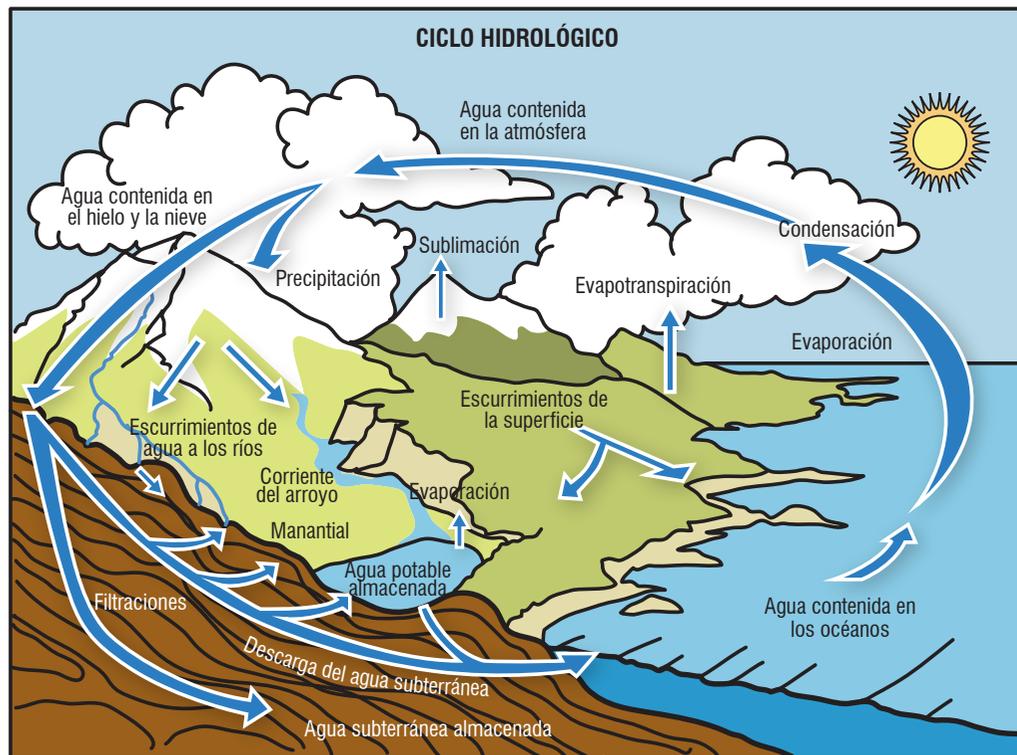


Figura 1.1. Diagrama del ciclo del agua (Modificado de USGS, sin fecha; recuperado en ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html).

gravedad y las interacciones de las capas superiores de la Tierra: atmósfera, litosfera y biosfera (*Figura 1.1*).

El ciclo, tal como se observa en la *Figura 1.1*, está gobernado por procesos naturales que ocurren de manera continua. El agua cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida; parte de ella puede evaporarse antes de tocar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenida por las hojas de las plantas (intercepción). De allí, una parte es evaporada de nuevo hacia la atmósfera, en tanto que la fracción restante cae hacia el suelo, en donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas, siguiendo la dirección de las mayores pendientes del terreno (Sánchez, F., 2010). La parte del agua que escurre a lo largo de las laderas puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, en donde se evapora o infiltra; o, por último, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forma el flujo superficial. Estos tres flujos –superficial, subsuperficial y subterráneo– conforman la escorrentía, que integra los cauces de las corrientes, alimenta los diferentes almacenamientos y drena finalmente al mar.

Esta compleja interacción entre la atmósfera y los procesos superficiales y subsuperficiales afecta el régimen, la cantidad, la distribución y la calidad del agua en las diferentes unidades hidrográficas. Por ello, los componentes del ciclo hidrológico difieren en sus características químicas, bioquímicas, variabilidad espacial y temporal, resiliencia, vulnerabilidad a la presión (incluidos usos de la tierra y cambio climático), susceptibilidad a la contaminación y capacidad de proveer servicios ambientales apropiados para ser utilizados en forma sostenible.

El **Estudio Nacional del Agua** se aborda desde el concepto de integralidad y enfoque sistémico de los ciclos y procesos de la naturaleza, y reconoce al agua

como elemento vital, estructurante del medio natural y decisivo en la dinámica de los procesos sociales y productivos. En este contexto se integran la oferta con los usos y aprovechamientos, que tienen lugar en las *unidades hidrográficas que definen los sistemas hídricos* a diferentes escalas en el ámbito nacional: las cuencas hidrográficas y las provincias hidrogeológicas.

Se parte de una línea de referencia que soporta el análisis del comportamiento y estado del agua en el medio natural, para evaluar las presiones sobre la cantidad y calidad, producto de las acciones antrópicas y de los posibles efectos e impactos por eventos climáticos extremos o procesos globales, como el cambio climático (*Figura 1.2*)

La caracterización de variables de oferta, demanda y calidad, y las correspondientes a alteraciones del régimen natural, permiten construir un sistema de indicadores hídricos que reflejan el estado de las situaciones que, en un enfoque sistémico con visión integral, son determinantes para la toma de decisiones en el marco de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)¹ adoptado en la “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia” (MAVDT, 2010). La conceptualización de este sistema de indicadores se ilustra en la *Figura 1.3*.

El modelo del sistema de indicadores hídricos establece un estado de referencia de las condiciones actuales que dan cuenta de variables determinantes para explicar las relaciones entre la oferta y la demanda del recurso hídrico superficial y subterráneo. Así

1 La evaluación de los recursos hídricos es un prerrequisito para todos los aspectos relacionados con la planificación, desarrollo y gestión integrada del agua, y un elemento fundamental para la toma de decisiones. Constituye, a su vez, un factor coadyuvante en la gestión para la preservación del medio ambiente como parte del desarrollo sustentable (WMO, UNESCO, 1991)

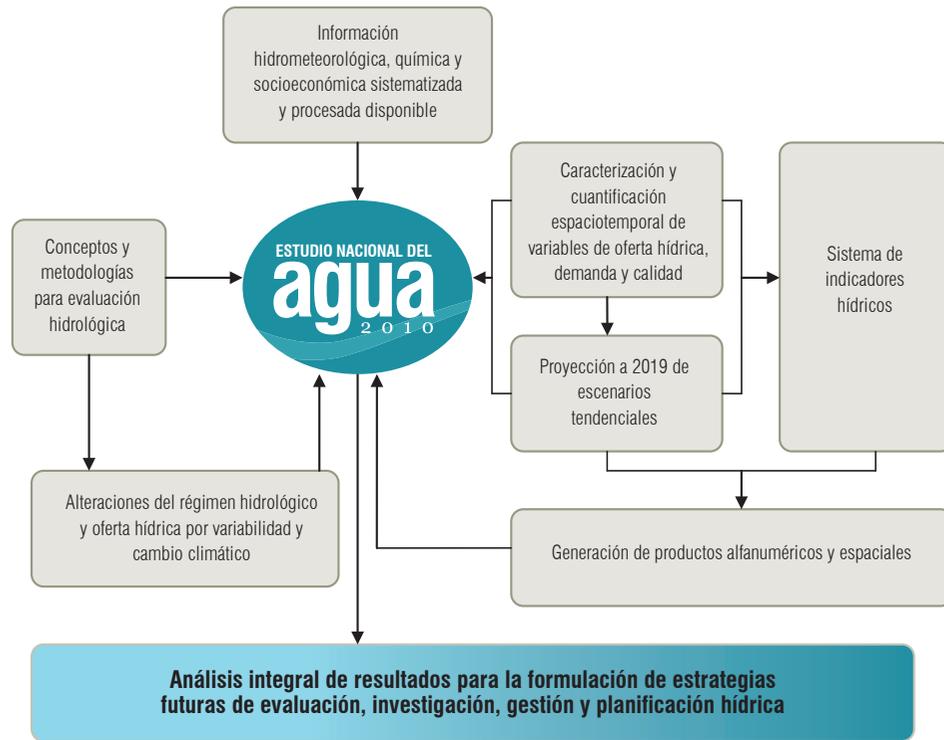


Figura 1.2. Estructura del Estudio Nacional del Agua 2010.

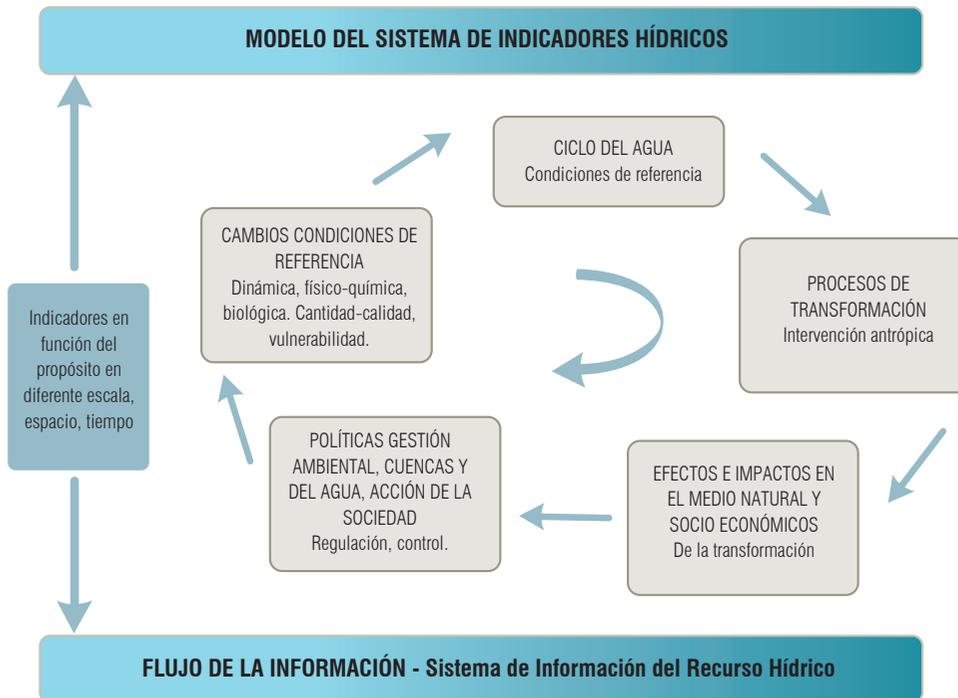


Figura 1.3. Modelo del Sistema de Indicadores Hídricos (García, M., 2009).

mismo, referencia los procesos de transformación por interacción antrópica y los efectos en las condiciones de calidad de los cuerpos de agua superficial y subterránea, las amenazas y vulnerabilidad de los ecosistemas por regulación hídrica (páramos, humedales, zona de recarga de acuíferos, etc.), y las potencialidades y restricciones de sistemas hídricos para el abastecimiento a la población y el aprovechamiento en las diferentes actividades socioeconómicas.

Los cambios en las condiciones de referencia se determinan a través del conjunto de indicadores desarrollados en el ENA 2010 que permiten el seguimiento a los cambios en la dinámica hídrica y estado del agua, en unidades de análisis espaciales y temporales definidas para el seguimiento a nivel nacional. Los indicadores que sintetizan las características del régimen hidrológico son el Índice de Aridez (IA) y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH). Los indicadores que, además de factores climáticos e hidrológicos, incorporan la interacción con las actividades antrópicas corresponden a: el Índice de Uso del Agua (IUA), el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH), el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad (IACAL). El soporte básico para el sistema de indicadores es el sistema de información del recurso hídrico, SIRH.

1.2. Enfoque de componentes temáticos

La oferta hídrica se basa, fundamentalmente, en la **ecuación del balance hídrico**, que es la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como **ecuación de continuidad**. Este establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante un determinado tiempo, la diferencia entre las entradas y las salidas están condicionadas por la variación del volumen de agua almacenada. La **ecuación del balance**

hídrico para cualquier zona o cuenca natural, o para cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo, y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua.

Mediante el balance hídrico, se pueden caracterizar las diferentes regiones y establecer el rango de disponibilidad natural de agua, como resultado de la interrelación de los parámetros hidrológicos y meteorológicos (precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y escorrentía).

La caracterización de la oferta de agua subterránea comprende la cuantificación de reservas (*Figura 1.4*) en provincias hidrogeológicas. Estas reservas no tienen en cuenta los recursos temporales o variación de la reserva que dependen de las condiciones de la recarga actual y fluctúan entre los niveles N1 y N2 para las estaciones húmedas y secas respectivamente (Rodríguez, C.O., 1979). Estos volúmenes son despreciables en las provincias hidrogeológicas frente al cálculo de reservas permanentes (Freeze et ál., 1979).

El nivel mínimo, N2, se presenta a finales de la temporada de sequía, una vez que el agua subterránea ha sido drenada por los cauces superficiales, en forma de “flujo base”. La diferencia entre los niveles N1 y N2 permite calcular el volumen de agua drenado anualmente (de los acuíferos que tienen interconexión hidráulica con los cauces superficiales) y corresponde a lo que algunos autores denominan “recursos temporales” (o “estacionales”), que están asociados con la infiltración y recarga y, por lo tanto, se pueden calcular a partir de la ecuación del ciclo hidrológico cuando se dispone de suficiente y adecuada información hidroclimatológica e hidrogeológica.

La demanda hídrica, en el marco del ENA 2010, se define como una extracción del sistema hídrico destinada a suplir las necesidades o requerimientos del

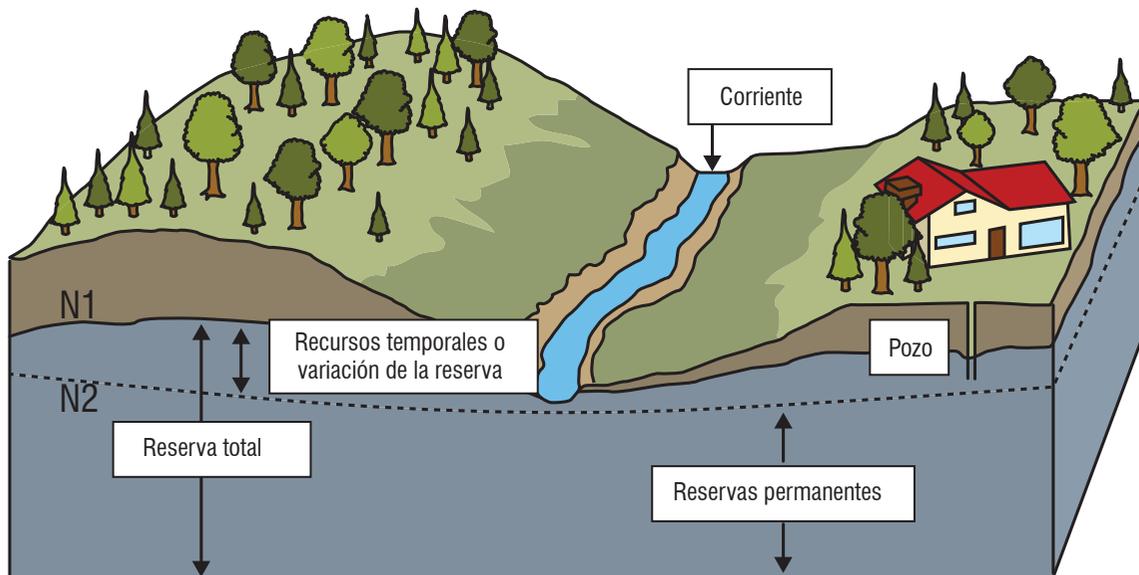


Figura 1.4. Distribución espacial de las reservas de agua subterránea de una cuenca (Modificado de Tarbuck y Lutgens, 1996).

consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

La extracción y, por ende, la utilización del recurso implican sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en estos los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. El concepto de extracción connota la utilización de agua desagregada en dos componentes (Figura 1.5):

1. El agua consumida efectivamente en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental).
2. El volumen de agua extraída no consumida.

En el marco del ENA 2010, el uso consuntivo del agua está limitado a la estimación de la demanda hídrica

en los sectores manufacturero² (industrial), agrícola, pecuario, servicios y doméstico.

El concepto de calidad del agua que se plantea, apropiada la definición de la Directiva Europea Marco del Agua, que asume que es necesario proteger un cuerpo de agua más como un bien ambiental que como un recurso para ser explotado y que no pretende una caracterización en función del uso (Ideam, 2010).

La presión por contaminación se estima a partir de la carga potencial vertida a los sistemas hídricos superficiales por los sectores doméstico, agrícola, industrial

2 Para efectos de la investigación estadística, se define como la transformación mecánica o química de sustancias orgánicas e inorgánicas en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con máquinas o manualmente, en fábrica o a domicilio, o que los productos se vendan al por mayor o al por menor. Incluye el montaje de las partes que componen los productos manufacturados, excepto en los casos en que tal actividad sea propia del sector de la construcción (DANE, 2009).

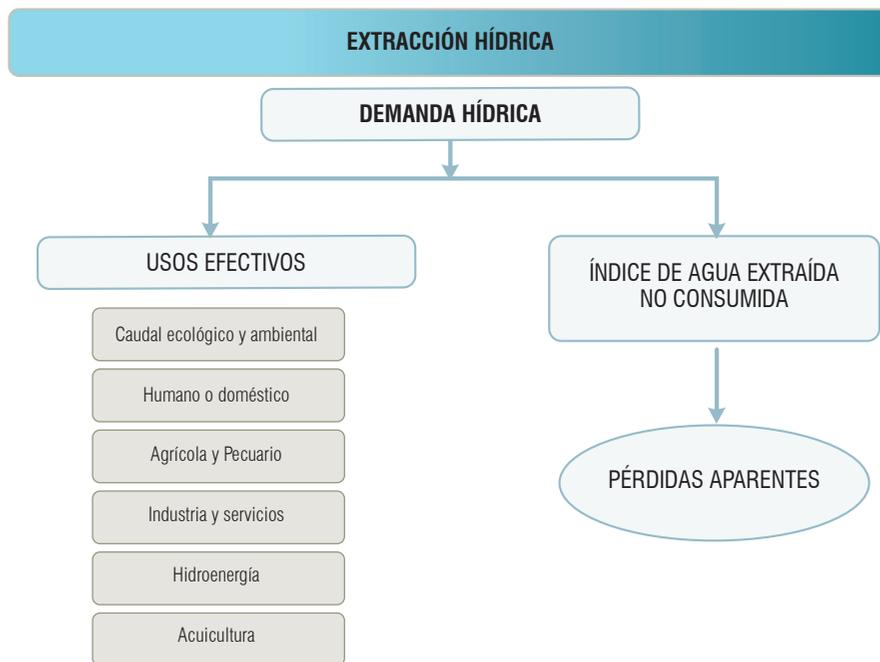


Figura 1.5. Dominios que definen la demanda hídrica.

(para cuarenta y tres actividades industriales EAM 2007 desglosadas a cuatro dígitos CIIU³) y minero (minería de oro y plata).

A través del índice de calidad físico-química del agua (ICA),⁴ se evalúan las tendencias de cambio en las condiciones de calidad de las corrientes hídricas, el deterioro y/o la recuperación. Se construye a partir de variables medidas en la red básica de referencia del Ideam, las cuales dan cuenta de diferentes

orígenes de contaminación: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD), sólidos totales en suspensión (SST), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE) y pH.

Las alteraciones por variabilidad climática y cambio climático del régimen hidrológico y de la oferta hídrica se evalúan a partir del análisis del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y de los efectos del cambio climático sobre la escorrentía media anual.

Las premisas conceptuales de los componentes temáticos e indicadores se precisan en los capítulos 3 al 8 de este estudio.

3 El CIIU es la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas; tiene como propósito agrupar las actividades similares por categorías que facilitan el manejo de información para el análisis estadístico y económico del sector empresarial.

4 La Comunidad Andina de Naciones, CAN, define el ICA como un número o una clasificación descriptiva de parámetros de calidad (5, 9, 23), cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones de las autoridades (CAN, 2004).

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

Río Magdalena-Estación Hidrológica Nariño. / H. Romero



Autores
OMAR FRANCO
MARTHA GARCÍA
OMAR VARGAS
MARÍA CARMENZA GONZÁLEZ
OMAR JARAMILLO

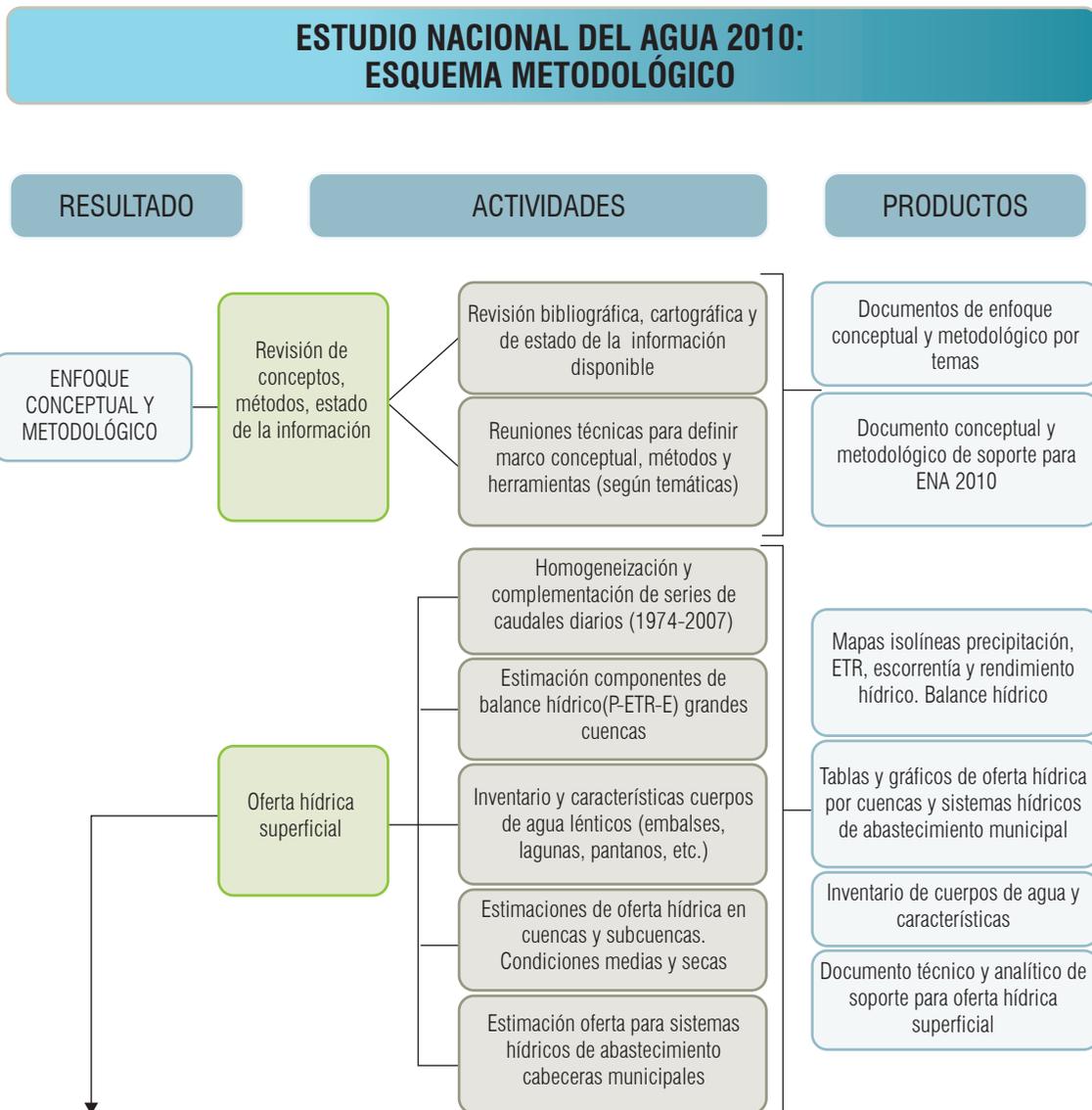
ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

Para lograr el objetivo de caracterizar y analizar en forma integral la situación del agua en Colombia y dimensionar posibles escenarios futuros para las

unidades hídricas, cuencas y provincias hidrogeológicas en particular, el ENA 2010 desarrolló la metodología que se presenta en el esquema de la *Figura 2.1*.



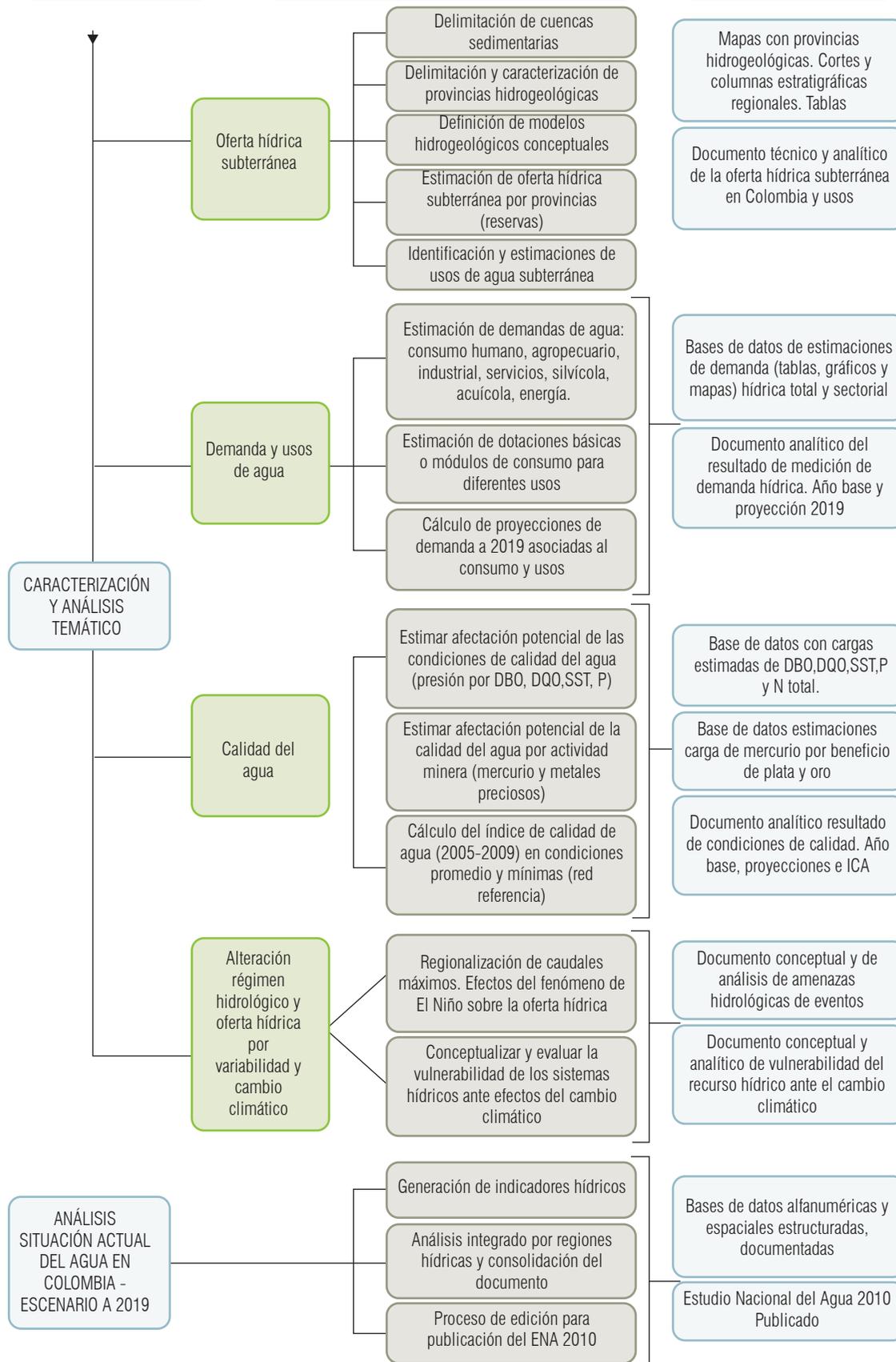


Figura 2.1. Estudio Nacional del Agua 2010. Esquema Metodológico.

Los resultados se agrupan en tres grandes áreas: los modelos básicos conceptuales temáticos e integrados de soporte para la construcción del ENA 2010; la caracterización y análisis de cada uno de los principales temas que componen el Estudio; y el análisis por regiones hidrográficas de la situación actual del agua en Colombia, con proyecciones a 2019 sobre la base de indicadores hídricos.

El Estudio Nacional del Agua abarca la parte continental del ciclo hidrológico, sin desconocer la directa interrelación con la parte marina. La actualización de este ENA se plantea como un proceso de integración y construcción participativo, de interacción interdisciplinaria al interior del grupo de trabajo y con el concurso de expertos de entidades del SINA, de otras instituciones, de la academia y de sectores específicos.

Este capítulo considera el tema de la información como soporte fundamental del estudio –las unidades de análisis, la resolución espacial y temporal de los resultados y el modelamiento espacial– para generar los productos gráficos.

2.1. Información para el ENA 2010

La generación de información para interpretar la dinámica, el comportamiento, el estado y las interacciones del agua con el medio natural, y con las actividades sociales y productivas que dependen del recurso, tiene soporte en el Sistema de Información Ambiental, el Sistema Estadístico Nacional y el modelamiento espacial.

2.1.1. Sistema de Información Ambiental para Colombia, SIAC

El Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establece que “[...] el SIAC, a nivel nacional, estará conformado por tres subsistemas: i) Sistema de Información Ambiental, SIA, el cual es coordinado por el Ideam; ii) el Sistema de Información de Vivienda y Desarrollo Territorial, SINVEU, y el iii) Sistema de Información para la Planeación y Gestión Ambiental SIPGA, coordinados por la Dirección de Planeación, Información y Coordinación Regional del MAVDT”. (MAVDT, 2003). Este modelo se ilustra en la *Figura 2.2*.

Y bajo la coordinación de los subsistemas nacionales, a nivel regional agrega los Subsistemas de Información Territoriales (SIAT), que serán establecidos en el marco del desarrollo regional; y a nivel local, con los Subsistemas de Información Ambiental (SIARL) de las CAR, las autoridades ambientales urbanas, los departamentos y los Sistemas Básicos de Información Municipal (SISBIM) en los municipios.

2.1.1.1. Sistema de Información Ambiental, SIA

El Sistema de Información Ambiental (SIA) se define como “[...] un conjunto de herramientas informáticas del SINA, coordinadas por el Ideam que, en asociación con los Institutos de información científica vinculados al MAVDT, así como con las otras instituciones del SINA, permitirán la generación, producción, traducción, difusión y uso de la información del estado y condición de los recursos naturales y del medio ambiente y, facilitará a todas las entidades del sector,

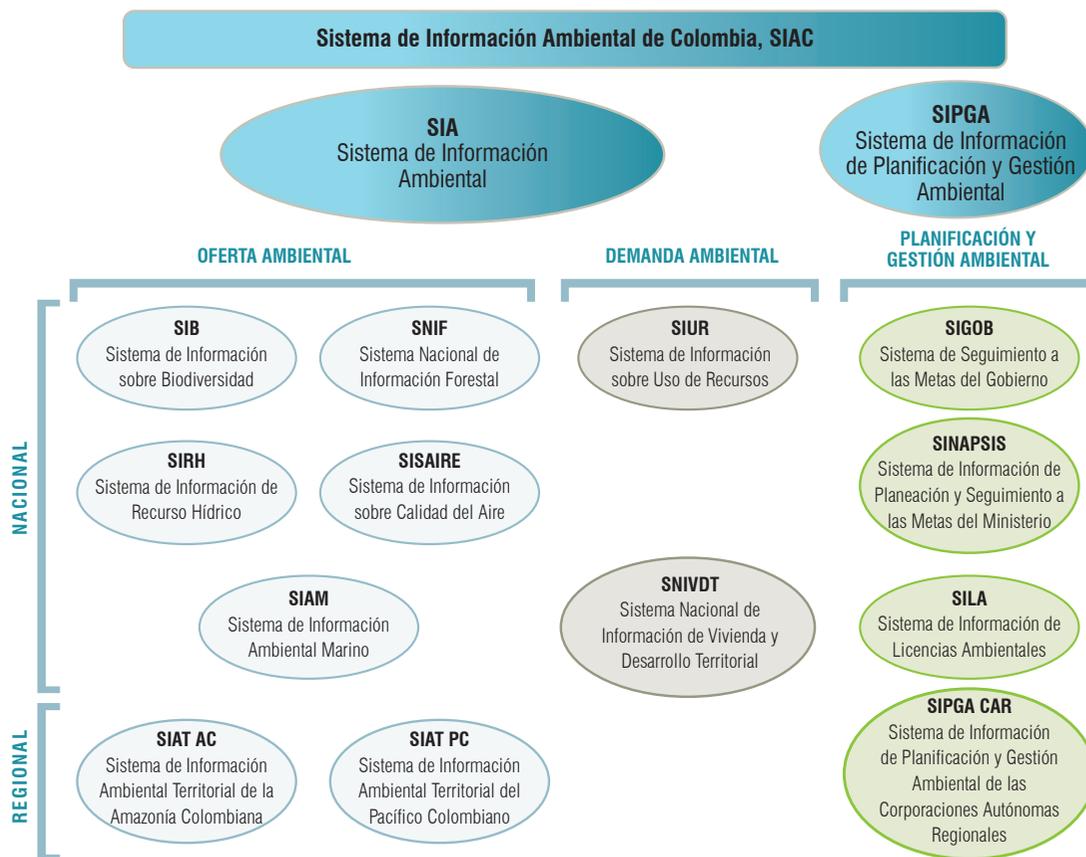


Figura 2.2. Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC (MAVDT, 2007).

como a cualquier persona o entidad interesada, interactuar y retroalimentarse con la información ambiental que se genere en el país” (MAVDT, 2007).

En este contexto, la construcción del Estudio Nacional del Agua 2010 tiene como soporte fundamental la información del SIA y, en particular, las series históricas de las principales variables hidrológicas y meteorológicas obtenidas en el sistema de observación y medición del Ideam, complementado con estaciones de otros sistemas de medición regional y sectorial, como la CAR, CVC, EAAB.

2.1.1.2. Sistema de observación y monitoreo

La base del SIA es el sistema de observación y monitoreo con soporte en la red de referencia del Ideam, integrada por estaciones hidrológicas y meteorológicas a través de las cuales se hace seguimiento sistemático de variables fundamentales y de elementos básicos que permiten una representación del estado y los procesos del medio natural, en particular, de la atmósfera y la hidrosfera, sobre el espacio y el tiempo. Con este monitoreo, unido a la interpretación

de imágenes satelitales y modelación, se evalúa el estado y comportamiento de las condiciones hidrológicas, meteorológicas y ambientales, así como el seguimiento en tiempo real de estas condiciones, para emitir alertas y predicciones hidrológicas y meteorológicas.

De acuerdo con el Catálogo Nacional de Estaciones Hidrometeorológicas, el Ideam opera 2.800 estaciones; de estas, 778 son hidrológicas y 2.022, meteorológicas. Los programas de observación y medición, en general, están acorde, con objetivos definidos en el diseño de la red. La red de referencia del Ideam está conformada por estaciones hidrológicas, climatológicas y pluviométricas (*Fig. 2.3*).

Para la caracterización y análisis de procesos del ciclo hidrológico, de los componentes de agua superficial, de la calidad de agua, de los indicadores hídricos y para la evaluación de efectos de variabilidad y cambio climático en el régimen hidrológico, en este Estudio Nacional del Agua 2010 se utilizó información de variables de caudal, precipitación, evapotranspiración y temperatura, entre otras, con series históricas de 423 estaciones hidrológicas, 2.000 de precipitación y 389 climatológicas de la red del Ideam, y 30 de otras entidades. Igualmente, con series del monitoreo sistemático de variables de calidad que el Ideam realiza en 154 puntos de muestreo en la red de calidad del agua.

2.1.2. Sistema Estadístico Nacional

El Estudio Nacional del Agua 2010 utiliza información de: 1) la Encuesta Ambiental Industrial de 2007 del DANE; 2) la Encuesta Anual Manufacturera de 2007 del DANE; 3) la Encuesta Anual de Servicios; 4) la Encuesta Nacional Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Corporación Colombia Internacional (datos de 2008); 5) el Sistema Único de Información

de Servicios públicos domiciliarios (datos de 2008); 6) el Censo de población 2005 del DANE; y 7) las proyecciones municipales de población de 2008.

Un componente sustantivo base para la medición de la demanda hídrica se apalanca en la provisión de datos derivados de la Encuesta Nacional Agropecuaria, toda vez que en esta recae el mayor componente de información asociada al sector agrícola, silvícola y pecuario integrado al Estudio Nacional del Agua. .

2.2. Unidades de análisis para el ENA 2010

El Ideam, en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), definió las unidades de análisis para el ordenamiento ambiental de territorio a escala 1:500.000 y generó la zonificación hidrográfica de Colombia. En el ENA, además de estas unidades se consideran las provincias hidrogeológicas definidas a escala 1:1.200.000, con base en la delimitación de cuencas geológicas de la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Estas zonificaciones se ilustran en los mapas de la *Figura 2.4*.

Las unidades hidrográficas soportan la representación de características y estimación de oferta hídrica superficial, las condiciones de calidad e indicadores hídricos generados. Las provincias hidrogeológicas se utilizan en el estudio para representar las características y estimación de reservas del agua subterránea en el país.

La zonificación hidrográfica consta de tres niveles. El primer nivel corresponde a cinco áreas hidrográficas; el segundo nivel, a cuarenta y un zonas hidrográficas; y el tercero, a trescientas nueve subzonas hidrográficas (*Fig. 2.4*). Cada área agrupa grandes sistemas de drenaje que desembocan al océano Pacífico, al mar

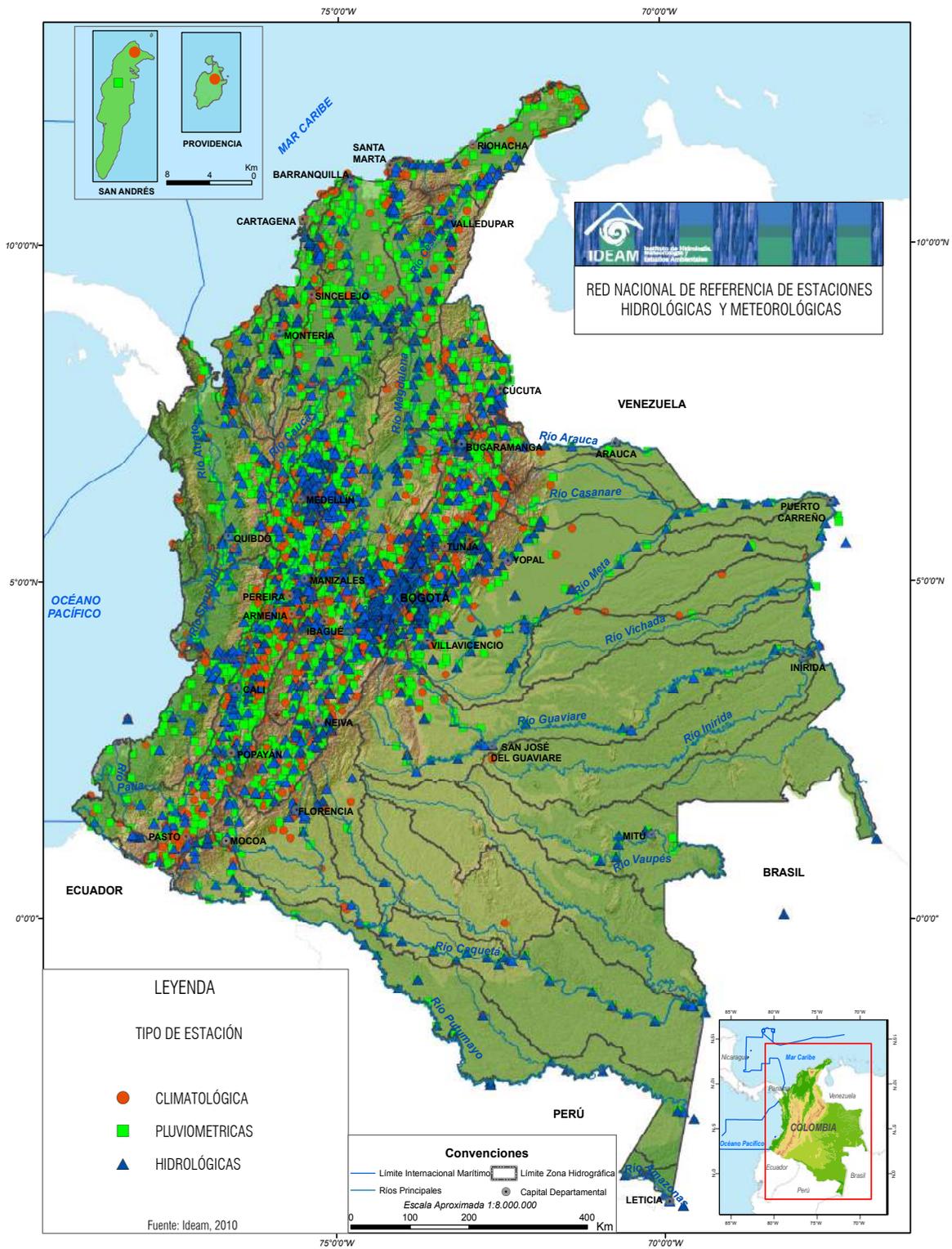


Figura 2.3. Red nacional de referencia de estaciones hidrológicas y meteorológicas.

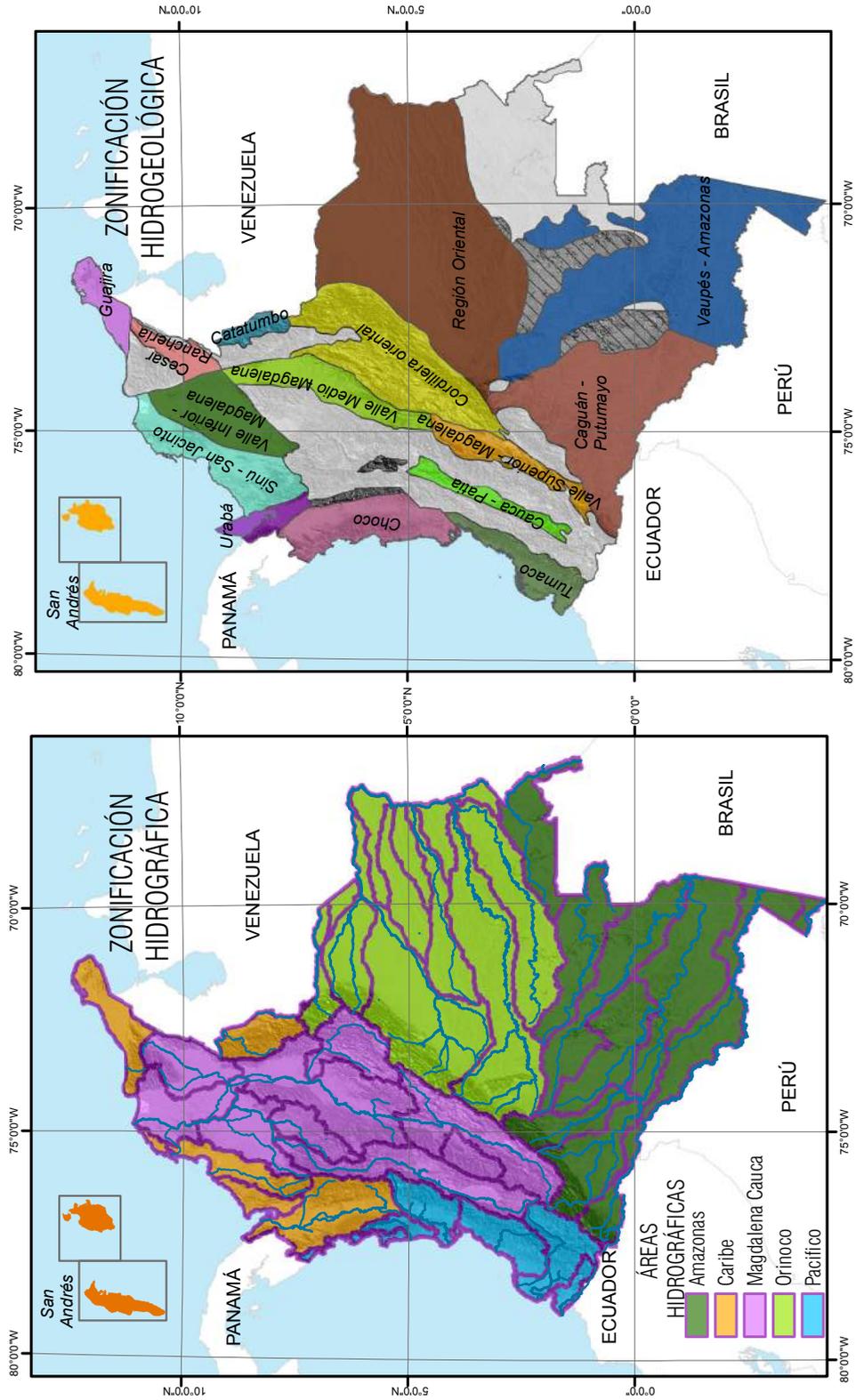


Figura 2.4. Zonificación hidrográfica e hidrogeológica de Colombia.

Caribe y a los ríos Magdalena, Orinoco y Amazonas. Las zonas hidrográficas son sistemas de drenaje que se caracterizan por tener un rango de área mayor de 10.000 km² y las subzonas están conformadas por sistemas de drenaje con áreas mayores de 5.000 km².

La *zonificación hidrogeológica* consta de veintitrés provincias, de las cuales nueve corresponden a plataforma marina no considerada en el ENA 2010 para estimativos de reserva de agua subterránea.

Los indicadores hídricos y los componentes de oferta hídrica superficial, demanda, calidad y alteraciones del régimen por efectos de fenómenos extremos y cambio climático se analizan para unidades de análisis de zonas y subzonas, para las reservas subterráneas a nivel de provincias hidrogeológicas.

2.3. Modelamiento espacial

La información generada para la construcción y publicación del ENA, referente nacional en los procesos de planificación, se estructura de tal forma que se pueda favorecer su permanencia, seguridad y flujo mediante una infraestructura técnica adecuada que garantice eficiencia en los procesos.

Con este propósito, se diseña y estructura una base de datos geográfica integrada a la base de datos misional del Ideam que permita las salidas gráficas de soporte, la generación de productos y la publicación en el ENA 2010.

Con el fin de comprender y de analizar la variabilidad del recurso hídrico en Colombia, se recopiló, diagnosticó, trabajó y analizó información espacial y alfanumérica de diferentes tipos. La información trabajada por cada componente obedeció a unos objetivos y diseños metodológicos planteados al iniciar

la elaboración del ENA. Se describen a continuación, de forma general, los aspectos más importantes de la espacialización de cada uno de los componentes.

A partir de la información hidrológica de caudal se calculó la escurrentía para las cuencas aferentes a cada punto de monitoreo. Para el cálculo de la escurrentía fue necesario delimitar el área aferente de cada estación; esta labor se realizó utilizando como insumos: la cartografía básica oficial de Colombia generada por el IGAC a escalas 1:500.000 y 1:100.000; los modelos de elevación digital de la NASA con resolución de pixel a 30 y 90 metros; y el módulo de modelación hidrológica HydroSIG (Poveda, 2007a; Poveda, 2007b) generado por la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), el cual corre bajo el software MapWindows. Una vez delimitada el área aferente a cada estación y calculada la escurrentía superficial para cada punto de monitoreo hidrológico se generalizó para convertirla en un campo continuo aplicando métodos de interpolación.

En la actualidad, son muchos los métodos de interpolación existentes, deterministas o geoestadísticos, con casi infinitas posibilidades de combinación de criterios. Para la selección del método de interpolación más adecuado, se realizaron diferentes pruebas con los métodos geoestadísticos disponibles obteniendo los mejores resultados con el método de Cokriging. Por medio de este método de interpolación, se pueden incorporar una o más variables secundarias en la estimación de un atributo principal cuando las primeras no son conocidas, sobre todo, el dominio de la estimación. Es decir, el Cokriging permite que los datos secundarios participen directamente en la estimación de la variable principal (Hurtado, 2009).

En la interpolación de la escurrentía, se tomó como variable de apoyo la escurrentía generada por

balance hídrico, la cual tiene una alta correlación con la esorrentía generada a partir de la información de caudal (véase el capítulo 3, sobre aguas superficiales).

Debido a la variabilidad de la esorrentía superficial, que es producto del régimen climático, de las características orográficas y de la intervención antrópica, entre otros, se hizo necesario formar dominios de interpolación homogéneos desde el punto de vista de estas características.

En el tema de oferta de aguas subterráneas, se calcularon volúmenes de roca con base en la delimitación de provincias hidrogeológicas, espesores de columnas estratigráficas y rendimientos específicos estimados para la determinación de reservas.

La determinación de la demanda y distribución de las cargas contaminantes de agua para las zonas y subzonas hidrográficas se realizó por medio de cálculos y estimaciones a partir de información secundaria. Para la generalización de la información a nivel de unidades espaciales hidrológicas, se realizaron tres tipos de operaciones, de acuerdo con las características de representación de la información espacial:

1. *Información a nivel de cabeceras municipales.* Cuando la información se encontraba asociada a nivel de cabecera municipal, se identificó a que zona o subzona hidrográfica pertenecía. De esta forma, los datos de la cuantificación de la demanda se relacionaron con las unidades hidrológicas analizadas.
2. *Información a nivel municipal.* En el caso de que la información estuviese asociada a nivel municipal, se determinaron la extensión o área del municipio por cada unidad de análisis espacial hidrológico (zona o subzona hidrológica) y el porcentaje de área que pertenecía a cada unidad de análisis hidrológica. Este porcentaje se aplicó al total municipal analizado; de esta forma, se distribuyó la información municipal a nivel de las unidades espaciales hidrológicas analizadas.
3. *Coberturas cartográficas continuas a nivel nacional.* Se aplicó para los cálculos en los cuales la estimación estaba asociada a extensión o área. La cuantificación a nivel de las unidades de análisis hidrológico se realizó con base en la determinación de extensión del área a partir de la cobertura cartográfica nacional.

CAPÍTULO 3

AGUA SUPERFICIAL

Caracterización y análisis de la oferta

Río Frío, Parque Natural Chingaza. / N. Verdugo



Autores
FÉLIX DARÍO SÁNCHEZ
OMAR JARAMILLO
NELSY VERDUGO

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 3

AGUA SUPERFICIAL

Caracterización y análisis de la oferta

El conocimiento, la interpretación y el análisis de los procesos hidrológicos que se expresan en la ecuación del balance hídrico permiten caracterizar las condiciones del agua en los sistemas hidrológicos. Mediante la comprensión de los flujos, de los almacenamientos y de los balances que hacen parte del ciclo hidrológico, se estima, cuantifica y relaciona la oferta hídrica en unidades de análisis para el Estudio Nacional del Agua 2010, y se aporta en la construcción de indicadores hídricos ambientales.

La oferta hídrica superficial se refiere al volumen de agua continental, almacenada en los cuerpos de agua superficiales en un periodo determinado de tiempo. La determinación tanto de la oferta hídrica total como de la oferta hídrica natural disponible y de sus indicadores asociados se realiza a partir de un escalamiento conceptual y metodológico con respecto a Estudios Nacionales de Agua anteriores. El ENA 2010 considera una mayor cobertura de estaciones hidrológicas de referencia, estaciones de apoyo operadas por otras entidades, series de caudales diarios homogeneizadas y un período de análisis de 34 años (1974-2007). Se estima la oferta de agua superficial para 41 zonas, 309 subzonas y 1.120 unidades hídricas identificadas como fuentes de abastecimiento de la población de las cabeceras municipales.

La oferta de cuerpos lóticos se complementa con la identificación y características de almacenamientos superficiales, representados por los cuerpos de agua

lóticos y ecosistemas de humedales, así como por reservorios y embalses.¹

3.1. Conceptualización y dimensionamiento de la oferta hídrica superficial

En este Estudio Nacional del Agua 2010, las características de los procesos que forman parte del ciclo del agua y la expresión cuantitativa se determinan a partir del cálculo de los *balances hídricos* en las grandes unidades hidrográficas, zonas y subzonas hidrográficas. En este capítulo del ENA 2010, se desarrollan los conceptos básicos que sirven de soporte para la caracterización del régimen hidrológico, el dimensionamiento de la oferta hídrica superficial, la generación de indicadores y la identificación de elementos para interpretar las características de los cuerpos de agua lóticos.

3.1.1. Conceptualización de la oferta hídrica en el marco del Estudio Nacional del Agua

La caracterización y la estimación de la oferta hídrica superficial, en el marco del Estudio Nacional del Agua,

1 En este capítulo, el desarrollo de cuerpos lóticos se soporta en el documento "Cuerpos de agua: Elementos para su Análisis e Interpretación. Estudio Nacional del Agua 2010", elaborado por la ingeniera Nelsy Verdugo, de la Subdirección de Hidrología del Ideam.

se soportan en los procesos del ciclo del agua y en la cuantificación de sus componentes a partir del balance hídrico, en particular, el de escorrentía y su expresión en términos de rendimiento hídrico.

Para comprender el concepto de la oferta hídrica superficial, es preciso definir los términos que están interactuando de forma permanente en el proceso de caracterización, estimación y análisis del componente de agua superficial para el ENA 2010: ciclo hidrológico, balance hídrico, escorrentía superficial, rendimiento hídrico, régimen hidrológico, disponibilidad hídrica natural y caudal ambiental.

3.1.1.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico se define en el Glosario Hidrológico Internacional (Unesco, 2010) como la "Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, mar y aguas continentales, condensación del agua en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación". (Figura 1.1 en el capítulo 1).

Los componentes del ciclo hidrológico que se relacionan más directamente con la disponibilidad de agua y que intervienen en la ecuación del balance hídrico son la precipitación como variable de entrada, la evapotranspiración real y la escorrentía como variables de salida.

La precipitación es el volumen de agua que cae por acción de la gravedad sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo procedentes de la condensación del vapor de agua. La precipitación es responsable del depósito de agua dulce en el planeta y, por ende, de la vida tanto de animales como de vegetales, que requieren del agua para vivir.

La evapotranspiración real, sinónimo de *evapotranspiración efectiva*, se define como la suma de las cantidades de agua evaporadas del suelo y de las plantas cuando el terreno se encuentra con su contenido natural de humedad. Se diferencia de la *evapotranspiración potencial*, que es la cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada en una condición climática determinada, con una cubierta vegetal continua y suficiente disponibilidad de agua. Por lo tanto, incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal en una región específica y en un intervalo de tiempo dado; se expresa en unidades de lámina de agua (Unesco, 2010). Una fase fundamental del ciclo hidrológico es la evaporación, bien sea del agua de los océanos, de la vegetación, de la superficie del terreno, de los cuerpos de agua, de las corrientes en general, o de zonas saturadas y no saturadas del terreno, todo bajo la acción de la radiación solar.

La escorrentía hídrica superficial o flujo superficial se define como parte de la precipitación que fluye por la superficie del suelo y se concentra en los cauces y cuerpos de agua. Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. En el balance hídrico se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración en suelo; está en función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca, y está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y subterráneas de la cuenca.

El rendimiento hídrico o caudal específico se define como la cantidad de agua superficial por unidad de superficie de una cuenca, en un intervalo de tiempo dado ($l/s\text{-km}^2$). Este concepto permite expresar la escorrentía por unidad de área para cuantificar la oferta hídrica superficial, estimar valores en unidades

hidrográficas no instrumentadas y establecer comparaciones en diferentes unidades de análisis.

3.1.1.2. Balance hídrico

Para interpretar y analizar los procesos hidrológicos que integran el ciclo del agua y para cuantificar la oferta hídrica superficial, el ENA 2010 utiliza la ecuación básica del balance hídrico en las diferentes unidades hidrográficas. Esta es una herramienta hidrológica de amplio uso para evaluar la variabilidad espacial y temporal de sus elementos constitutivos.

El balance hídrico se basa en la ley física de conservación de masas y en el Glosario Hidrológico Internacional (Unesco, 2010) es definido como "Balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua". La formulación matemática del balance, por lo tanto, expresa la igualdad entre los aportes de agua que entran a un sistema hidrográfico determinado y la cantidad de agua que sale del sistema, considerando las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurridas durante el periodo de tiempo determinado.

En la *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur* (Unesco, 1982) se indica que, para cualquier masa de agua, en áreas extensas y en largos periodos de tiempo, se puede utilizar la ecuación simplificada, considerando que los cambios de almacenamiento tienden a minimizarse y pueden suponerse nulos. Esto permite la construcción de mapas comparables entre sí. La expresión simplificada de la ecuación es la siguiente:

$$ESC = P - ETR$$

donde

ESC: Escorrentía hídrica superficial (mm)

P: Precipitación (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

La ecuación anterior permite la interpretación y el análisis de los principales componentes mencionados, para establecer la oferta hídrica y caracterizar las condiciones del régimen hídrico en las diferentes zonas y subzonas hidrográficas del país.

El comportamiento y variabilidad de los principales elementos del ciclo hidrológico están determinados por los factores geográficos, meteorológicos, hidrológicos, físicos y bióticos de los sistemas hídricos que se reconocen en las cinco áreas hidrográficas del país: Magdalena, Cauca, Caribe, Pacífico, Catatumbo, Orinoquía y Amazonía. En este marco de referencia, en el ENA 2010, **para estas áreas y sus divisiones hidrográficas**, se estiman las tendencias a nivel regional para condiciones hidrológicas promedio, y de años húmedo y típico seco.

3.1.1.3. Oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial para el Estudio representa el volumen de agua continental que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Esta variable se analiza para unidades temporales anuales y mensuales en condiciones hidrológicas promedio, húmedas y año típico seco.

La oferta natural del país se determina a partir de la escorrentía superficial y está directamente asociada con los aportes de las áreas de las cuencas

correspondientes, representados en caudal específico o isolíneas de rendimientos hídricos y escurrentía.

3.1.1.4. Oferta hídrica superficial disponible

En el Estudio, se consideran la oferta hídrica superficial y la oferta hídrica natural disponible. Esta última resulta de sustraer a la primera el agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas, de los sistemas fluviales y –en alguna medida– un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas. Se equipara con el caudal ecológico y ambiental, que para las unidades de análisis del Estudio (zonas y subzonas hidrográficas) es calculado con criterios hidrológicos.

3.1.1.5. Caudal ecológico y ambiental

El caudal ecológico y ambiental se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que el cauce contiene en condiciones naturales, preservando los valores ecológicos, el hábitat natural y funciones ambientales tales como: purificación de aguas, amortiguación de extremos hidrológicos, recreación y pesca, entre otros (Davis y Hirji, 1999; García de Jalón y González del Tánago, s. f.).

En el Estudio Nacional del Agua 2010, el caudal ambiental se estima a partir de las características del régimen hidrológico representadas en la curva de frecuencias de caudales diarios (curva de duración de caudales), la cual sintetiza las características del régimen en un punto específico de la unidad hídrica de análisis.

Existen muchas metodologías para estimar el caudal ambiental, desde las que consideran uno o pocos

aspectos hasta las que abordan análisis complejos e integrales. Es importante anotar que, para el nivel nacional del ENA 2010, el caudal ambiental es un estimativo general y no reemplaza la evaluación que debe hacerse a un nivel regional o local para la gestión integrada del recurso hídrico.

En este sentido, el método hidrológico integra los elementos necesarios para el análisis regional. Esto lo corrobora la UICN (Aguirre, 2003), al reconocer que “el régimen de caudales es implícitamente, más no explícitamente integral, ya que los elementos del ecosistema reciben apoyo del régimen hidrológico”.

La inclusión del caudal ambiental se sustenta, además, en la regulación establecida por el MAVDT (Decreto Nro. 3930 de 2010), que define el caudal ambiental como: “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”.

3.1.2. Elementos conceptuales para el análisis e interpretación de los cuerpos de agua lénticos

La oferta de cuerpos lóticos se complementa con los almacenamientos superficiales, representados por los cuerpos de agua lénticos y ecosistemas de humedales, y por la oferta regulada de reservorios y embalses. Los humedales –representados en lagos, lagunas, embalses, ciénagas y pantanos– tienen importancia ecológica, en la medida en que son zonas de amortiguación de niveles de aguas altas, lugares de refugio ecológico transitorio de especies migratorias y de alta productividad biológica por la disposición de nutrientes durante

las épocas de niveles altos de agua. Estos cuerpos de agua están sujetos a una continua variabilidad como consecuencia de la alternancia climática que se presenta a través del año hidrológico. De igual manera, sus atributos físicos, principalmente los hidrográficos, topográficos y edáficos, son moldeados en forma permanente por procesos endógenos, tales como la sedimentación y la desecación, así como por avalanchas, remoción en masa, tormentas, vendavales, actividad volcánica e inundaciones estacionales u ocasionales (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

El páramo se considera un ecosistema estratégico, en gran medida porque cumple un papel determinante en la regulación del flujo y almacenamiento de agua de buena calidad; cumple importantes funciones naturales y presta múltiples beneficios ambientales relacionados con su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales de las partes altas de las cuencas hidrográficas, y favorecer los procesos de recarga de acuíferos. Estas funciones benefician el abastecimiento para diferentes usos y, en particular, para la población que se concentra en grandes centros urbanos. Los páramos albergan importantes complejos de humedales que se identifican en este estudio, se estima su extensión y algunas de sus características, como profundidad y volumen de almacenamiento para los pocos que tienen información disponible.

La plena identificación de los sistemas hídricos parte del reconocimiento de una condición de flujo que hace diferenciables por completo a los ríos y quebradas de otros sistemas tipo ciénaga, laguna o pantano, por citar los más reconocidos en forma genérica.

En términos generales, se establecen como mínimo tres zonas básicas: una manifiesta, con los *espejos de agua*; otra parcialmente inundada, con vegetación emergente; y una última, de *influencia directa*, que incluye aquellas extensiones que, sin presentar vegetación hidrófila,

representan un valor importante en el mantenimiento de las funciones esenciales del sistema, las actividades productivas y los servicios presentes en la zona inundable. Las relaciones que se evidencian entre estas tres zonas –por los patrones de uso y aprovechamiento con las actividades que se desarrollan en estos espacios– definen la estabilidad del sistema o las variaciones, en un rango que permita la sostenibilidad ecológica.

En reconocimiento a la alta diversidad que representan los cuerpos de agua para el territorio nacional y debido a que adquieren matices tan variados por la configuración geográfica del país, se ha considerado para este estudio su integración por regiones naturales. Para las zonas de llanura con grandes extensiones de espejos de agua, **fáciles de identificar a escala nacional, se distinguen las *ciénagas*** o aquellos cuerpos de agua que presentan el mayor nivel de intercambio dinámico con los ríos, como la explorada en este documento (1:500.000), y los *complejos sistemas de humedales*, que se manifiestan en altura a lo largo de las tres cordilleras y en enclaves montañosos, como la Sierra Nevada de Santa Marta, dado que por su extensión individual son de difícil identificación aún en escalas regionales.

El concepto de *humedal* se define como un ecosistema intermedio entre los ambientes inundados en forma permanente (lagos o mares) y los ambientes normalmente secos. Los humedales muestran una gran diversidad de acuerdo con su origen, localización geográfica, régimen acuático y químico, vegetación dominante y características del suelo o sedimentos. Puede existir así mismo una variación considerable en un mismo humedal, y entre otros diferentes pero cercanos unos de otros, formando no solo ecosistemas distintos, sino paisajes por completo diferentes. Independiente de su vegetación, cada humedal se encuentra sobre un sustrato que está saturado de agua, al menos, parte del año. Los humedales se encuentran en todos los tipos de regiones de vegetación natural, aunque la mayor

parte de ellos son demasiado pequeños para estar representados en forma adecuada en mapas de escala global y regional.

Existen diferentes definiciones de los humedales y distintas clasificaciones para distinguirlas, dependiendo de la fuente de agua que los alimenta, de su posición en el paisaje y de otros factores. También ocupan diferentes posiciones dentro de las cuencas hidrográficas. Algunos humedales se encuentran en las partes bajas, como los asociados a lagos o las marismas que se localizan en estuarios. En otros casos, podemos hallarlos en las partes altas de las cuencas, asociados a ríos o aislados, sin una conexión aparente con ríos, lagos o lagunas. Sin embargo, esta apariencia de aislamiento puede ser engañosa, pues la mayoría de los humedales se encuentran relacionados con los cuerpos de agua a través del flujo subsuperficial de agua y de los mantos freáticos. En muchos casos, los humedales son comunidades transicionales entre los sistemas terrestres y los sistemas acuáticos.

Asimismo, se emplea en este estudio el concepto de *zonas pantanosas* de agua dulce para referirse a ecosistemas que pueden situarse en las orillas de un río, en las llanuras de inundación, en los márgenes de lagos o en depresiones cenagosas. En ambientes costeros se reconocen zonas pantanosas con condiciones salobres por intercambio de agua dulce y salada, en donde se desarrolla vegetación de manglar.

3.1.3. Indicadores que caracterizan el régimen hídrico

Para analizar el régimen hídrico se evalúan las condiciones de aridez a través del índice de aridez y la capacidad de un sistema natural de retener y regular los caudales con el índice de retención y regulación hídrica.

3.1.3.1. Índice de retención y regulación hídrica, IRH

Las características del régimen hidrológico, además de los factores meteorológicos, están determinadas por la interacción con la cobertura de la superficie terrestre y, en gran medida, por los procesos del agua en el suelo; estos últimos, con particular influencia en la capacidad de almacenamiento y de regulación hídrica.

El índice de retención y regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca. Ese indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto.

Para el ENA, el índice se calculó con base en la curva de duración de caudales medios diarios. Esta curva de frecuencias permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios y firmes, e interpretar, en forma general, las características del régimen hidrológico de un río, y el comportamiento de la retención y la regulación de humedad en la cuenca.

Las curvas de duración o distribución de frecuencias acumuladas de los caudales medios diarios indican el porcentaje de tiempo durante el cual los caudales igualan o exceden un valor dado. La forma y pendiente de estas curvas refleja la capacidad de regulación de la cuenca en la unidad de tiempo considerada. Adicionalmente, suministran información sobre el porcentaje del tiempo en el que el río lleva un caudal superior o inferior a un determinado valor, pero no reflejan la distribución o secuencia de dicho periodo ni el momento del año en que se produce.

Esta curva sintetiza las características y la interacción de las condiciones geomorfológicas, geológicas, del suelo, de la vegetación, clima e intervención antrópica. La metodología y el cálculo del indicador a partir de la curva de duración de caudales se tratan en el *punto 3.3.1*.

3.1.3.2. Índice de aridez

El índice de aridez es otro indicador del régimen natural y ha sido definido como una característica del clima que muestra, de manera cualitativa, los lugares con excedentes y déficit de agua. La *evapotranspiración potencial* representa, para este caso, un factor determinante en la obtención de este índice. Para generar el indicador, se utilizan las ecuaciones de Turc y Budyko, para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR), y la de Penman-Montieth, para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP). La metodología y estimaciones para las unidades de análisis se presentan en el *punto 3.3.1* (Características del régimen hídrico: indicadores de aridez y de regulación hídrica).

Los componentes de la ecuación del índice de aridez son la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, aplicadas como se expresa en la siguiente fórmula:

$$Ia = (ETP - ETR) / ETP$$

donde

Ia: índice de aridez (adimensional)

ETP: evapotranspiración potencial (mm)

ETR: evapotranspiración real (mm)

Es importante mencionar que el *índice de aridez* calculado para el ENA representa la dinámica superficial del suelo determinada a partir de las variables de evapotranspiración potencial (ETP) y de evapotranspiración real (ETR) y no se refiere a la dinámica subsuperficial

del suelo, utilizada en análisis climáticos para clasificar el grado de humedad del suelo a través de la relación de la precipitación y la evapotranspiración potencial.

3.2. Marco metodológico

El cálculo de la oferta hídrica superficial abarca los aspectos relacionados con la oferta hídrica total, la oferta hídrica disponible y los indicadores que caracterizan el régimen hídrico natural.

En el siguiente esquema, se describe la metodología utilizada para la estimación de la oferta hídrica en el ENA 2010 (*Figura 3.1*).

El esquema metodológico presenta las fases del proceso para obtener la oferta hídrica superficial total y disponible, teniendo como soporte el marco conceptual y, en particular, la estimación de los componentes del balance hídrico. Una etapa inicial y determinante en el proceso es la compilación y el análisis de las series históricas de caudales, obtenidos a través de la red hidrológica que operan el Ideam y otras entidades. Igualmente, se considera la estimación de caudales por métodos indirectos a partir de modelos hidrológicos lluvia-caudal para cuencas no instrumentadas.

En la aplicación de la metodología, se cuantifican con la ecuación abreviada las variables de precipitación (P), como elemento de entrada, y las de escorrentía (ESC) y evapotranspiración real (ETR), como elementos de salida del balance. La generación de isoyetas se realizó a partir de la información obtenida en dos mil estaciones de la red meteorológica nacional.

La *evapotranspiración real* se obtuvo mediante la aplicación de las ecuaciones de Turc (1955) y Budyko modificada (1974). La ecuación de Turc permite el cálculo de la ETR a partir de la siguiente expresión:

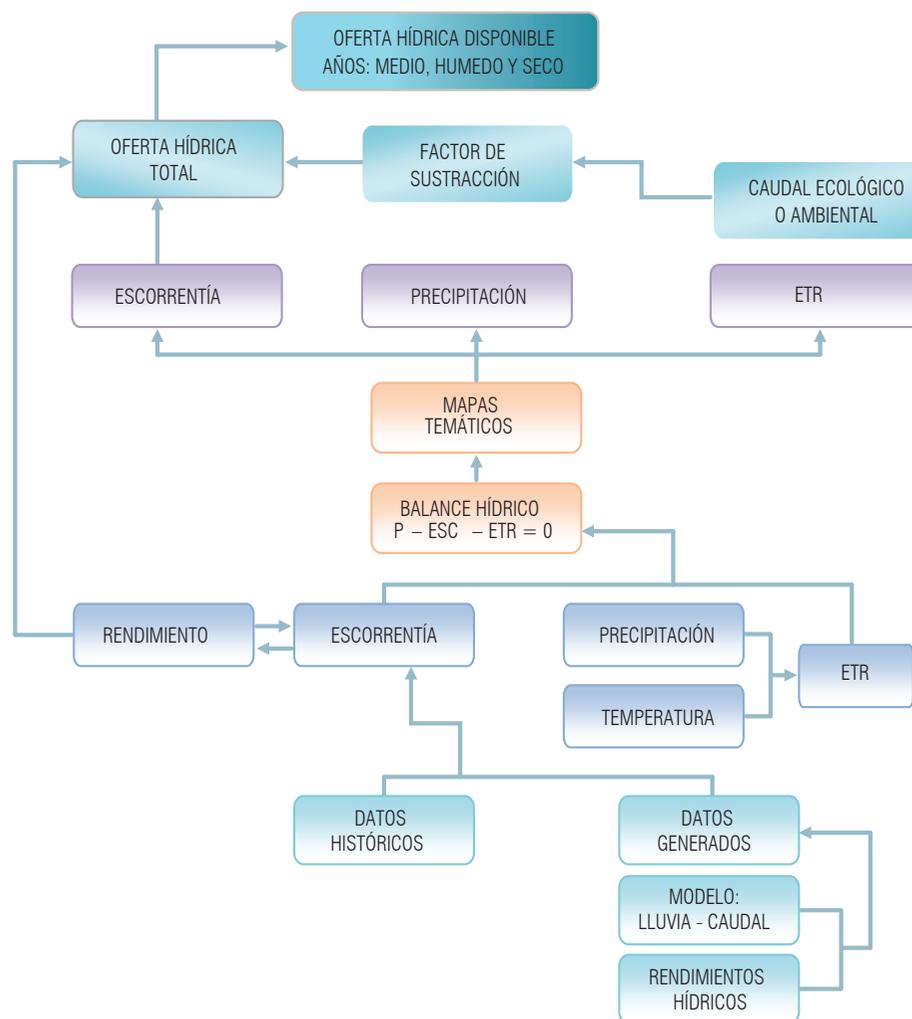


Figura 3.1. Flujograma para la obtención de la oferta hídrica superficial.

$$ETR = P / (0.9 + (P^2 / L^2))^{0.5}$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.005 T^3$$

donde

ETR: evapotranspiración real (mm)

ETP: evapotranspiración potencial (mm)

P: precipitación (mm)

L: factor heliotérmico

T: temperatura (°C)

$$ETR = [(ETP * P * \tanh(P/ETP)) / (1 - \cosh(ETP/P) + (\sinh(ETP/P))^{1/2})]$$

donde

ETR: Evapotranspiración Real (mm)

ETP: evapotranspiración potencial (mm)

P: precipitación (mm)

Budyko, a su vez, propone la siguiente ecuación para el cálculo de la misma variable:

El desarrollo de la anterior fórmula requiere de la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP), la cual se obtuvo con información de las series históricas de estaciones meteorológicas utilizando la ecuación formulada por Penman (1956).

No obstante haber trabajado las dos fórmulas en la mayor parte del territorio nacional, la ecuación de Budyko mostró, para el Estudio, mejores resultados al aplicarlos en la ecuación del balance hídrico.

3.2.1. Cartografía básica utilizada para la estimación de la oferta hídrica superficial

En el Estudio, la base cartográfica y la zonificación hidrográfica de Colombia (Ideam, 2009) se consideran a escala 1:500.000. Para la identificación y análisis de la oferta hídrica de unidades hídricas abastecedoras de cabeceras municipales, se utiliza cartografía en escalas 1:100.000 y 1:25.000 del IGAC y los modelos digitales de elevación de terreno (DEM) generados por la NASA, con píxeles de 30 y 90 metros.

La localización y georreferenciación de fuentes que abastecen cabeceras municipales que no fue posible realizar en la cartografía mencionada se identifican en planos de escalas mayores, como el que utiliza el DANE para los censos de población. Se localizaron y georreferenciaron el 65% de las fuentes que abastecen las cabeceras municipales.

3.2.2. Información para la caracterización y estimación de la oferta hídrica superficial

El Estudio utiliza información de estaciones de la red hidrológica y meteorológica del Ideam. Se consideran datos de precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial y caudales, provenientes de 448 estaciones hidrológicas, 2.000 de precipitación y 389 climatológicas. Se consultaron además datos de 25 estaciones hidrológicas de otras entidades, tales como CAR, CVC, EAAB y EPM.

Para el componente de agua superficial se actualizaron y complementaron las series de caudales diarios y mensuales para un período de 34 años (1974-2007).

La identificación de las fuentes hídricas que abastecen las cabeceras municipales se realizó con base en la información reportada por la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (SSPD) y los inventarios levantados en los Estudios Nacionales del Agua del Ideam (ENA) de 1998 y del 2000.

3.2.3. Unidades espaciales de análisis

La oferta hídrica se cuantificó a través de la escurrentía y rendimientos hídricos (l/s-km²) en las unidades espaciales de análisis definidas en la zonificación hidrográfica de Colombia, elaborada de manera conjunta entre el Ideam y el IGAC en el año 2010. En la zonificación citada, se reconocen tres niveles: áreas, zonas y subzonas hidrográficas.

El Estudio Nacional del Agua 2010 se enfoca en la caracterización hidrológica de las 41 zonas y 309 subzonas hidrográficas. En estos dos niveles, se expresan la oferta hídrica superficial, las características del régimen hidrológico y los indicadores hídricos de referencia.

Adicionalmente, se definieron unidades hídricas de mayor resolución asociadas a las fuentes de abastecimiento de las cabeceras municipales para estimar la oferta y la disponibilidad de agua.

3.2.4. Unidades temporales de análisis

El análisis hidrológico de este Estudio se realiza para condiciones hidroclimáticas de años medio, húmedo

y seco, a partir de caudales característicos de las series de caudales mensuales multianuales de 34 años (1974-2007).

Año hidrológico medio. Está definido por los caudales medios mensuales multianuales, con información característica de 423 **estaciones hidrológicas operadas** por el Ideam y 25 estaciones operadas por otras entidades.

Año hidrológico húmedo. Está definido por los caudales máximos medios mensuales multianuales, con información de las mismas series (incluye períodos de eventos El Niño y La Niña).

Año hidrológico seco. A partir de los valores característicos mínimos de la series de caudales mensuales multianuales, se identificó el año típico seco (incluye períodos de eventos El Niño y La Niña)..

3.2.5. Verificación y análisis de información

La estimación de la oferta hídrica superficial se basó en series históricas complementadas y homogeneizadas. La complementación de series se realizó a partir de la metodología desarrollada por Gómez y Maravall (1996), la cual permite ajustar un modelo ARIMA a las series de caudales. La información generada a nivel diario y mensual se validó a partir de la *confrontación de las series de caudales históricos con las series de caudales complementados*.

Además del análisis de consistencia de la información, se comparan los caudales observados en las estaciones de la red hidrológica del Ideam con los caudales generados mediante la formulación de ecuaciones empíricas, como la de Budiko modificada, para determinar la evapotranspiración real (ETR), y a través del balance

hídrico, se estimaron los caudales para las cuencas afe- rentes a las estaciones de la red hidrológica nacional. Con los caudales así obtenidos y los observados, se rea- lizan correlaciones para seis (6) áreas de referencia del país, lo que dio como resultado coeficientes de corre- lación superiores a 0.95 (*Figura 3.2*).

El país cuenta con información hidrológica y meteoro- lógica para calcular la oferta hídrica determinada por la densidad de la red de estaciones de referencia. La den- sidad es heterogénea y permite mayor resolución en las subzonas de las regiones Andina y Caribe. Para mejorar las estimaciones, se definieron puntos con información generada, llamados “puntos virtuales”. Los datos para estos puntos se determinan teniendo en cuenta las co- rrelaciones de caudales observados y caudales estima- dos, los cuales sirvieron de apoyo en la definición de la escorrentía y los rendimientos en dichas áreas.

El análisis estadístico y el conocimiento experto permi- ten definir el valor característico para la determinación del caudal ambiental, a partir de los resultados de 423 curvas de duración de caudales medios diarios tipifica- dos en función de la expresión de autorregulación de la cuenca y de la variabilidad de los caudales a través del año.

El resultado de este análisis permite identificar dos grupos para la determinación del caudal ambiental. Un grupo corresponde a cuencas con autorregulación alta y poca variabilidad de caudales diarios, en el cual se considera representativo el valor característico Q85 de la curva de duración (caudal igualado o superado el 85% del tiempo); este valor característico se aplica a estaciones con un IRH igual o superior a 0.70 (alta re- tención y regulación). El segundo grupo corresponde a estaciones con valores del IRH inferiores a 0.70, para las cuales se asigna el valor característico Q75 de la curva de duración de caudales medios diarios en la determi- nación del caudal ambiental.

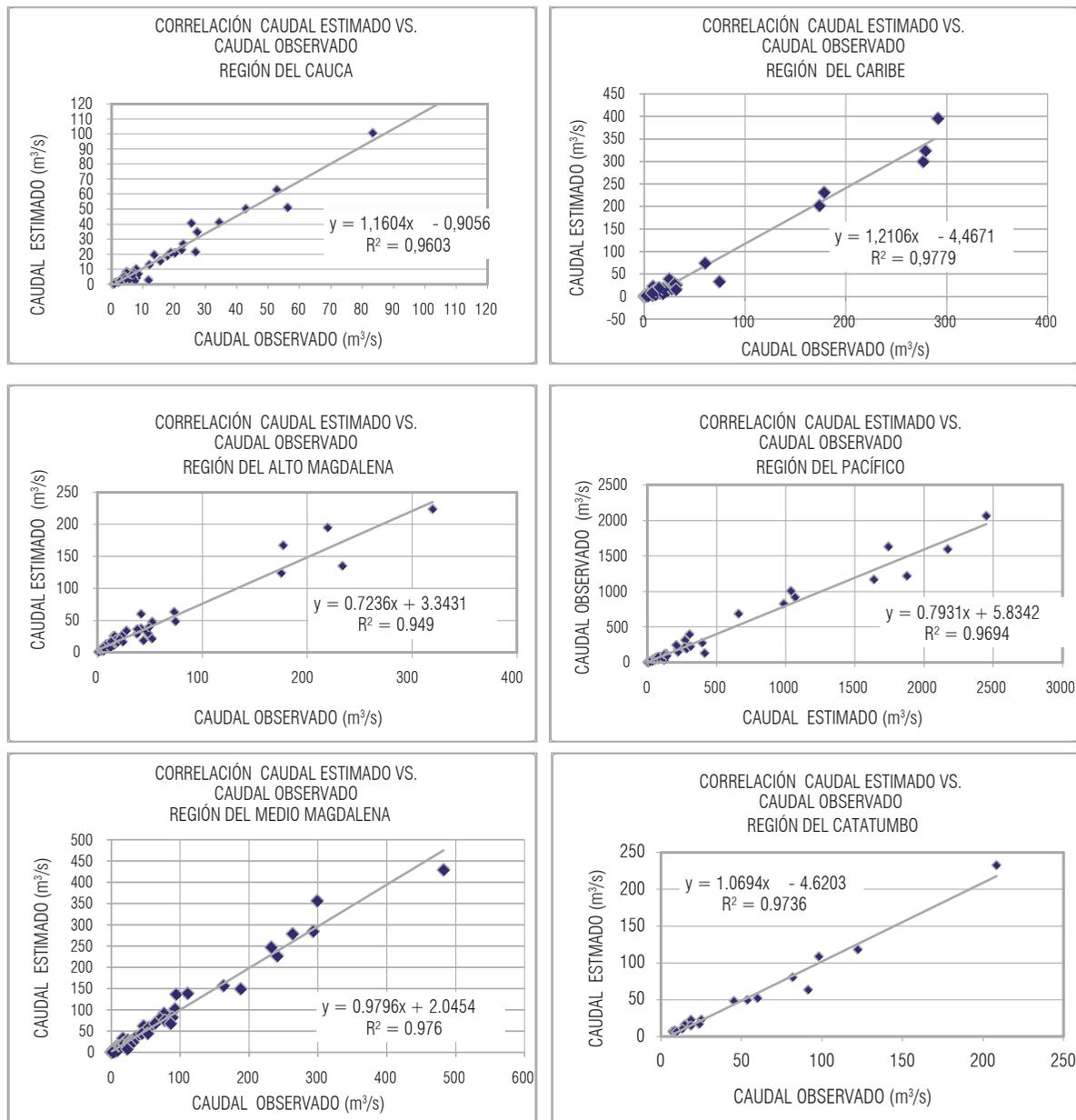


Figura 3.2. Correlación de caudales estimados y caudales observados para estaciones representativas de las áreas hidrográficas.

El caudal ambiental así determinado es el componente de la oferta que se sustrae como señal para garantizar la necesidad hídrica de los ecosistemas y usos aguas abajo de las corrientes. Este caudal se utiliza en el Estudio para la estimación de la oferta hídrica disponible y es parte integral, tanto del Indicador de uso del agua (IUA) como del Indicador de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH).

3.2.6. Identificación y características de ciénagas, lagunas, pantanos y embalses

El conocimiento básico de la distribución, extensión y principales características de los diferentes tipos de humedales existentes en una localidad, región o país puede abordarse a través de la elaboración de

inventarios de humedales, para los que –independientemente de su cobertura espacial– se debe contar con una definición y un sistema de clasificación base (Mitsch & Gosselink, 1986; Finlayson & Van der Valk, 1995). Tal como lo señalan Costa et al. (1996), para cada sistema de clasificación existe una definición de humedal, por lo que no todos los tipos de humedal quedan incluidos en todos los inventarios, lo que repercute más adelante en la comparación de los tipos de humedal dentro y entre países.

Para evaluar la presencia de los humedales en las distintas zonas del territorio nacional, se consideró como insumo la cartografía temática sobre coberturas de la tierra, según la leyenda nacional de coberturas de la tierra,² seleccionando lo correspondiente a superficies de agua y áreas húmedas, que considera tanto el escenario continental como el costero. En superficies de agua se incluyen ríos (ancho mayor de 50 metros), lagunas y ciénagas, canales y cuerpos de agua artificiales.

Considerando que la extensa red de drenaje configura un escenario propicio para la conformación de vegetación de ribera sometida a inundaciones periódicas, se incluye en el análisis lo correspondiente a bosques y áreas con vegetación herbácea y arbustiva. Los bosques integran las subcategorías de bosque denso, abierto y de galería o ripario, en tanto que para la vegetación herbácea se distinguen los herbazales como los relacionados en forma directa con procesos de inundación.

Esta aproximación seleccionada para el análisis permite integrar en unidades mayores la presencia de estas coberturas definidas por la presencia de agua y facilita que se realice una estimación de su proporción en las diferentes unidades de territorio conformadas por las zonas hidrográficas. El procesamiento de la

² Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000.

información de coberturas a escala 1:100.000 permite avanzar en el reconocimiento de las zonas que tienen una dinámica más activa con el ciclo hidrológico y ofrece mejores herramientas de soporte a las obtenidas con aproximaciones anteriores para establecer las condiciones presentes en los complejos de humedales del país, según análisis sobre información disponible a escala 1:500.000.

3.3. Características del régimen y estimación de la oferta hídrica superficial en Colombia

En este aparte, se presentan los resultados del cálculo de volúmenes de agua superficial en las zonas y subzonas hidrográficas del país; se incluyen indicadores hídricos que dan cuenta del régimen natural y las estimaciones de oferta para sistemas hídricos que constituyen fuente de abastecimiento de agua de la población en cabeceras municipales. Como un tema complementario, ya que no se tienen estimativos de almacenamiento, se presentan algunas características en términos de localización y área de cuerpos de agua lénticos y humedales.

3.3.1. Características del régimen hídrico: indicadores de aridez y de regulación hídrica

Las características del régimen hidrológico están determinadas por factores meteorológicos, bióticos, asociados con la cobertura de la superficie terrestre y los propios de la dinámica del agua en el suelo y subsuelo. En este Estudio, el régimen hidrológico se aborda desde la estimación de las condiciones de aridez y la capacidad de almacenar y retener agua representados en los índices de aridez y regulación.

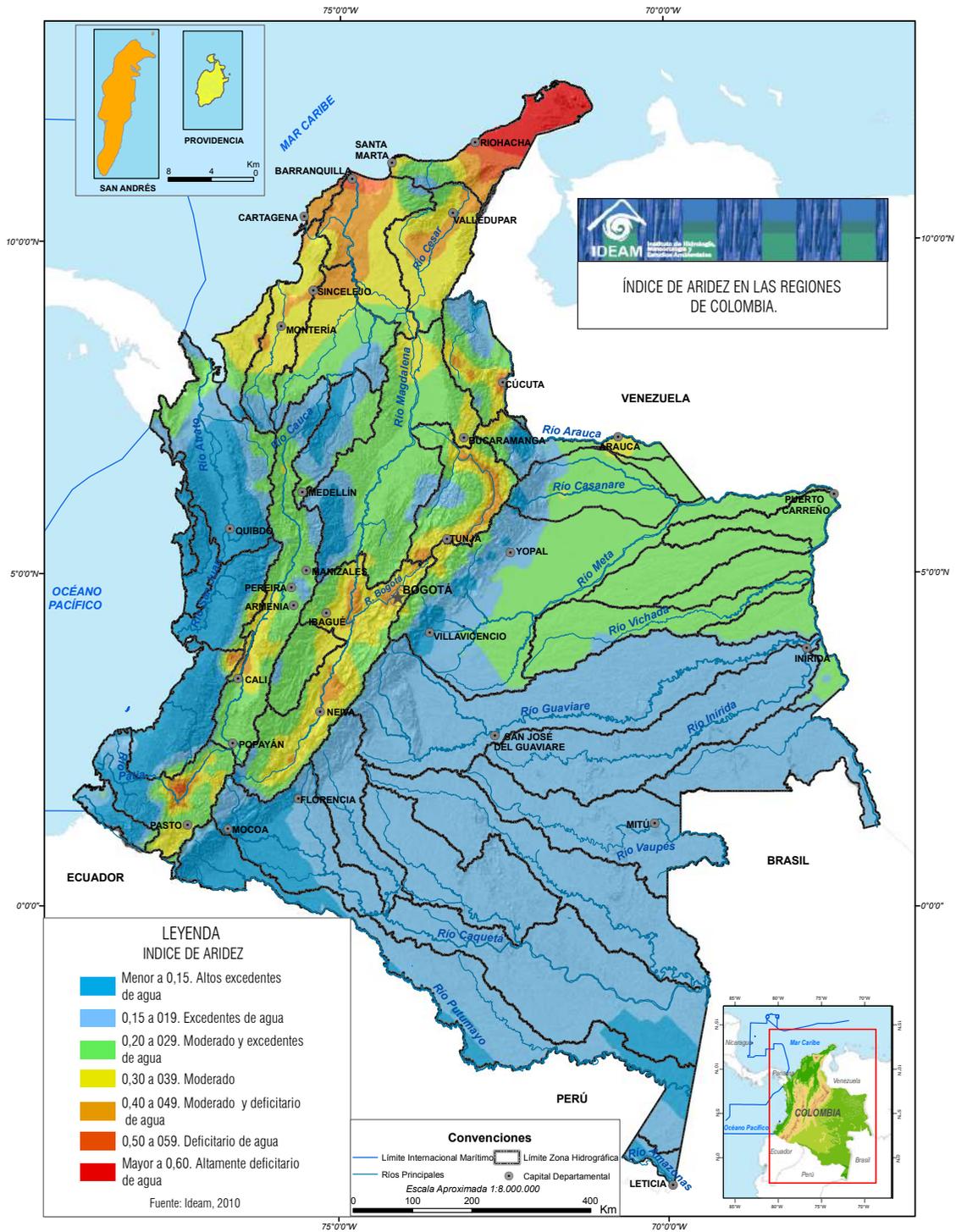


Figura 3.3. Mapa de índice de aridez en las regiones de Colombia.

Índice de aridez. La variabilidad de las condiciones naturales de aridez se ilustra en el mapa de la *Figura 3.3*. Se reconocen zonas altamente deficitarias de agua en La Guajira y en áreas localizadas del Caribe; al sur de la Sierra Nevada de Santa Marta; y en las subcuencas de los ríos Magdalena y Cauca correspondientes a la parte alta de la cuenca, a la Sabana de Bogotá, al Alto Cauca y a la cuenca del río Chicamocha. Así mismo, se identifican condiciones de criticidad en las cuencas de los ríos Pamplonita, Cesar y Patía, en el Pacífico. El resto del país presenta excedentes de agua superficial.

Es importante resaltar que un porcentaje muy alto del área territorial continental del país presenta excedentes, de moderados a altos. Cabe anotar además que cerca del 80% de la población y actividades económicas del país están localizadas en cuencas con déficit natural de agua.

Índice de retención y regulación hídrica. De acuerdo con la metodología presentada antes, la obtención de este indicador se basó fundamentalmente en la curva de duración de caudales medios diarios para las estaciones seleccionadas. Su estimación resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios (*Figura 3.4*).

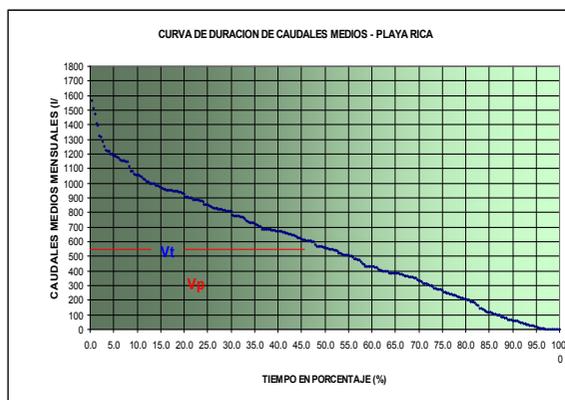


Figura 3.4. Curva de duración de caudales.

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = VP / Vt$$

donde

IRH: Índice de retención y regulación hídrica

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones entre áreas y subzonas hidrográficas. A cada rango se le asigna una calificación cualitativa, que corresponde a la descripción ilustrada en la *Tabla 3.1*.

Tabla 3.1. Calificación de los rangos de valores del IRH.

Rango de valores del Indicador	Calificación	Descripción
>0.85	MUY ALTA	Muy alta retención y regulación de humedad
0.75 – 0.85	ALTA	Alta retención y regulación de humedad
0.65 – 0.75	MODERADA	Media retención y regulación de humedad media
0.50 – 0.65	BAJA	Baja retención y regulación de humedad
<0.50	MUY BAJA	Muy baja retención y regulación de e humedad

El mapa de la *Figura 3.5*, se construyó a partir de la interpolación de datos de estaciones hidrológicas; se generaron isolíneas para la espacialización del indicador que identifican en forma general las zonas del país con mayores y menores condiciones para retener y regular agua; esto equivale a reconocer las condiciones para mantener una disponibilidad hídrica determinada.

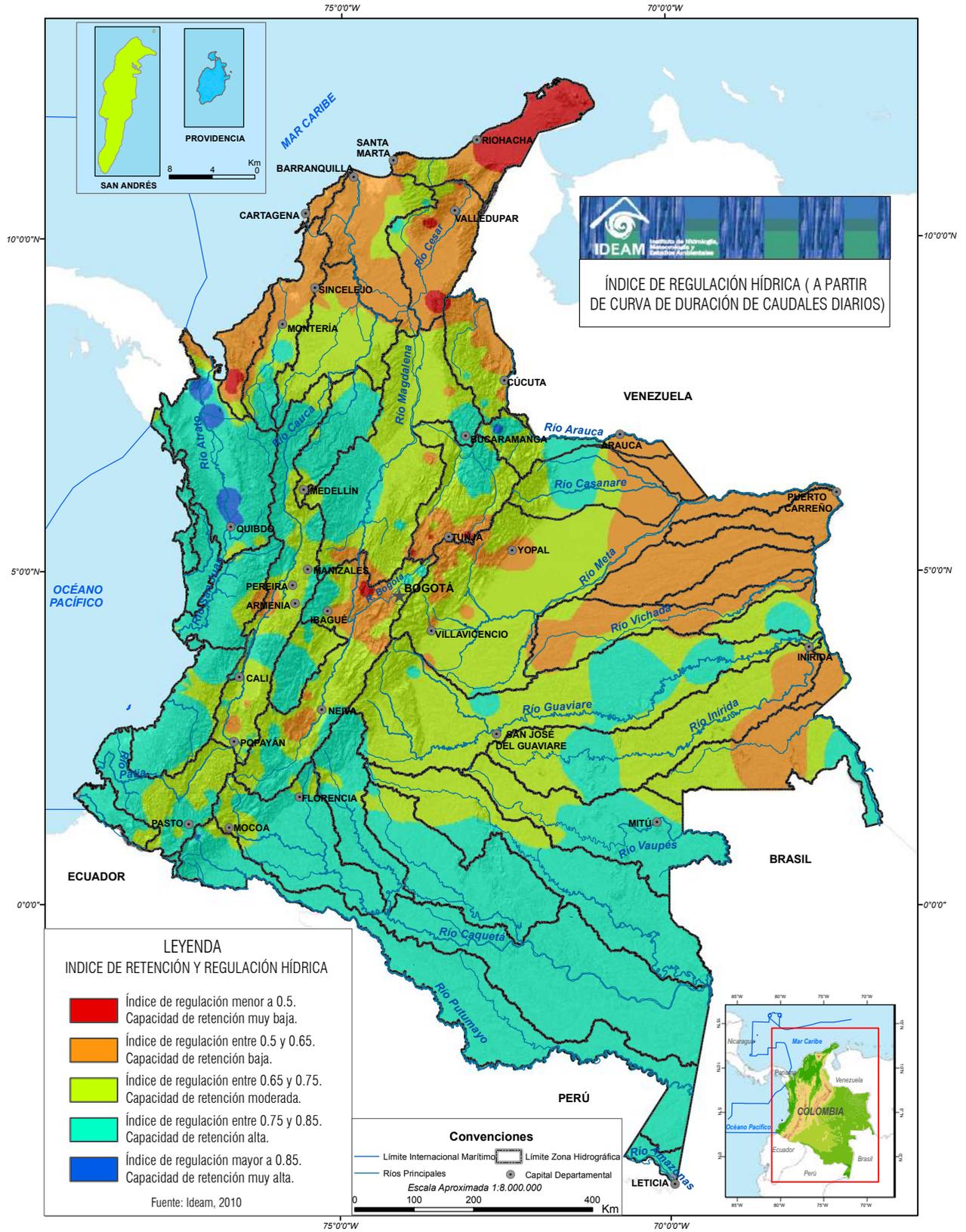


Figura 3.5. Representación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) en Colombia..

En la representación cartográfica, se identifica la distribución de las condiciones de regulación en las diferentes áreas y subzonas hidrográficas. En las áreas del Pacífico, Amazonía y Bajo Cauca, se presenta alta capacidad para retener humedad y mantener condiciones de regulación, mientras que son evidentes las condiciones de baja regulación en sectores de las áreas del Magdalena-Cauca, Orinoco y Caribe. Las condiciones de más baja regulación se presentan en el departamento de La Guajira. El análisis por regiones se presenta en el aparte 3.3.2.2 de este capítulo.

3.3.2. Estimación de la oferta hídrica superficial en Colombia

En esta parte del Estudio, se presentan los resultados obtenidos luego del procesamiento y análisis hidrológico de las series de tiempo seleccionadas. Inicialmente, se despliega el horizonte nacional, para luego abordar unidades hidrográficas de mayor resolución.

3.3.2.1. Comportamiento de la escurrentía y rendimiento hídrico a nivel nacional

Colombia se clasifica como uno de los países con mayor oferta hídrica natural del mundo. En este Estudio, se estima un rendimiento hídrico promedio de 63 l/s-km² que supera seis veces el rendimiento promedio mundial (10 l/s-km²) y tres veces el rendimiento de Latinoamérica (21 l/s-km²).

Del volumen total anual de precipitación en Colombia (3.700 km³), el 61% se convierte en escurrentía superficial, equivalente a un caudal medio de 71.800 m³/s, correspondiente a un volumen de 2.265 km³ al año. Este caudal fluye por las cinco áreas hidrográficas en las que se ha dividido el territorio nacional continental (Figura 3.6).

La cuenca Magdalena-Cauca contribuye a este caudal total con el 13% (9.500 m³/s), la Amazonía con 39% (27.830 m³/s), la Orinoquía con 27% (19.230 m³/s), el Caribe –incluida la cuenca del río Catatumbo– contribuye con el 8% y el Pacífico aporta el 13% (9.629 m³/s).

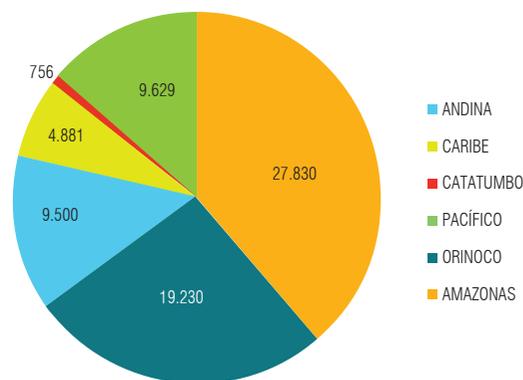


Figura 3.6. Distribución de caudales (m³/s) por áreas hidrográficas.

En términos de cantidad de agua que fluye por unidad de área, el Pacífico cuenta con el mayor rendimiento hídrico del país, estimado en 124 l/s-km², la Amazonía presenta rendimientos promedio de 81 l/s-km², y el Orinoco y el Caribe, de 55 l/s-km². Las áreas hidrográficas de Catatumbo y Magdalena-Cauca tienen los rendimientos promedio más bajos del país, con 46 l/s-km² y 35 l/s-km², respectivamente; aún así, estas áreas hidrográficas duplican el rendimiento promedio de Latinoamérica estimado en 21 l/s-km².

La escurrentía media anual en Colombia y su variación a través del año es muy heterogénea y determina la oferta hídrica superficial del país. Su variabilidad espacial y temporal está representada en los valores de caudal y volumen de oferta hídrica que se desarrollan en este trabajo para condiciones hidroclimáticas promedio, húmedas y condiciones secas, en las 41 zonas hidrográficas del país (Tabla 3.2) y las 309 subzonas (Anexo 1, sobre oferta e indicadores hídricos para condiciones hidrológicas medias y secas).

De la *Tabla 3.2* se puede inferir que los mayores volúmenes de agua drenados al área hidrográfica del Magdalena-Cauca son aportados por las cuencas de las zonas hidrográficas del Magdalena Medio (35%), Cauca (15%), el Bajo Magdalena y el San Jorge (15%). El área hidrográfica del Caribe recibe sus mayores aportes de la zona Atrato-Darién (76%). El Pacífico, a su vez, recoge el 64% de su oferta de las zonas Amarales-Dagua (36%) y San Juan (28%). Al Orinoco tributan el 56% de la oferta las zonas de Guaviare (26%) y Meta (20%). Por último, los ríos Caquetá, Putumayo y Apaporis contribuyen con el 66% de los volúmenes de agua que recibe el área hidrográfica del Amazonas, con aportes del 30%, 18% y 15%, respectivamente. La composición porcentual de los aportes no varía a nivel nacional en las condiciones de año medio y año seco.

El régimen hidrológico del país se caracteriza por tener una escorrentía promedio de 1.988 mm, con rangos que van desde una escorrentía media de 100 mm al año en La Guajira hasta escorrentías mayores de 6.000 milímetros en el Pacífico. En el Caribe, con excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta y la cuenca del río Atrato, tiene normas de escorrentía bajas, la mayoría menores de 400 mm, mientras que regiones como el Pacífico, en particular la cuenca alta del río San Juan, presenta escorrentías muy altas, mayores de 5.000 mm.

En la *Figura 3.7*, se reconocen sectores dentro de la cuenca Magdalena-Cauca con valores bajos de escorrentía en los altiplanos cundiboyacense, nariñense y de Pubenza; el desierto de la Tatacoa, en el Huila; el cañón de la cuenca del río Chicamocha y la cuenca alta del Catatumbo. Sin embargo, para el resto de la cuenca, la escorrentía se considera moderada, con valores entre 1.500 mm y 2.500 mm. El piedemonte llanero, de donde se desprenden los ríos que drenan la zona del Orinoco, se caracteriza por

tener una escorrentía media alta, valores mayores de 2.000 mm.

La comparación de escenarios de año medio y año seco (*Figura 3.7* y *Figura 3.8*) permite observar reducciones significativas en el volumen de escorrentía. De esta manera, se infieren reducciones del orden de 35% en el área del Amazonas, de 43% en el área Caribe, de 55% en el Magdalena-Cauca, de 37% en el Orinoco y de 36% en el Pacífico.

En la *Figura 3.9*, se ilustran las variaciones de escorrentía a nivel mensual para condiciones de año medio.

Es importante resaltar las diferencias marcadas en la distribución, tanto espacial como temporal, de los volúmenes de escorrentía entre unidades hidrográficas en los diferentes meses del año. Las escorrentías más bajas se presentan en las áreas Magdalena-Cauca, Caribe y Orinoquía, en el trimestre enero-febrero-marzo, siendo el mes de febrero el más crítico del año. Para la Orinoquía y la Amazonía, por su régimen climático monomodal, el trimestre con mayor volumen de escorrentía es junio-julio-agosto. Los volúmenes de mayor oferta hídrica en la cuenca de los ríos Magdalena-Cauca y el Caribe se presentan en noviembre.

Directamente asociado con los niveles de escorrentía, los rendimientos hídricos por unidades hidrográficas presentan comportamiento similar, lo cual se ve reflejado en la espacialización para condiciones hídricas medias, de año seco y húmedas (*Figuras 3.10* hasta *Figura 3.14*).

Los rendimientos para la condición climática seca muestran que los meses de enero, febrero y marzo son los más críticos y que octubre y noviembre son meses más húmedos.

Tabla 3.2. Oferta hídrica por zonas hidrográficas en Colombia
(Mm³= millones de metros cúbicos)

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Área (km2)	Caudal año medio (m ³ /s)	Caudal año seco (m ³ /s)	Oferta anual año medio (Mm ³)	Oferta anual año seco (Mm ³)
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	34.569	860	384	27.132	12.121
	Saldaña	9.963	318	163	10.019	5.129
	Medio Magdalena	59.689	3.199	1.532	100.886	48.316
	Sogamoso	23.249	748	313	23.582	9.864
	Bajo Magdalena/ Cauca/-San Jorge	25.921	1.272	598	40.119	18.862
	Cauca	40.986	1.581	664	49.862	20.938
	Nechí	14.613	826	422	26.065	13.300
	Cesar	22.931	396	129	12.481	4.082
	Bajo Magdalena	27.243	396	214	12.484	6.739
Total Magdalena Cauca		269.129			302.922	137.083
Caribe	Atrato-Darién	37.810	3.993	2.589	125.952	81.658
	Caribe-Urabá	8.601	263	89	8.306	2.817
	Sinú	18.478	486	251	15.329	7.924
	Caribe-Litoral	1.992	20	11	620	338
	Caribe-Guajira	21.419	435	145	13.723	4.569
	Caribe Islas(S. Andres, Prov, Sta Cat)	49	1	0,64	31	20
	Catatumbo	16.472	824	340	25.990	10.725
Total Caribe		104.821			189.951	108.051
Pacífico	Mira	5.870	786	451	24.787	14.238
	Patía	23.995	1.485	705	46.840	22.244
	Amarales-Dagua- Directos	20.795	3.212	2.171	101.313	68.467
	San Juan	16.412	2431	1.661	76.682	52.401
	Baudó-Directos Pacifico	5.964	993	655	31.320	20.653
	Pacífico-Directos	4.252	512	311	16.147	9.801
	Pacífico Islas		Sin información			
Total Pacífico		77.289			297.088	187.804
Orinoco	Inírida	53.795	3385	2.403	106.764	75.795
	Guaviare	84.570	5.031	3.417	158.675	107.770
	Vichada	26.212	1.290	879	40.672	27.722
	Tomó	20.301	991	690	31.241	21.768
	Meta	82.720	4.700	2.597	148.238	81.909
	Casanare	24.013	1.199	875	37.832	27.583
	Arauca	11.619	740	420	23.326	13.254
	Orinoco Directos	43.713	2.189	1.650	69.035	52.045
	Apure	264	16	7	501	228
Total Orinoco		347208			616.285	408.074
Amazonas	Guanía	31.284	2.128	1.500	67.119	47.308
	Vaupés	37.694	2.669	1.812	84.187	57.135
	Apaporis	53.509	4.092	2.744	129.061	86.533
	Caquetá	99.969	9.212	5.584	290.543	176.118
	Yarí	37.127	2.933	1.965	92.500	61.977
	Caguán	20.757	1.929	1.184	60.840	37.336
	Putumayo	57.930	5.075	3.293	160.055	103.863
	Amazonas-Directos	3.269	261	180	8.238	5.664
	Napo	456	27	16	846	508
Total Amazonas		341.994			893.389	576.442

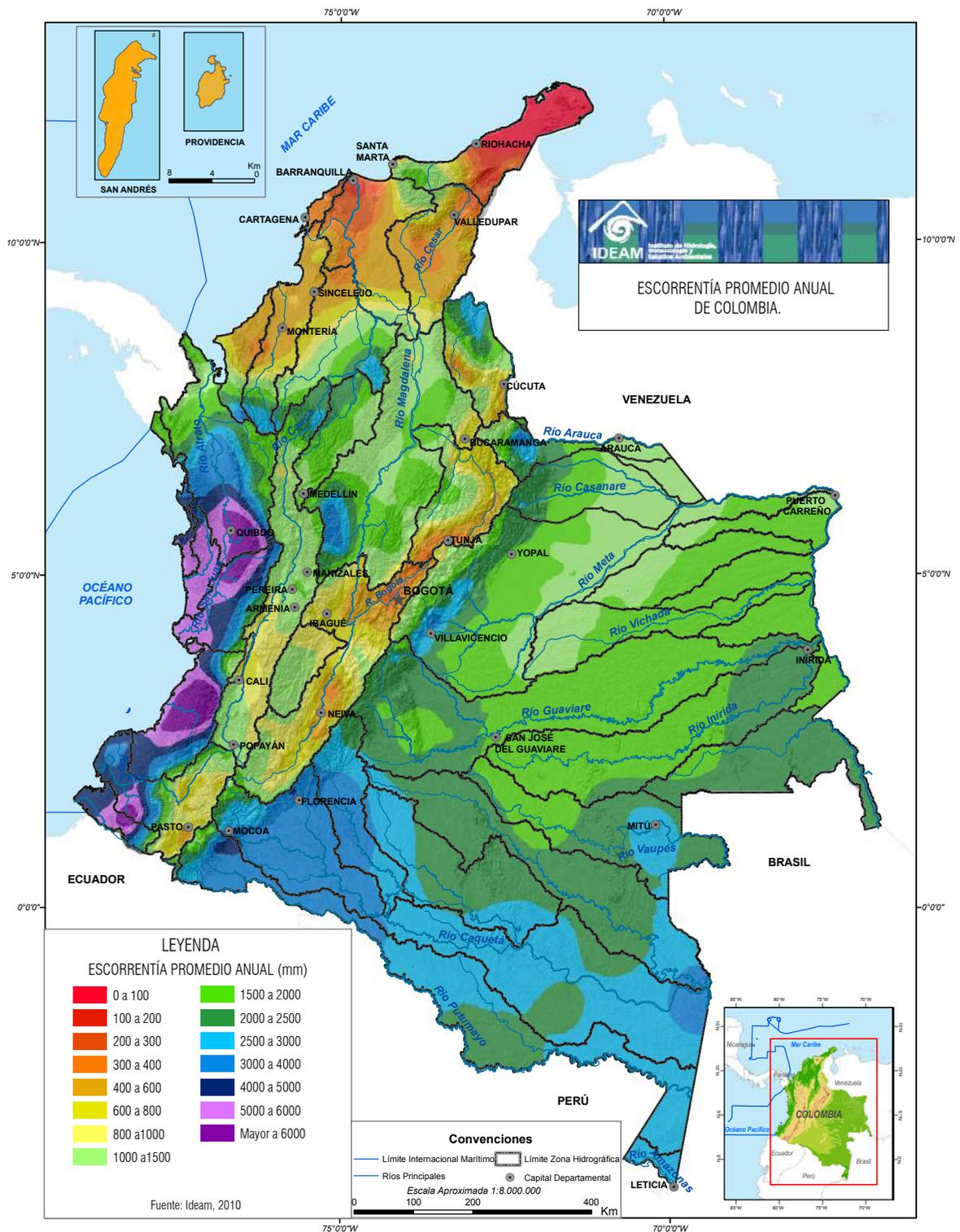


Figura 3.7. Escorrentía promedio anual de Colombia.

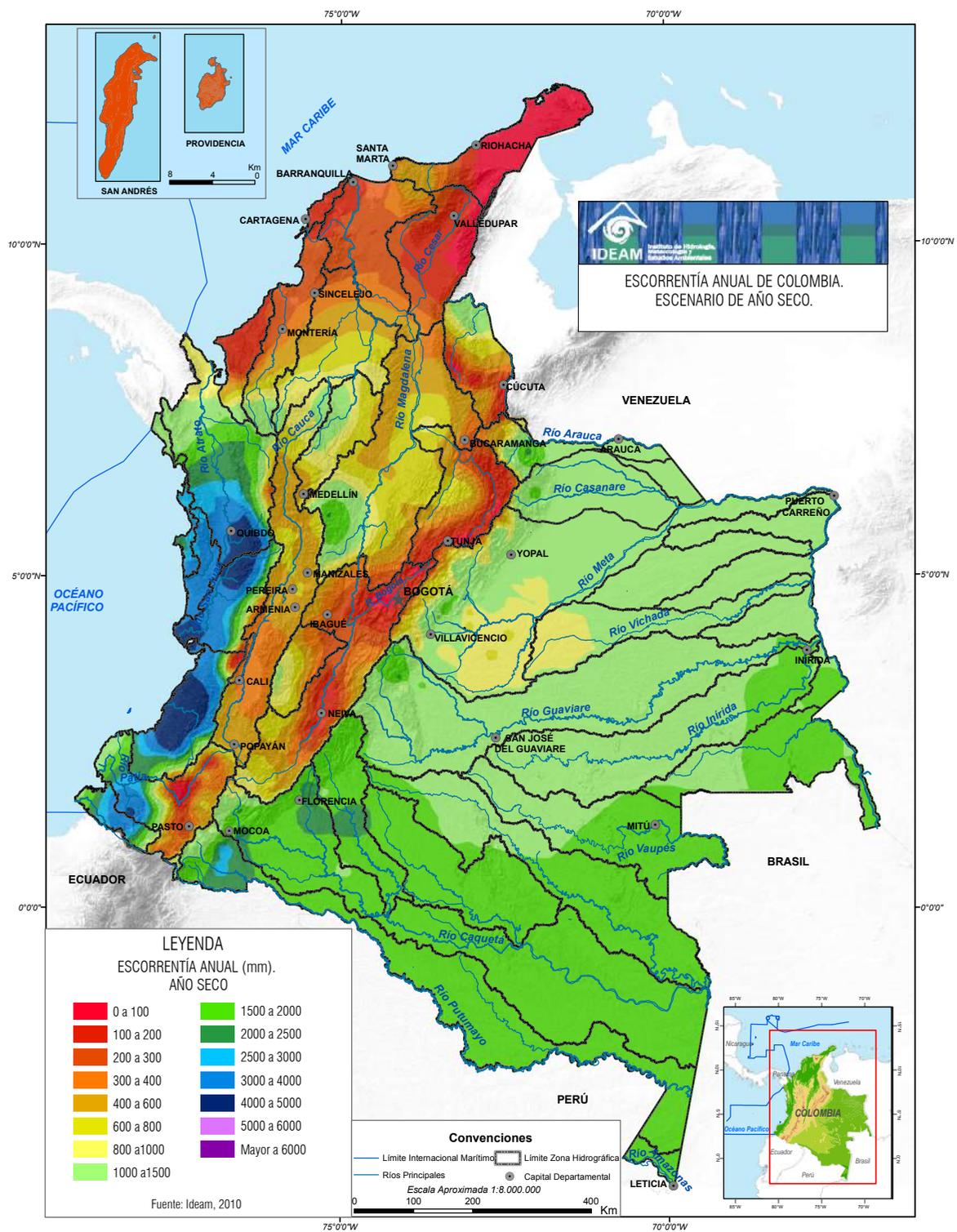


Figura 3.8. Escorrentía anual de Colombia: escenario de año seco.

Cuando en Colombia se presenta una condición climática seca, los rendimientos hídricos se reducen considerablemente. En particular, se observan reducciones significativas en el Caribe, con mayor énfasis en La Guajira. De igual manera, son sensibles en la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca, en las zonas del Cesar, Sogamoso y Cauca, y en las subzonas del Alto Magdalena.

La condición climática seca mensual, expresada en rendimiento hídrico (Figura 3.12), muestra que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril son los más afectados en la mayoría del territorio del país. En términos generales, puede afirmarse que, en condición de año seco, las áreas del Magdalena-Cauca y el Caribe son afectadas a lo largo de todos los meses del año en la mayoría de sus cuencas.

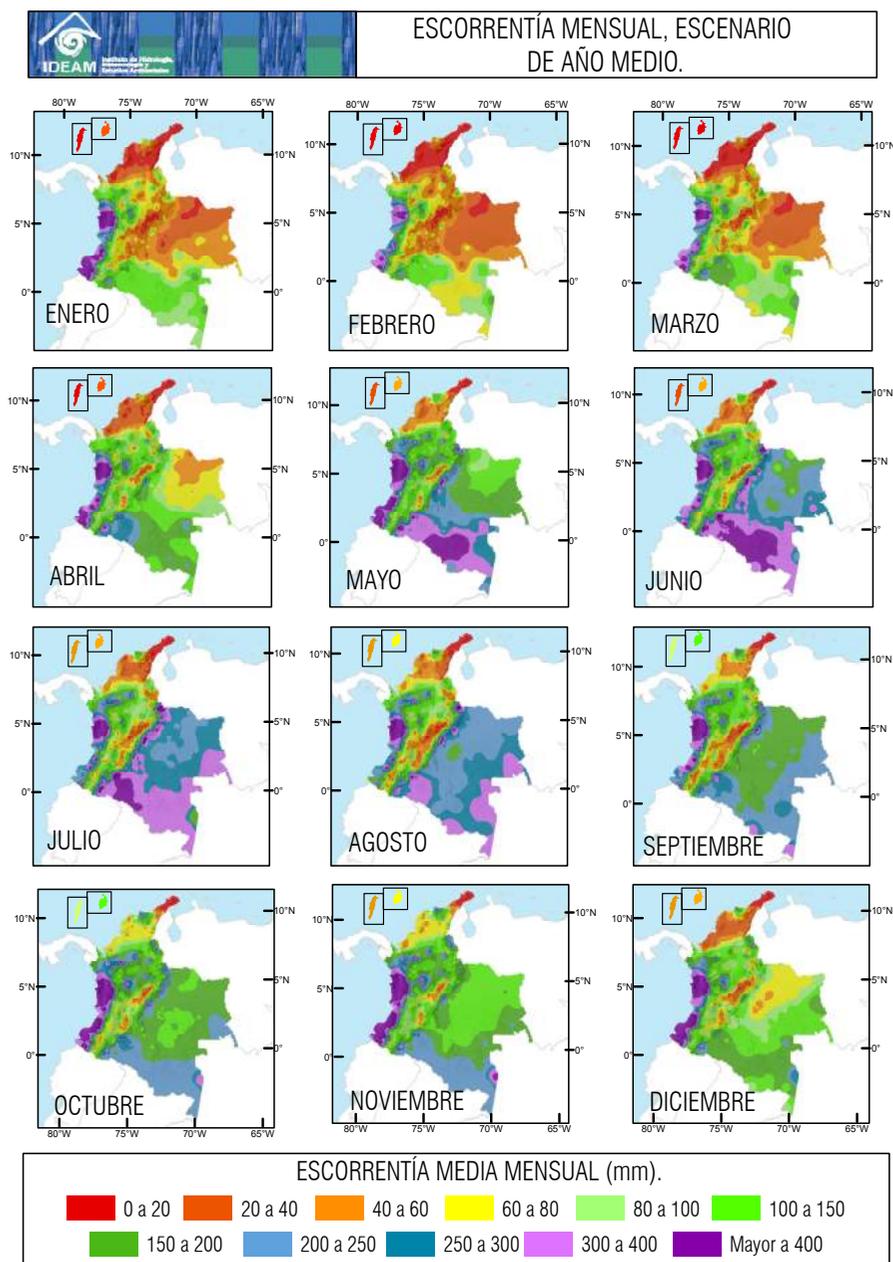


Figura 3.9. Escorrentía mensual, escenario de año medio.

En condición climática de *año húmedo*, se generan escorrentías muy por encima de lo normal, con un marcado contraste con las que se presentan en hidrologías de año promedio y año seco. En un año húmedo, la escorrentía es superior a 2.000 mm en la mayor parte del país, con valores muy altos, superiores a 6.000 mm, en gran parte del área y muy por encima del promedio de escorrentía multianual (1.988 mm). **Las áreas hidrográficas más afectadas se concentran en el Pacífico, las cuencas altas de los ríos que drenan al Orinoco y en los ríos del piedemonte amazónico (Figura 3.13).**

La condición climática húmeda mensual, expresada en escorrentía (Figura 3.14), muestra que en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, los más afectados cuando hay condiciones secas, se presentan valores de moderados a excedentes en la mayor parte de la cuenca Magdalena-Cauca y subzonas del Caribe. En este contexto, desde el mes de abril hasta el mes de noviembre, puede afirmarse que hay altos excedentes de agua en casi todo el país, con mayor afectación mensual en las áreas hidrográficas del Pacífico, Orinoquía y Amazonía.

Se reconocen en la Figura 3.14 sectores dentro de la cuenca Magdalena-Cauca con valores altos de escorrentía, en subzonas del Bajo Cauca y Magdalena. Y en los altiplanos cundiboyacense, nariñense y en la cuenca alta de los ríos Magdalena y Cauca se presentan escorrentías promedio, prácticamente durante todo el año.

3.3.2.2. Oferta hídrica superficial en áreas hidrográficas

La información procesada y espacializada admite la focalización de resultados en áreas hidrográficas que se presentan para ilustrar las particularidades del comportamiento de la oferta hídrica y la relación con los elementos que determinan la disponibilidad y regulación hídrica en diferentes zonas del país.

• Área hidrográfica de la cuenca Magdalena-Cauca

En esta área, se reconocen comportamientos diferenciados del régimen hidrológico y de la oferta de agua superficial en las cuencas alta, media y baja del río Magdalena y en la cuenca del río Cauca.

A la cuenca alta del río Magdalena, conformada por el departamento del Huila en su totalidad y parte de los departamentos del Tolima y Cundinamarca, fluyen importantes ríos, como el Suaza, Páez, Cabrera, el Saldaña, Coello y el Bogotá, fuentes importantes de abastecimiento para la población y soporte de grandes proyectos de distritos de riego e hidroenergía, entre otros.

Esta zona del país se caracteriza por tener condiciones de aridez moderadas en el 86% del área, y rendimientos entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² para la gran mayoría de las cuencas de sus ríos, con excepción de los ríos Bogotá, Opía, Fortalecillas y Seco, que presentan rendimientos entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km². La variabilidad climática de la zona, las grandes presiones por uso de agua y la degradación de las cuencas hacen que, en condiciones de año seco, las reducciones de la oferta sean considerables, mayores del 50% para un porcentaje muy alto de los ríos. En condiciones climáticas secas, el 21% del área del Alto Magdalena presenta rendimientos deficitarios (entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km²) y el 24%, muy deficitario, con rendimientos inferiores a 10 l/s-km² en ríos como el Yaguará, Neiva, Baché, Sumapaz, Juncal, Opía y Totare, entre otros (Figura 3.15).

En el Medio Magdalena, se localizan desarrollos de gran importancia nacional representados en hidroenergía, hidrocarburos y riego, entre otros, además del abastecimiento a poblaciones de gran parte de los departamentos de Caldas, Tolima, Cundinamarca,

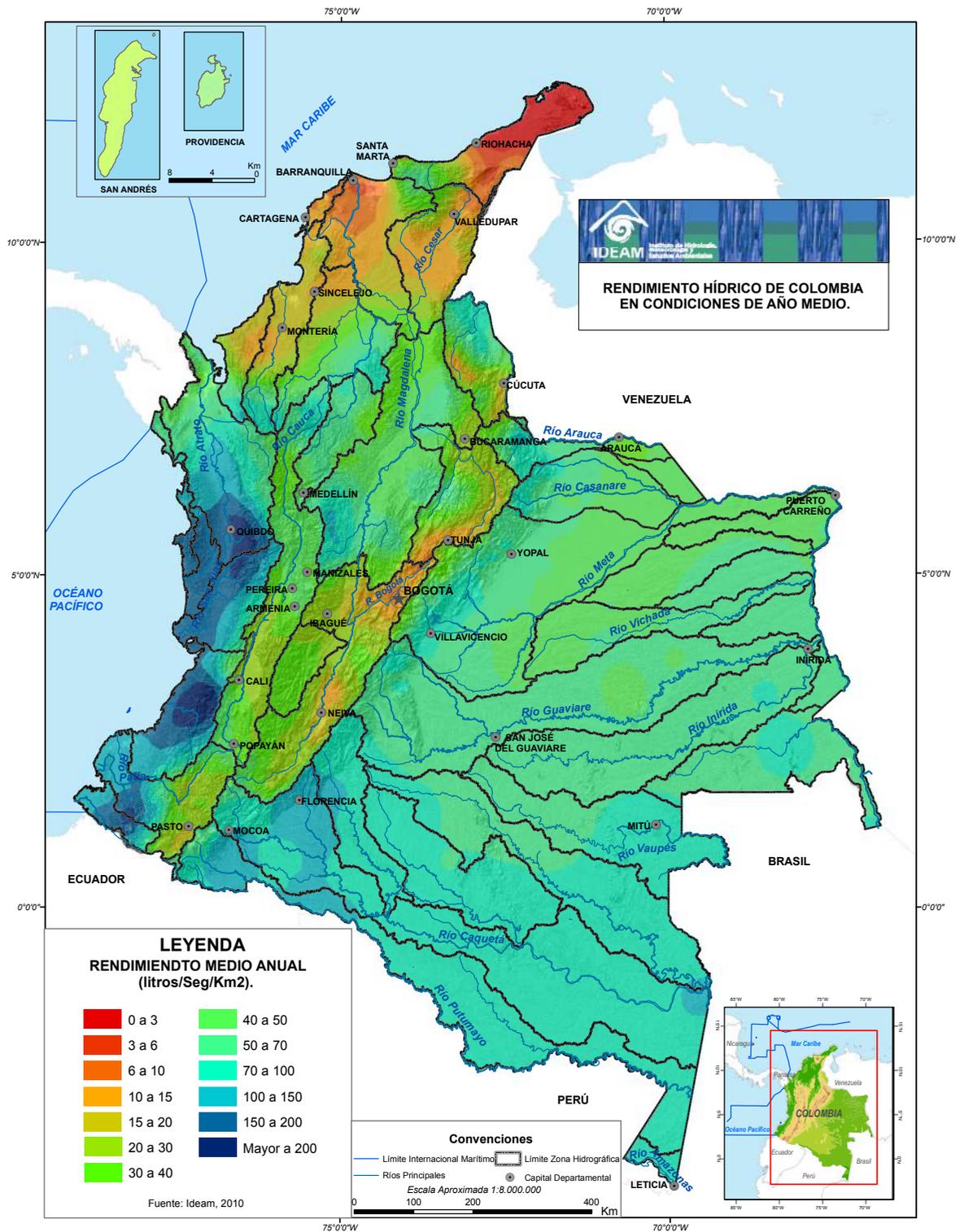


Figura 3.10. Rendimiento hídrico de Colombia en condiciones de año medio.

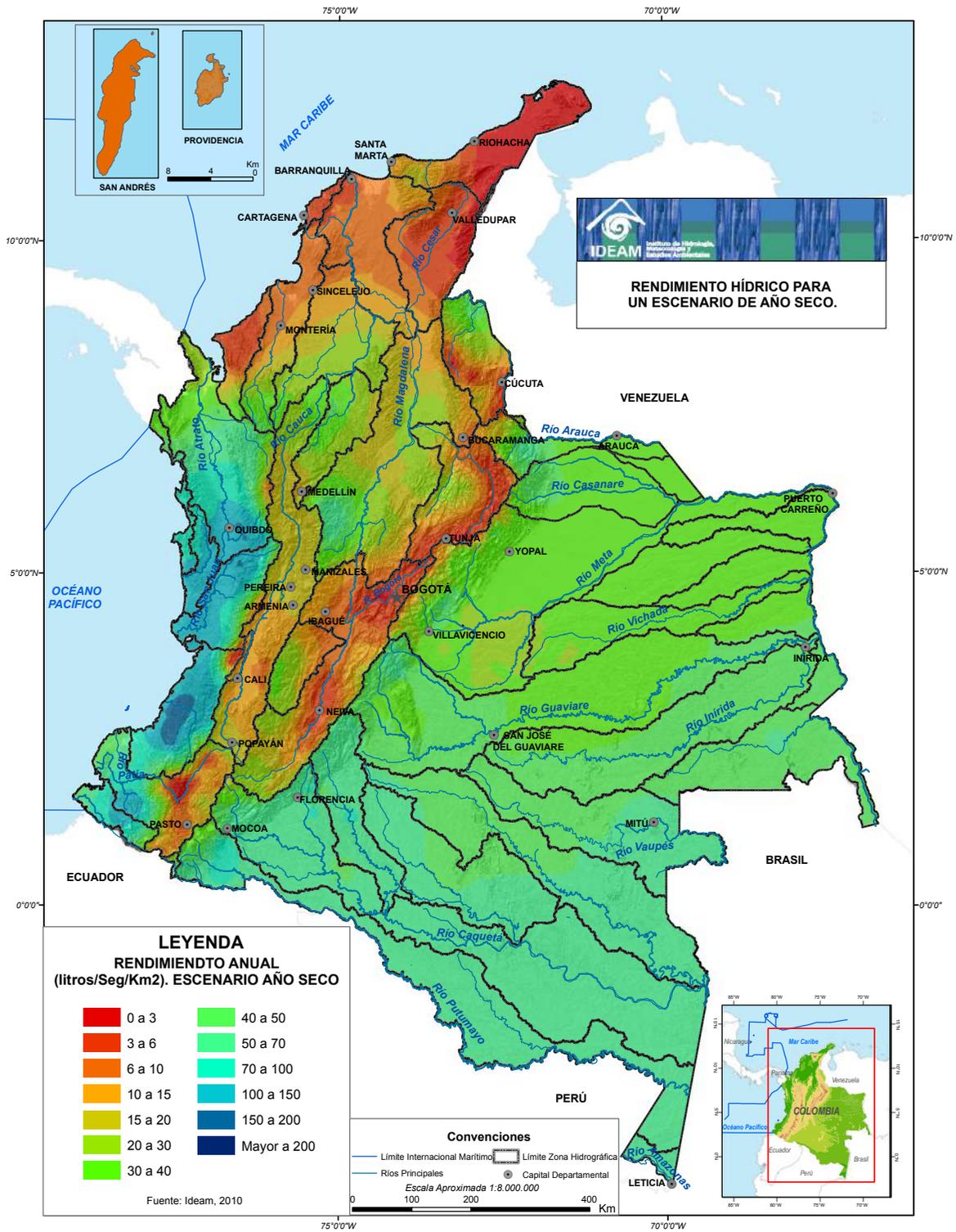


Figura 3.11. Rendimiento hídrico para un escenario de año seco.

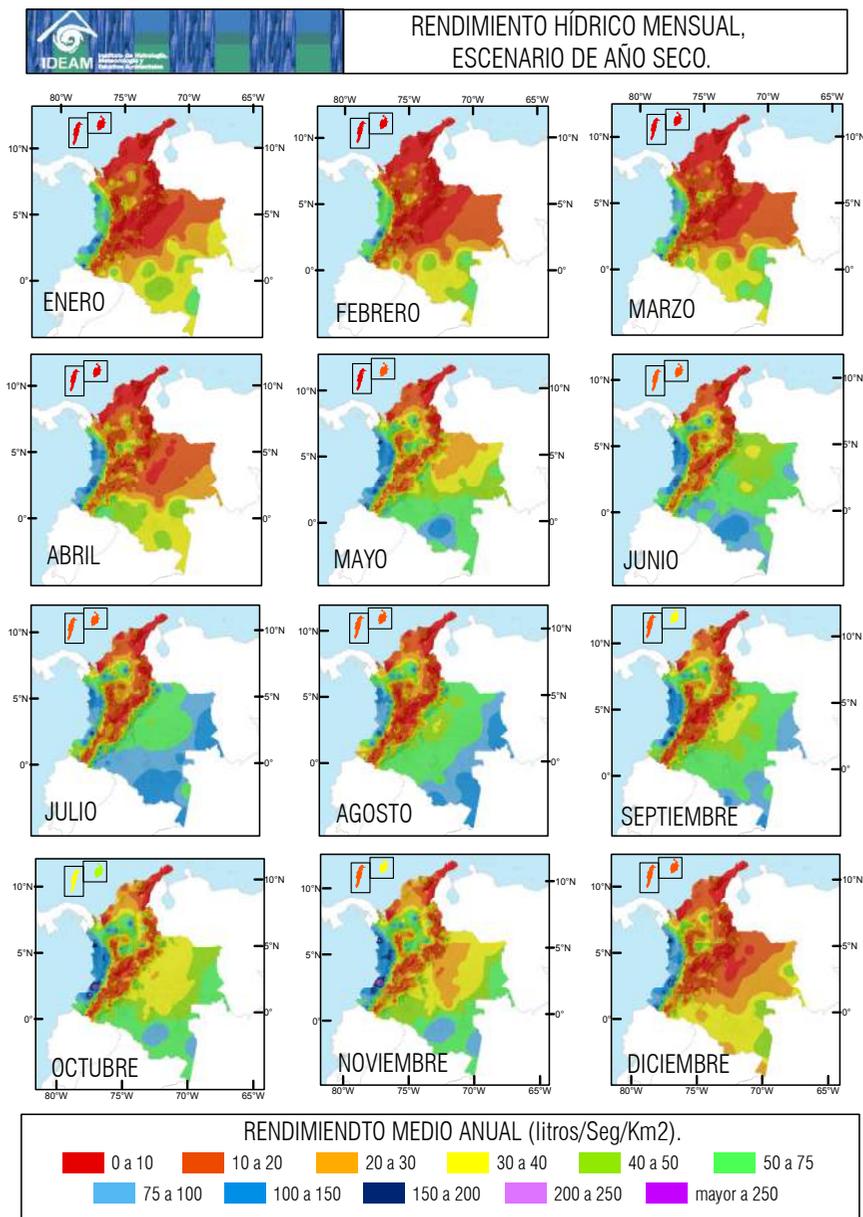


Figura 3.12. Rendimiento hídrico mensual, escenario de año seco.

Boyacá, Santander y Antioquia. Los ríos como el Gualí, Cimitarra, Lebrija, Chicamocha, Sogamoso, Suárez, Carare y Opón aportan apreciables volúmenes de agua. El rendimiento hídrico de esta región, 53 l/s-km², duplica el del Alto Magdalena y se acerca al promedio nacional (62 l/s-km²). Hidrológicamente, de acuerdo con el índice de aridez, el Medio Magdalena es una cuenca de régimen húmedo, el 61% de su área

se encuentra en condición moderada y el 30% entre moderado a excedentes de agua (Figura 3.15).

En términos de oferta, el 50% del área presenta rendimientos entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km², mientras que un 36% del área tiene rendimientos entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² para condiciones hidroclimáticas medias. De este comportamiento, se excluyen las cuencas de

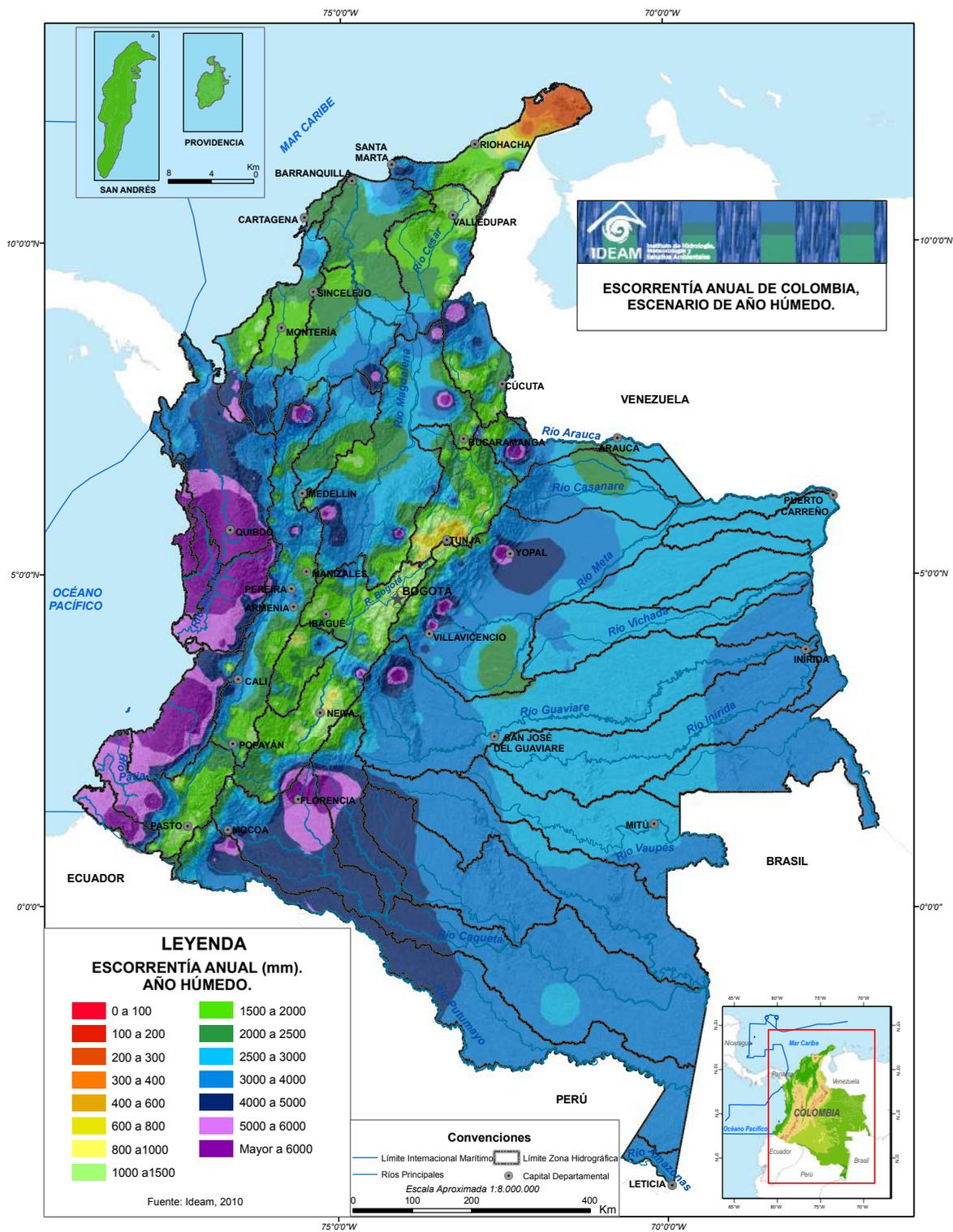


Figura 3.13. Escorrentía anual de Colombia, escenario de año húmedo.

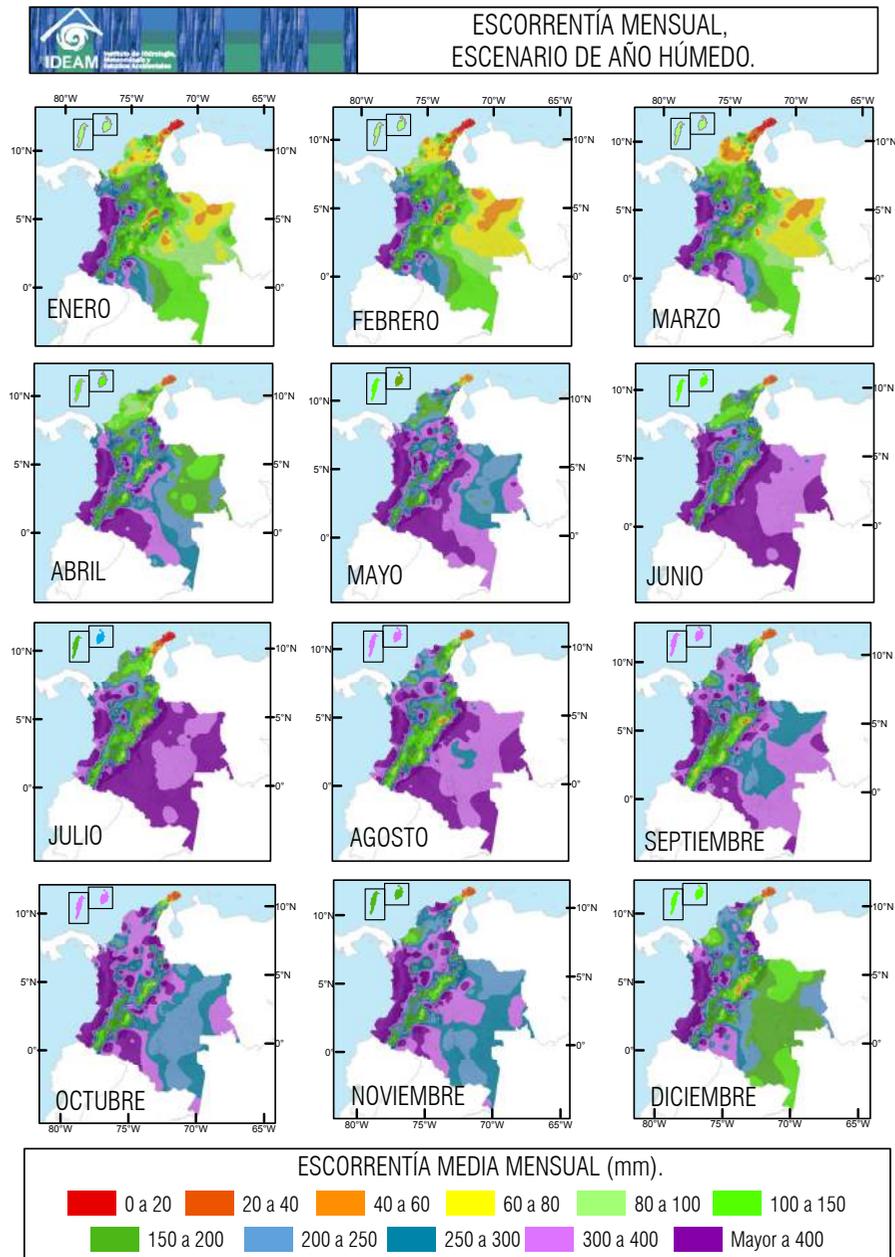


Figura 3.14. Escorrentía mensual, escenario de año húmedo.

los ríos Samaná –que tiene rendimiento hídrico cercano a los 90 l/s-km²–, el Nare –con valores mayores a 70 l/s-km²–, el Guarinó y algunos que drenan directo al río Magdalena, con valores superiores a 60 l/s-km².

Para condiciones climáticas secas, se observa una reducción de más del 40% para rendimientos entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km². El 23% del área alcanza

rendimientos entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² en los ríos Guarinó, Gualí, Opón y directos al Magdalena. Los ríos Lebrija, Negro, Carare-Minero y Cimitarra corresponden al 61% del área con rendimientos entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km².

La cuenca del río Cauca se caracteriza por la gran variedad de sistemas hidroclimáticos desde el

nacimiento del río, en el Macizo Colombiano, hasta su desembocadura en el río Magdalena, zona de características cenagosas. Asociadas con los diferentes sistemas, se identifican cuencas que aportan importantes volúmenes de agua; desde la cuenca alta, con los ríos Fraile, Amaime, la Vieja, Palo y Paila, en los departamentos de Cauca y Valle. En la parte baja de la cuenca, los ríos de mayor aporte son el Tarazá, Nechí y Porce, en los departamentos de Caldas y Antioquia.

Las cuencas de los ríos Nechí y Porce muestran altos excedentes de agua en el 10% del área, con condiciones de excedentes del 26% concentrados en las cuencas de los ríos Arma, Tarazá, Bajo Nechí y Porce; con condiciones de aridez moderada en más del 50% del área para los ríos Frío, La Vieja, Palo, Bajo Nechí y

Porce, en los departamentos de Cauca, Valle, Caldas y Antioquia (Figura 3.15). Con condiciones moderadas, se incluyen los ríos Fraile y Tuluá en 10% del área.

Estas características hidroclimáticas se ven reflejadas en la oferta hídrica superficial, en donde se reconoce más del 50% del área de la cuenca con rendimientos de moderados a excedentes (entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km²) para condiciones climáticas medias en las cuencas de los ríos Frío, Arma, Otún, Bajo Nechí y Porce. Así mismo, se presentan valores moderados para el 34% del área, con rendimiento hídrico entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² en las cuencas de los ríos Palo, Paila, Frío y Tuluá; mientras que, con excedentes entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km², se identifican las cuencas de los ríos Tarazá, Alto y Bajo Nechí.

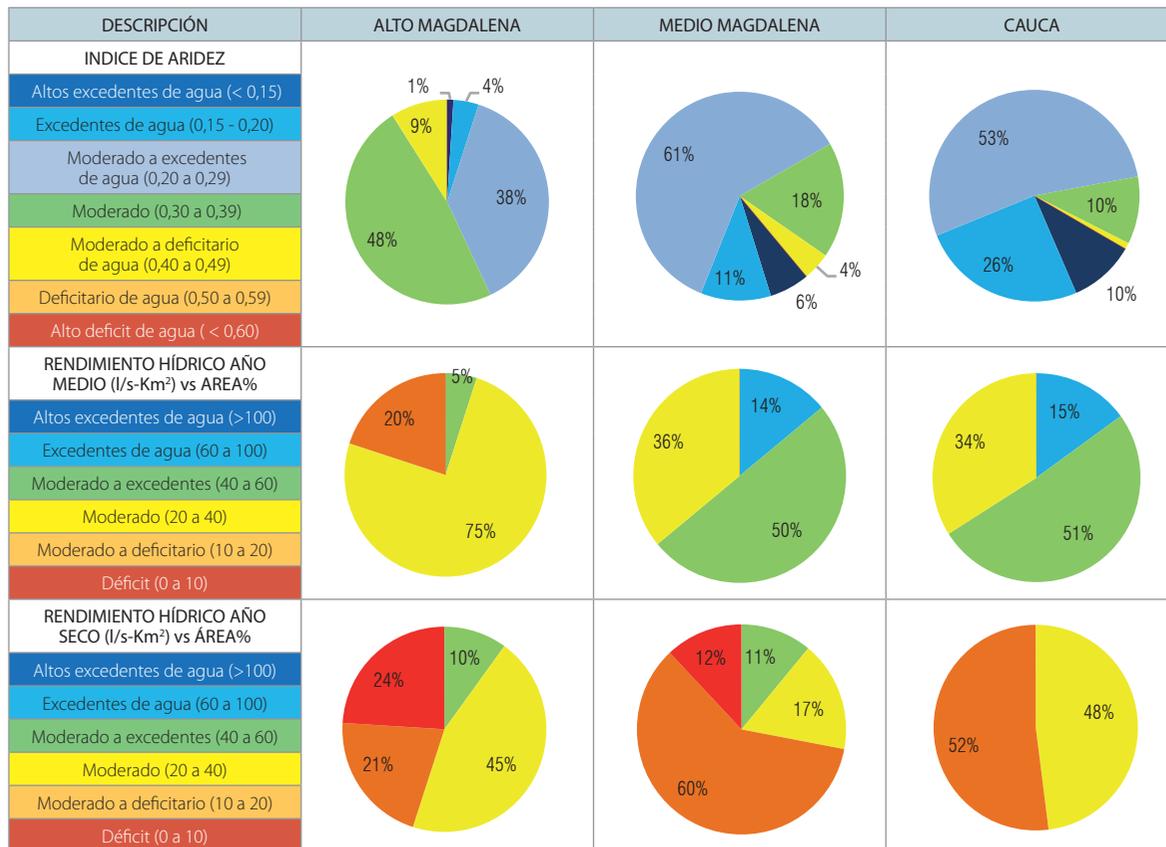


Figura 3.15. Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en las cuencas alta y media del río Magdalena, y en la cuenca del río Cauca.

En condiciones climáticas secas, la reducción de oferta de agua promedio oscila entre 50% y 65%. Se identifican dos categorías de rendimientos: un primer grupo, con rendimientos de moderados a deficitarios, que cubre 52% del área con valores entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km², en las cuencas de los ríos Fraile, Tuluá, La Vieja, Frío y Otún; departamentos de Cauca, Valle y Caldas. Y un segundo grupo, que cubre el resto del área (48%), con rendimientos más altos, entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km², principalmente las cuencas de los ríos Arma, Porce, Tarazá, y Alto y Bajo Nechí (Figura 3.15).

El Bajo Magdalena es una zona hidrográfica cuya característica principal es la dinámica hídrica de los complejos cenagosos más extensos del país, en donde los ríos Cauca y San Jorge confluyen al río Magdalena. Este complejo cenagoso cumple una función reguladora y representa casi 80% del área total de ciénagas de la cuenca Magdalena-Cauca, que en 1996 superó los 2.600 km² en niveles bajos (Ideam, Cormagdalena 2002). Consecuencia de esta dinámica hídrica, propia de la zona, se presentan las mayores inundaciones del país en épocas de lluvia que cubren extensas zonas de cultivos y de ganadería.

En condiciones climáticas medias, en el 48% del área aferente a esta zona hidrográfica, el indicador de aridez tiene características moderadas, y el 24% entre moderadas y con excedentes de agua. El 2% del área presenta rendimientos hídricos bajos, inferiores a 10 l/s-km², mientras que el 47% tiene rendimientos entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km². Los mayores rendimientos (40% del área), con valores entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km², se deben en gran medida a la cuenca del río San Jorge.

Para condiciones climáticas secas, la oferta hídrica que genera esta zona se reduce, en promedio, el 50%, y alcanza rendimientos superiores a 20 l/s-km² solo

en 11% del área, precisamente, en la cuenca alta del río San Jorge (Figura 3.15).

• Área hidrográfica del Caribe

El Caribe colombiano se caracteriza por presentar una gran variedad de sistemas hidroclimáticos, desde la subzona del Urabá antioqueño –con rendimientos hídricos altos, mayores de 120 l/s-km² en la gran mayoría de las cuencas– hasta La Guajira –con los menores rendimientos hídricos del país (inferiores a 10 l/s-km²) en varias de sus subzonas hidrográficas, con un promedio de 20 l/s-km²–. Se identifican cuencas con grandes aportes hídricos, como el río Atrato en el departamento del Chocó y Antioquia, y el río Sinú en el departamento de Córdoba. Los directos al Caribe, todos ellos ubicados en los departamentos de Bolívar, Magdalena y La Guajira, presentan bajos rendimientos.

Lo anterior se hace evidente en los valores del índice de aridez, que muestra una situación de déficit a alto déficit de agua, en especial, en la región de La Guajira y la parte norte del departamento del Atlántico, que cubre un área aproximada al 15% del área de las cuencas tributarias del Caribe. Valores moderados se encuentran en el 51% del área hidrográfica; sobresalen aquí los ríos que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta y las cuencas media y baja del río Sinú. En la categoría de excesos de agua, se identifican las cuencas de los ríos Atrato y Alto Sinú.

En términos de rendimiento hídrico, el área hidrográfica del Caribe muestra que, para condiciones climáticas medias, el 16% del área presenta rendimientos superiores a 100 l/s-km² en la cuenca del río Atrato, rendimientos entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km² en las zonas del Alto Sinú y de los ríos Murrí y León, que abarcan el 30% del área. Rendimientos hídricos entre 20 l/s-km² y 60 l/s-km² se encuentran solamente

en el 15% del área. En contraste, las zonas deficitarias de agua se localizan en La Guajira y la parte norte del Atlántico, con rendimientos hídricos inferiores a 20 l/s-km² para el 40% del área restante.

En condiciones climáticas secas, se estiman reducciones de rendimiento hídrico promedio para toda el área hidrográfica del 43%. Las subzonas de Urabá y La Guajira alcanzan hasta el 66% de reducción, y el Atrato, el 35%. En este contexto, se observa que 40% del área presenta rendimientos inferiores a 10 l/s-km² en las cuencas de los ríos Carraipia, Camarones, Ranchería, Tapias, San Juan, Mulatos y Bajo Sinú. Un 10% del área presenta rangos de valores entre moderado y deficitario de agua, con rendimientos entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km² en los ríos Guachaca, Don Diego y Ancho en La Guajira, Medio Sinú. El 30% del área corresponde a rendimientos moderados (entre 20 l/s-km² y 60 l/s-km²) en las cuencas correspondientes al sistema Atrato-Darién, costado norte de la Sierra Nevada de Santa Marta y la parte media del río Sinú. Excedentes de agua mayores de 60 l/s-km² corresponden al 20% del área total en las cuencas del Atrato (Figura 3.16).

La zona hidrográfica del Catatumbo drena la mayor parte de sus aguas al golfo de Maracaibo; el resto forma parte del nacimiento del río Arauca, en el departamento de Norte de Santander. Esta región la conforman ríos como el Catatumbo, Zulia, Sardinata, Pamplonita y Tarra, que aportan importantes volúmenes de agua a proyectos de riego, hidrocarburos y consumo humano. En esta zona, más del 30% del área presenta rangos de índice de aridez, con excedentes a altos excedentes de agua; en la categoría de moderado a excedentes de agua, se encuentra 37% del área; en la categoría moderado a moderado deficitario, un 30% del área; y solamente un 1% del área se ubica en condiciones deficitarias (Figura 3.16).

En condiciones climáticas medias, en esta zona solo se reconocen tres categorías de rendimientos: en un 54% del área de la zona se estiman valores entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km², sobre todo en las cuencas de los ríos Tarra, Alto Catatumbo y Pamplonita. El 21% del área se ubica en la categoría de rendimiento moderado a excedentes, con valores entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km² en las cuencas de los ríos Catatumbo y Tibú; y por último, en la categoría de los excedentes, un 25% del área con valores entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km² en la cuenca baja del Catatumbo.

En condiciones climáticas secas, se estiman reducciones promedio del 59%. Se destaca el río Pamplonita, por alcanzar reducciones hasta del 70%. Las cuencas de los ríos Zulia, Algodonal y Tarra presentan reducciones del rendimiento que oscilan entre el 60% y el 70%. En consecuencia, el 67% del área total muestra valores entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km², principalmente en la cuenca del bajo Catatumbo; la categoría de moderado a deficitario abarca un 29% del área, con valores entre 10 l/s-km² y 20 l/s-km² en las cuencas de los ríos Tarra, Presidente, Algodonal y Zulia. En la cuenca del río Pamplonita (4% del área total), se estiman condiciones deficitarias con valores entre 0 l/s-km² y 10 l/s-km².

• Área hidrográfica del Pacífico

En esta área, se presentan las precipitaciones y rendimientos hídricos más altos del país. Se destacan los ríos Patía, Mira, Baudó, Guapi, Telembí, Iscuandé, Guachicono y Sipí, localizados en parte de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle y Chocó.

La región del Pacífico muestra una gama amplia en las categorías del índice de aridez. Un 64% del área total corresponde a rangos de altos excedentes de agua; el 11% se ubica en rangos de excedentes de

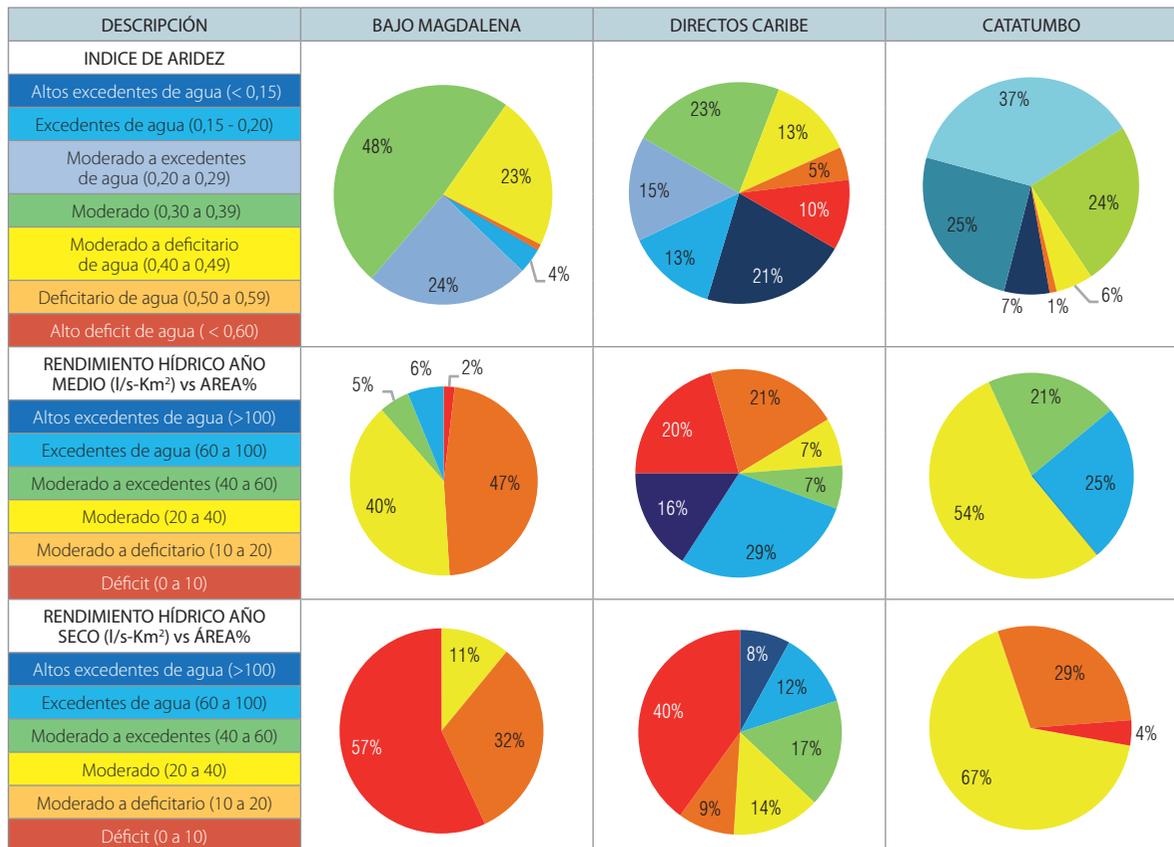


Figura 3.16. Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en la cuenca baja del río Magdalena y área hidrográfica del Caribe.

agua; un 9% del área, en la categoría de moderado a excedentes de agua; un 13%, en rangos moderados; y solo 3% del área total se encuentra en la categoría de moderado a deficitario, en la cuenca Alta y Media del río Patía (Figura 3.17).

En condiciones climáticas medias, el área hidrográfica del Pacífico muestra altos valores de rendimiento hídrico en un 74% del área, con valores mayores de 100 l/s-km², más que todo en las cuencas de los ríos San Juan, Patía, Mira y Baudó; el 4% del área total se ubica en la categoría entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km², correspondiente a los afluentes directos de las cuencas de los ríos Mira y Sipí; en la categoría de moderado a excedentes, un 6% del área entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km² en la cuencas del alto Patía.

En el 16%, se estiman entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² en el Guachicón, el río Mayo, el Juanambú y el Guaitara.

En condiciones climáticas secas, se estiman reducciones de 36% en promedio. La mayor reducción se registra en el río Patía (52%), particularmente en el alto Patía (66%). Se reconocen altos excedentes de agua en 33% del área, con valores de rendimiento hídrico mayor de 100 l/s-km², en los ríos San Juan, Baudó y Amarales; y la categoría de excedentes, en el 35% del área, con valores de rendimiento hídrico entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km² en los ríos San Juan, Mira y Patía. Un 13% del área total se ubica en la categoría de moderadas a excedentes, con valores entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km² en los ríos Patía y Mira; la categoría de rendimiento hídrico moderados

corresponde al 3% del área, con valores entre 20 l/s-km² y 40 l/s-km² en la cuenca medio del río Patía y cuenca Amarales-Dagua. El 16% del área tiene condiciones de rendimientos moderados a deficitarios (10 l/s-km² y 20 l/s-km²) en el alto Patía y los ríos Mayo, Juanambú y Guaitara (Figura 3.17).

• Área hidrográfica del Orinoco

El área hidrográfica del Orinoco se caracteriza porque la mayor parte de sus ríos nacen en las estribaciones de la cordillera Oriental y bañan la extensa llanura colombiana, drenando sus aguas a la cuenca del río Orinoco. Allí fluyen grandes ríos, que por su longitud y caudal se tornan navegables durante la mayor parte del año, como el Arauca, el Meta y el Guaviare: Se

destacan, adicionalmente, ríos como el Casanare, el Upía, Guatiquía y el Ariari, de gran importancia para el desarrollo de los departamentos de Arauca, Meta, Casanare y Vichada.

El 46% del área total presenta valores de índice de aridez correspondientes al rango de moderado a excedentes de agua superficial; en el 50% del área, las condiciones son excedentes y un 3% del área se encuentra en la categoría de altos excedentes de agua (Figura 3.17).

El rendimiento hídrico promedio en condiciones climáticas medias es de 56 l/s-km², con rangos moderados a excedentes (entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km²) en un 75% del área correspondiente a cuencas de los

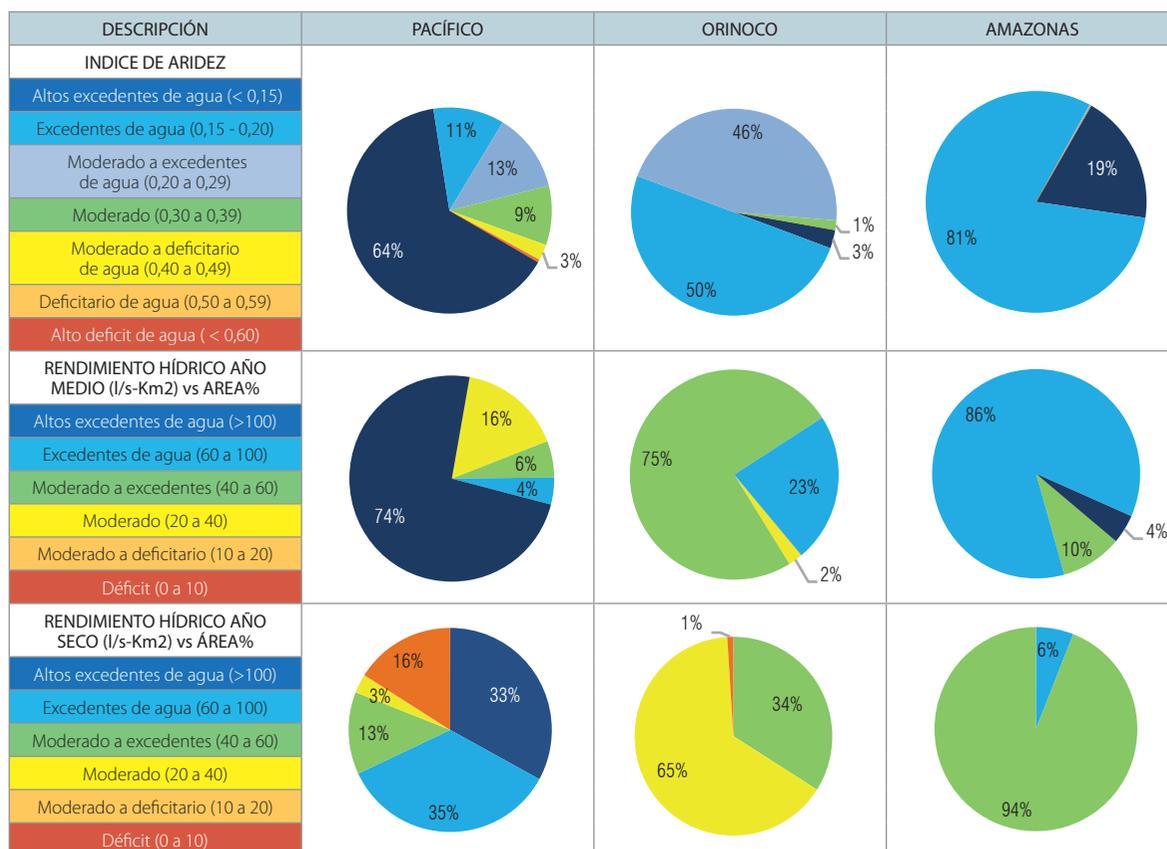


Figura 3.17. Condiciones de aridez y rendimiento hídrico en las áreas hidrográficas del Pacífico, Orinoco y Amazonas.

ríos Arauca, Casanare, Guaviare, Meta y Vichada; en el rango de excedentes (entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km²), abarca un 23% del área en las cuencas de los ríos Arauca, Guaviare y Guatiquía.

En condiciones climáticas secas, se observan reducciones promedio del rendimiento del 37%. En esta condición, se identifican las categorías de moderados hasta moderados a excedentes (entre 20 l/s-km² y 60 l/s-km²) en un **99% del área en las principales cuencas** de los ríos de esta región.

- **Área hidrográfica del Amazonas**

El área hidrográfica del Amazonas presenta una extensa selva tropical que cubre la tercera parte del territorio nacional; allí también se desarrollan una gran variedad de ecosistemas que aportan una biodiversidad alta, considerada entre las mayores del mundo. Se reconocen grandes ríos, como el Putumayo y el Amazonas, que hacen frontera con las repúblicas del Ecuador y Perú. En las estribaciones de la cordillera Oriental, nacen los ríos Orteguaza y Yarí, **que van conformando el río Caquetá**, considerado el más caudaloso de Colombia. Se destaca, además, el río Apaporis, que desemboca en la frontera con el Brasil y nace en el centro de la Amazonía colombiana.

Los ríos de las subzonas hidrográficas que drenan al río Amazonas le aportan un caudal de 27.830 m³/s. El 29% (8.000 m³/s) corresponde a los caudales provenientes de la parte andina de las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Caguán y Yare; y el 71% restante se genera en la planicie amazónica, como consecuencia de las altas precipitaciones en esta área, e incluye los ríos Apaporis y Vaupés.

En el 81% del área hidrográfica, el índice de aridez se encuentra en la categoría de excedentes de agua. El resto se caracteriza por altos excedentes de agua. En

cuanto al rendimiento hídrico y para unas condiciones climáticas medias, la región del Amazonas presenta valores entre 60 l/s-km² y 100 l/s-km², en las cuencas de los ríos Caguán, Caquetá, Yarí, Apaporis, Vaupés, Napo y Guainía. Por encima de 100 l/s-km², en esta condición se identifican los ríos Orteguaza, Pescado, Sencella y el Putumayo (*Figura 3.17*).

En condiciones climáticas secas, se estiman reducciones promedio de rendimiento hídrico del 35%. El área hidrográfica cae en el rango de moderados a excedentes (entre 40 l/s-km² y 60 l/s-km²) en todas sus cuencas.

3.3.3. Oferta hídrica en fuentes que abastecen acueductos de las cabeceras municipales

En este aparte, se realiza una estimación general de la oferta hídrica superficial para fuentes de abastecimiento en cabeceras municipales, teniendo presente que la red hidrométrica del Ideam no tiene una densidad adecuada para cálculos a esta escala local. Sin embargo, la metodología utilizada permite dar una señal indicativa sobre los posibles problemas de oferta y vulnerabilidad al desabastecimiento.

Cálculo y criterios metodológicos. Para la obtención de la oferta hídrica superficial en las fuentes de abastecimiento de las 1.120 cabeceras municipales, se comparó inicialmente la información de la base de datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios con la información de los Estudios Nacionales del Agua de 1998 y del año 2000, con el propósito de consolidar una relación de fuentes hídricas de abastecimiento y de áreas de drenaje de las cuencas abastecedoras. De esta manera, se identificaron fuentes y sitios probables de bocatomos de acueductos, y se delimitó el área eferente a este sitio

a partir de la cartografía digital, a escalas 1:100.000 y 1:25.000. Con el área y los rendimientos hídricos estimados, y con base en el mapa de isólinas de rendimientos (Figura 3.10 y Figura 3.11) para cada uno de estos sitios, se calculó un caudal y una esorrentía correspondiente base para determinar la oferta hídrica en condiciones climáticas de año medio y año típico seco. El esquema metodológico se presenta en la Figura 3.18.

El procedimiento utilizado presenta, sin embargo, algunas limitaciones tecnológicas, pues la resolución de la cartografía digital del IGAC a escala 1:100.000 y

el modelo digital del terreno DEM (30*30) no permiten la precisión necesaria para la identificación de la fuente y la delimitación del área para estas pequeñas cuencas. La limitación es más marcada en la generación de redes de drenaje en zonas de relieve poco accidentado (llanuras, valles, altiplanicies, piedemontes, etc.), de manera que no fue posible realizar los polígonos correspondientes a las cuencas de interés identificadas. Esta deficiencia se cubrió, en parte, para la muestra identificada utilizando cartografía análoga 1:25000 y realizando la modelación en Hidrosig. De esta manera, se atenuaron errores, pero no se soluciona el problema en su totalidad, pues se pueden

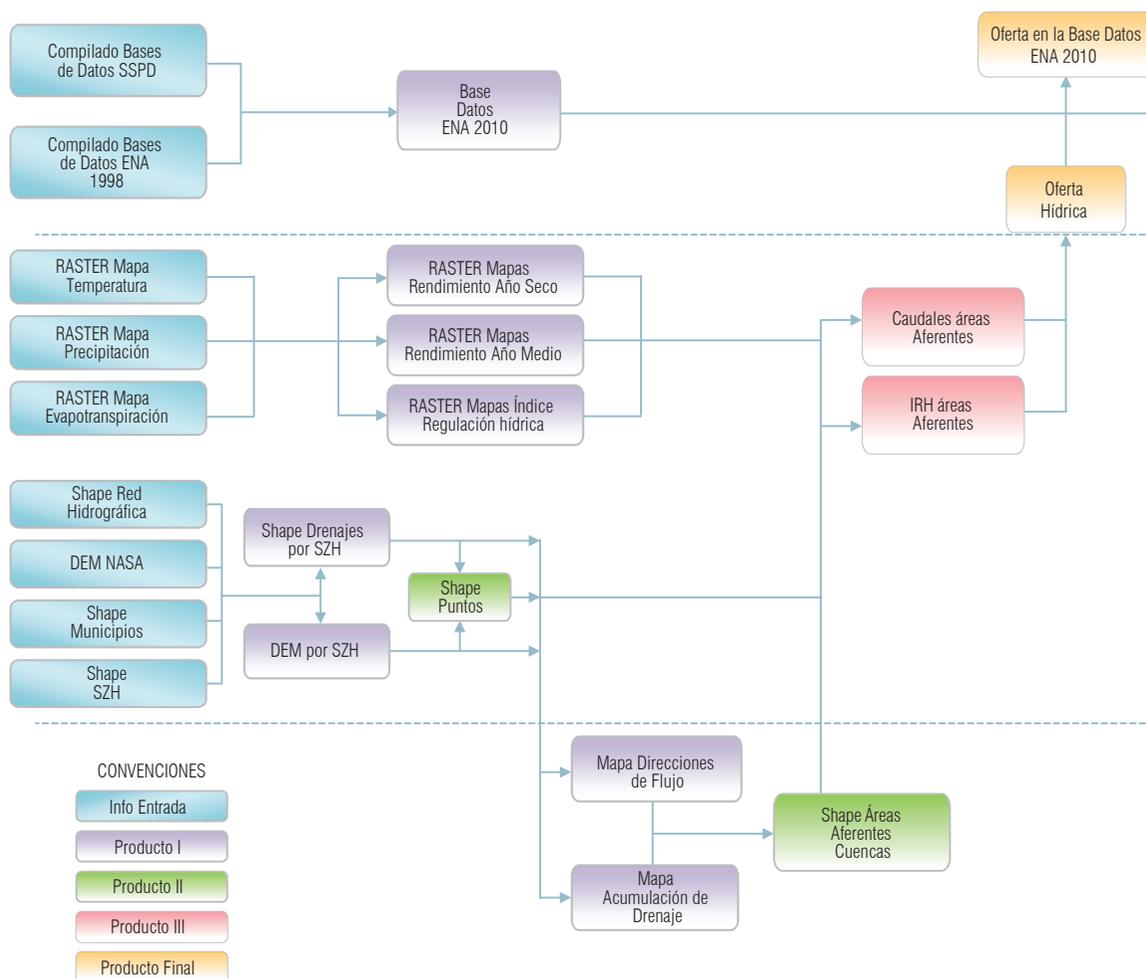


Figura 3.18. Esquema metodológico para la estimación de la oferta y vulnerabilidad de fuentes abastecedoras de acueductos.

incorporar errores por subestimación o sobreestimación de áreas. En términos generales, el ejercicio es indicativo, pero de gran interés para el país, puesto que permite tener una base de datos confiable para generación de escenarios de riesgo hidrológico para diferentes condiciones de variabilidad y cambio climático.

Se resalta la relación inversa entre la oferta media y la distribución de las cabeceras municipales (Figura 3.19). En este sentido, en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, en donde se presenta el 13,2% de la oferta total nacional, se concentran el 63% de las cabeceras municipales, mientras que en el área hidrográfica del Amazonas, en donde se encuentra el 38,7% de la oferta media total nacional, únicamente se identifican el 4,7% de las cabeceras municipales. De igual manera, en el área hidrográfica del Caribe, en donde se concentran el 11% de las cabeceras municipales,

solo se cuenta con el 7,8 % de la oferta media total nacional.

Las cabeceras municipales del área hidrográfica del Amazonas se concentran en la zona hidrográfica del Caquetá (36%) y Putumayo (26%). En el Pacífico, el 67% se encuentran en la zona hidrográfica del Patía (más que todo en las subzonas del Guitara y Juanambú); en menor proporción, se destacan las zonas hidrográficas del San Juan y Amarales-Dagua, que abarcan el 24% de las cabeceras municipales del área hidrográfica. En el área del Orinoco, las cabeceras se concentran en la zona hidrográfica del Meta (68%); el 13%, en la zona del Guaviare (principalmente, en la subzona del Ariari); y el 8%, en la zona del Arauca.

Asimismo, en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, la mayor parte de las cabeceras municipales se encuentran en el Alto Magdalena (19%), sobre todo en

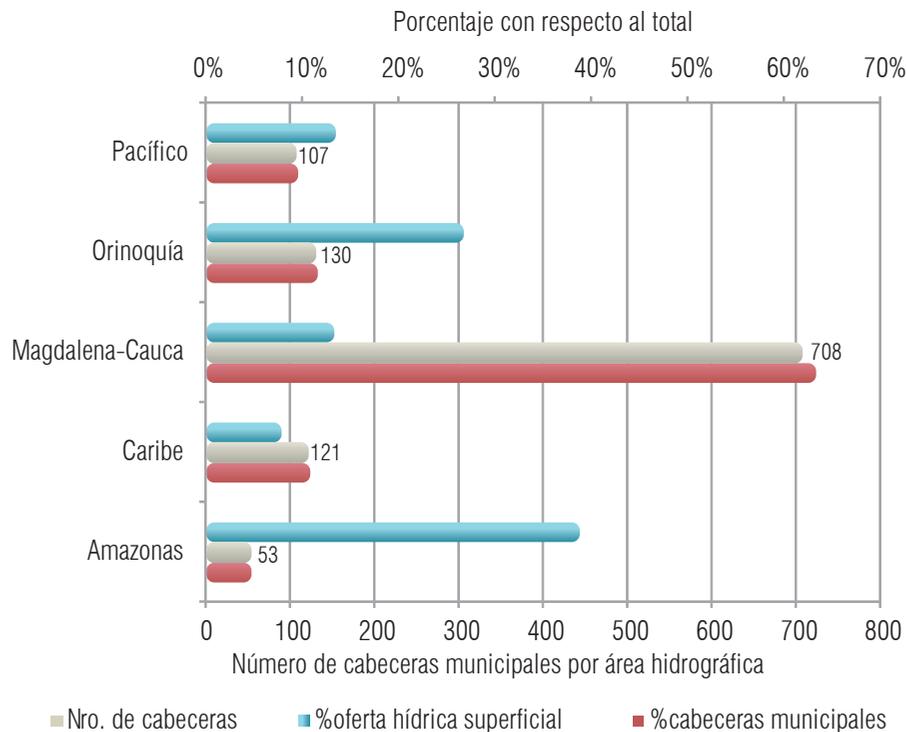


Figura 3.19. Distribución de cabeceras municipales y su relación con la oferta media por área hidrográfica.

las subzonas de los ríos Bogotá y Sumapaz, en las que están el 42% de las cabeceras de esta zona hidrográfica. En la zona del Cauca, se encuentran 143 cabeceras, de las cuales el 36% corresponden a los afluentes directos al río Cauca y el 20%, a las subzonas de los ríos La Vieja y Risaralda. En la zona hidrográfica del Cesar, se reconocen 25 **cabeceras municipales**; y en las zonas correspondientes a los ríos Nechí y Saldaña hay, en su orden, 26 y 11 cabeceras municipales. En la zona hidrográfica del Sogamoso, se encuentran 146 cabeceras, concentradas en las subzonas del Chicamocha y del Suárez (51% y 42% de la zona hidrográfica, respectivamente). En el Magdalena Medio, se encuentran el **17% de las cabeceras** del área hidrográfica Magdalena-Cauca, con especial énfasis en las subcuencas del Carare y el Lebrija.

En el **área hidrográfica del Caribe**, se encuentran 121 cabeceras, de las cuales el **28% se ubica en la zona hidrográfica del Catatumbo**; el 22%, en el Sinú; y el 21%, en la zona de Atrato-Darién.

Los resultados de las estimaciones de oferta hídrica, junto con la oferta disponible y los indicadores hídricos de uso y vulnerabilidad al desabastecimiento, se relacionan en el *Anexo 2* de este documento.

3.3.4. Oferta hídrica natural disponible

El rendimiento hídrico disponible calculado (con la sustracción de estimativos de caudal ambiental) muestra que las condiciones de disponibilidad tienen grandes limitaciones para las cuencas de los ríos de las áreas hidrográficas Magdalena-Cauca y Caribe, en donde también se ejercen las mayores presiones por el uso del recurso. Esta situación se hace más crítica si, además, se dan condiciones climáticas de año típico seco o alteraciones del régimen por efectos de fenómenos extremos, como El Niño (*Figura 3.20*).

De la figura anterior, se puede colegir que el rendimiento disponible y, por ende, la oferta disponible en condiciones de año medio y de año seco tienen diferencias regionales que es importante resaltar. En el área hidrográfica del Caribe, las reducciones de oferta para estas dos condiciones varían entre el 46%, en el Atrato-Darién, y el 73%, en el Catatumbo. Dentro de esta misma área, en el Urabá antioqueño, esta diferencia es del 68%; en el Sinú, del 59%; y en La Guajira, del 63%. De la misma manera, se estima que estas diferencias porcentuales en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca son del orden del 51%, con diferencias significativas en el río Nechí (37%) y en la cuenca del río Cesar (76%). En las áreas hidrográficas del Orinoco y el Amazonas, se estiman reducciones del 48% y el 41%, respectivamente. En el área hidrográfica del Pacífico, el promedio de reducción alcanza el 36%. La reducción más drástica en esta área se presenta en la cuenca del río Patía, con un 51%, y las menores reducciones corresponden a las cuencas del río Mira y al sistema Amarales-Dagua (26%).

Estas diferencias en el caudal disponible pueden ser más marcadas durante los meses de estiaje, en el marco de los regímenes hidrológicos específicos de cada una de las subzonas hidrográficas.

Por otro lado, la oferta ambiental para el uso que hacen los ecosistemas del agua tiene un equivalente de entre 30% y 50% de la oferta de año medio o año seco, en promedio, para todo el país.

3.3.5. Distribución de los cuerpos de agua lénticos en Colombia

Aunque para el territorio colombiano no se cuenta con un inventario nacional unificado de humedales, existen propuestas de clasificación que han permitido identificar los principales sistemas presentes en las diferentes regiones. El sistema de clasificación

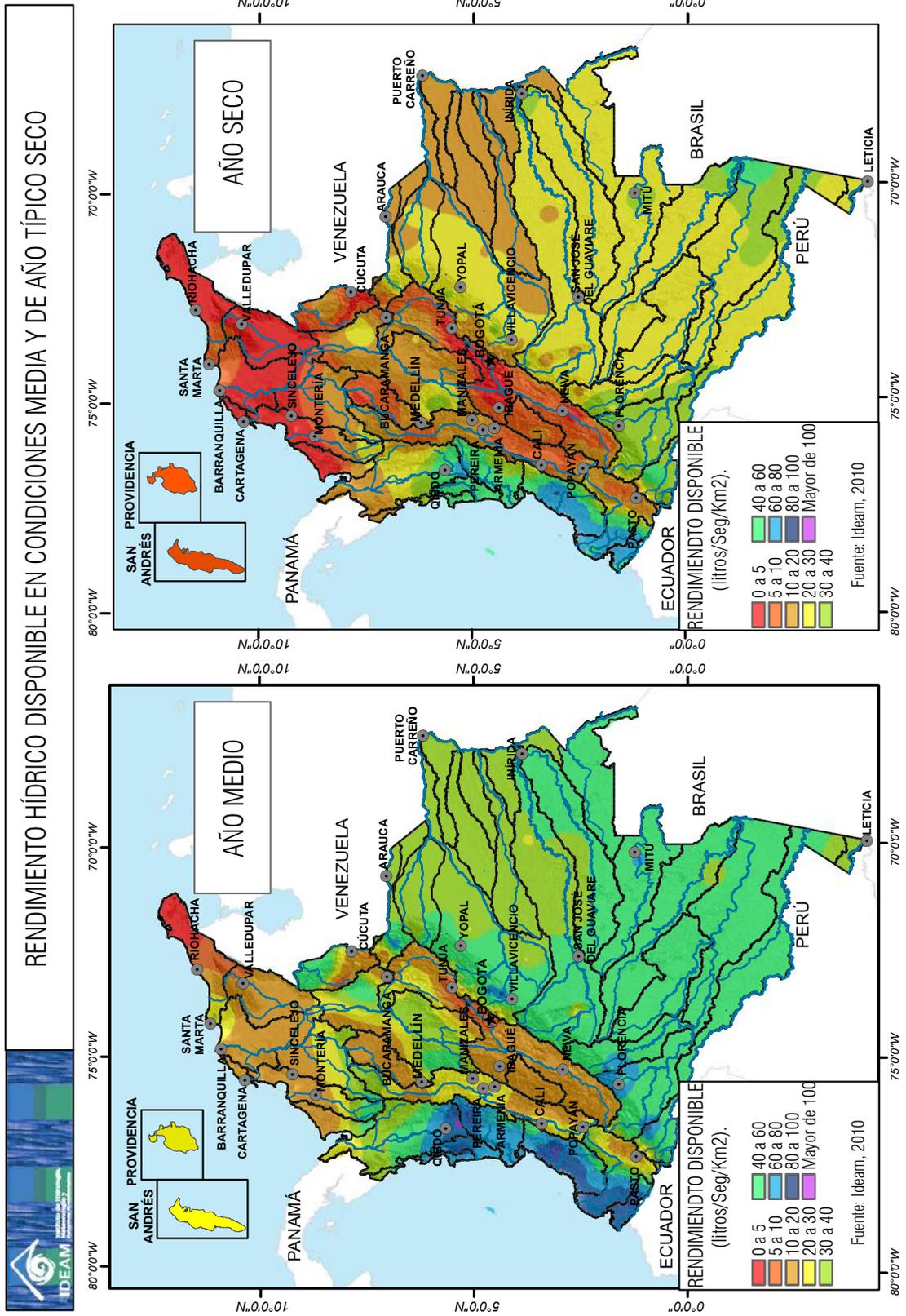


Figura 3.20. Rendimiento hídrico disponible en condiciones media y de año típico seco.

nacional –establecido y adoptado en la actualidad en la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (Ministerio del Medio Ambiente, 2002)– se fundamentó, en esencia, en la clasificación de Ramsar (Naranjo, 1997), que atiende características físicas y, en menor proporción, características biológicas o ecológicas (Naranjo, 1998).

Para algunas regiones del país, se ha avanzado en ejercicios de clasificación e inventario que han incorporado las características más relevantes de los sistemas que allí se presentan; sin embargo, la consolidación de estos resultados es todavía incipiente por la gran heterogeneidad que involucran. En algunas corporaciones, solo se cuenta con la identificación de humedales a escala de complejo; y en otros, a pesar de haber logrado establecerla a escala de sitio (que involucra un mayor detalle), aún no se ha concluido la delimitación, excepción hecha de algunos complejos o sitios que cuentan con planes de manejo. Adicionalmente, existen todavía deficiencias en la georreferenciación de los humedales, al punto de que, en términos generales, según lo reportado por las corporaciones, es mínima la cantidad de humedales que cuentan con esta, y en general, solo se hace referencia a los espejos permanentes de agua, cuya ubicación se soporta más que todo en la cartografía básica de identificación.

Existen ejercicios puntuales, como el del valle del río Sinú (Ideam, 1998a) y el Plan de manejo de los humedales asociados al bajo río San Jorge (Caro et ál., 2000). Corpamag cuenta con información sobre 60 ciénagas; y para la cuenca del río Sinú, la CVS ha identificado 144 ciénagas, mediante el análisis de la cartografía básica del IGAC (1:100.000) y la elaboración de planes de manejo de humedales, escala 1:25.000 (Ayapel, Pantano Grande, Pantano Bonito, entre otros).

Para la región Andina, se destacan los ejercicios de inventario de humedales adelantados por la Corporación autónoma regional del Quindío (CRQ), que en 1998 identificó 1.169 humedales con un área de cubrimiento total de 154 ha. Corpoguavio ha avanzado en el inventario regional con 280 humedales. En Caldas, también se reportan avances en inventarios regionales de humedales, en especial en lo que corresponde al complejo de humedales altoandinos. La CAR para Cundinamarca identifica regiones biogeográficas para el inventario de humedales: la planicie del Magdalena, la zona de páramo y la región Bogotá, donde adquieren especial relevancia los complejos de humedales del páramo de Sumapaz y de Chingaza, por sus implicaciones como soporte del sistema de abastecimiento de la ciudad capital.

Con relación a la superficie que ocupan los humedales en el país, se cuenta con estimaciones que indican que está cercana a los 20 millones de hectáreas (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Sin embargo, evaluaciones recientes soportadas en los sistemas morfogénicos del territorio nacional, escala 1:500.000, establecen superficies cercanas a los 16 millones de hectáreas. Precisamente, con respecto a los espejos de agua permanentes, existen estimaciones que mencionan la presencia de más de un millar de ciénagas, lagunas y pantanos en el país; los embalses almacenan cerca de 9.700 millones de metros cúbicos, en tanto que las lagunas y ciénagas más grandes representan un volumen cercano a los 4.300 millones de metros cúbicos (Ideam, 1998a: 102).

En una escala general, para el territorio nacional se cuenta con la información de los cuerpos de agua, soportada en la cartografía del IGAC 1:500.000, en la que se han identificado ciénagas, lagunas, embalses y pantanos. Un primer análisis sobre la presencia de estos sistemas en las diferentes unidades hidrográficas se expresa en términos de número de cuerpos de agua, tipo y extensión que cubren.

3.3.5.1. Consolidado nacional

En la *Tabla 3.3*, se presenta el consolidado de cuerpos de agua (ciénagas, embalses, lagunas y pantanos) en Colombia, por áreas y zonas hidrográficas.

Se ha identificado un área cubierta por cuerpos de agua lénticos equivalente a 831.163,7 hectáreas; de las que 397.613,7 hectáreas corresponden a ciénagas; 51.864,3 hectáreas, a embalses; 123.412 hectáreas son lagunas; y 258.273 hectáreas están ocupadas por pantanos.

Las distribuciones porcentuales de estos cuerpos de agua lénticos se presentan en la *Figura 3.21*.

De esta distribución ilustrada en la *Figura 3.21*, se identifica que el 48% del área ocupada por los cuerpos de agua lénticos del país se encuentra en la cuenca Magdalena-Cauca, a la cual se asocian el 37% del total de ellos. El 44% del área total ocupada se encuentra en el Orinoco y en el Amazonas, siendo el primero el que mayor número de cuerpos de agua lénticos tiene en su territorio (46%), mientras al Amazonas corresponden el 9% del total de cuerpos lénticos. El 8% del área ocupada corresponde a las áreas hidrográficas del Pacífico y el Caribe, en las que están el 6% de los cuerpos de agua lénticos del país.

Asimismo, se observa que las ciénagas son los cuerpos lénticos que ocupan mayor espacio territorial (48% del área ocupada por estos), seguidas por los pantanos (31%). Las lagunas ocupan el 15% del área total de cuerpos lénticos y los embalses, el 6%. En términos de número, las lagunas corresponden al 50% de los cuerpos de agua lénticos; las ciénagas, al 40%; los pantanos, al 9%; y los embalses, al 1%. A su vez, la totalidad de estos cuerpos de agua ocupa el 0,73% del área total continental del país.

La mayor extensión de ciénagas se concentra en el Bajo Magdalena. En la cuenca baja del río Magdalena, en particular, se encuentran los grandes sistemas de ciénagas, entre los cuales se destaca la *Ciénaga Grande de Santa Marta*, con una extensión cercana a las 4.5000 ha y la *Ciénaga de Zapatosa*. Los embalses se encuentran, en forma mayoritaria, en la cuenca alta del Magdalena y en la zona de Antioquia. En la *Tabla 3.4*, se relacionan las ciénagas más notables del territorio nacional, con sus áreas y perímetros correspondientes.

La presencia de pantanos es la característica mayoritaria en la región de la Amazonía, en particular, en las cuencas de los ríos Vaupés y Apaporis; y en la Orinoquia, especialmente en la cuenca del río Guaviare, son las lagunas las que predominan. En la *Tabla 3.5*, están referidas las lagunas más extensas de Colombia.

El **lago de Tota** es el tercero más grande de Latinoamérica después del Maracaibo y del Titicaca, con un área de casi 5.600 ha y profundidades máximas cercanas a los 65 m. El volumen almacenado en este lago es del orden de 1.900 millones de metros cúbicos (Corpoboyacá, 2005). El lago ofrece agua a cerca de 300.000 personas de los municipios de Sogamoso, Nobsa, Aquitania, Tota, Cuítiva, Iza, Firavito y Tibasosa, y es fundamental en la producción agrícola de la región y en los procesos industriales, como la producción de acero y cemento.

Su impacto en la economía local se refleja en el hecho de que más de la mitad de los habitantes de la población de Aquitania viven del cultivo de cerca de 200.000 toneladas de cebolla junca al año (95% de la demanda nacional), que son sembradas a lo largo de 9.000 hectáreas del área circundante y de zonas de ladera. Este aprovechamiento agrícola implica un aumento en el ingreso de sustancias asociadas con actividades intensivas de cultivo; por tanto, requiere

Tabla 3.3. Resumen cuerpos de agua en áreas hidrográficas.

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	Ciénagas		Embalses		Lagunas		Pantanos		TOTAL	
		Cant.	Área (ha)	Cant.	Área (ha)	Cant.	Área (ha)	Cant.	Área (ha)	Cant.	Área (ha)
CARIBE	Sinú	72	24.340,0	1	6.282,7					73	30.622,7
	Caribe-Guajira	1	154,7			19	4.105,8			20	4.260,5
	Caribe-Islas					3	3,0			3	3,0
	Caribe-Litoral	8	4.417,0			2	206,9			10	4.623,9
	Caribe-Urabá	4	1.384,8							4	1.384,8
	Total Caribe	85	30.296,5	1	6.282,7	24	4.315,7			110	40.894,9
MAGDALENA-CAUCA	Alto Magdalena			9	15.719,7	14	1.027,6			23	16.747,3
	Bajo Magdalena	346	171.529,0	1	11.646,8	24	798,7			371	183.974,5
	Bajo Magdalena-Cauca y San Jorge	360	93.868,1							360	93.868,1
	Cauca	12	950,2	2	1.584,8	6	285,0			20	2.820,0
	Cesar	52	48.620,3			3	13,3			55	48.633,6
	Medio Magdalena	60	27.197,2	5	10.477,2	17	1.709,3			82	39.353,7
	Nechí	14	944,9	1	22,8	8	2.996,2			23	3.963,9
	Saldaña					6	187,8			6	187,8
	Sogamoso	2	2.217,0	4	866,5	6	2.584,5			12	5.667,5
Total Magdalena-Cauca	846	345.326,2	22	40.287,8	84	9.602,4			952	395.216,4	
PACÍFICO	Atrato-Darién	84	21.991,0							84	21.991,0
	Amarales-Dagua			1	173,0					1	173,0
	Patía					14	4.201,8			14	4.201,8
	San Juan			1	1.949,1					1	1.949,1
	Total Pacífico	84	21.991,0	2	2.122,1	14	4.201,8			100	28.314,9
ORINOCO	Arauca					2	251,7			2	251,7
	Casanare					37	10.842,9			37	10.842,9
	Guaviare					317	24.136,5	58	10.379,3	375	34.515,8
	Inírida					197	17.291,9	47	81.101,3	244	98.393,2
	Meta			3	3.171,7	115	14.107,5			118	17.279,2
	Orinoco directos					145	13.378,4			145	13.378,4
	Tomo					67	3.833,2			67	3.833,2
	Vichada					97	3.093,2	74	1.342,4	171	4.435,6
	Total Orinoquía			3	3.171,7	977	86.935,3	179	92.823,0	1.159	182.930,0
AMAZONAS	Amazonas directos					4	675,0			4	675,0
	Apaporis					12	990,0	16	56.473,6	28	57.463,6
	Caguán					49	2.784,2			49	2.784,2
	Caquetá					19	2.940,5			19	2.940,5
	Guainía					10	385,1	6	9.409,9	16	9.795,0
	Putumayo					51	9.268,4	1	2.599,3	52	11.867,7
	Vaupés							25	81.257,4	25	81.257,4
	Yarí					33	1.313,7	7	15.710,4	40	17.024,1
Total Amazonas					178	18.356,9	55	165.450,6	233	183.807,5	
TOTALES		1.015	397.613,7	28	51.864,3	1.277	123.412,1	234	258.273,6	2.554	831.163,7

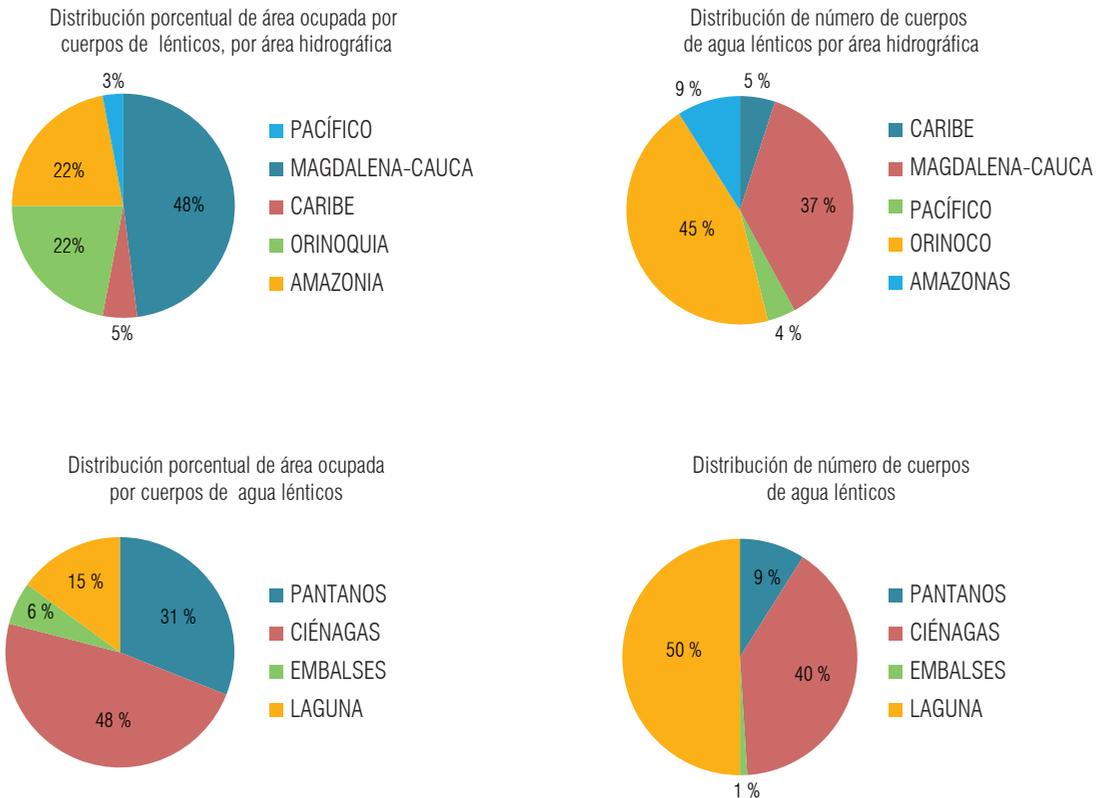


Figura 3.21. Distribución de cuerpos de agua lénticos en Colombia.

una valoración de los efectos que se están produciendo en el ecosistema, a fin de mantener la sostenibilidad en el uso y la garantía de soportar la creciente industria derivada del atractivo turístico por las condiciones paisajísticas del entorno.

Este ecosistema alberga la más grande cantidad de aves residentes en el altiplano Cundiboyacense, por lo que la zona fue declarada como AICA, es decir, un área de conservación de aves, muchas de las cuales se encuentran en vía de extinción.

La **laguna de la Cocha o lago Guamuez** tiene origen tectónico y es uno de los lagos interandinos más bellos de América. Su importancia radica en la biodiversidad del bosque primigenio, la diversidad cultural y las potencialidades energéticas y turísticas; es un buen sitio para la pesca, la recreación y el deporte.

La superficie de la cuenca es de 22.590 hectáreas, distribuidas así: área de drenaje, 18.339 ha; área del lago o espejo de agua, 4.240 ha; isla La Corota, 11 ha. Tiene una longitud máxima de 14.370 metros, un ancho máximo de 5.400 metros, profundidad máxima de 75 metros, y temperatura que oscila entre 10 °C y 18 °C (Corponariño, 2002). Se localiza a una altura de 2.745 metros sobre el nivel del mar. Por decreto 698 de abril de 2000 fue designada como humedal de importancia internacional, conformado por zonas de pantano o turberas y páramo azonal, con un área de 39.000 hectáreas.

Dado que en los **ecosistemas de páramo** se encuentran gran cantidad de lagunas y su extensión no permite reconocerlas a escala 1:500.000, se utilizó información proveniente de la cartografía IGAC 1:100.000 para determinar la presencia y extensión cubierta. Los resultados de las lagunas identificadas se consolidan en la *Tabla 3.6*, por los complejos de páramo considerados.

Tabla 3.4. Ciénagas más extensas del territorio nacional.

NOMBRE	ZONA	Área (ha)	Perímetro (km)
Cga. Grande de Santa Marta	Bajo Magdalena	45.661,9	111,8
Cga. De Zapatosa	Cesar	31.958,3	356,8
Cga. De Pajalar	Bajo Magdalena	10.759,0	155,2
Cga. Ayapel	Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge	6.380,4	87,0
Cga. Zaragoza	Bajo Magdalena	4.831,2	108,6
Cga. Zapayán	Bajo Magdalena	4.216,8	43,7
Cga. Capote	Bajo Magdalena	3.956,2	61,8
Cga. Cerro de San Antonio	Bajo Magdalena	2.929,4	50,8
Cga. Mendegua	Bajo Magdalena	2.716,6	71,1
Cga. Tesca	Caribe – Litoral	2.206,7	33,6
Cga. del Jobo	Bajo Magdalena	2.140,1	25,5
Cga. de Unguía	Atrato - Darién	2.021,2	17,6
Cga. Las Islas	Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge	1.980,5	31,8
Cga. Astillero	Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge	1.935,3	32,1
Cga. de Machado	Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge	1.895,6	38,5
Cga. Tadia	Atrato – Darién	1.878,3	31,0
Cga. Alfandaque	Bajo Magdalena	1.742,5	25,0
Cga. Betanci	Sinú	1.727,9	25,9
Cga. Pijino	Bajo Magdalena	1.668,6	32,2
Cga. de Tumaradó	Atrato – Darién	1.537,4	15,0
Cga. Doña Luisa	Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge	1.454,0	26,4
Charco Cruzado	Sinú	1.397,4	32,1

Fuente: Base cartográfica IGAC 1:500.000 (2007).

Tabla 3.5. Lagunas más extensas del territorio nacional.

NOMBRE	ZONA	Área (ha)	Perímetro (km)
Tota	Meta	5.517,3	57,1
La Cocha	Putumayo	4.163,9	43,3
Fúquene	Sogamoso	2.175,3	21,3
Clara	Inírida	2.161,4	43,2
Guaímara	Orinoco Directos	1.716,8	30,1
Grande	Caribe – Guajira	1.321,1	39,4
Navio Quebrado	Caribe – Guajira	1.015,4	22,1
Gente	Inírida	1.009,6	18,9
Lago Deque	Putumayo	969,8	55,6
Pescado	Inírida	739,4	16,8
La Rompida	Guaviare	662,0	31,9
La Culebra	Caquetá	654,2	28,5
Pájaro	Guaviare	615,3	11,3
Buenavista	Caribe – Guajira	585,4	12,7
Sastre	Guaviare	565,1	31,0
Mapiripana	Guaviare	562,3	11,4
Cacao	Guaviare	530,9	21,3

Fuente: Base cartográfica IGAC 1:500.000 (2007)

Tabla 3.6. Resumen de lagunas por complejo de páramo.

COMPLEJO	TOTAL LAGUNAS	AREA TOTAL (ha)
Sierra Nevada de Santa Marta	175	1.213
Cruz Verde	83	1.044
Chingaza	47	209
Tota – Bijagual – Mamapacha	103	194
Guantiva – La Rusia	48	122
Almorzadero	56	112
Santurbán	70	226
Huila	45	209
Cocuy	60	1.375
Hermosas	153	1.026
Frontino – Urrao	7	9
Iguaque – Merchán	6	10
Rabanal y Rio Bogotá	1	42
Guerrero	4	65
Doña Juana	21	58
La Cocha – Patascoy	4	26
Pisba	28	137
Sotará	10	71
Los Nevados	44	304
Chili – Barragán	37	183
Guanacas Puracé	63	179
TOTAL	1.065	6.814

Fuente: Elaborado con base cartográfica IGAC 1:100.000 (Integrada en 2010).

La Sierra Nevada de Santa Marta presenta la mayor cantidad de lagunas de alta montaña. En el páramo de Chingaza, se han identificado más de 50 lagunas; se destaca la laguna de Chingaza. En el páramo de Cruz Verde, hay identificadas más de 80. Con respecto a los páramos de Boyacá, se destaca El Cocuy, con 60 lagunas identificadas. Y en la cordillera Central, se destaca el complejo del Páramo de Las Hermosas, en el cual se han identificado más de 150 lagunas. En los análisis de humedales por área hidrográfica que

se muestran más adelante, en el *punto* 3.3.5.2 de este capítulo, se complementa la información de lagunas en complejos de páramo.

Grandes embalses. Los embalses constituyen almacenamientos o reservas de agua para usos determinados, que a su vez representan una alteración del régimen natural de las corrientes y una limitación de su disponibilidad para otros usos. Estas modificaciones al régimen por la presencia de embalses tienen particular importancia en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y afluentes a estos dos grandes sistemas hídricos, en los cuales se establecen patrones de variación, definidos en gran medida por las condiciones de operación de embalses.

En el río Sinú, por ejemplo, la presencia del Embalse de Urrá, con la mayor capacidad de embalse del sistema interconectado nacional, representa condiciones de régimen modificado, que deben garantizar una operación con fines multipropósito que favorezcan la regulación de las crecientes que, históricamente, se presentan sobre esta zona del territorio. En la cuenca del río Meta, en especial en la parte alta, se encuentran los embalses de Chivor, Guavio y Chuza.

En la *Tabla 3.7*, se listan los embalses por área, zona y subzona hidrográfica, y se relacionan sus áreas, perímetros y volúmenes almacenados.

De la *Tabla 3.7* se deduce que el Alto Magdalena cuenta con el 36% del volumen total almacenado en embalses, mientras que el Medio Magdalena se aproxima al 17%. En el alto Magdalena, el río Yaguará almacena el 17% del total nacional; el río Sinú, en el área hidrográfica del Caribe, el 16%; el Nare, en el Medio Magdalena, el 14%; y el río Bogotá almacena el 11%. El área hidrográfica del Amazonas no tiene embalses en su territorio.

Tabla 3.7. Características geométricas de los embalses por zonas hidrográficas.

Localización hidrográfica			Embalse	Área (ha)	Perímetro (m)	Volumen (Mm ³)
Área	Zona	Subzona				
Caribe	Sinú	Medio Sinú	Urrá (2)	6.283	134.605	1826
Magdalena-Cauca	Alto Magdalena	Río Bogotá (1)	Tominé (2)	2.987	41.352	675
			Neusa (2)	1.049	18.396	117
			Muña(2)	952	17.706	12
			Sisga (2)	563	21.472	90
			San Rafael	380	10.326	75
			Chisacá	81	4.897	7
			Regadera	49	2.706	3
			Río Prado	Prado(2)	3.645	144.723
	Río Yaguará	Betania(2)	6.013	210.128	1300	
	Bajo Magdalena	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Guájaro	11.647	114.284	240
	Cauca	Río Cerrito y otros directos al Cauca	Pichichí	29	2.272	
	Cauca	Río Salado y otros directos Cauca	Salvajina(2)	1.556	56.466	794
	Medio Magdalena	Río Nare	El Peñol(2)	8.323	133.189	1072
			San Lorenzo(2)	1.175	60.834	184
			Playas(2)	759	55.211	70
			Punchina(2)	410	31.365	58
			La Fé	143	6.968	15
	Nechí	Alto Nechí	Miraflores(2)	673	47.704	101
		Río Porce	Porce III(2)	1.131	48.513	143
			Porce II	677	32.044	
Troneras (2)			358	22.783	29	
Piedras Blancas			23	2.209		
Sogamoso	Río Chicamocha	La Copa	528	22.231	70	
		La Playa	110	5.506		
	Río Suárez	El Hato	120	9.213		
		Gachaneca	109	6.544		
Orinoco	Meta	Chivor	Chivor(2)	1.338	50.373	608
		Embalse del Guavio	Guavio(2)	1.341	50.334	794
		Río Guatiquía	Chuza(2)	492	22.593	240
Pacífico	Amarales - Dagua - Directos	Río Anchicayá	Alto Anchicayá	173	12.167	37
	Patía	Río Guátara	Río Bobo	248	11.908	
	San Juan	Río Calima	Calima	2.677	126.779	511

Fuente: Los datos de área y perímetro provienen de la cartografía básica 1:500.000 IGAC (2007)

Notas:

(1) Datos consolidados por la EAAB, excepto para el embalse de Muña.

(2) Datos correspondientes al volumen máximo técnico del embalse, según reporte diario consolidado por los operadores de embalses que hacen parte del Sistema Interconectado Nacional. Fecha: Enero 10 de 2011.

3.3.5.2. Humedales por áreas hidrográficas

En este aparte, se presenta el resultado de la identificación de humedales en las cinco áreas hidrográficas. Se tienen en cuenta superficies de agua y áreas húmedas, incluidos ríos (ancho mayor de 50 metros), lagunas y ciénagas, canales y cuerpos de agua artificiales.

- Área hidrográfica del Caribe

En el área hidrográfica del Caribe colombiano, se identifica una extensa zona de humedales de las cuencas bajas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge y Sinú. Así mismo, es notoria la presencia de humedales litorales, que se extienden desde La Guajira hasta el Golfo de Urabá, incluyendo la zona de influencia del sistema orográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta,

al cual se asocian una gran cantidad de lagunas de montaña, como se mencionó con anterioridad, y turberas de páramo. Allí nacen los ríos Fundación, Aracataca, Palomino y Cesar; los afluentes de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada drenan a la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La dinámica hidrológica de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge y Sinú determina la configuración espacio-temporal de los sistemas cenagosos, que interactúan con una densa red de caños y corrientes constituyendo un entorno acuático muy activo, que se expande y contrae a lo largo del año acorde con el régimen de precipitaciones y la variación de nivel que se experimenta en los drenajes mayores. En el mapa de la *Figura 3.22*, se observan los principales complejos de humedales del área hidrográfica del Caribe.

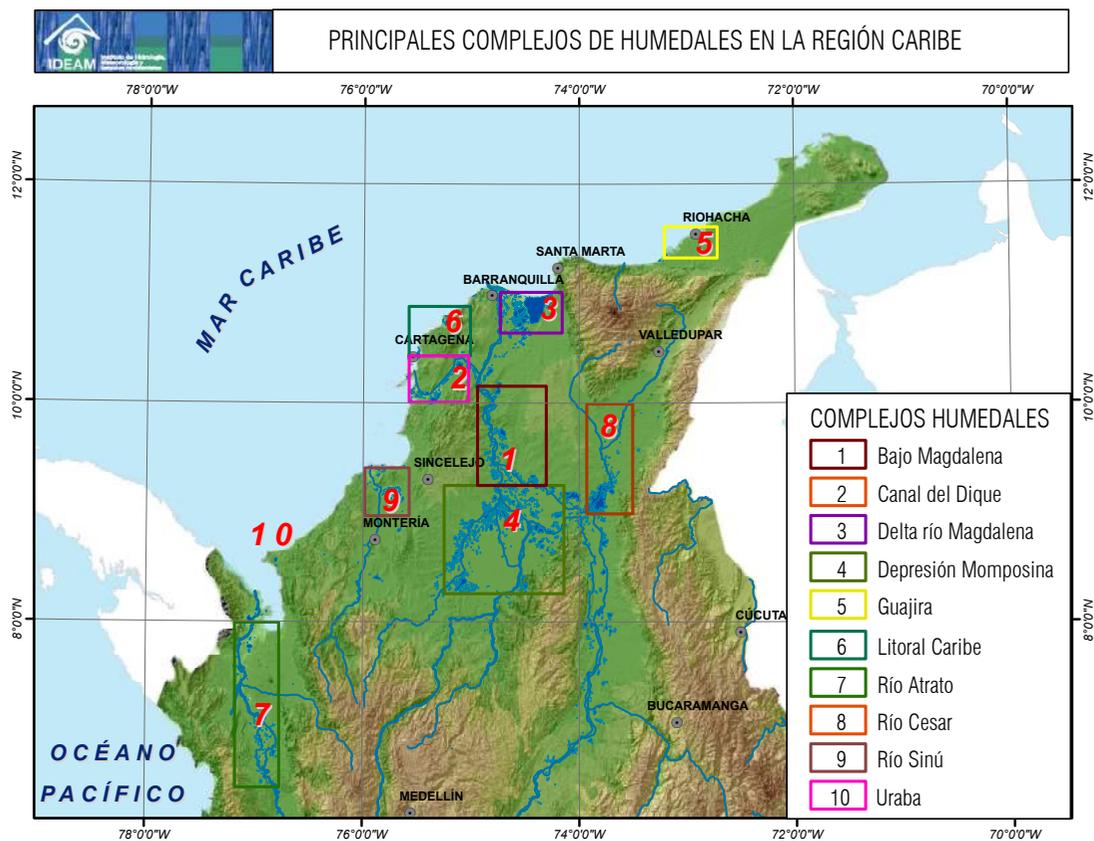


Figura 3.22. Principales complejos de humedales en la región Caribe.

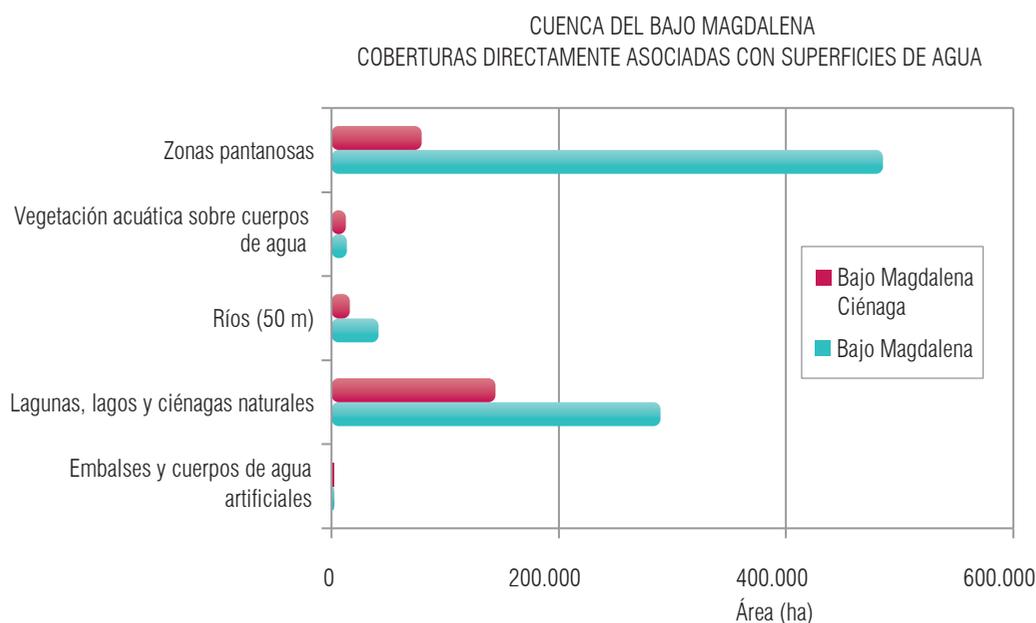


Figura 3.23. Principales complejos de humedales en la cuenca del Bajo Magdalena.

La evaluación de coberturas permite establecer que las zonas pantanosas cubren cerca de 500.000 hectáreas en la zona del Bajo Magdalena y superan en más de 100.000 ha la correspondiente a las ciénagas (Figura 3.23). Para el sector de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la proporción se invierte, siendo mayor el área de espejos de agua que el de zonas pantanosas. Sobre ambas zonas, la vegetación acuática se encuentra presente en más de 20.000 ha.

Con relación a los espejos de agua, se evidencia una extensión cercana a las 75.000 ha en el sector de La Mojana y el sector de los afluentes directos al río Magdalena, en su cuenca baja; y del orden de las 90.000 ha en la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta. La menor extensión corresponde al sector del Canal del Dique. En particular, para el complejo del Bajo Magdalena sobresalen la Ciénaga de Zapatosa, con un espejo de agua que supera los 300 km², y la ciénaga de Zapayán, que cubre un área cercana a los 40 km². La Ciénaga Grande de Santa Marta tiene un

perímetro cercano a los 580 kilómetros,³ y constituye el mayor espejo de agua en la zona del delta del río Magdalena; mientras que, en la zona del Canal del Dique, sobresale el embalse del Guájaro, con una superficie de agua de 116 km². En la Depresión Momposina, la ciénaga de mayor área es Ayapel, con varios espejos de agua conexos a uno central que cubre una superficie cercana a los 80 km².

Con relación a la presencia de ciénagas y embalses en la zona del Bajo Magdalena, existe una distribución muy homogénea para las subzonas que lo conforman, excepto para la región del Canal del Dique; sin embargo, conviene resaltar la presencia de embalses que actúan como reguladores del régimen en el canal, de modo que sirvan para los propósitos de aprovechamiento que rigen su operación.

En la zona del río Sinú, se presenta una extensa zona de bosque de galería de cerca de 30.000 ha, y se

3 Decreto 224 de 1998. Declaratoria de sitios Ramsar.

cuenta con la presencia de bosques de mangle, en una extensión cercana a las 10.000 ha (Figura 3.24).

Las zonas pantanosas cubren cerca de 20.000 ha y la vegetación acuática tiene presencia en casi 14.000 ha. Aunque la zona de ríos y embalses es cercana a las 10.000 ha, en total es claro el efecto regulador que se genera aguas abajo por la presencia del sistema artificial de Urrá.

Ciénaga Grande de Santa Marta

Gran parte del plano deltaico del río Magdalena, adyacente a su margen derecha, está dominado por un extenso complejo de pantanos, lagunas, caños y manglares conocido como Ciénaga Grande de Santa Marta. Se trata de al menos una veintena de cuerpos de agua de escasa profundidad, interconectados entre sí mediante canales naturales, algunos permanentes, otros intermitentes, que forman un complejo de humedales. La Ciénaga Grande de Santa Marta es un

sistema estuarino, cuyas principales fuentes de agua dulce son los tres ríos de la Sierra Nevada (Fundación, Sevilla y Aracataca) y el río Magdalena a través de los caños que lo conectan con el sistema; recibe influencia marina a través de la llamada Boca de La Barra, que comunica el cuerpo de agua mayor con el mar abierto. Por su localización y oferta de recursos, la Ciénaga Grande ha sido siempre un epicentro de actividades humanas. Varias poblaciones de la Isla de Salamanca y aldeas palafíticas edificadas sobre los cuerpos de agua derivan su sustento de la pesca y la madera que extraen de los manglares.

Ciénaga de Zapatosa

En la desembocadura del río Cesar, con unas condiciones de alta sinuosidad y un caudal medio de 200 m³/s, se forma la ciénaga de Zapatosa, que corresponde al más grande cuerpo de agua interior de Colombia, con una extensión media de 300 km², que en niveles máximos alcanza una superficie de

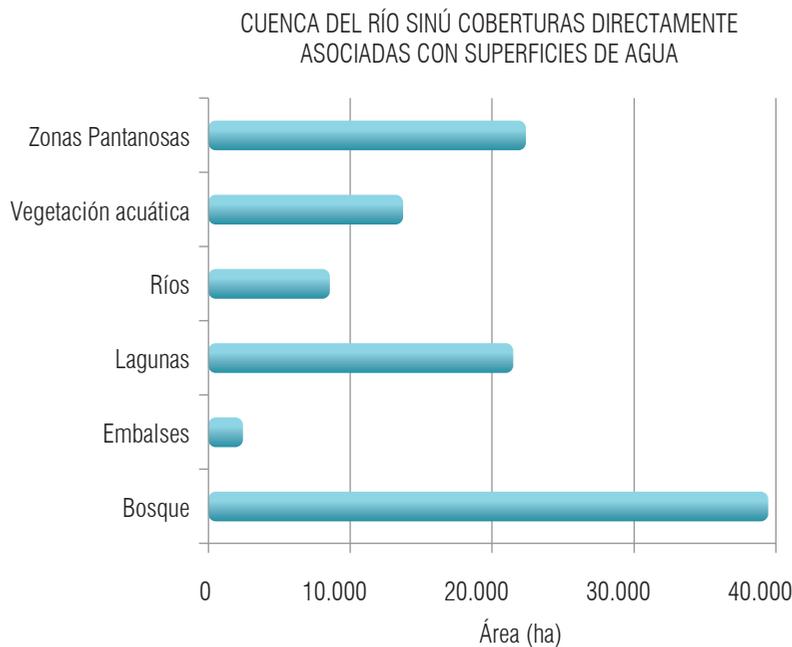


Figura 3.24. Coberturas en la cuenca del río Sinú que establecen zonas de humedal.

430 km² y disminuye a menos de 200 km² en niveles mínimos (Ideam-Corpocezar, 2007). Además de los ríos Cesar y Magdalena, la ciénaga de Zapatosa recibe las aguas de los ríos La Mula, Anime Grande, Animito y Rodeo Hondo; de los caños Largo, Blanca Pía, Jobito, Las Vegas, Platanal, Mochila San Pedro, Viejo y Tamalacué; y de las quebradas Quebradientes, La Floresta y Alfaro (Corpocezar, 1996).

La ciénaga de Zapatosa es una depresión con profundidades variables, entre 1 m y 8 m, dependiendo de la zona y de la época del año; pero en períodos atípicos ha llegado hasta los 13 metros. El promedio mínimo de profundidad se presenta en el mes de febrero (aguas bajas) y el máximo, en mayo (aguas altas o época de lluvias). Los registros batimétricos más recientes indican que la profundidad promedio para un nivel de agua de 6,60 m (medido en la estación hidrométrica de Belén) es de 4,15 m (Ideam-Corpocezar, 2007).

La ciénaga está localizada en la margen derecha del río Magdalena y actúa como un reservorio que acumula agua en época de lluvias y la devuelve a la depresión Momposina-Bajo Magdalena en época de sequía. En efecto, este complejo cenagoso tiene capacidad para almacenar 1.000 millones de metros cúbicos de agua provenientes de los ríos Magdalena y Cesar (Corpocezar-Universidad Nacional, 2007).

El sistema cenagoso de Zapatosa está formado por varias ciénagas, como las de Bartolazo, Pancuiche, Pancuichito, La Palma, Santo Domingo y Tío Juancho, entre otras, así como por numerosas islas, como Barrancones, Concoba, Colchón, Grande, Delicias, Loma de Caño, Las Negritas, Palospino y Punta de Piedra (Viña, 1991). En este sistema se localizan numerosas islas, entre las que se destacan Barrancones, Isla Grande, Las Negritas, Palomino y Punta Piedra.

En época de creciente, el flujo de agua corre en dirección río-ciénaga, mientras que durante el estiaje, las aguas de la ciénaga escurren hacia el río. La ciénaga de Zapatosa actúa entonces como reguladora, amortiguando las crecientes de los ríos Cesar y Magdalena. El río Magdalena comienza a incrementar su caudal a finales de marzo, pero es en mayo cuando alcanza niveles altos, en este sector y se convierte en aportante a la ciénaga, hasta el mes de junio, cuando se invierte el fenómeno; y entonces, es la ciénaga la que le aporta al río, generando y manteniendo niveles altos a partir de El Banco. Durante el segundo semestre, cuando se registran los máximos niveles del año, desde finales de octubre se evidencia un aumento de niveles y se convierte otra vez en aportante a la ciénaga, hasta mediados de diciembre, cuando la ciénaga comienza el vaciado. El río Cesar presenta las crecientes en los meses de mayo a junio, durante el primer semestre, y de octubre a diciembre, durante el segundo semestre; pero, así mismo, en estos periodos se convierte en una barrera que obstaculiza el libre flujo del río, generando anegamientos de extensas áreas ribereñas, tanto en la margen izquierda como en la derecha (Ideam-Corpocezar, 2007).

El levantamiento batimétrico realizado a la ciénaga de Zapatosa permitió establecer relaciones de área y volumen para un determinado nivel en el cuerpo de agua, que puede ser monitoreado periódicamente mediante la estación limnimétrica Belén. Se estableció que la forma alargada predomina en cualquier época del año debido al relieve circundante, y en algunos sectores debido a la infraestructura vial (vías El Banco-Chimichagua y El Banco-Tamalameque) con orientación norte-noreste y sur-suroeste, la misma dirección del río Cesar. Esta corriente entra a la ciénaga al norte del corregimiento de Saloa y retoma su cauce libre de la ciénaga al sur del corregimiento de Belén (Ideam-Corpocezar, 2007).

En cualquier época del año, la ciénaga tiene su mayor profundidad en la parte central; para un nivel del agua de 6 m en la estación Belén, alcanza profundidades del orden de 5 m; su lecho presenta pocas variaciones en general, es muy plano. Es importante mencionar que en el canal del río Cesar, tramo ciénaga-río Magdalena, cerca de la confluencia con el Magdalena, se registran profundidades mayores de 12 m (Ideam-Corpoesar, 2007). Cuando la ciénaga baja de nivel, estas planicies –que pueden alcanzar hasta 20.000 hectáreas en la época más seca– se cubren de pastos, que son aprovechados por los ganaderos de la región. Esta dinámica se repite todos los años y durante dos temporadas; la primera, en los meses de febrero, marzo y abril; y la segunda, en los meses de julio, agosto y septiembre.

Sierra Nevada de Santa Marta

En la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta, se registran una gran cantidad de lagunas de alta montaña y si bien solo se cuenta con datos sobre nombre en 27 de ellas, la extensión que ocupan las restantes corresponde al 70% del total del área cubierto que supera las 1200 Ha. En particular, 17 lagunas tienen un área menor de 1 ha, 64 cuentan con áreas entre 1 ha y 3 ha, 50 presentan áreas de 3 ha a 10 ha, 15 cubren extensiones de 10 ha a 30 ha, y 2 presentan áreas cercanas a las 80 ha.

- **Área hidrográfica del Pacífico**

En el área hidrográfica del Pacífico, se encuentran diversos tipos de humedales; entre los marinos, abundan las aguas someras permanentemente desprovistas de vegetación, con menos de 6 metros de profundidad en marea baja, que permiten la existencia de formaciones de arrecifes de coral en los sectores de Utría y en los fondos someros insulares de

Gorgona y Malpelo. De los humedales estuarinos, los más importantes son los manglares que se extienden en el sur del Cabo Corrientes, desde Virudó hasta El Choncho, al norte de la Bahía Málaga. También son considerados como humedales las lagunas costeras o depresiones marinas marginales de los ríos Patía, Juradó y Micay, las cuales tienen un intercambio permanente o temporal con aguas marinas, estando protegidas directamente del mar por algún tipo de barrera (Granizo, 1998, citado por Calvachi, 2010).

Entre los humedales de agua dulce, varios se encuentran asociados a numerosos ríos, como El Baudó, San Juan, Guapi, Patía y Mira; además de los asociados a cerca de 50 ríos de caudal corto y copioso; entre las llanuras de inundación más importantes en el Pacífico se tienen las formadas por los ríos Baudó, San Juan y Patía; mientras que entre los humedales palustres, de los cuales se diferencian dos tipos (emergentes y boscosos), se incluyen tipos de humedales denominados *natales* en la región, los cuales pueden sufrir el impacto del agua salobre. Aunque los límites entre estas formaciones no son claros, se sabe que dependen de la dominancia de una determinada especie. Por otra parte, están los guandales y cuangariales, que son formas transicionales entre el manglar y las selvas basales del Pacífico, y cuyas principales áreas de distribución se encuentran en la cuenca del río San Juan y entre las cuencas de los ríos Guapi y Patía (Granizo, 1998, citado por Calvachi, 2010).

Más del 10% de las zonas hidrográficas de los ríos Atrato, Mira, Patía y Micay corresponde a zonas de humedales, asociadas con el sistema cenagoso que se conforma en la cuenca baja y que mantiene estrecha relación con la densa red hídrica de la cuenca media y baja del río Atrato. Se presenta una superficie en espejos de agua cercana a las 32.000 ha

y una extensión de zonas pantanosas superior a las 200.000 ha. La densidad de ciénagas es más alta en la confluencia de los ríos Murindó (28%) y Salaquí (20%) con el río Atrato.

En los ríos **San Juan y Mira**, existen dos tipos de humedales: los del interior y los deltaico-costeros. Los primeros deben su origen a la dinámica del río San Juan en la cuenca media, debido a la divagación del cauce del río. Los humedales que se encuentran en la zona deltaica y costero-marina están asociados a estuarios y marismas que conforman manglares.

En el río **Patía**, se presentan dos sectores con dinámicas bien definidas; en la cuenca alta a media, la configuración del río es trenzada y transporta materiales gruesos; aquí los humedales son escasos y de poca extensión, pero importantes en la regulación de caudales y soporte de inundaciones periódicas, además de contribuir en la descarga del material de arrastre. En la cuenca baja, después de atravesar la

cordillera Occidental, la dinámica del río es meándrica y deltaica, conformando grandes humedales con características de ciénagas y zonas pantanosas.

En la **cuenca del río Atrato**, predominan las zonas pantanosas, que cubren una extensión cercana a las 250.000 ha, que representan más del 60% del total del área de la cuenca considerada como humedal; las ciénagas cubren cerca del 10%; y la vegetación acuática, del orden de las 20.000 ha, que corresponden al 6% de la zona de humedal. Los bosques, tanto riparios o de galería como los de mangle, apenas representan el 3% de la cobertura asociada con la extensa red de drenaje cuya superficie supera las 40.000 ha. En total, se presenta una zona de humedal cercana a las 750.000 ha (*Figura 3.25*).

Dado que el río **Baudó** se encuentra en un proceso dinámico de socavamiento en las cuencas alta y media, y de acumulación en la cuenca baja, los humedales asociados están definidos por la formación de zonas

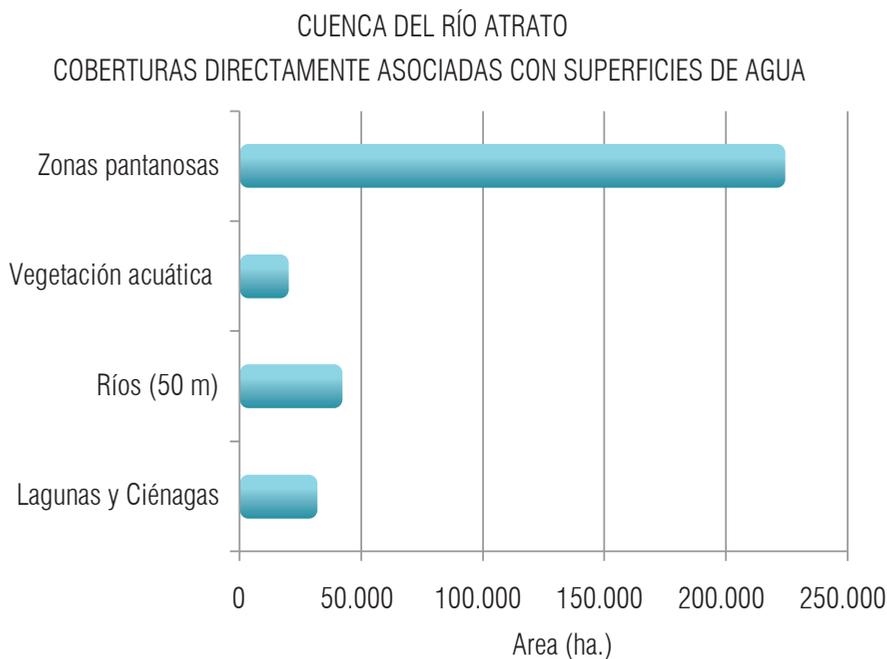


Figura 3.25. Coberturas en la cuenca del río Atrato consideradas zonas de humedal.

depresionales en la expansión lateral del río y en la conformación de un valle aluvial en su transcurrir.

Las cuencas de los ríos **Mira y Patía** presentan una predominancia de zonas de bosque cercana a las 50.000 ha en el río Patía y una presencia de zonas pantanosas en cerca de 20.000 ha en el río Mira (Figura 3.26).

Los bosques inundables ocupan cerca de 25.000 ha y las zonas pantanosas apenas 3.000 ha. En la cuenca del río Patía, se evidencia una mayor presencia de vegetación acuática, al igual que la configuración de zonas con sedimentos que quedan expuestos en bajamar.

- **Área hidrográfica Magdalena-Cauca**

En esta región, se dan tanto la confluencia del *sistema de páramo de los Andes* como la *presencia de los grandes embalses* para el aprovechamiento hidroenergético. La cantidad y extensión que cubren las lagunas en los diferentes complejos de páramo se presentará

integrada por las principales cordilleras. Para los valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca, se analiza su presencia en la zona del Medio Magdalena y en algunos de los afluentes de la cuenca alta, donde la configuración así lo determina.

Cordillera Oriental

En el **páramo de Chingaza**, se han identificado más de 50 lagunas, que cubren una extensión aproximada de 210 ha. Se destaca la laguna de Chingaza y la presencia del embalse de Chuza, por cuanto se encuentra a una altitud cercana a los 3.000 msnm e incrementa la superficie de cuerpos de agua en este sector hasta las 700 ha. Una evaluación realizada por Gaviria (1993) y citada por Vargas (2004) respecto a la ubicación de las lagunas de Chingaza, en donde se hace una consideración de los ríos con los cuales se relacionan directamente, permite identificar al río Frío como el río al que se asocia la mayor área de lagunas. Las lagunas más grandes son Chingaza, La Esfondada, Siecha, San Juan y la Del Medio; en la

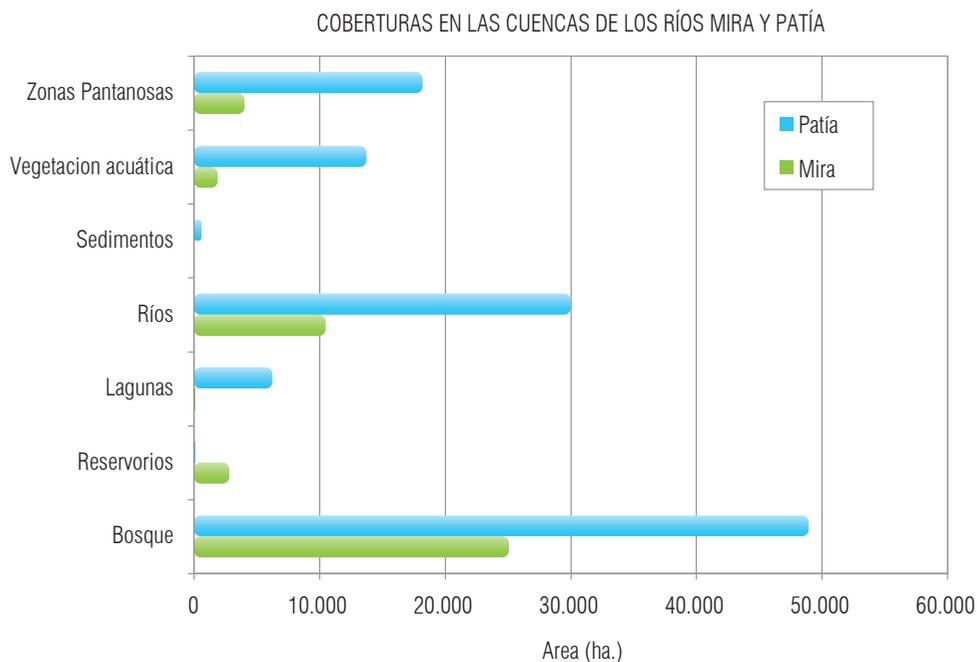


Figura 3.26. Coberturas en las cuencas de los ríos Mira y Patía que establecen zonas de humedal.

laguna de Chingaza se han medido hasta 27 metros de profundidad en invierno (Donato et ál., 1996, citado en Vargas & Pedraza, 2004).

En el **complejo Cruz Verde-Sumapaz**, se han identificado más de 80 lagunas, que cubren una extensión aproximada de 1.050 ha; se destacan las lagunas de El Nevado, El Cobre, La Guitarra, Larga y Los Tunjos, con áreas superiores a las 50 ha. De las 38 lagunas sin nombre, se destaca que 8 de ellas cubren superficies mayores a las 10 ha y solo 5 tengan áreas inferiores a 1 ha.

Con respecto a los páramos de Boyacá, se destaca El Cocuy, en donde se han identificado cerca de 60 lagunas, que cubren una extensión aproximada de 1.400 ha; las más extensa son la de La Plaza, La Rusia, la Grande y la Grande de los Verdes. Únicamente 22 lagunas tienen áreas menores de 5 ha. En el páramo de Bijagual, se identificaron 103 lagunas con un área cercana a las 200 ha; las de mayor extensión corresponden a las lagunas Negra y de Ogontá; y de las 86 que no tienen nombre, 66 cubren una superficie menor de 1 ha.

Para el **páramo de Pisba**, se cuenta con la identificación de 28 lagunas, en un área total cercana a las 140 ha. Las lagunas Batanare, Carare, Los Perros y El Tendido son las más extensas, con áreas entre las 10 ha y las 30 ha. Predominan las lagunas con áreas inferiores a 1 ha.

En el **páramo de La Rusia**, se identificaron 48 lagunas, con un área cercana a las 125 ha; las de mayor extensión corresponden a las lagunas Negra y Grande; y de las 31 que no tienen nombre, 21 cubren una superficie menor de 1 ha.

Para el **páramo de Almorzadero**, se registran cerca de 60 lagunas, con un área total superior a las 110 ha; la más extensa apenas supera las 10 ha y el 99% tienen

áreas menores que 5 ha. El 80% de las lagunas en este páramo presentan superficies menores de 1 ha.

En el **páramo de Santurbán**, las 70 lagunas identificadas cubren un área cercana a las 230 ha; la más extensa es la laguna Brava, con 42 ha; las lagunas Bracinas, Cazadero, Pozo Negro, el Pico y Larga presentan superficies entre las 5 ha y las 11 ha. Cerca del 70% de las lagunas en este páramo presentan superficies menores a 3 ha y el 40% tienen áreas inferiores a 1 ha.

Cordillera Central

En esta cordillera, en área de páramo se destaca el complejo Las Hermosas en el cual se han identificado más de 150 lagunas que cubren una extensión cercana a las 1.030 ha; las mayores lagunas son las de Santa Teresa, El Brillante, El Salto y Las Nieves. Solo 37 lagunas cuentan con identificación de nombre y más de la tercera parte de las lagunas en este páramo presentan áreas inferiores a las 3 hectáreas. Para el complejo del Nevado del Huila se identificaron 45 lagunas, en total 4 con nombre: Páez (38 ha), Castellanos (15 ha), Brava (8 ha) y Cruz de San Juan (5 ha); y de entre todas, 20 presentan un área inferior a 3 ha. En el Complejo de los Nevados, se lograron identificar solo 44 lagunas, para un área total de 300 ha; y a pesar de que existen lagunas con superficies cercanas a las 100 ha y 30 ha respectivamente, no se logró establecer sus nombres.

En la zona del páramo de Barragán, se identificaron cerca de 40 lagunas, con un área total aproximada de 190 ha. Se destaca la laguna de Los Patos. En la zona del macizo colombiano, el páramo de Sotará presenta 10 lagunas con un área cercana a las 70 hectáreas; sobresalen las lagunas de Sucumbún, La Magdalena y Chotillal. En el sector del páramo

de Puracé, se reconocen más de 60 lagunas con una superficie cercana a las 180 ha; se destacan las lagunas de San Rafael, La Herradura, Sánchez y Piendamó como las más extensas, con áreas entre 10 ha y 20 ha.

- **Área hidrográfica del Amazonas**

En esta área hidrográfica, las cuencas de los ríos **Caquetá, Putumayo y Apaporis** son los que cubren una mayor extensión de zonas con humedales, que abarcan 750.000 hectáreas, 580.000 ha y 320.000 ha, respectivamente. La cobertura predominante en las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo corresponde a bosque denso alto inundable, que se presenta en las vegas de divagación y llanuras de desborde de estos ríos y de sus principales afluentes, con procesos de inundación periódicos que tienen una duración mayor de 2 meses. En el río Apaporis, se presenta el bosque denso inundable, del cual se diferencia el bosque alto (dosel mayor de 15 metros), que cubre casi tres veces la superficie ocupada por el bosque denso bajo (dosel entre 5 m y 15 m).

En la zona norte de la región Amazónica, para las cuencas de los ríos **Vaupés, Guainía y Apaporis**, se alcanza una extensión de zonas con humedal cercana a las 600.000 hectáreas, de las cuales más del 82% corresponden a bosques, 16% está representado por los ríos y el 2% restante lo cubren herbazales, zonas pantanosas y lagunas (Figura 3.27).

Por la magnitud del territorio que comprenden, se destaca la proporción de cuerpos lénticos que existe en las cuencas de los ríos Putumayo y Caquetá.

En la zona sur de la región Amazónica, para las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo, se presentan extensiones de bosques inundables del orden de cinco veces las correspondientes a las de los ríos Yarí y

Caguán; sin embargo, en promedio corresponden al 77% de la cobertura dominante, seguida por la de ríos con 18% (Figura 3.28); el 5% restante lo cubren herbazales, lagunas y zonas pantanosas.

- **Área hidrográfica del Orinoco**

La mayor parte de los humedales en esta área hidrográfica, salvo el caso de los humedales artificiales, más que unidades claramente delimitadas, representan extensas áreas geográficas con *patrones hidrológicos aplicables a las categorías de humedal*. Gran parte de lo que se denomina como humedal aquí en la Orinoquía, en realidad no es otra cosa que un humedal englobado dentro de otro, con el cual, incluso, puede guardar conexión hidrológica o biológica a grandes distancias (Paolillo et ál., 1998, citado en Calvachi, 2010).

Las llanuras de desborde aluvial de esta región constituyen un gran humedal hiperestacional situado en la depresión tectónica central de los Llanos, el cual, debido a su impresionante régimen de inundación, es inadecuado para el desarrollo de cualquier tipo de actividades humanas (Robles, s. f.). Estos ecosistemas acuáticos en la cuenca del río Orinoco se caracterizan por ser un inmenso depósito sedimentario, que conforma un paisaje plano, en el que se centraliza la afluencia de los cursos de agua de la cuenca que lleva su nombre. La combinación entre el bajo relieve predominante y el régimen de elevadas precipitaciones estacionales, propio de toda la cuenca, hace que se presenten inundaciones masivas cada año.

Los **complejos de humedales de los ríos Guaviare y Meta** se originan por la dinámica fluvial de sus cuencas, que divagan en la llanura de inundación; en la cuenca media o piedemonte, su comportamiento es de ríos trezados con alta carga de sedimentos gruesos; mientras que en la cuenca baja o llanura de

DISTRIBUCIÓN DE COBERTURAS PARA LA ZONA NORTE DE LA AMAZONÍA

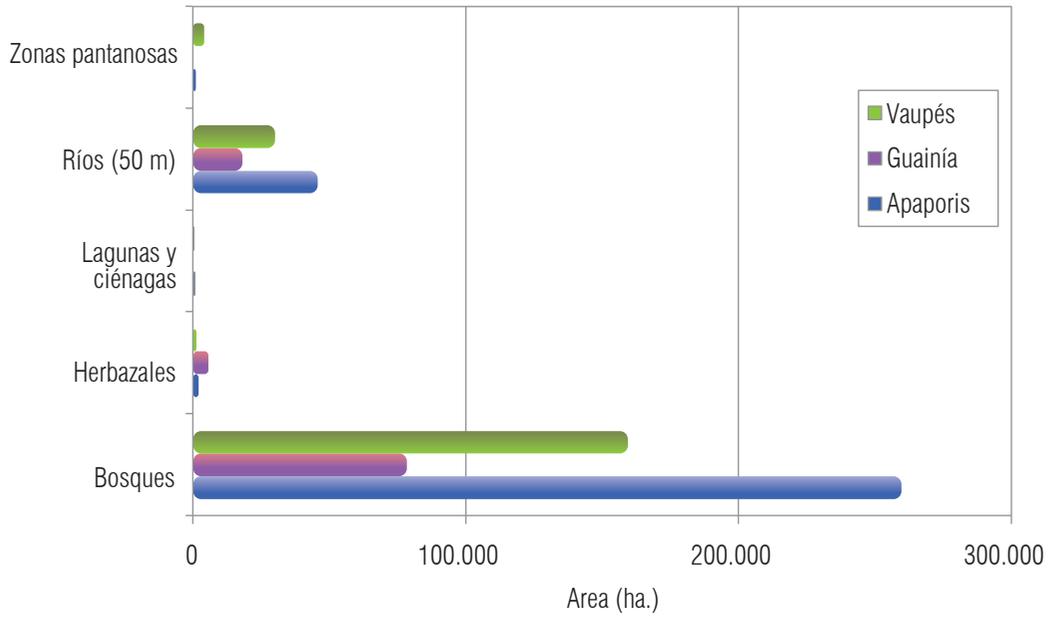


Figura 3.27. Coberturas en las cuencas de los ríos Apaporis, Guainía y Vaupés que establecen zonas de humedal.

DISTRIBUCIÓN DE COBERTURAS PARA LA ZONA SUR DE LA AMAZONÍA

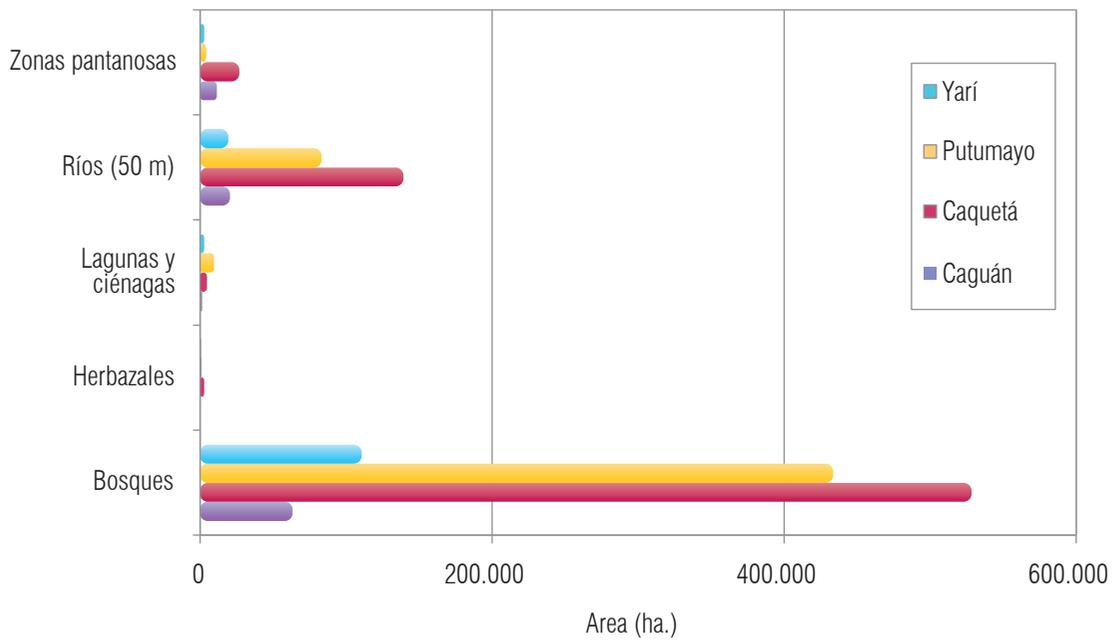


Figura 3.28. Coberturas en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Yará y Caguán que constituyen zonas de humedal.

inundación, su comportamiento es de ríos meándricos, con alta divagación y carga de materiales finos en suspensión (Botero, 1999). El relieve es inclinado a plano o plano cóncavo; los materiales son gruesos en la parte alta y media, y finos (arcillosos) en la parte baja. Las aguas contienen abundante material en suspensión, rico en nutrientes, que hace los suelos más fértiles.

Los **complejos de humedales de los ríos Arauca y Casanare**, en general, están asociados a ríos trenzados, con alta carga de sedimentos gruesos y muy gruesos en la parte media (piedemonte), y moderada carga de sedimentos gruesos y medios en la parte baja. La mayoría de humedales están asociados a lo largo de su cauce, pero tienen una fuerte influencia de la dinámica del río Meta conformando la denominada "Orinoquía mal drenada" (Botero, 1999).

Los **complejos de humedales de los ríos Tomo, Vichada e Inírida** son originados por las aguas de los ríos orinoquenses de aguas oscuras o negras. Se han formado por la dinámica fluvial en su transcurso por

la altillanura, que en general es meándrica. Las aguas oscuras son enriquecidas con materiales orgánicos de los suelos de los morichales y esteros, lo que les da un color oscuro por los materiales húmicos que transportan. Los humedales derivados de estas aguas contienen menos nutrientes que los de aguas blancas, son ácidos y contienen materiales húmicos disueltos, generando menor riqueza biótica acuática (IGAC, 1997).

En esta región, las zonas de humedales más extensas se presentan en las cuencas de los **ríos Meta y Casanare**, al norte de la Orinoquía, y en la cuenca del río Guaviare, al centro de la región; la mayor extensión de herbazales se presenta en la cuenca del río Meta, con más de 2 millones de hectáreas en las que, adicionalmente, se presentan bosques densos inundables asociados a la red hídrica de la cuenca y zonas pantanosas en una extensión total cercana a las 700.000 ha, lo que representa el mismo orden de magnitud de las zonas de humedal que se configuran en la cuenca del río Arauca, para la cual también predominan los herbazales y los bosques inundables (Figura 3.29).

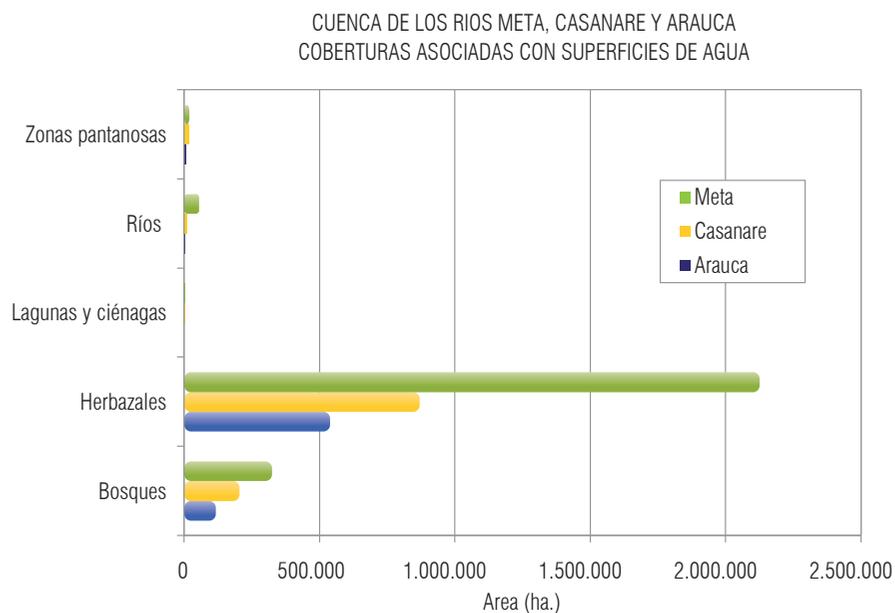


Figura 3.29. Coberturas en las cuencas de los ríos Meta, Casanare y Arauca que conforman zonas de humedal.

CUENCAS DE LOS RÍOS GUAVIARE E INÍRIDA
COBERTURAS ASOCIADAS CON SUPERFICIES DE AGUA

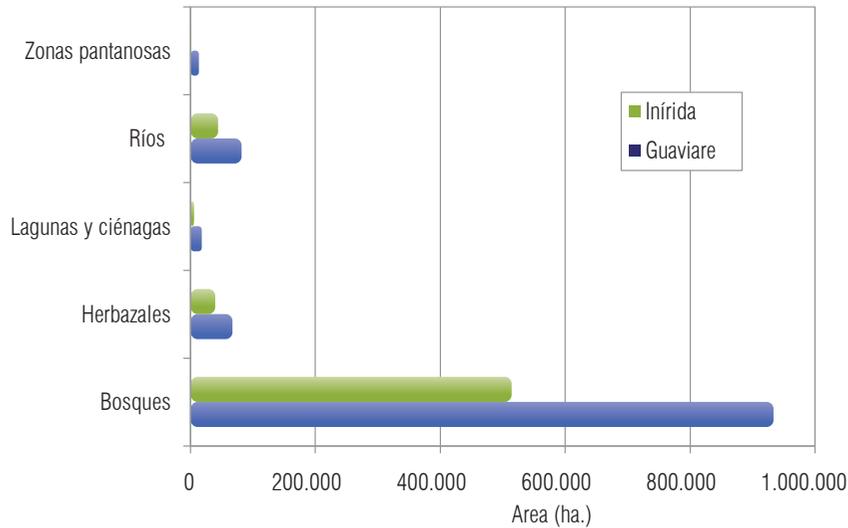


Figura 3.30. Coberturas en las cuencas de los ríos Guaviare e Inírida que establecen zonas de humedal.

Con relación a la superficie cubierta por las áreas de humedal en las diferentes zonas de la Orinoquía, las cuencas de los ríos Meta, Tomo y Vichada son las que mayor proporción cubren, siendo esta superior al 30% en los ríos Meta y Tomo, y cercana al 60% en la cuenca del río Vichada, donde predominan los bosques densos inundables –en una extensión cercana a las 160.000 ha– y los herbazales –con una superficie cubierta de 140.000 ha–. Para el río Tomo, los herbazales que cubren cerca de las 200.000 ha corresponden a casi cinco veces la superficie cubierta por bosques inundables.

En las cuencas de los ríos **Guaviare e Inírida**, predomina la presencia de bosques inundables, que representan para la primera una superficie cercana al millón de hectáreas, duplicando la correspondiente a la cuenca del Inírida (*Figura 3.30*). Los herbazales, en ambos casos, cubren extensiones cercanas a las 50.000 ha.

El desarrollo de este capítulo comporta un nuevo abordaje de la oferta hídrica en relación con los

estudios nacionales del agua. El enfoque del ENA 2010 se realizó sobre unidades hidrográficas aprovechando la Zonificación Hidrográfica del país. Además, se incluyó el escenario de máximos, que toma relevancia en los últimos años por los eventos climáticos que han impactado al país, con el consecuente efecto sobre las variables hidrológicas de nivel y de caudal. Para el efecto, es destacable el esfuerzo realizado para actualizar y homogeneizar las series históricas diarias y mensuales de caudales del periodo 1974-2007.

Aun cuando el ENA 2010 es un estudio de referencia nacional, se evaluó de manera indicativa la oferta y vulnerabilidad al desabastecimiento de cuencas abastecedoras de acueductos, reconociendo las limitaciones que implica este ejercicio. Los resultados y el tamaño de la muestra utilizada dejan ver la necesidad de fortalecer el monitoreo y los sistemas de información que dan cuenta de estas fuentes.

Adicionalmente, se debe resaltar que el caudal ambiental –que en este trabajo se considera como un

uso que los ecosistemas requieren para su funcionamiento– se sustrajo de la oferta hídrica para la construcción de indicadores hídricos.

Por último, se debe reconocer la necesidad de estimar volúmenes de almacenamiento y de evaluar el régimen hidrológico de cuerpos lénticos para incorporarlos a la determinación de la oferta y el balance hídrico.

CAPÍTULO 4

OFERTA Y USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN COLOMBIA

Ambiente Kárstico, Cueva de los Indios-Santander. / O. Vargas



Autores
CÉSAR O. RODRÍGUEZ
NELSON OMAR VARGAS
OMAR JARAMILLO
ANDREA PIÑEROS

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 4

OFERTA Y USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN COLOMBIA

El aprovechamiento de las aguas subterráneas en la mayor parte del territorio colombiano es todavía muy incipiente, entre otras cosas, por desconocimiento del potencial de tales recursos, tanto a nivel regional como local. Existen en el país grandes áreas susceptibles de ser incorporadas al desarrollo del país, en las cuales hay recursos de agua subterránea que podrían utilizarse para suplir necesidades de agua para diferentes usos.

La necesidad de realizar estudios de aguas subterráneas se ha venido incrementando debido a que el agua, en general, constituye un recurso día a día más valioso, dado el descenso progresivo de la “disponibilidad per cápita” de recursos hídricos como consecuencia, principalmente, del crecimiento de la población y de la contaminación de aguas superficiales, sumados a la variabilidad climática que incide sobre la distribución espacial y temporal del agua.

En este estudio se incluye la caracterización y cuantificación de la oferta y uso del recurso hídrico subterráneo del país, a partir del análisis e interpretación de información hidrogeológica disponible.

4.1. Consideraciones conceptuales

En este aparte se revisan los elementos conceptuales en torno a los cuales gira el desarrollo del estudio: provincias hidrogeológicas, rendimiento específico y reservas.

4.1.1. Provincias hidrogeológicas

La caracterización y cuantificación de la oferta y el uso del recurso hídrico subterráneo se realizó a escala nacional, con el propósito de calcular las reservas de agua subterránea existentes en Colombia. Dicha cuantificación se hizo para unidades de análisis regional, seleccionadas a partir de la identificación y delimitación de *provincias hidrogeológicas*.

Las provincias hidrogeológicas corresponden a unidades mayores referidas a escalas menores (entre 1:10.000.000 y 1:500.000), definidas con base en unidades tectonoestratigráficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales, que coinciden con límites de cuencas geológicas mayores y que, desde el punto de vista hidrogeológico, corresponden a barreras impermeables representadas por *fallas regionales* y *altos estructurales*. Adicionalmente, se caracterizan por su homogeneidad geomorfológica.

Estas unidades de análisis requieren de un nivel de información bajo (datos escasos y heterogéneos de varias fuentes), se representan en mapas hidrogeológicos generales y son útiles para reconocimiento nacional, pues representan grandes áreas con parámetros estáticos, sin dependencia del tiempo. En el ENA 2010, se tuvo en cuenta que la infiltración y recarga no tienen mayor peso sobre las reservas (volumen almacenado) a nivel de provincia, y que, por lo general, son despreciables en la casi totalidad de las provincias del país (con pocas excepciones, como en el Valle del Cauca y la isla de San Andrés).

La delimitación en provincias se logra a partir de:

a) Unidades tectónicas y cuencas sedimentarias de Colombia. Esta cobertura de la Agencia Nacional de Hidrocarburos –ANH– (Barrero et ál., 2007) parte de una división geológica del país en unidades tectónicas y cuencas sedimentarias, separadas entre sí por fallas regionales que corresponden a los límites marcados por efectos de la evolución estructural y posterior depositación de sedimentos en ambientes particulares.¹

En este sentido, es de reseñar que del Paleozoico al Cenozoico tardío, las cuencas geológicas de Colombia han sufrido cambios en dirección y forma debido a diferentes efectos de *rifting* y colisiones oblicuas, seguidas de deformación tectónica de tipo compresional y tensional. Esta compleja historia determina las características y disposición de las unidades geológicas para adoptar un comportamiento hidrogeológico determinado.

La esquina noroccidental de Suramérica, donde está localizada Colombia, ha experimentado diferentes eventos geológicos que controlan la distribución, génesis, relleno de las cuencas y los límites estructurales de las cuencas sedimentarias que corresponden, en su mayoría, a las provincias de relevante importancia hidrogeológica del país.

La división que realiza la ANH (Barrero et ál., 2007) parte de reconocer tres dominios tectónicos: 1) la región Oriental, limitada al oeste por piedemontes de la cordillera Oriental, consiste en un basamento paleozoico y precámbrico con una cobertera deformada

de materiales sedimentarios que se extienden desde el Paleozoico hasta el Cenozoico; 2) la región Central, comprendida por la cordillera Oriental, la Sierra Nevada de Santa Marta, el valle del río Magdalena y la cordillera Central que se extiende más allá del sistema de fallas de Romeral al oeste y corresponde a una secuencia deformada de rocas sedimentarias e ígneas, con un basamento metamórfico que se cree se acrecionó al borde suramericano durante el Paleozoico; 3) la región Occidental, localizada al oeste del sistema de fallas de Romeral, está compuesta por terrenos de afinidad oceánica del Mesozoico y el Cenozoico, acrecionados a la margen continental durante el Cretácico Tardío, el Paleógeno y el Neógeno.

Dentro de estos tres dominios tectónicos se desarrollaron las provincias hidrogeológicas que coinciden, como se aprecia en la *Figura 4.1*, con las cuencas sedimentarias por sus potencialidades de flujo (asociadas a ambientes y condiciones de depositación) y geometría (determinada por conspicuos rasgos tectónicos y estratigráficos resultantes de los eventos históricos).

Las barreras impermeables pueden corresponder, principalmente, a macizos de rocas cristalinas (ígneas, volcánicas), a altos estructurales o a sistemas de fallas que afectan la continuidad de las unidades regionales

En la *Figura 4.1*, se puede observar la distribución de los dos principales tipos de barreras impermeables.

1. Las zonas de color gris corresponden a los macizos de rocas cristalinas o volcánicas, cuya caracterización y descripción es materia de análisis dentro del ENA 2010. En color gris achurado se delimitan otras características estructurales, tales como altos estructurales.

¹ Estos límites estructurales han sido reconocidos mediante métodos de observación geológica directos (observación de afloramientos y perforaciones) e indirectos (sensores remotos, prospección sísmica, magnetometría, gravimetría, etc.) y están ampliamente documentados en la literatura geológica nacional (Ingeominas, 2000; Ecopetrol, 2000; Barrero et ál., 2007)

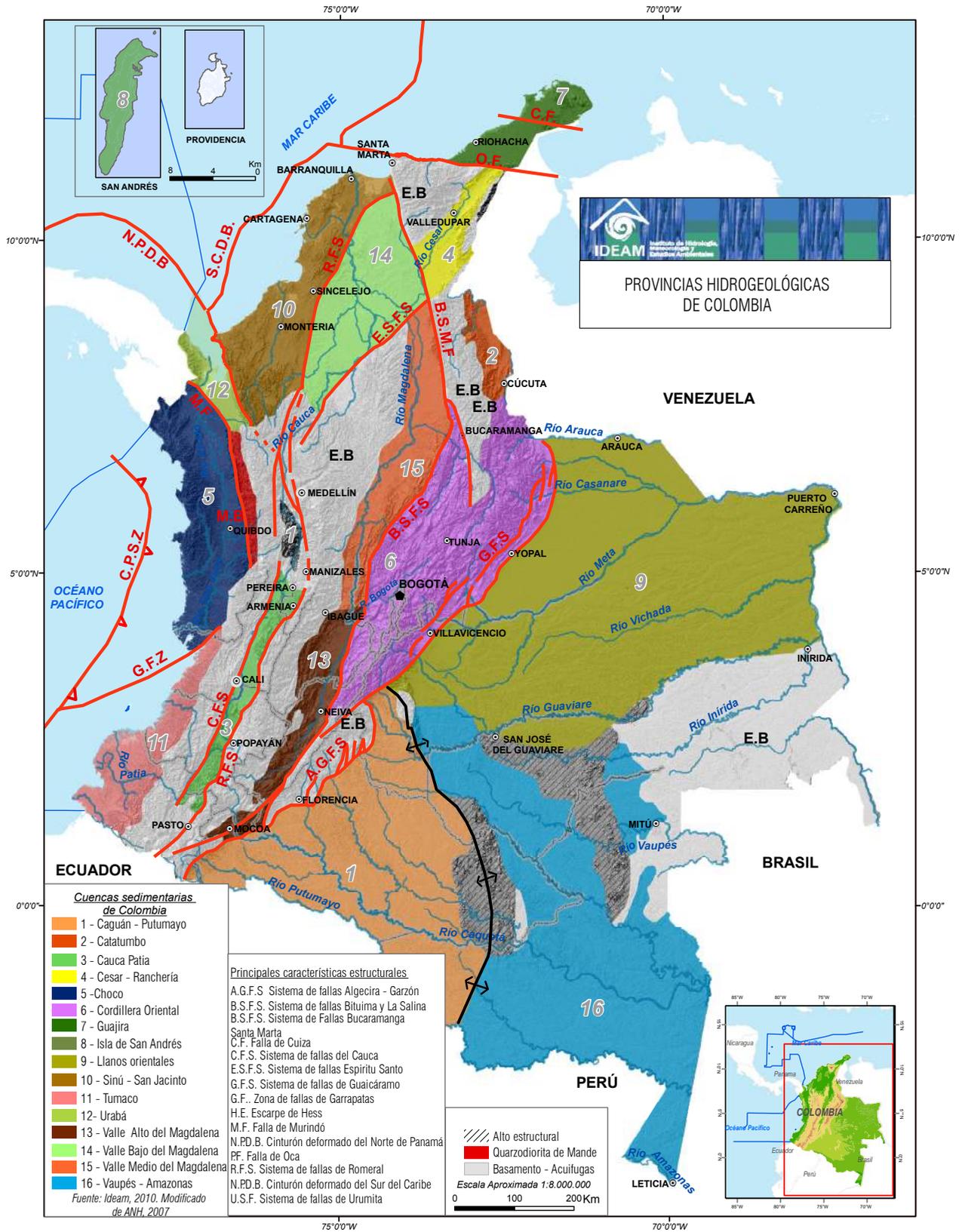


Figura 4.1. Provincias hidrogeológicas de Colombia (modificado de Barreto et. ál. 2007).

2. Los principales sistemas de fallas que atraviesan el país. Las de mayor extensión presentan una dirección noreste-suroeste que obedece a la tectónica regional. Estos sistemas de fallas delimitan las provincias hidrogeológicas y se identifican con líneas de color rojo.

En el ENA 2010, la mayor parte de las áreas integradas por rocas ígneas y metamórficas se han clasificado como acuífugas. Sin embargo, se conocen sectores (en los departamentos de Caldas, Cauca y Nariño, entre otros) en los cuales dichas rocas están fracturadas y pueden constituir acuíferos de naturaleza local, que podrán ser evaluados en el futuro, una vez se disponga de información y se hagan evaluaciones a nivel de subcuencas

b) Provincias hidrogeológicas. A partir del modelo geológico básico, definido en el paso anterior, se produce una división del país en provincias hidrogeológicas, que agrupan cuencas geológicas con características litológicas, estructurales y geomorfológicas similares y que, además, presenten un comportamiento hidrogeológico homogéneo reconocible espacialmente. Las provincias están limitadas por barreras impermeables, correspondientes a rasgos estructurales o estratigráficos regionales, y pueden subdividirse, a su vez, en cuencas y subcuencas hidrogeológicas. Estas últimas subdivisiones en realidad no son apropiadas para la escala de trabajo del componente hidrogeológico del presente estudio (1:500.000) y, por lo tanto, no se contemplan para la caracterización.

En este punto, es importante llamar la atención sobre el limitado conocimiento de los sistemas acuíferos del territorio nacional: En el país, en realidad se han realizado pocos estudios de tipo hidrogeológico regional, y la mayoría de ellos son de carácter local, con escalas que varían entre 1:25.000 y 1:100.000.

Con estos estudios se ha cubierto menos del 15% de la superficie del territorio nacional en reconocidos ambientes sedimentarios. Además, se cuenta con una cartografía hidrogeológica de todo el territorio nacional a escala 1:1.500.000, elaborada por Ingeominas en el año de 1989 con el patrocinio del Programa Hidrogeológico Internacional de la Unesco (Huguett et ál., 1989). En la actualidad, Ingeominas adelanta el *Atlas hidrogeológico de Colombia* a escala 1:500.000 (Ingeominas. 2000).

Se cuenta pues con estudios a nivel de prospección y exploración, sobre todo en la Sabana de Bogotá, La Guajira, Catatumbo, algunos sectores de la Costa Atlántica, valle del Cesar y en áreas del valle superior y medio del Magdalena, en donde los estudios han sido extensivos. En estas zonas, sin embargo, no se cuenta con un seguimiento y monitoreo, generado a partir de redes básicas, que propicie el reconocimiento de la dinámica espacio-temporal del recurso. El común denominador es la ausencia de datos sistemáticos que permitan hacer un diagnóstico basado en indicadores poblados. La provincia hidrogeológica mejor estudiada del territorio colombiano corresponde al Cauca-Patía, sobre la cual se soporta el desarrollo regional de esta parte del país.

4.1.2. Rendimiento específico

La cantidad total de agua almacenada en un acuífero saturado puede evaluarse determinando su extensión lateral, espesor y porosidad. Sin embargo, no toda el agua almacenada puede ser extraída de la roca, ya que parte de ella es retenida por fuerzas eléctricas, moleculares, de adhesión y de cohesión (Rodríguez, 1984). Los términos *rendimiento específico* y *retención específica* se vienen aplicando desde 1923 para evaluar los recursos de agua subterránea almacenados en el subsuelo (Meinzer, 1923).

El volumen de agua que puede ser drenada en forma libre de una roca por completo saturada se conoce como rendimiento específico. Se expresa en términos de porcentaje con respecto al volumen total de roca y es cuantitativamente igual a lo que se ha definido como *porosidad efectiva*.

De otra parte, el volumen de agua retenida por la roca se denomina **retención específica** y se expresa también en términos de porcentaje con respecto al volumen total de roca. La retención específica más el rendimiento específico es igual a la porosidad total (Fetter, 1994).

El **rendimiento específico de un acuífero** es un término que ha sido aceptado y aplicado por la comunidad científica internacional y se puede determinar aplicando métodos de laboratorio o de campo (Meinzer, 1932),

mediante análisis del registro de niveles estáticos históricos, o bien con el uso de trazadores ambientales o artificiales (Rodríguez, 1971). Un gran volumen de estudios realizados y publicados en la literatura especializada (Todd, 1959; Fetter, 1994) ha permitido elaborar tablas, en las que se presentan valores típicos de rendimiento específico para diferentes tipos de materiales, como los compilados en la *Tabla 4.1*.

A partir de estos valores, se ha realizado la evaluación de recursos hídricos del subsuelo en muchas cuencas del mundo (Poland, et ál., 1949) y en algunas de Colombia (Rodríguez, 1979).

Cuando se vayan a aplicar valores de rendimiento específico obtenidos de las tablas en estudios a nivel de cuencas o subcuencas, es importante tener

Tabla 4.1. Valores de rendimiento específico para diferentes materiales de la corteza terrestre.

Material	Rendimiento específico (%)				
	Walton (1970)	Johnson (1967)	Rodríguez (1984)	USGS (1987)	Sanders (1998)
Arcilla	1-10	0-5	0-3	2	
Arcilla arenosa		3-12			
Arena	10-30			22	
Arena fina		10-28	18-22		10-28
Arena media		15-32	26-28		
Arena gruesa		20-35	27-30		22-35
Arena y grava	15-25	20-35	17-21		
Arenisca	5-15				0,5-10
Arenisca semiconsolidada				6	
Grava	15-30			19	13-26
Grava fina		21-35	22-24		
Grava media		13-26	16-24		
Grava gruesa		12-28	17-22		
Caliza	0,5-5			18	
Calizas, dolomitas no carstificadas					0,5-10
Calizas, dolomitas carstificadas					5-40
Lutita	0,5-5		0-3		0,5-5
Limo		3-19			3-19
Granito				0,09	
Basalto				8	
Rocas ígneas					0,005-0,01

Fuente: Compilado de diferentes autores.

en cuenta que ello debe hacerse bajo criterios claramente establecidos, de acuerdo con la información hidrogeológica que se tenga de cada una de ellas en particular, ya que los valores representativos de una subcuenca pueden no serlo para otra.

4.1.3. Reservas de agua subterránea

La evaluación de la cantidad de agua subterránea disponible para explotación en un acuífero es uno de los problemas que mayor polémica suscita a la hora de operacionalizar instrumentos técnicos y jurídicos.

Sin embargo, es claro que esta oferta está relacionada con los recursos y reservas, en el enfoque de la escuela europea, y con el caudal seguro (*safe yield*), cuando se enfoca desde la escuela norteamericana.² En este documento, se busca una aproximación conceptual y una forma práctica de cuantificar esta cantidad de agua disponible para efectos del cálculo de reservas de agua subterránea en el país.

La capacidad de un acuífero es una función de su volumen útil y, por lo tanto, su estimación atiende los determinantes que condicionan ese volumen. Así pues, es fácil entender que puede estimarse un volumen de almacenamiento estático, que tiene en cuenta las características intrínsecas del embalse subterráneo, y un volumen dinámico, que considera la distribución espacio-temporal de la alimentación o recarga. En el primer caso, se habla de reservas definidas como "la cantidad de agua almacenada en el acuífero que puede drenar por gravedad, o sea, el volumen saturado que no queda adherido a los granos, en el caso de sedimentos o rocas sedimentarias, por acción de fuerzas capilares o higroscópicas"

(Pérez, D., 1995). Las reservas, por lo tanto, se expresan en unidades de volumen y corresponden al producto del volumen del almacenamiento y su rendimiento específico. Además, se definen los recursos que dependen de la alimentación o recarga del acuífero y se expresan en términos de caudal (volumen por unidad de tiempo). Esto son los que realmente representan el volumen de agua disponible para la explotación.

Las fluctuaciones del nivel freático en acuíferos libres representan, por lo tanto, variaciones de las reservas; es posible distinguir en un año hidrológico los siguientes escenarios:

1. Reservas mínimas, que corresponden al caudal mínimo de escorrentía subterránea que depende de las condiciones de flujo del agua subterránea. Corresponden a la superficie freática mínima o de estiaje.
2. Reserva máxima, asociada con el caudal máximo de escorrentía subterránea. Corresponde a la superficie freática máxima.

Estos conceptos permiten definir una *variación de la reserva*, que es la diferencia entre las reservas mínimas y las máximas para el año hidrológico en cuestión. De esta reflexión surgen nuevas definiciones:

1. Las **reservas permanentes**, que están relacionadas con la reserva mínima media.
2. La **reserva total**, que corresponde a la reserva máxima media.
3. La **variación de la reserva**, que se define como la diferencia entre las dos primeras. A esta variación de la reserva Castany (1967) la denominó **reserva reguladora** (Pérez, D. 1995).

Este estudio se referirá a las reservas permanentes (Figura 1.4 en página 40).

² Una amplia disertación sobre el tema se encuentra en Pérez, Diosdado, 1995.

4.2. Aspectos metodológicos

Con los conceptos anteriores, se realiza una aproximación metodológica para determinar las reservas y estimaciones de uso del agua subterránea en Colombia.

4.2.1. Unidades de análisis

Se consideran en el estudio dieciséis provincias hidrogeológicas, que se presentan en la *Figura 4.1*:

1. Caguán-Putumayo
2. Catatumbo
3. Cauca-Patía
4. Cesar-Ranchería
5. Chocó
6. Cordillera Oriental
7. Guajira
8. Isla de San Andrés
9. Llanos Orientales
10. Sinú-San Jacinto
11. Tumaco
12. Urabá
13. Valle alto del Magdalena
14. Valle bajo del Magdalena
15. Valle medio del Magdalena
16. Vaupés–Amazonas

Tal como se observa en *Figura 4.1*, estas provincias hidrogeológicas se asocian a ambientes sedimentarios y vulcanoclásticos, que alojan sistemas acuíferos multicapas con rendimientos específicos favorables para su explotación. Las provincias abarcan el 74% de la extensión total del territorio nacional. Sin embargo, 51% de esta superficie corresponde a las cuencas de la Orinoquía (Llanos Orientales), la Amazonía (Vaupés-Amazonas y Caguán-Putumayo) y la Costa Pacífica (Tumaco y Chocó), que por sus

altos rendimientos hídricos superficiales y por el bajo porcentaje de población asentada en su territorio no han requerido de este recurso para suplir necesidades de abastecimiento. La zona andina, a la postre la más densamente poblada del país, cuenta con 106.131 km² de área con posibilidades de almacenamiento de aguas subterráneas, lo que equivale al 12,5% del área total cubierta por provincias hidrogeológicas en el territorio nacional y al 53,8% del área abarcada por las tres cordilleras y sus valles intramontanos. Esta área corresponde a los sistemas acuíferos multicapas de las zonas hidrogeológicas del Cauca-Patía, valle medio y superior del Magdalena y cordillera Oriental. Además de estas zonas, se distinguen las cuencas transfronterizas de La Guajira y el Catatumbo, la cuenca intramontana del Cesar-Ranchería, las cuencas costeras de Sinú-San Jacinto y Urabá, y la cuenca insular de San Andrés. El resto del país está conformado por ambientes ígneo-metamórficos, en los que la circulación del agua subterránea está limitada más que todo a zonas de fracturamiento, y de ocurrencia de horizontes y de lentes calcáreos y detríticos, dentro de secuencias impermeables de litologías arcillosas y turbidíticas, cretácicas y terciarias, que no han sido objeto de prospección hidrogeológica, y donde deben esperarse recursos limitados para su explotación. Estos ambientes actúan como barreras para el flujo intergranular (Vargas, 2001).

Dentro de cada provincia, se reconocen unidades hidrogeológicas que por sus características de porosidad y permeabilidad tienen diferentes condiciones para almacenar y permitir el flujo de agua. De esta manera, se definen **acuíferos** (rocas permeables que almacenan y permiten el paso de agua, relativamente fácil, bajo condiciones naturales de campo), **acuitardos** (materiales que almacenan agua, pero solo permiten el flujo muy lento de ella por sus condiciones semipermeables o impermeables), **acuícieras** (rocas impermeables que

pueden contener agua, pero no permiten su flujo en cantidades significativas. Algunos autores prefieren utilizar para esta unidad el término acuitardo, para aceptar que el agua sí se mueve, aunque en cantidades muy pequeñas, que en la mayoría de los casos son despreciables en términos de caudal)³ y **acuifugas** (materiales que no contienen ni permiten el flujo de agua; son considerados materiales impermeables).

La Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH reconoce en su reporte veintitrés cuencas sedimentarias, de las cuales siete se encuentran en la plataforma marina, en donde pueden hallarse buenos prospectos petroleros. Sin embargo, estas últimas, desde el punto de vista de aprovechamiento de aguas subterráneas, tienen poca importancia y, por esta razón, no se contemplan en el estudio. Tampoco se consideran como provincias hidrogeológicas, las cuencas sedimentarias de Amagá y Los Cayos, dada su naturaleza local y su escasa importancia hidrogeológica.

Las barreras impermeables corresponden, principalmente, a macizos de rocas cristalinas (ígneo-metamórficos), a altos estructurales o a sistemas de fallas que afectan la continuidad de las unidades regionales. En el ENA 2010, la mayor parte de las áreas integradas por rocas ígneas y metamórficas se han clasificado como acuifugas. Sin embargo, se conocen sectores (en los departamentos de Caldas, Cauca y Nariño, entre otros) en los cuales dichas rocas están fracturadas y pueden constituir acuíferos de naturaleza local, que podrán ser evaluados en el futuro, una vez que se disponga de información, y que se hagan evaluaciones a nivel de cuencas y subcuencas hidrogeológicas.

3 El término **acuitardo** será utilizado en el presente estudio (ENA 2010) como sinónimo del término **acuicierre**.

4.2.2. Procedimiento metodológico

La *Figura 4.2* ilustra al procedimiento metodológico utilizado en este estudio para la cuantificación de reservas de aguas subterráneas y la consolidación de información de su uso en el territorio nacional.

4.3. Presencia y distribución del agua subterránea en Colombia

La disponibilidad de agua subterránea en Colombia tiene una amplia variabilidad, como consecuencia de la complejidad geológica del territorio y de la gran versatilidad de sus condiciones topográficas, hidroclógicas y climatológicas.

Sin embargo, la presencia y la distribución de agua subterránea en cualquier región están controladas, en esencia, por sus características geológicas, y por lo tanto, sus límites y características físicas y geométricas se hallan determinados, más que todo, por la estructura geológica y la estratigrafía. Por esta razón, las cuencas hidrogeológicas, en la mayoría de los casos, no coinciden necesariamente con los límites fisiográficos ni con los hidrográficos.

Se infiere entonces que, para determinar las reservas de agua subterránea, es necesario partir, en primera instancia, de una división geológica regional, la cual se estableció para Colombia mediante la identificación de bloques tectónicos y cuencas geológicas sedimentarias, que están definidos por los estilos y límites estructurales que determinan la geometría y litología de las diferentes unidades.

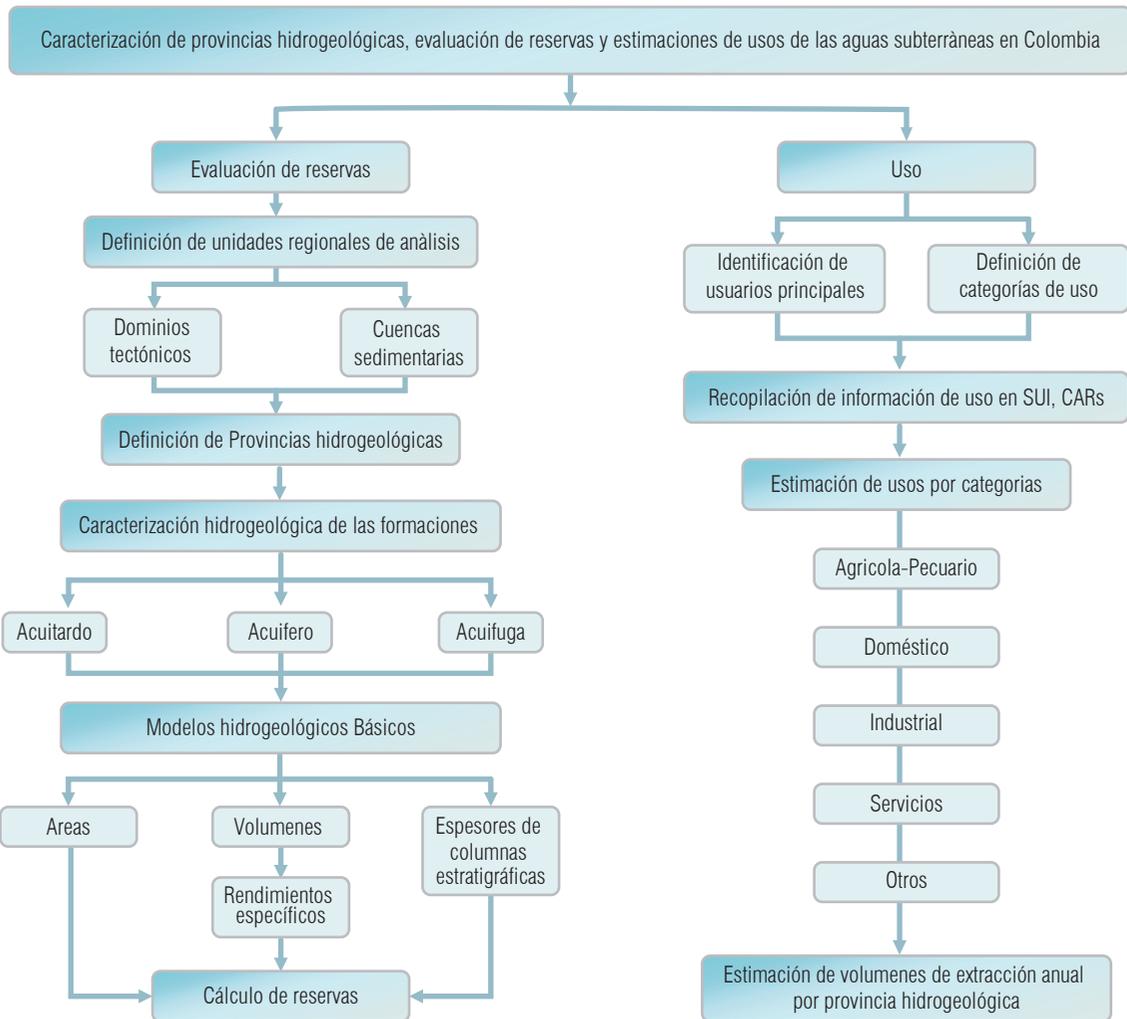


Figura 4.2. Procedimiento metodológico para el desarrollo del componente de aguas subterráneas.

4.3.1. Provincia hidrogeológica de Caguán-Putumayo

4.3.1.1. Localización geográfica y límites geológicos

Se encuentra ubicada en la margen sur del país, en donde limita con Perú y Ecuador (Figura 4.3). En el norte, limita con las rocas metamórficas precámbricas de la Serranía de la Macarena (SM). Al oriente, con un alto estructural que incluye la Serranía de Chiribiquete (SCH). Al occidente, limita con el sistema de fallas del

pie demonte de la cordillera Oriental. La provincia continúa hacia el sur en el Ecuador y en Perú.

4.3.1.2. Ambiente geológico

Geológicamente, el área de estudio pertenece a la denominada Cuenca del Putumayo, conformada por rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias hacia el occidente, en la parte alta del departamento y en el piedemonte, las que conforman estructuras plegadas afectadas por un intenso patrón de fallamiento, cubierto por depósitos recientes de tipo aluvial

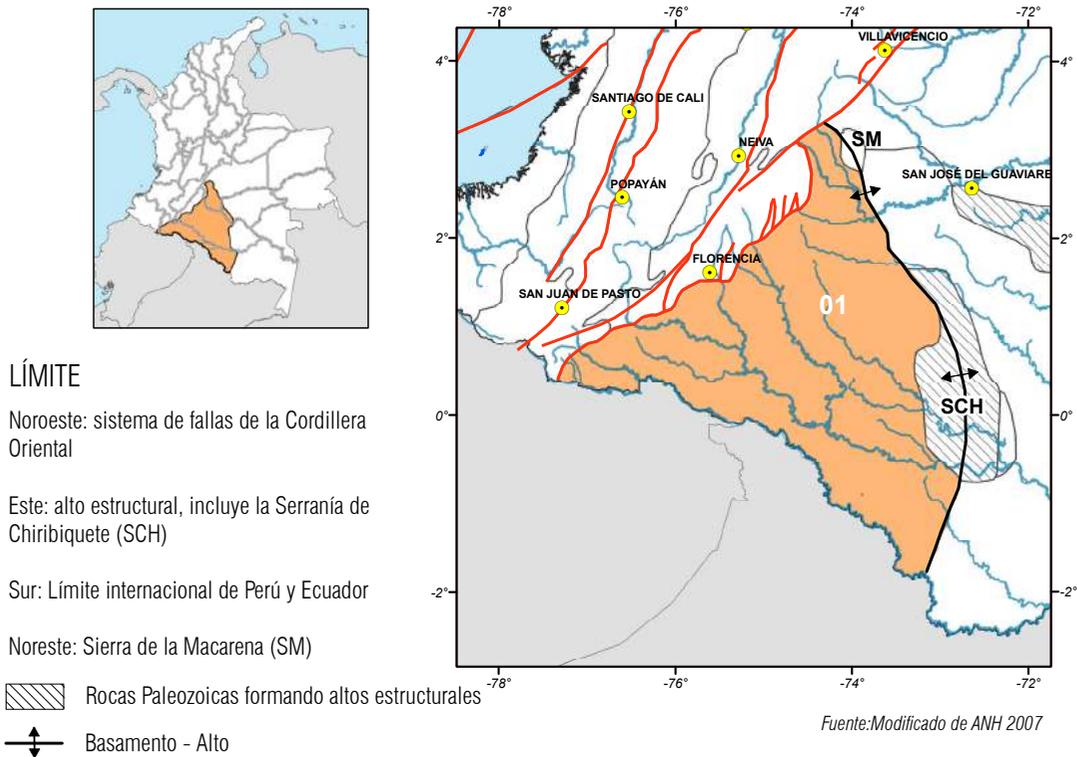


Figura 4.3. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Caguán-Putumayo.

torrencial y coluvial, asociados a la dinámica fluvial de los ríos mayores y a la formación de terrazas disectadas en las partes más bajas del piedemonte (Ingeominas, 1988).

Hacia el oriente, se identifica una planicie que forma parte de la región natural de la Amazonía, donde se distinguen depósitos sedimentarios que forman las terrazas aluviales y los aluviones, constituidos por acumulaciones detríticas, de espesores limitados y formas superficiales variables, con mejor representación hacia los márgenes de los ríos caudalosos. Litológicamente, estos depósitos incluyen cantos rodados, bloques, guijarros y guijos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, y cubren formaciones geológicas consolidadas compuestas por lutitas, areniscas, conglomerados y lentes de carbón (Cáceres, Teatin, 1985).

En la cuenca del Putumayo, no se han realizado suficientes estudios de aguas subterráneas que permitan formular un modelo hidrogeológico claro, de carácter regional, en cuanto a la distribución y la dinámica de los recursos hídricos en el marco del ciclo hidrológico. Las características litológicas, estructurales y geomorfológicas de la cuenca del Putumayo permiten definir, de manera preliminar, las siguientes características hidrogeológicas:

- En la parte alta de la cuenca del Putumayo, se presentan rocas cristalinas metamórficas con baja porosidad primaria. La presencia de estructuras (fracturas y fallas) en enrejado se manifiesta con el control del drenaje superficial, originando patrones rectangulares. Estas estructuras constituyen zonas de recarga de acuíferos subterráneos formados por porosidad secundaria.

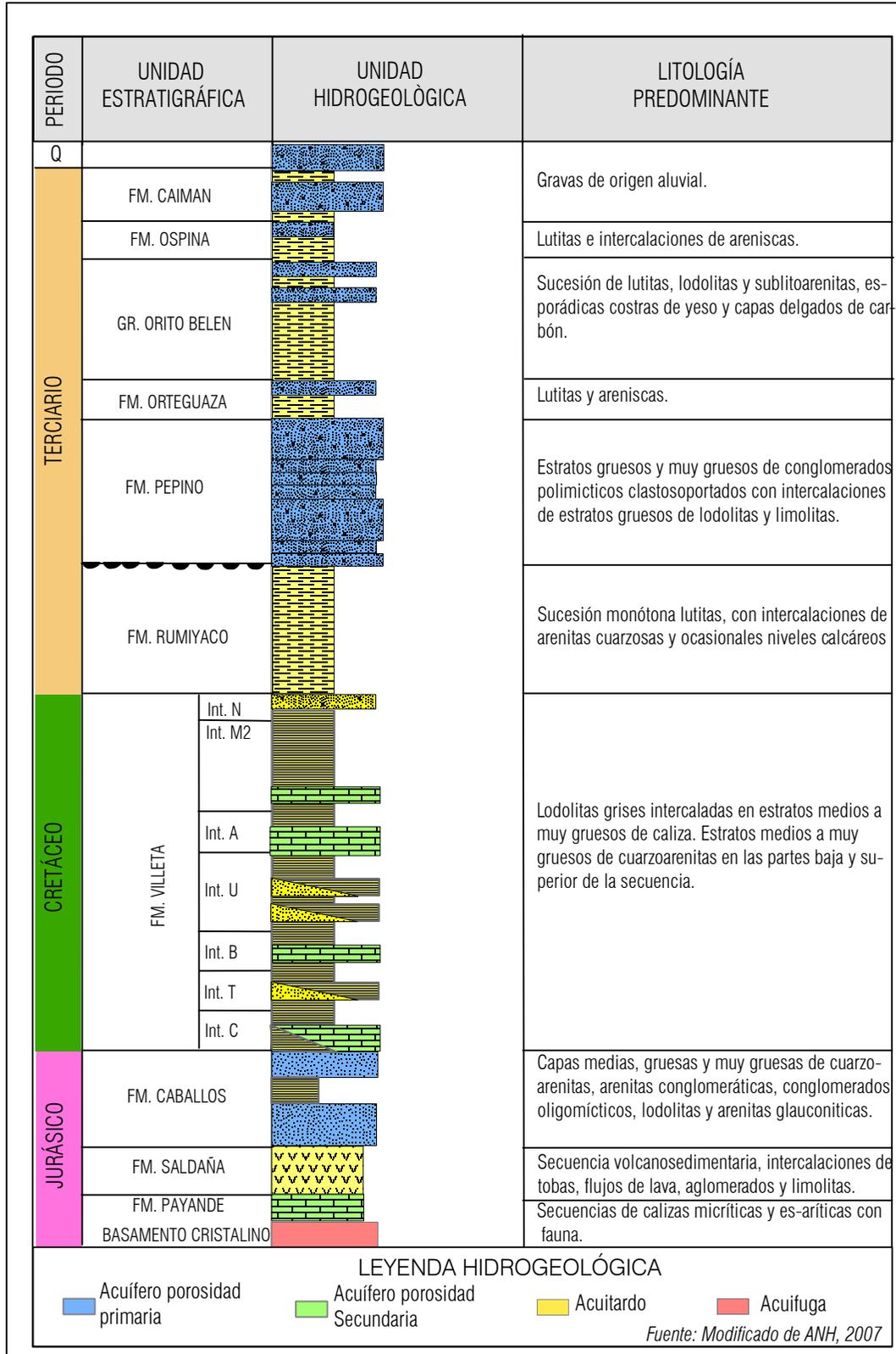


Figura 4.4. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Caguán. Putumayo.

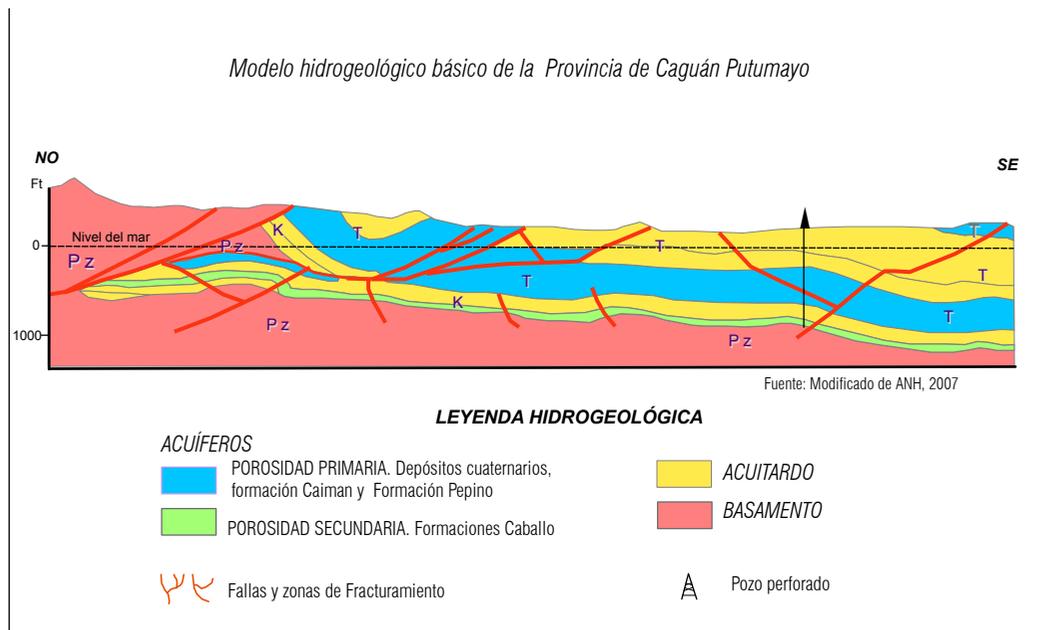


Figura 4.5. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Caguán-Putumayo.

- En la zona de intercambio cordillera y abanicos de piedemonte se reconoce un control estructural asociado al sistema de fallas. Litológicamente, en esta zona predominan rocas sedimentarias, tales como areniscas y conglomerados, los cuales presentan buena porosidad primaria. Existe una alta infiltración y saturación de las rocas arenosas permeables, evidenciadas por el patrón y control de drenaje que controla la recarga y el flujo hacia los acuíferos más profundos a través de las fallas y fracturas asociadas, saturando a su vez los depósitos no consolidados (fluviotorrenticiales y coluviales) presentes.
- En la planicie, los depósitos de terrazas aluviales y cauce aluvial de los ríos principales originan acuíferos de carácter local, caracterizados por una buena porosidad y permeabilidad, especialmente en los paleocanales originados por la dinámica fluvial de ríos de trenzados a meandriformes.
- En general, en la cuenca del Putumayo se reconoce la presencia de unidades acuíferas locales de extensión variable, desarrolladas en rocas sedimentarias de ambiente continental, y sedimentos arenosos y conglomeráticos, poco cementados, con porosidad primaria (Figura 4.4 y Figura 4.5).

4.3.2. Provincia hidrogeológica de Catatumbo

4.3.2.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia ocupa la parte intramontana nororiental de Colombia, y se extiende en dirección sur-norte, coincidiendo en sus límites norte y oriente con Venezuela, al sur con las rocas cretáceas de la cordillera Oriental y al occidente con el macizo de Santander (rocas ígneas y metamórficas).

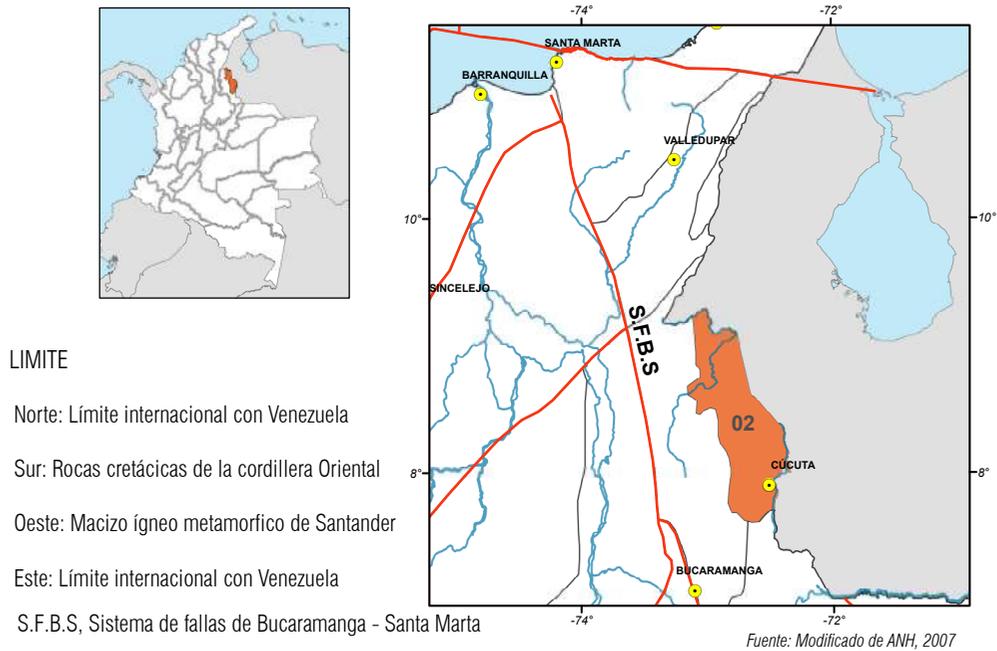


Figura 4.6. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Catatumbo.

El límite occidental está dado por el basamento jurásico y un complejo de fallas que pueden actuar como límites impermeables. Al norte y oriente, continúa hacia Venezuela, y al sur, está delimitado por rocas metamórficas del Paleozoico, y por acuitardos del Cretáceo (Figura 4.6).

4.3.2.2. Ambiente geológico

Este sector forma parte de una secuencia plegada de formaciones sedimentarias de las edades del Cretácico y Terciario, que reposan de manera discordante sobre las unidades ígneo-metamórficas del Premesozoico, conocidas en su conjunto como *Grupo Girón*.

La secuencia cretácica se compone de arenitas cuarzosas de grano de fino a grueso, duras, bien cementadas, intercaladas con lutitas fósiles y calizas duras. Esta secuencia comprende cerca de 1800 m de espesor y se ubica en los flancos de las estructuras geológicas principales, configurando los escarpes y fillos más destacados de la región. El terciario de la zona

se reconoce por estar conformado por arcillolitas abigarradas, lutitas fisiles ferruginosas, areniscas duras a friables y mantos de carbón.

Las formaciones anteriores se orientan con rumbo noreste-suroeste y tienen buzamientos que varían entre 25° y 70°. Su continuidad está interrumpida por fallas longitudinales de tipo inverso, con desplazamientos hasta de cientos de metros, y por fallas transversales de menor desplazamiento. Las unidades sedimentarias cretácicas y terciarias están cubiertas por depósitos recientes de origen aluvial, cuyo espesor varía desde 20 m hasta más de 150 metros en el centro de la ciudad de Cúcuta. Los sedimentos recientes están conformados por arcillolitas rojas y abigarradas, arenas de grano grueso de color pardo y localmente conglomerados.

En la región del Catatumbo, se presentan dos estructuras de interés hidrogeológico en sinclinales amplios del terciario: el sinclinal de Zulia y el sinclinal de Cúcuta-Pamplonita. En ellos se presentan unidades

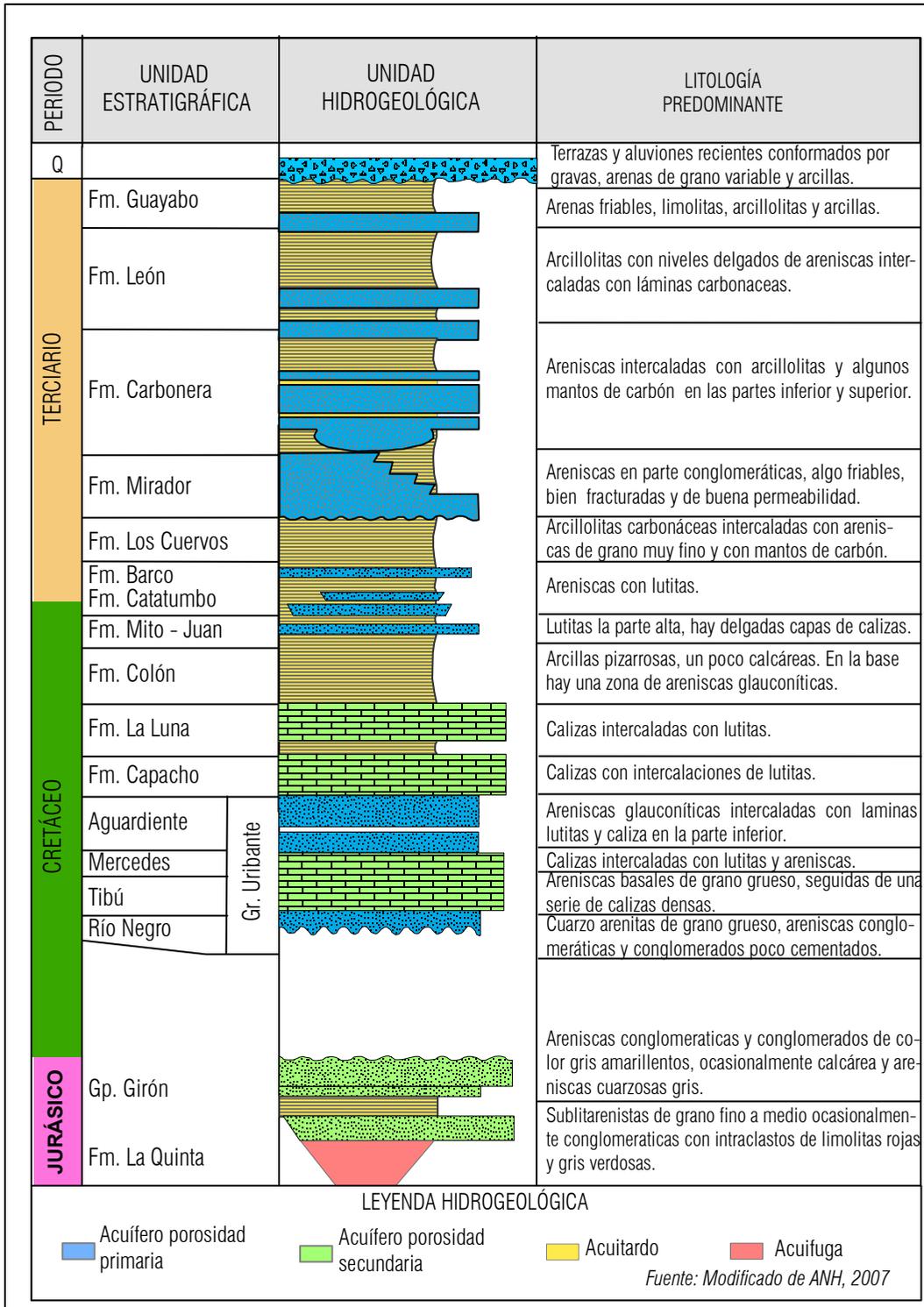


Figura 4.7. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Catatumbo.

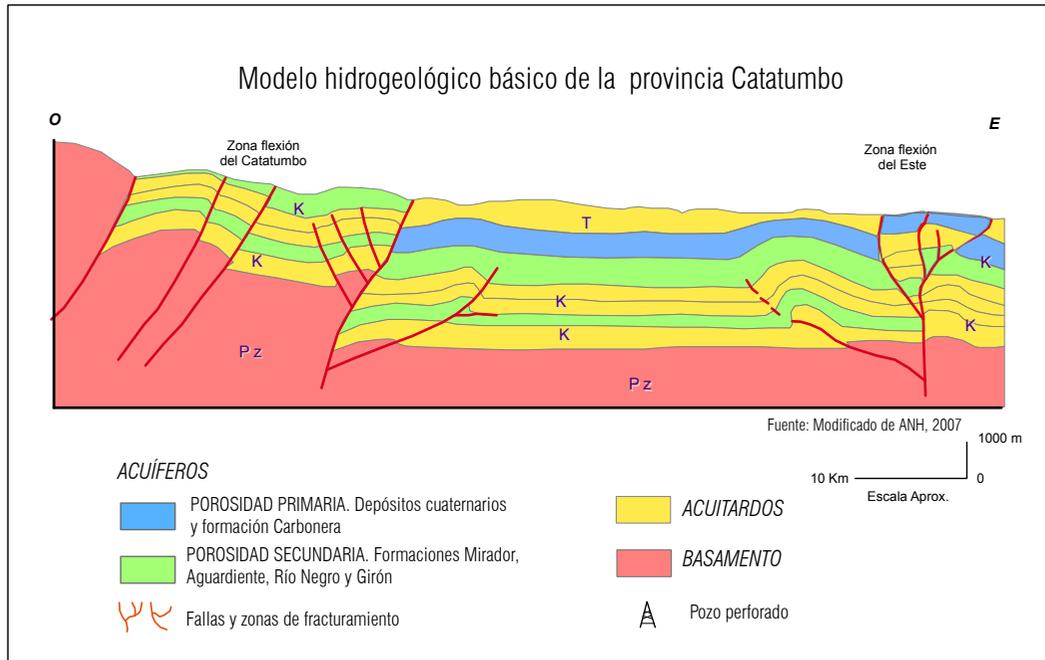


Figura 4.8. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Catatumbo.

de roca-sedimento, terciarias y recientes, que alojan los recursos de agua subterránea de la cuenca del Catatumbo. El resto de unidades de roca de la región del Catatumbo es de tipo sedimentario y metamórfico, con porosidades secundarias sin interés hidrogeológico, consideradas impermeables hasta el momento (Figura 4.7 y Figura 4.8).

4.3.3. Provincia hidrogeológica de Cauca-Patía

4.3.3.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia ocupa la parte intramontana centro-occidental de Colombia, y se extiende en dirección sur-norte coincidiendo en sus límites con las estribaciones de las cordilleras Central y Occidental (Figura 4.9).

Las diferencias litológicas entre la cordillera Oriental y las cordilleras Central y Occidental de Colombia han

sido el criterio básico para definir esta provincia, la cual está limitada, al oriente, por el sistema de falla del oeste del Magdalena, y al este, por el sistema de fallas del río Atrato. Se extiende, hacia el norte, hasta la falla de Murrucú, en las estribaciones de las serranías de Abibe, San Jerónimo, Ayapel y San Lucas; y hacia el sur, se estrecha en el Macizo Colombiano. Su litología es predominantemente ígneo-metamórfica y representa diferentes etapas de la orogenia andina. En la provincia, se destaca el valle tectónico del Cauca, constituido por las subcuencas del Patía y del río Cauca. Este rasgo tectonoestratigráfico configura la provincia hidrogeológica del Cauca-Patía.

4.3.3.2. Ambiente geológico

El valle del río Cauca está constituido por una superficie plana o casi plana, formada por un relleno aluvial que consta de terrazas y aluviones hacia la zona central, y derrubios y conos aluviales en los límites de las dos cordilleras. Los conos están mejor desarrollados hacia la cordillera Central (Ingeominas, 1992).



LÍMITE

Oeste: Sistema de fallas del Cauca (S.F.C.), rocas volcánicas y sedimentarias de la Cordillera Occidental (23)

Oriente: Sistema de fallas de Romeral (S.F.R.), Cordillera Central(22)

Norte y Sur: Rocas ígneas básicas del Cretácico

S.F.G, Sistema de fallas de Garrapatas

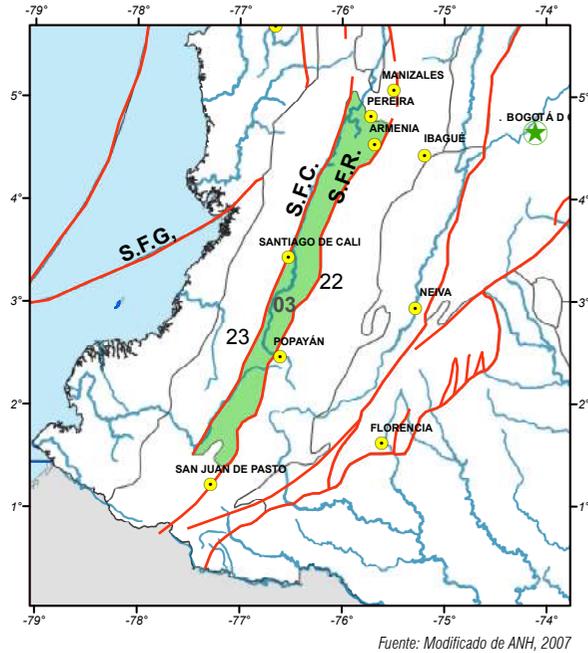


Figura 4.9. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cauca-Patía.

Los flancos del valle están formados por rocas en esencia volcánicas, afectadas por fallamientos de gran magnitud que reflejan su origen tectónico. En el borde de la cordillera Occidental, afloran lavas y diabasas de la formación volcánica, combinadas con algunas formaciones de origen continental y marino. En el borde de la cordillera Central, afloran lavas basálticas de edad Jurásica a Cretácica de la Formación Amaime, y formaciones sedimentarias plegadas del Terciario, de las que predominan, al sur, la Formación Popayán, y al norte, las formaciones La Paila, Guachinte y Zarzal (Valencia, M. & Alvarez, A., 1993).

En el valle del río Cauca, se identifican tres unidades de interés hidrogeológico (Figura 4.10 y Figura 4.11); la recarga de estas unidades se atribuye a la precipitación (que en la zona alcanza un promedio de 1.500 mm), a la escorrentía superficial y a pérdidas por irrigación.

Unidad A. Constituida por una alternancia de sedimentos permeables e impermeables, que configuran

más que todo acuíferos libres y semiconfinados. Tiene un espesor promedio de 120 m y un 30% a 40% de sedimentos permeables.

Unidad B. Se trata de una unidad constituida más que todo por arcillas y limos, con algunos lentes muy delgados de gravas y arenas. No se considera como unidad productora de agua. Su espesor varía entre 80 m y 100 m, y es el techo de los acuíferos confinados de la Unidad C. Se comporta como acuícludo, pero algunas veces se explotan en la región lentes arenosos pertenecientes a esta unidad.

Unidad C. Por lo general, está localizada por debajo de los 180 m de profundidad y conforma acuíferos confinados, eventualmente con flujo saltante, de buena capacidad específica y excelente calidad del agua. En esencia está constituido por capas de arenas, gravas y, algunas veces, cantos rodados intercalados entre capas de arcillas. Su espesor se desconoce, aunque estudios de geoelectrica ubican su parte inferior a una profundidad mayor de 500 m.

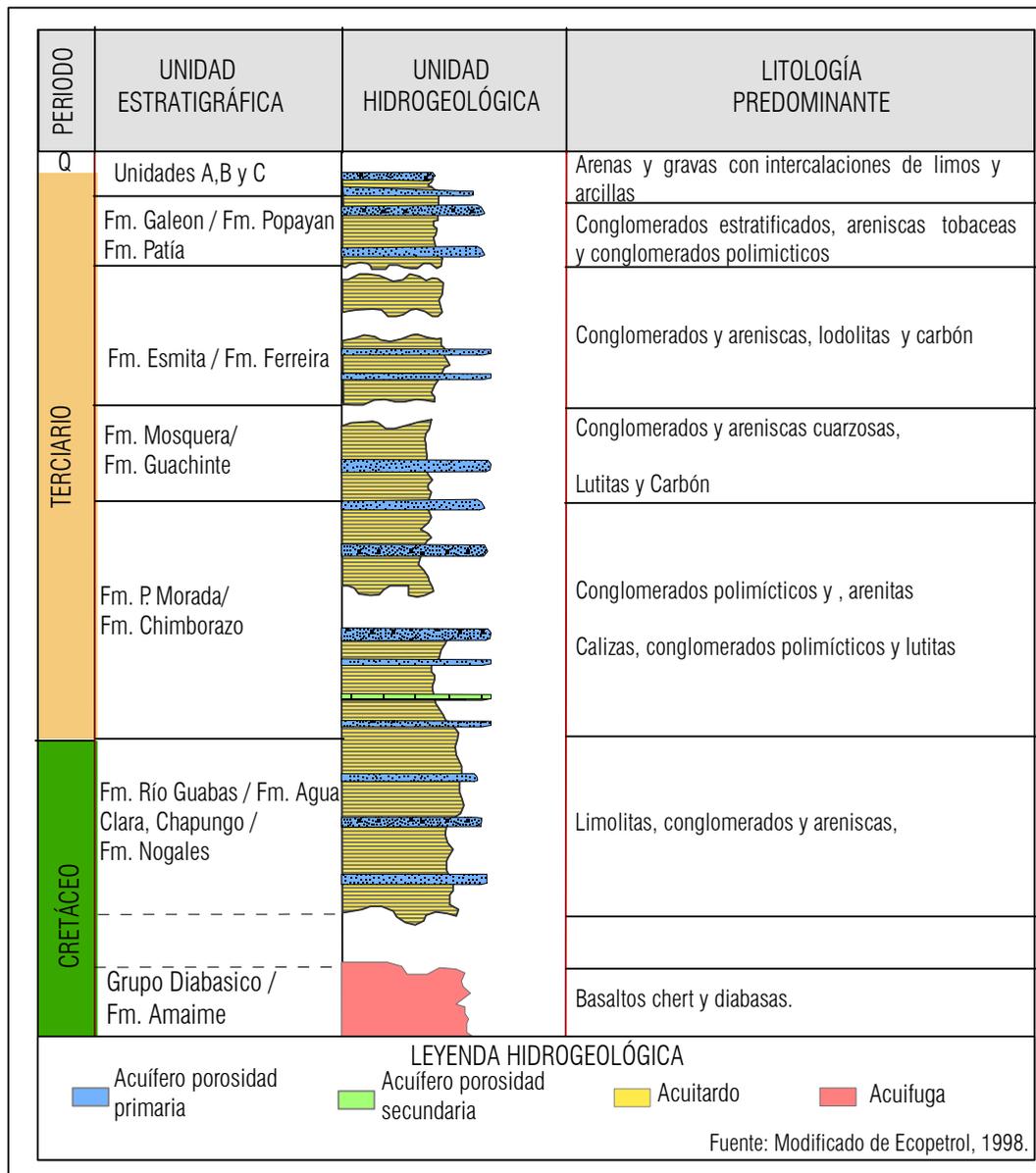


Figura 4.10. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cauca-Patía.

En los municipios de El Bordo, Balboa y Mercaderes (Cauca), sobre la cuenca del río Patía, se explotan acuíferos del terciario y cuaternario aluvial mediante pozos de 60-70 m de profundidad, con transmisividades de 222 m²/día y caudales de 43 lps (Angel, C., 1991).

Es importante anotar que, en la cuenca del río Cauca, la recarga –que puede superar los

4.500 millones de m³ por año– es muy inferior a la extracción anual de agua subterránea mediante pozos, que es del orden de 1.650 millones de metros cúbicos por año. Ello indica que (contrario a lo que ocurre en la mayoría de las provincias hidrogeológicas de Colombia), en la del Cauca-Patía la recarga es mas importante que las reservas (Consortio IRH-Hidroceron Ltda., 2001).

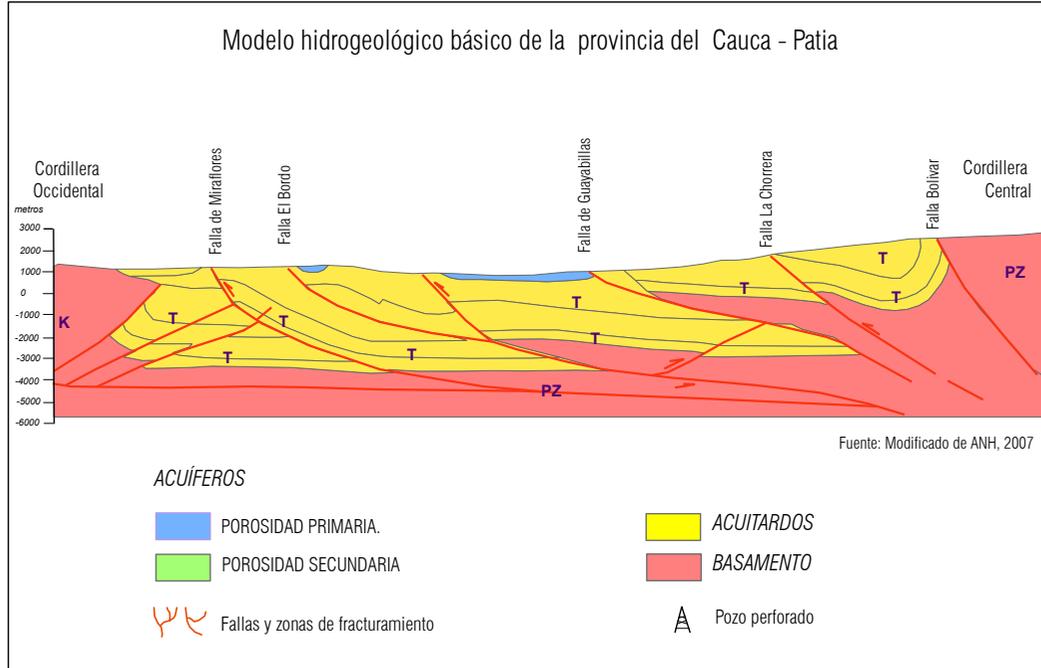


Figura 4.11. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cauca- Patía.

4.3.4. Provincia hidrogeológica de Cesar-Ranchería

4.3.4.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia limita, hacia el norte, por la Falla de Oca. Al oriente y suroriente, con la serranía de Perijá. Al suroccidente, con la Falla Bucaramanga-Santa Marta, y al noroccidente, con el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 4.12).

Al norte, se separa de la provincia de La Guajira por la Falla de Oca. Al occidente, está delimitada por las rocas precretáceas (acuífugas), de la Sierra Nevada de Santa Marta. Al suroccidente, está limitada por la Falla Bucaramanga-Santa Marta. Al oriente, limita con las rocas volcánicas (acuífugas) y sedimentarias (acuitardos), del Triásico y Jurásico.

4.3.4.2. Ambiente geológico

La cuenca hidrogeológica del Cesar está conformada por una sucesión de areniscas, lutitas y calizas que fueron depositadas durante el Paleozoico sobre un basamento metamórfico. Esta secuencia está suprayacida por las rocas cretácicas y terciarias, y de manera discordante por depósitos recientes.

La secuencia cretácica alcanza los 1.000 m y está constituida por arenitas, lutitas y calizas comúnmente ricas en materia orgánica, depositadas en ambiente marino. La secuencia clástica de arenitas y lodolitas con mantos de carbón fue depositada en ambientes continentales y transicionales durante el Terciario. Su espesor alcanza los 1.000 m (Figura 4.13 y Figura 4.14).

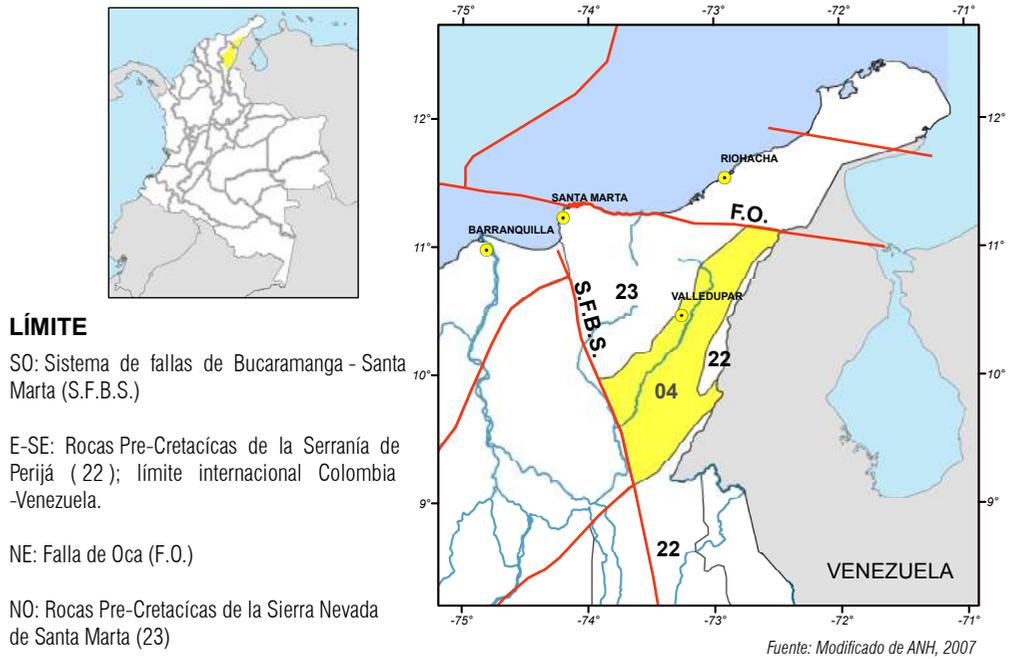


Figura 4.12. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cesar-Ranchería.

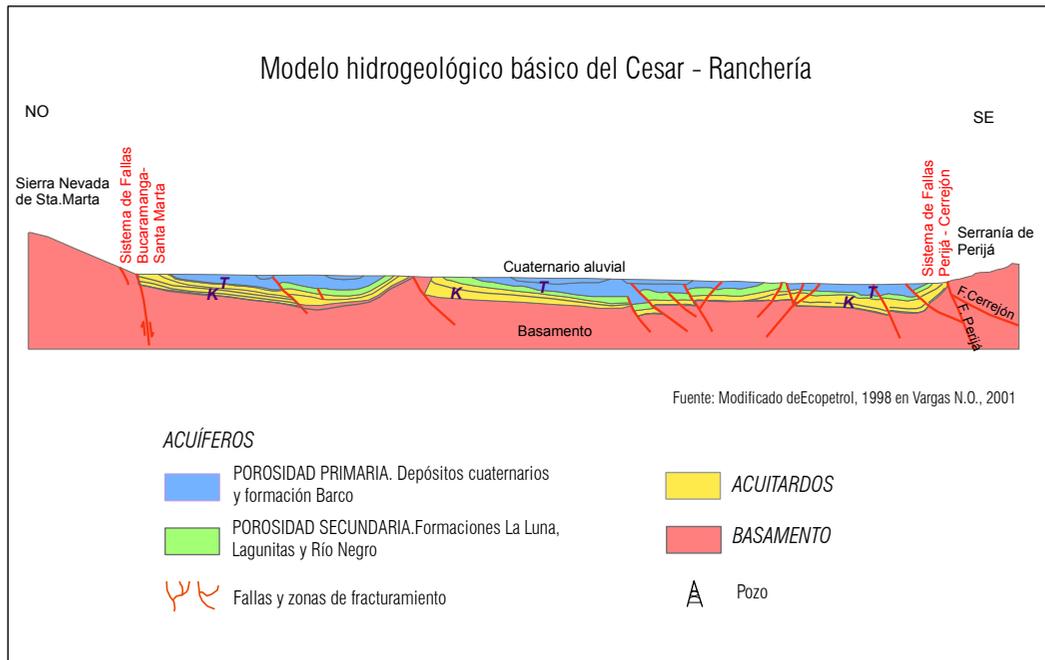


Figura 4.13. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cesar-Ranchería.

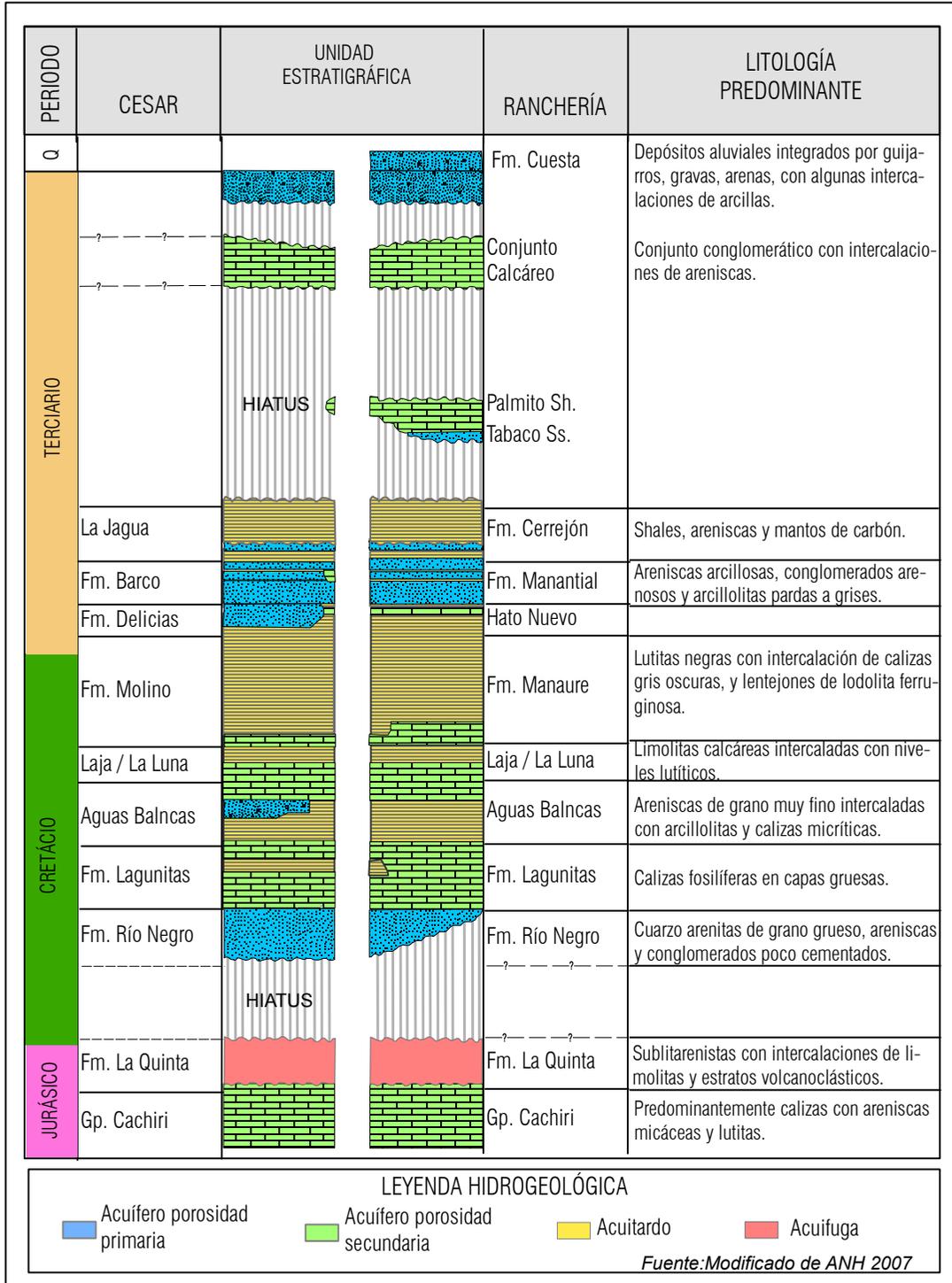


Figura 4.14. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cesar-Ranchería.

4.3.5. Provincia hidrogeológica de Chocó

4.3.5.1. Localización geográfica y límites geológicos

Se localiza en el borde noroccidental de la costa Pacífica. En la parte noroccidental, limita con Panamá (Figura 4.15). Al oriente, con las rocas cretáceas de la cordillera Occidental; al sur, limita con la zona de Falla de Garrapatas (GFZ), y al occidente, con el océano Pacífico. La provincia del Chocó se delimitó atendiendo las características estructurales y estratigráficas que se presentan en la costa Pacífica, que difieren de las secuencias y estilos tectónicos reconocidos en la cordillera Occidental. Estos rasgos están evidenciados a partir del sistema de fallas del Atrato que bordea el litoral Pacífico, entre Panamá y Ecuador. Este sistema de fallas marca el límite oriental de la provincia hidrogeológica del Chocó. Desde el punto de vista geomorfológico, también se establece un cambio

abrupto entre las geoformas características de esta provincia y las correspondientes a la cordillera.

La Falla de Garrapatas, que se extiende entre Bahía Málaga y Ansermanuevo, constituye el límite sur. Al oriente, está limitada por la Falla de Murindó (FM) y por la Cuarzodiorita de Mandé (MB), que constituyen barreras impermeables. Al occidente, la secuencia continúa mar adentro, por la plataforma marina y la serranía de Baudó. Al noroccidente, la cuenca continúa en territorio panameño.

4.3.5.2. Ambiente geológico

Corresponde a estructuras sinclinales alargadas, que forman parte de una depresión de dirección norte a nordeste. La secuencia estratigráfica (Figura 4.16) está suprayacida por depósitos fluviales y lacustres, y corresponde a secuencias turbidíticas que superan los 6.000 m de espesor. Las rocas sedimentarias de la cuenca están incluidas dentro de las formaciones Uva

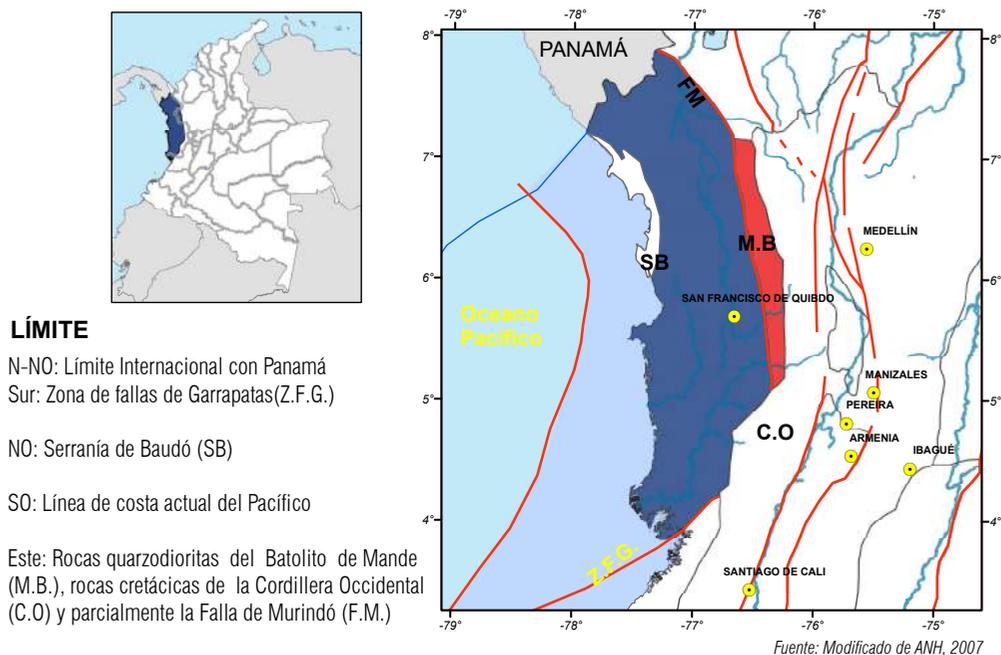


Figura 4.15. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Chocó.

Modelo hidrogeológico básico de la provincia del Chocó

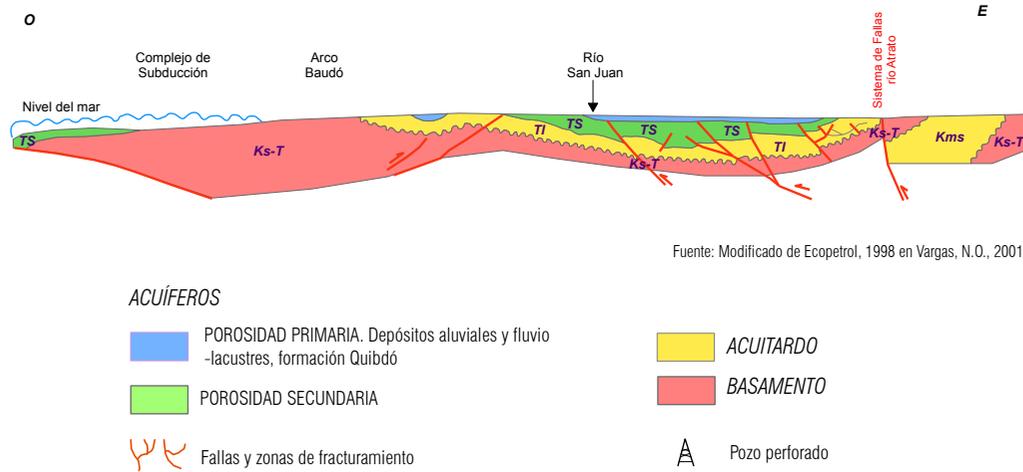


Figura 4.16. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Chocó.

(calizas con foraminíferos), Napipi (lodolitas nodulares y calizas), Sierra (limolitas calcáreas y lodolitas) y Munguidó (lodolitas calcáreas que incluyen areniscas de grano medio y algunos conglomerados).

4.3.6 Provincia hidrogeológica de Cordillera Oriental

4.3.6.1. Localización geográfica y límites geológicos

Esta provincia intramontana se localiza en la parte meridional del país, y coincide con la secuencia plegada sedimentaria de la cordillera Oriental que se extiende en dirección suroeste-noreste (Figura 4.17). Por el norte, limita con rocas metamórficas del macizo de Santander. Por el oriente, está delimitada por el sistema de fallas del piedemonte de la cordillera Oriental. En el sur, limita con el sistema de fallas de Algeciras-Garzón (AGFS) y con el macizo del mismo nombre; y en el occidente, por el sistema de fallas Suaza, Prado-Bituima y La Salina.

La cordillera Oriental constituye una secuencia cretácica sedimentaria plegada. La provincia, cuya morfología es diferente en la Llanura Oriental, al oriente, y en el valle del Magdalena, al occidente, estratigráficamente no tiene similitudes litológicas con las otras cordilleras y su comportamiento hidrogeológico difiere de estas unidades tectónico-sedimentarias. Por estas razones, se ha limitado la provincia al oriente, con la Falla de Guaicáramo; al occidente, con el sistema de fallas del este del Magdalena (Suaza-Prado-Bituima, Salinas); al norte, con la Falla de Santa Marta-Bucaramanga y el Macizo de Santander-Floresta; y al sur, con el Macizo de Garzón.

4.3.6.2. Ambiente geológico

Desde el punto de vista geológico, el área de análisis pertenece a la cuenca pericratónica distal de la cordillera Oriental, en la cual el principal rasgo estructural se relaciona con fallas que afectan el basamento y resultan de la reactivación de una deformación preestructural de "horst y graben", cuya expresión en superficie toma la forma de amplios anticlinales

y sinclinales estrechos, cubiertos por depósitos cuaternarios fluviolacustres y glaciares que suprayacen rocas sedimentarias detríticas de texturas arenosas,

lutíticas y carbonatadas, que se extienden desde el Cretácico hasta el Terciario Superior (Figura 4.18 y Figura 4.19).



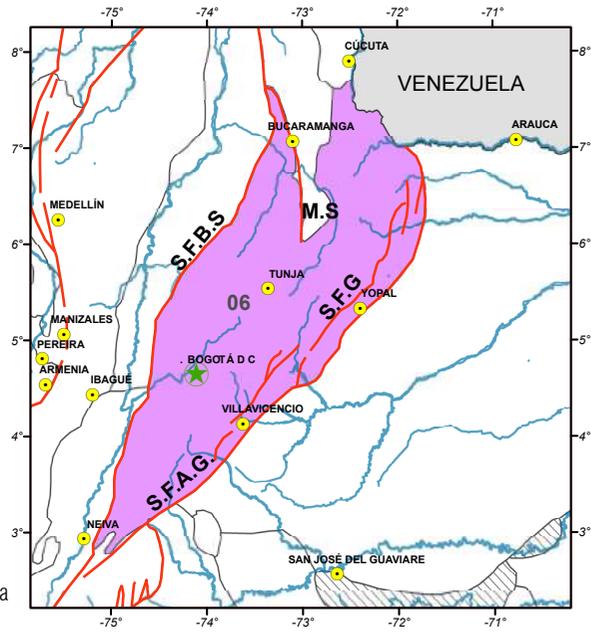
LÍMITE

Norte: Rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander (M.S.)

Sur: Sistema de fallas de Algeciras - Garzón (S.F.A.G.)

Oeste: Sistema de fallas de Bituima y La Salina (S.F.B.S.)

Este: Sistema frontal de empuje de la Cordillera Oriental



Fuente: Modificado de ANH, 2007

Figura 4.17. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Cordillera Oriental.

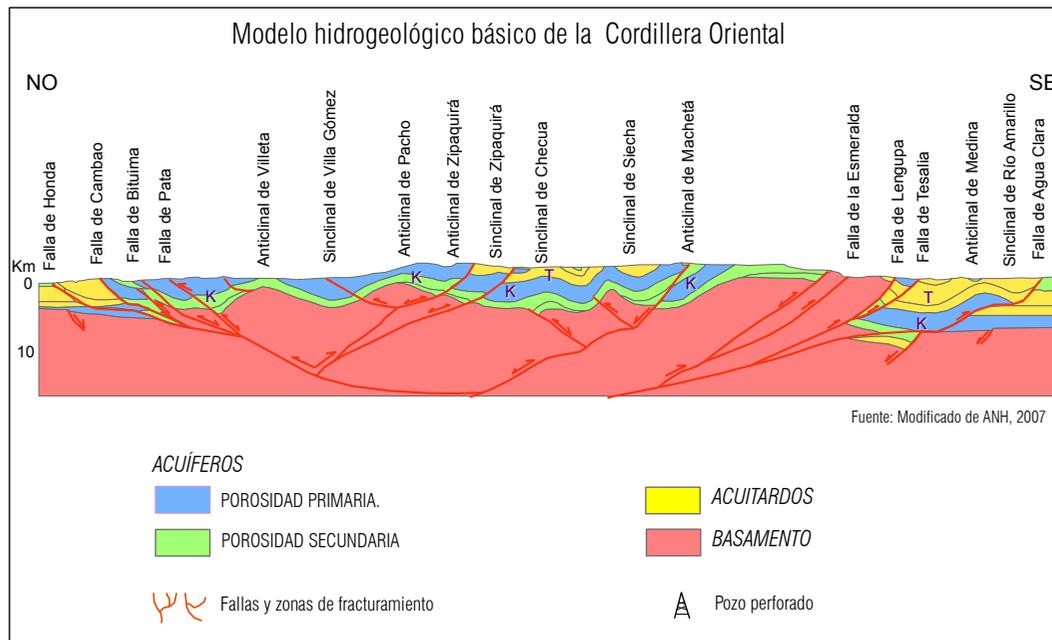


Figura 4.18. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cordillera Oriental.

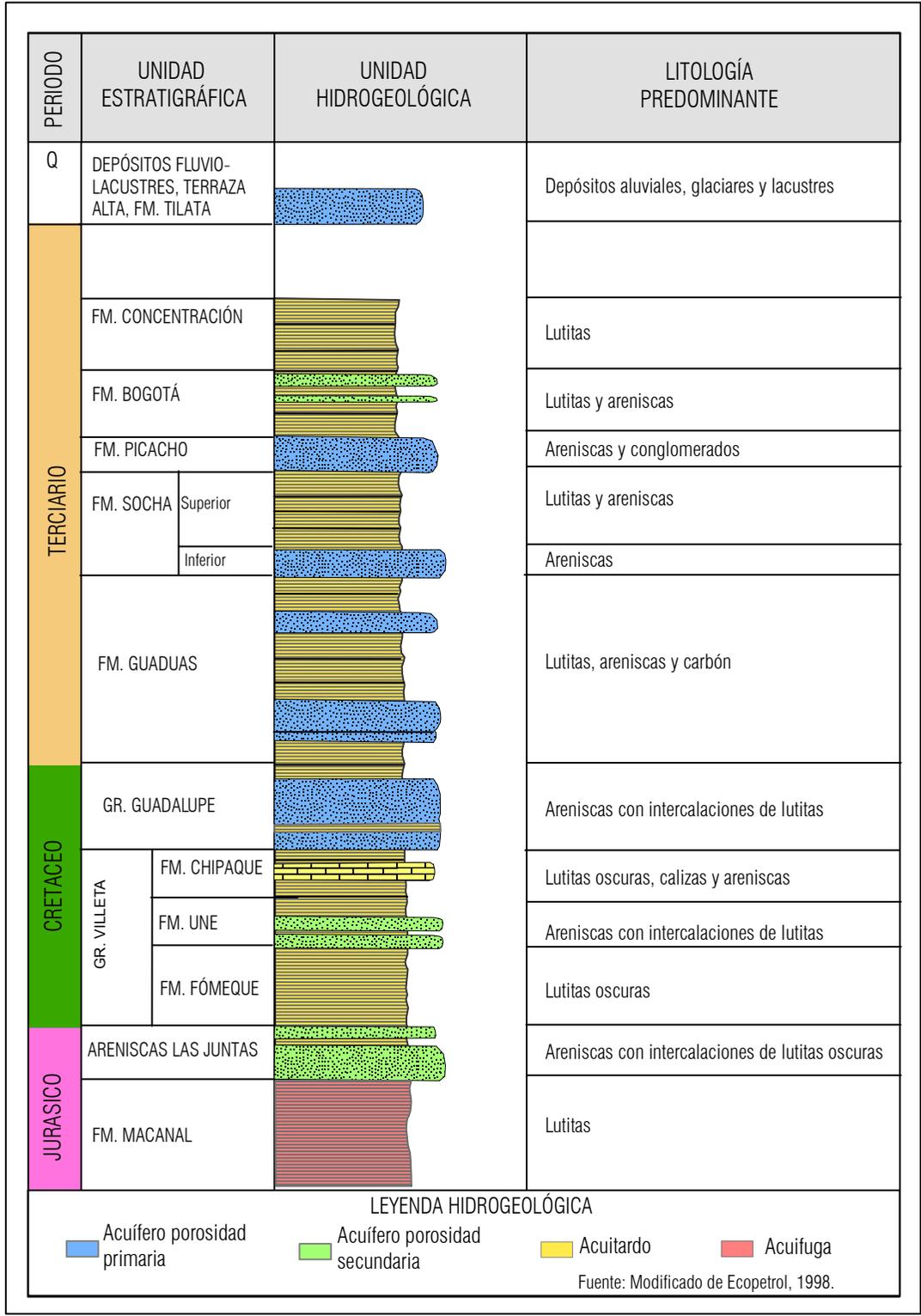


Figura 4.19. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Cordillera Oriental.

La gruesa secuencia de rocas sedimentarias detríticas conforma estructuras anticlinales y sinclinales con sus flancos orientales, normalmente más empujados e, incluso, invertidos. Las estructuras plegadas, limitadas por fallas de cabalgamiento de carácter regional, se orientan con rumbo noreste-suroeste, siguiendo la tendencia general de las estructuras principales de la cordillera Oriental (McLaughlin & Arce, 1975).

4.3.7. Provincia hidrogeológica de La Guajira

4.3.7.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia se localiza en el extremo nororiental de Colombia, y limita al norte y al occidente con el mar Caribe; al oriente, con Venezuela; y al sur, el límite corresponde a la Falla de Oca, que la separa de la provincia hidrogeológica de Cesar-Ranchería (Figura 4.20).

El criterio de delimitación de esta provincia es de carácter tectónico. La Falla de Oca, límite sur de la provincia, separa el macizo de Santa Marta y la Serranía del Perijá de la región baja plana, y afecta rocas del Cretácico Superior y del Terciario al sur de Riohacha. Aparentemente, La Guajira fue una cuenca marginal con circulación restringida desde el Cretácico Medio, razón por la cual las sucesiones estratigráficas asociadas a sus subcuencas no corresponden con las atribuibles a la provincia adyacente de Cesar-Perijá. Al norte, las principales unidades se continúan dentro de la plataforma marina; al nororiente, con las rocas impermeables del basamento y rocas jurásicas; y al oriente, continúa en territorio venezolano (Barrero et al., 2007; Vargas, N.O., 2001.)

4.3.7.2. Ambiente geológico

En las etapas tempranas de la evolución geológica de La Guajira, se presentó actividad ígnea y hubo deposición de sedimentos detríticos, lo que se manifiesta

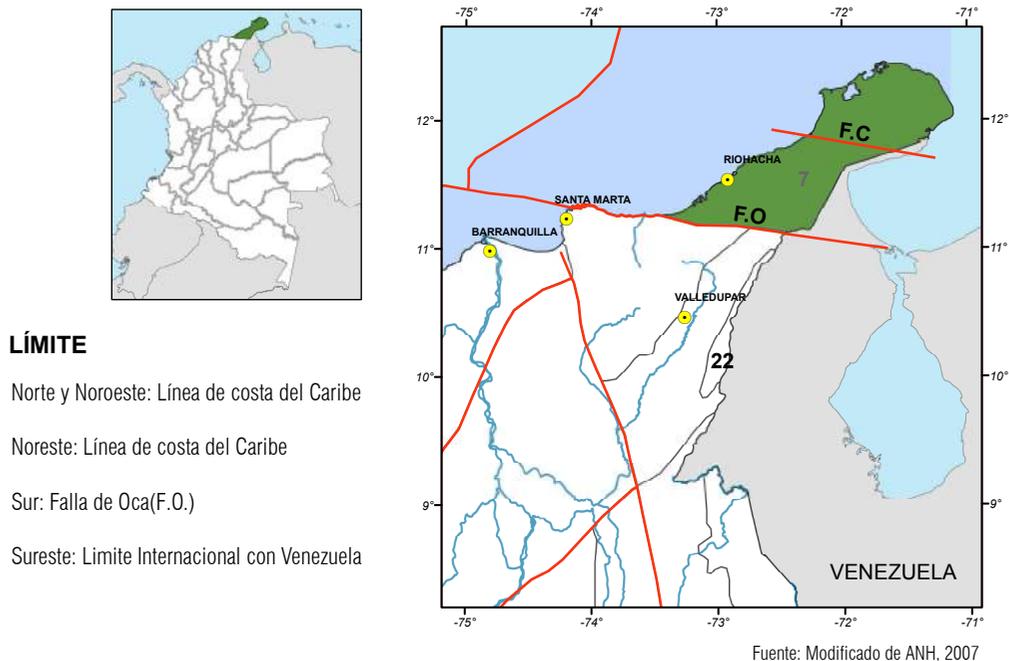


Figura 4.20. Ubicación de la provincia hidrogeológica de La Guajira.

en las rocas metamórficas más antiguas de la península (Formación Corual, Cheterlo, Jipi, Batolito de Patillal, Riodacita de Los Tábanos y Volcanitas de Ipapure). Esta actividad se extiende hasta el Cretácico superior cuando ocurre una transgresión marina y se depositan

las rocas calcáreas de las formaciones Guaralumay, La Luna, Cogollo y Yurima. A comienzos del terciario se presenta una orogenia que ocasiona el retiro del mar y la depositación de las formaciones Macarao y Siamana, y el desarrollo de la falla de Oca y Cuisa. En

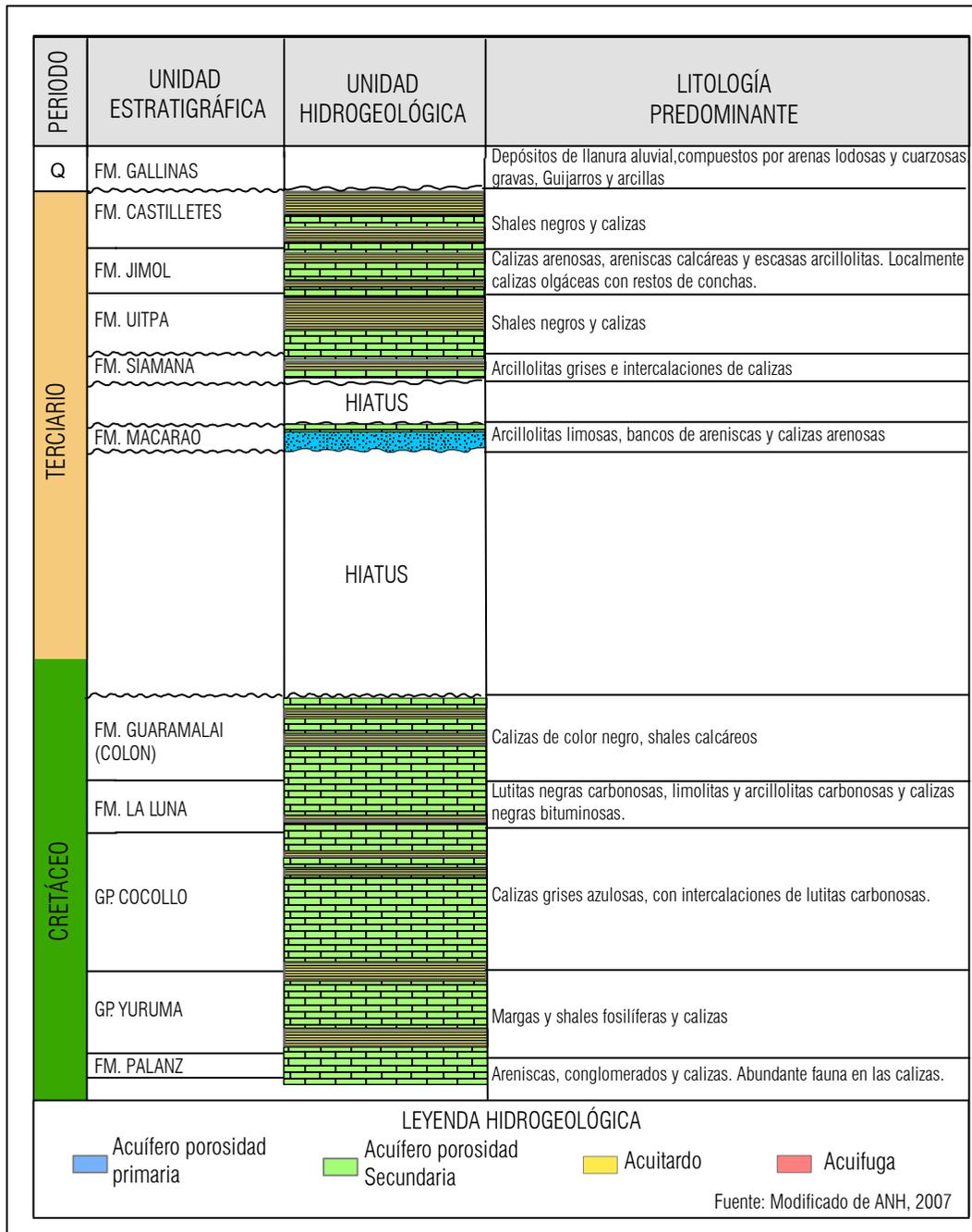


Figura 4.21. Columna estratigráfica generalizada de la provincia La Guajira.

el Mioceno, se presenta la depositación de sedimentos por ingreso del mar, representada en la Formación Uitpa. Posteriormente, se depositaron los sedimentos de la Formación Monguí, que cubre la Media Guajira (Figura 4.21 y Figura 4.22). En el pleistoceno, cesa la depositación marina y comienza una depositación continental litoral, fluvial y eólica que da origen a las geofor-mas actuales (Ingeominas, 1988).

4.3.8. Provincia hidrogeológica de la isla de San Andrés y Providencia

4.3.8.1. Localización geográfica y límites geológicos

El Archipiélago de San Andrés y Providencia –localizado entre los paralelos 12° y 16° latitud norte, y los meridianos 78° y 82° de longitud oeste, de Greenwich– se encuentra en el sector occidental del mar Caribe, a 770 kilómetros, aproximadamente, de Cartagena de Indias. Está conformado por las islas de San Andrés,

Providencia y Santa Catalina, y algunos cayos y bajos menores (Figura 4.23). Las islas de San Andrés y Providencia están ubicadas en el mar Caribe, por lo cual su delimitación de los acuíferos existentes está definida de manera clara por las coordenadas geográficas descritas antes.

4.3.8.2. Ambiente geológico

Isla de San Andrés. Está conformada por calizas arrecifales y depósitos sedimentarios del terciario, así como por depósitos marinos del cuaternario sobre un basamento ígneo volcánico. Estas rocas están representadas por dos formaciones de diferente edad: San Andrés y San Luis, con contactos discordantes entre sí (Burgl, 1960). Por su parte, la Formación San Andrés se levanta en el centro de la isla, conformando una serranía alargada; y la Formación San Luis, más joven, constituye la mayor parte plana de la isla, bordeando a la anterior. Sobre estas formaciones, y de manera esporádica, se encuentran depósitos de edad cuaternaria (Figura 4.24 y Figura 4.25).

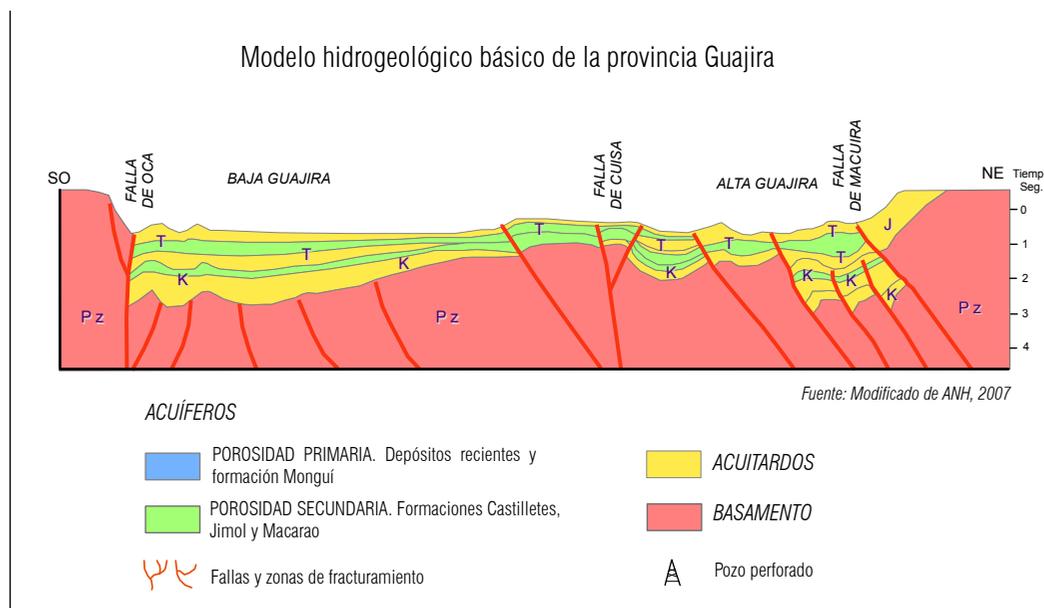


Figura 4.22. Modelo hidrogeológico básico de la provincia La Guajira.

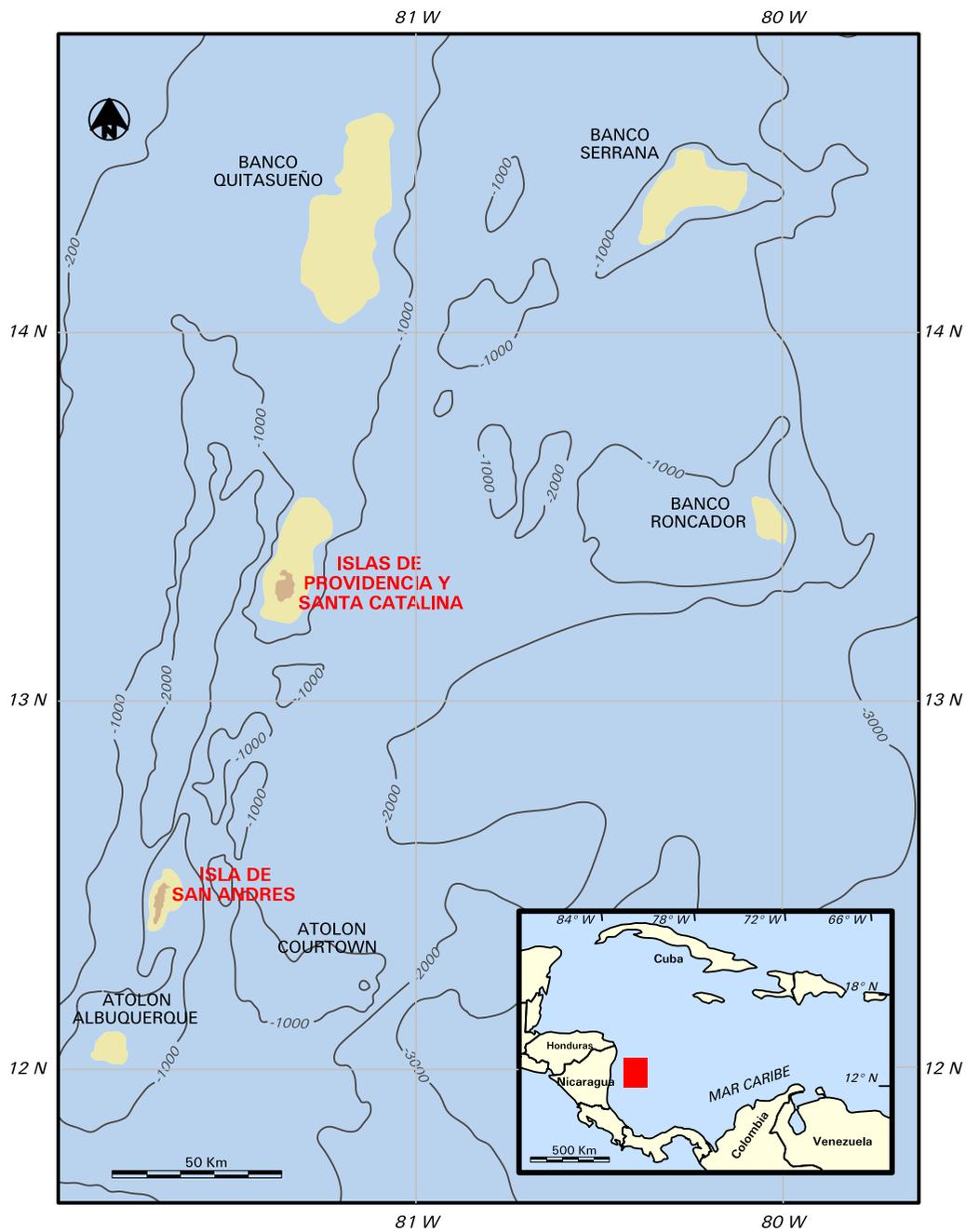


Figura 4.23. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Isla de San Andrés y Providencia.

Isla de Providencia. En la mayor parte de la isla de Providencia, de origen volcánico, afloran flujos de

lavas andesíticas y basálticas y, en menor proporción, lavas riolíticas (Ingeominas, 2008).

PERIODO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	LITOLOGÍA PREDOMINANTE
Q			Depósitos de playa, derrubios y caliche
TERCIARIO	SAN LUIS		Calizas arrecifaleslutitas y calciarenitas
	SAN ANDRÉS		Calizas

LEYENDA HIDROGEOLÓGICA			
	Acuífero porosidad primaria		Acuífero porosidad secundaria
	Acuitardo		Acuífuga

Fuente: Modificado de Ecopetrol, 1998.

Figura 4.24. Columna estratigráfica generalizada de San Andrés.

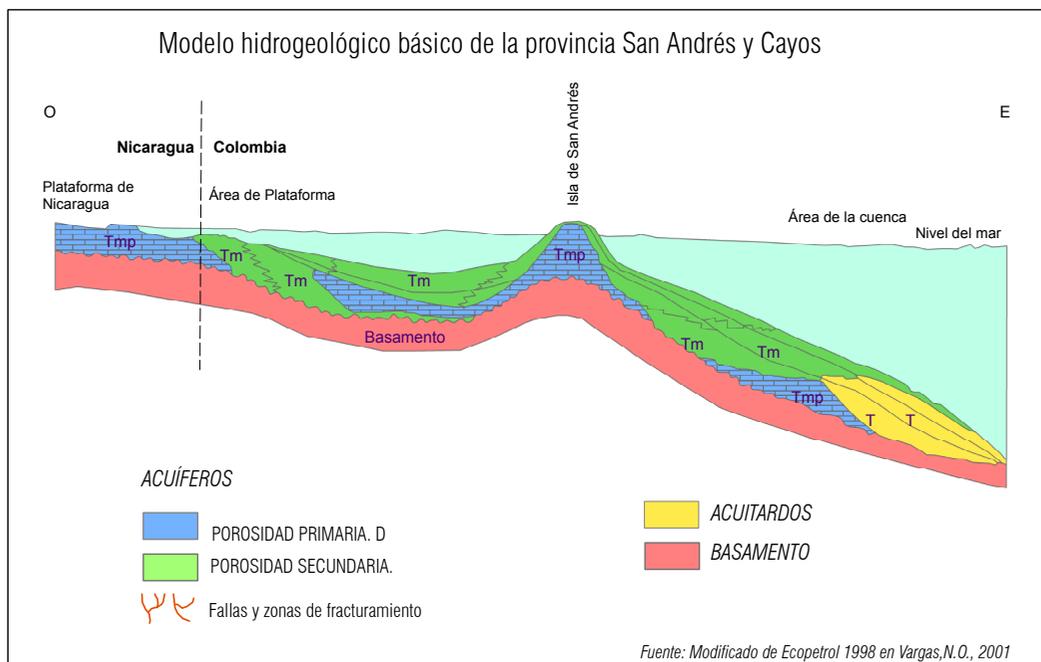


Figura 4.25. Modelo hidrogeológico básico de la Isla de San Andrés.

4.3.8.3. Potencial del recurso hídrico aprovechable en la isla de San Andrés

Esta provincia, junto con la del Cauca-Patía, constituyen las dos únicas provincias hidrogeológicas de

Colombia en las cuales la recarga es más importante que las reservas, en relación con su explotación. En la isla de San Andrés, se precipita un volumen anual de agua del orden de 45,6 millones de m³, que equivalen a un caudal de 1.445 l/s.

Teniendo en cuenta las pérdidas por evapotranspiración, y limitándose a las áreas de recarga ya evaluadas, se infiere un aprovechamiento posible mínimo de 130 l/seg, que podría almacenarse en superficie o en el acuífero (mediante recarga artificial), o mediante otras técnicas modernas de aprovechamiento integrado agua superficial/subterránea, previa ejecución de estudios hidrogeológicos enfocados hacia la optimización de los recursos hídricos de la isla.

Los estudios realizados hasta el momento han considerado las formaciones geológicas existentes solamente como acuíferos productores de agua subterránea. Se requieren investigaciones tendientes a evaluar sus características como reservorio subterráneo, susceptible de almacenar el agua, que se pierde en el invierno hacia el mar, por escorrentía directa y a través del subsuelo. La recarga natural anual que se presenta en los acuíferos de la isla de San Andrés es de 520 mm/año, según Ingeominas (Coralina, 2009).

4.3.9. Provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales

4.3.9.1 Localización geográfica y límites geológicos

Esta provincia fronteriza se localiza en el margen centrorientales del país; limita al occidente, con el piedemonte llanero; al oriente y norte, con Venezuela; y al sur, con el basamento considerado impermeable y los altos estructurales paleozoicos (Figura 4.26).

Esta unidad, desde el punto de vista geológico, se diferencia de las provincias adyacentes tanto por su secuencia estratigráfica como por su evolución tectónica. Al occidente, la Falla de Guaicáramo y el sistema frontal de fallas marcan un límite claro que evidencia el levantamiento de la cordillera Oriental y el consecuente afloramiento de la espesa secuencia cretácica de esta. Al sur, está delimitada por la Serranía de

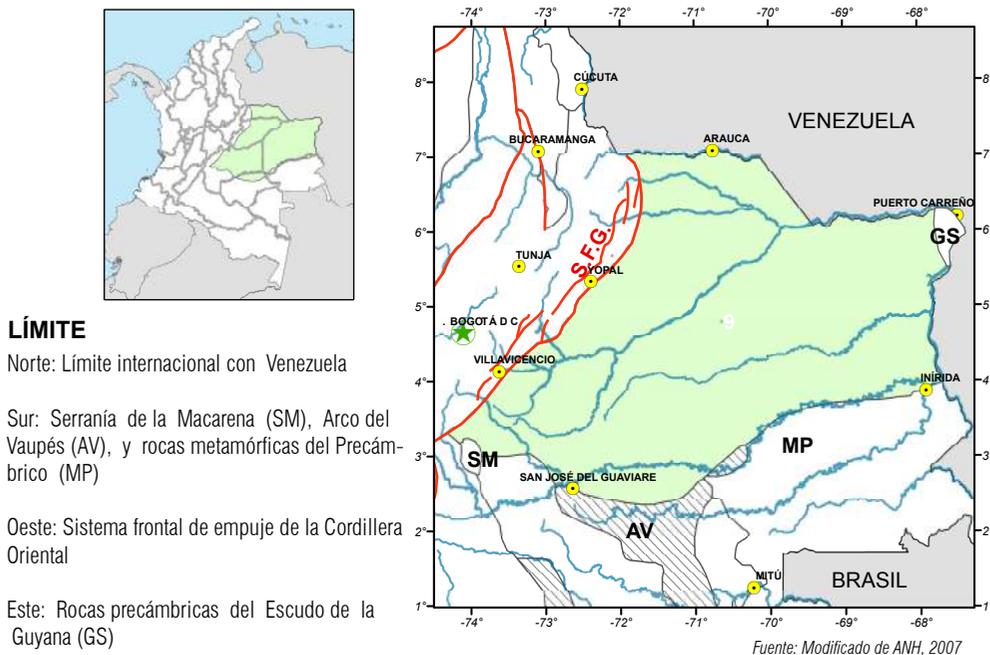


Figura 4.26. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Llanos Orientales.

la Macarena (SM), el arco de Vaupés y las rocas metamórficas precambrianas, consideradas como barreras impermeables. Al norte, continúa en territorio venezolano. Y al oriente, por las rocas intrusivas del precambriano (cuarzomonzonitas, consideradas impermeables).

Desde el punto de vista topográfico, la provincia de los Llanos Orientales corresponde a la zona plana del oriente colombiano, que contrasta con el relieve abrupto de la cordillera Oriental adyacente.

4.3.9.2. Ambiente geológico

Desde el punto de vista geológico, la cuenca está cubierta por depósitos cuaternarios fluvio-lacustres que suprayacen rocas sedimentarias detríticas de texturas arenosas, lutíticas y carbonatadas, que se extienden desde el Paleozoico hasta el Terciario Superior (Figura 4.27 y Figura 4.28). Esta secuencia descansa sobre la paleotopografía del basamento ígneo cristalino del escudo de la Guyana, que se levanta hacia el

oriente (Ecopetrol, 1997). La gruesa secuencia de rocas sedimentarias detríticas conforma una estructura monoclinall fallada ligeramente basculada que se adelgaza hacia el oriente.

Desde el punto de vista estratigráfico, de base a techo se distinguen rocas del Paleozoico Inferior; arenas masivas y secuencias lutíticas y carbonatadas del Cretáceo Superior; arenas basales de la Formación Mirador; intercalaciones de areniscas y lutitas de la Formación Carbonera; lutitas de la Formación León; interestratificaciones detríticas de la Formación Guayabo; arcillolitas abigarradas y areniscas poco consolidadas de la Formación Necesidad; y sedimentos cuaternarios de tipo fluvial y lacustre (Ecopetrol, 1998). El espesor de esta columna litológica se ha medido en cerca de 2.500 metros. En la actualidad, se explota agua subterránea para abastecimiento y fines industriales de los niveles arenosos de la Formación Guayabo Superior, y agua de producción de las formaciones Carbonera y Mirador en los campos petroleros. En el caso del campo Caño Limón, el agua extraída es dulce.

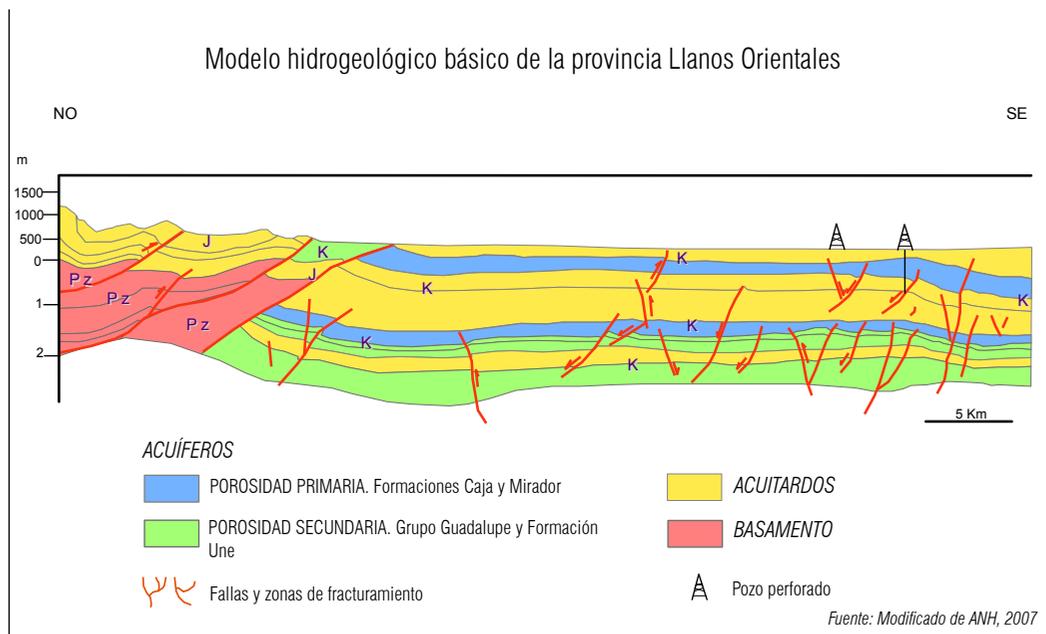


Figura 4.27. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Llanos Orientales.

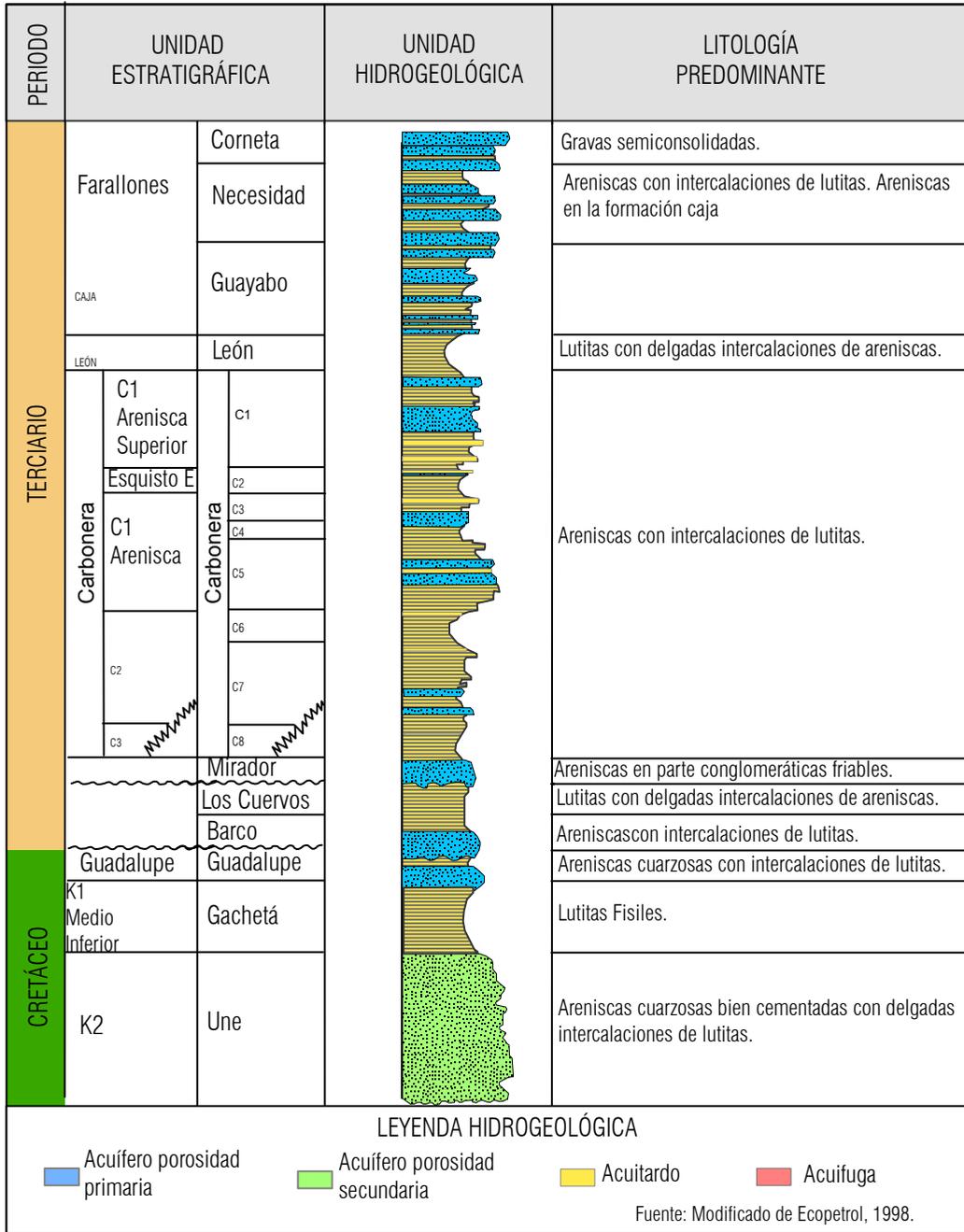


Figura 4.28. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Llanos Orientales.

Los acuíferos constituidos por sedimentos terciarios y depósitos recientes al parecer tienen conexión hidráulica con los ríos principales en algunos puntos, y en otros, reciben aporte de precipitación en los sitios en donde afloran las unidades de aluviones

recientes, en las vegas y playones de los ríos y en los paleocanales expuestos. En este acuífero superior, es de esperarse que la dirección de flujo de las aguas subterráneas coincida con la dirección del drenaje original.

4.3.10. Provincia hidrogeológica de Sinú-San Jacinto

4.3.10.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia Sinú-San Jacinto se localiza al noroccidente del área continental de Colombia. Limita al sur con las estribaciones de las cordilleras Central y Occidental; al oriente, se encuentra limitada por el sistema de fallas de Romeral (RFS); al suroccidente, por el sistema de fallas del río Atrato; y al norte, por el litoral Caribe (*Figura 4.29*). En el norte, la provincia Sinú-San Jacinto se adentra en el mar Caribe. Al oriente, limita con el sistema de fallas de Romeral que, conjuntamente con el basamento, conforman barreras impermeables. Al suroccidente, limita con el Sistema de Fallas del río Atrato, y por el sur oriente con el basamento de la cordillera occidental, que constituye una barrera impermeable.

4.3.10.2. Ambiente geológico

La zona corresponde al cinturón de San Jacinto adyacente a la plataforma marina. Se caracteriza por una sucesión basal de pelagitas suprayacidas por turbiditas del Grupo Cansona, que constituyen el núcleo de los anticlinales de San Jacinto, San Jerónimo y Luruaco. La secuencia está suprayacida por interestratificaciones de areniscas y lutitas de las formaciones San Cayetano Inferior y Superior; y areniscas, lutitas y calizas de las formaciones San Jacinto, Ciénaga de Oro (Tolú viejo), Porquera, Cerrito, Sincelejo, Morroa y Betulia. En términos generales, estas secuencias estratigráficas conforman una región inestable, muy plegada sobre la corteza oceánica; y otra región, estable o de plataforma, no plegada, sobre la corteza continental, al oriente de la Serranía de San Jacinto (*Figura 4.30* y *Figura 4.31*).

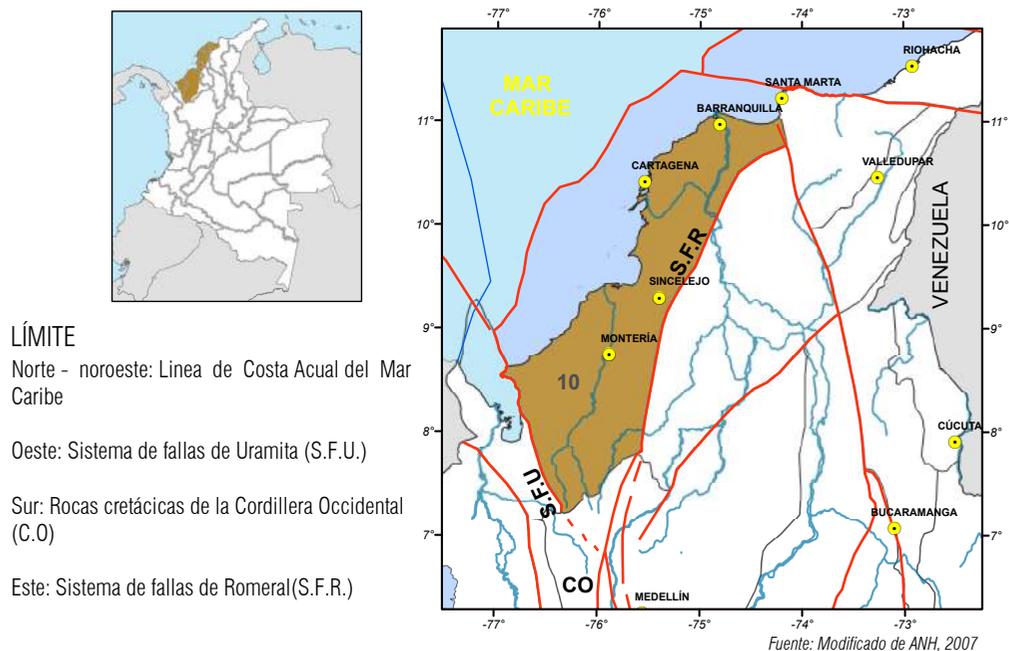


Figura 4.29. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Sinú-San Jacinto.

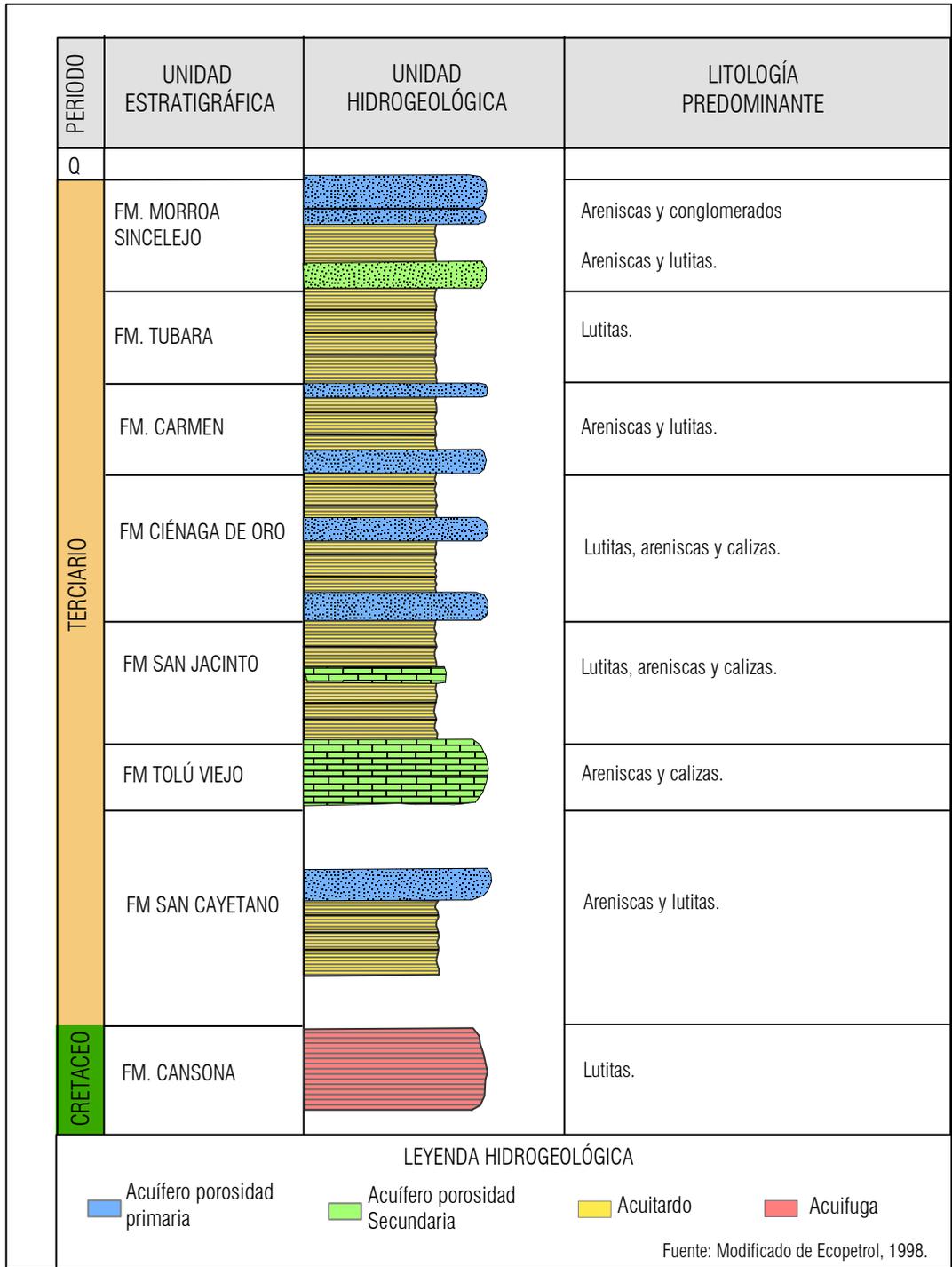


Figura 4.30. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Sinú-San Jacinto.

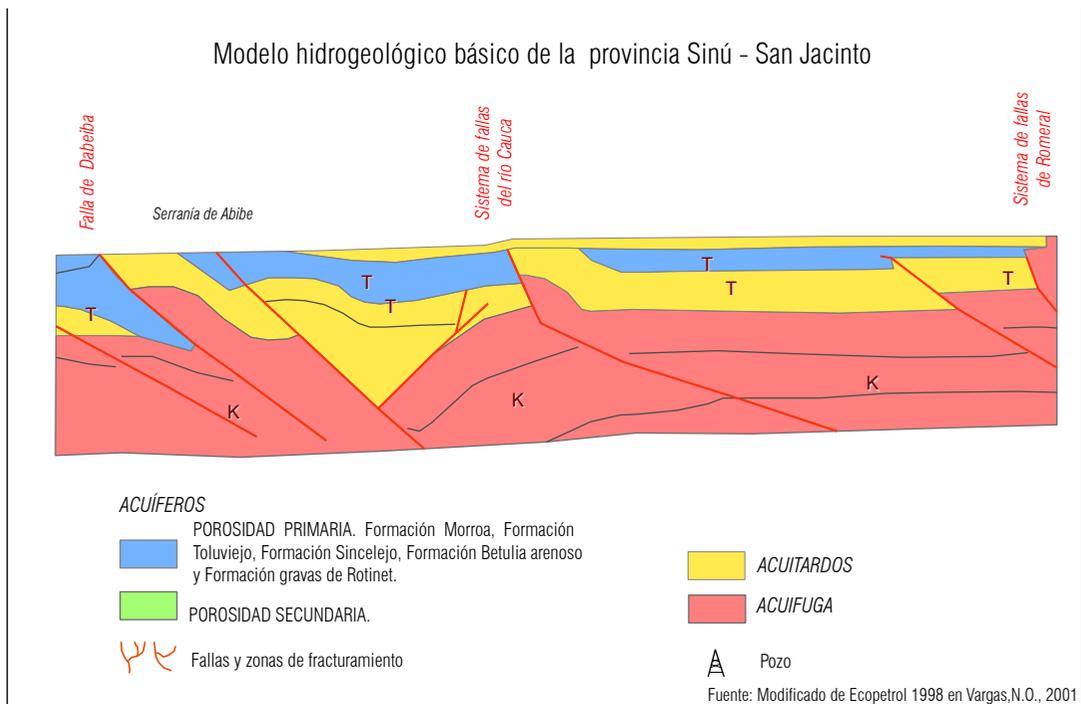


Figura 4.31. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Sinú-San Jacinto.

4.3.11. Provincia hidrogeológica de Tumaco

4.3.11.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia hidrogeológica de Tumaco se encuentra ubicada en el extremo suroccidental de Colombia. Está limitada al norte, por el sistema de fallas de Garrapatas; y al sur, llega hasta la frontera con el Ecuador. Por el oriente, el límite se halla a lo largo de las rocas cretáceas de la cordillera Occidental; y por el occidente, a lo largo de la costa del Océano Pacífico (Figura 4.32). La cuenca está limitada al norte por la Falla Garrapatas; al oriente, con las rocas cretáceas de la cordillera Occidental (que se consideran como una barrera impermeable); al occidente, las unidades hidrogeológicas se continúan mar adentro, bajo la

plataforma marina. Al sur, las unidades hidrogeológicas se continúan en el territorio de Ecuador.

4.3.11.2. Ambiente geológico

La provincia de Tumaco está constituida por sedimentitas que se extienden hacia el sur del río Atrato dentro de la cuenca geológica Chocó-Pacífico, en donde litológicamente se han separado en las formaciones Suruco (calizas, *chert*, areniscas calcáreas, lutitas y conglomerados a la base), Buenaventura (areniscas y arcillolitas), Tumaco (lutitas calcáreas, areniscas y calizas fosilíferas), La Pato (conglomerados, limolitas, tobas y cenizas). En el borde occidental de la cordillera Occidental, se han diferenciado las formaciones Raposo y Mallorquín, que corresponden a secuencias fluviales derivadas de la erosión de la cordillera Occidental (Figura 4.33).



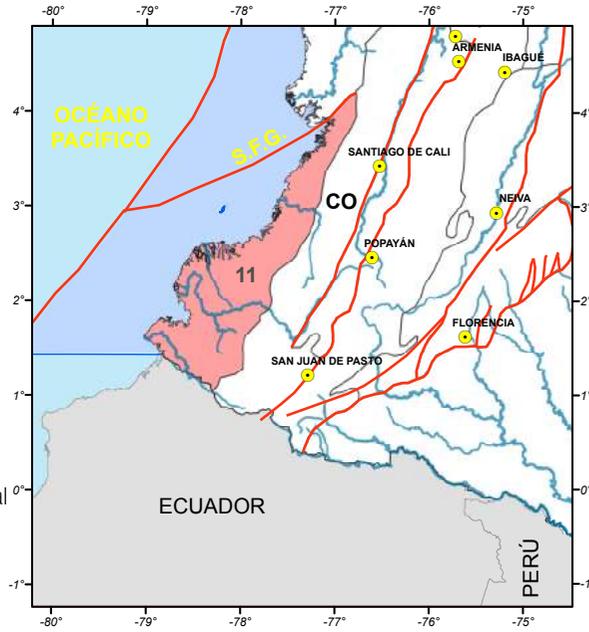
LÍMITE

Norte: Sistema de fallas de Garrapatas (S.F.G.)

Sur: Limite Internacional con Ecuador

Este: Rocas volcánicas de la Cordillera Occidental (C.O)

Oeste: Línea de costa del Oceano Pacifico



Fuente: Modificado de ANH, 2007

Figura 4.32. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Tumaco.

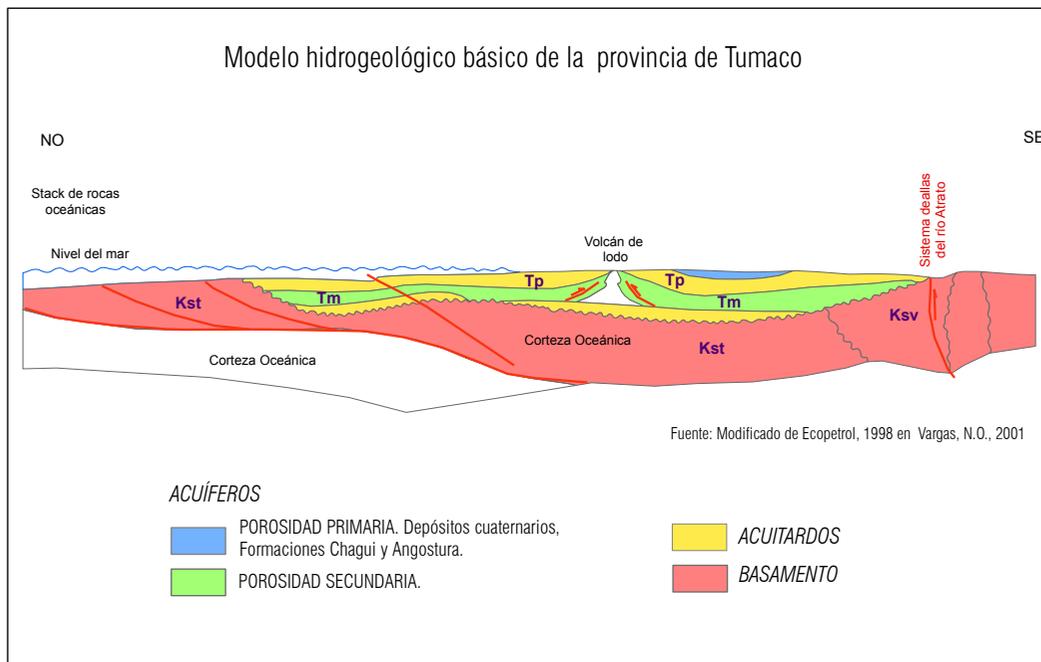


Figura 4.33. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Tumaco.

4.3.12. Provincia hidrogeológica de Urabá

4.3.12.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia de Urabá limita por el noroccidente con la frontera colombo-panameña; por el norte, con el mar Caribe; en el oriente, está delimitada por el sistema de fallas de Uramita (UFS). Las rocas cretáceas de la cordillera Occidental la delimitan por el sur y el Batolito de Mandé, por el suroccidente. Al noroccidente, está delimitada por la Serranía del Darién (Figura 4.34). La provincia de Urabá está hidrogeológicamente delimitada al noroccidente por rocas volcánicas de la Serranía del Darién. Al norte, tiene continuidad en la plataforma del mar Caribe. Al oriente,

está delimitada por el sistema de fallas de Uramita. Al suroriente, por las rocas volcánicas cretáceas de la cordillera Occidental; y al suroccidente, por el Batolito de Mandé y la falla de Murindó.

4.3.12.2. Ambiente geológico

La región de Urabá se enmarca en una tectónica de pliegues longitudinales con orientación general N20°E, conocida como anticlinorio Abibe-Las Palomas, en la que aflora una secuencia monótona de edad terciaria y de tipo turbidítico (lutitas y areniscas). Esta secuencia reposa sobre sedimentos marinos constituidos por areniscas y lutitas consolidadas del cretácico, y rocas ígneas plutónicas que intruyen rocas sedimentarias metamorfoseadas, que se extienden desde el Paleozoico hasta el Mesozoico (Figura 4.35 y Figura 4.36).

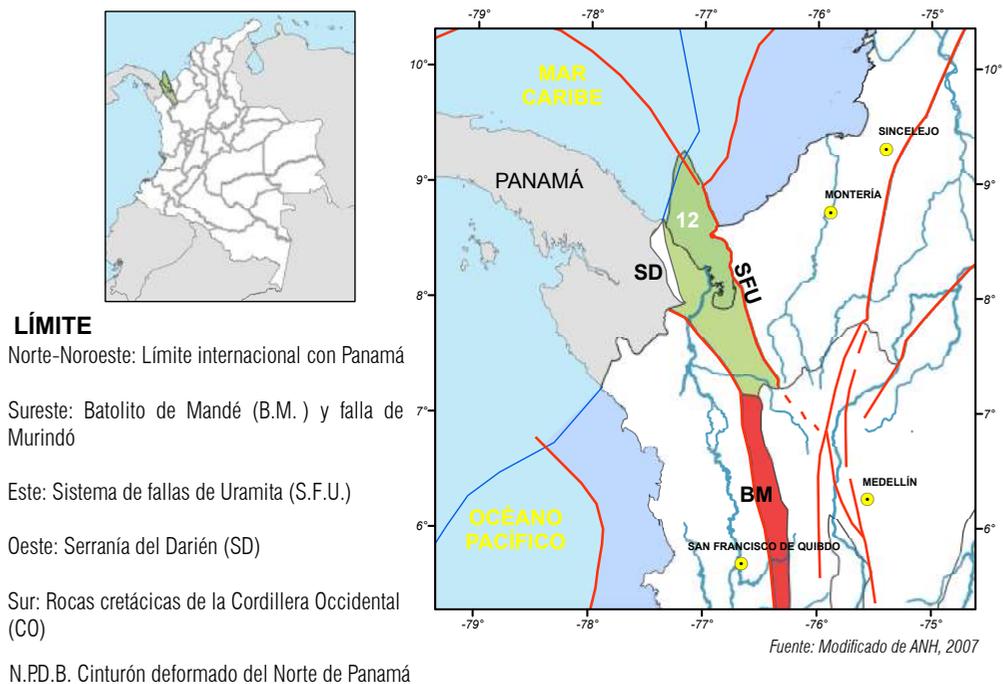


Figura 4.34. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Urabá.

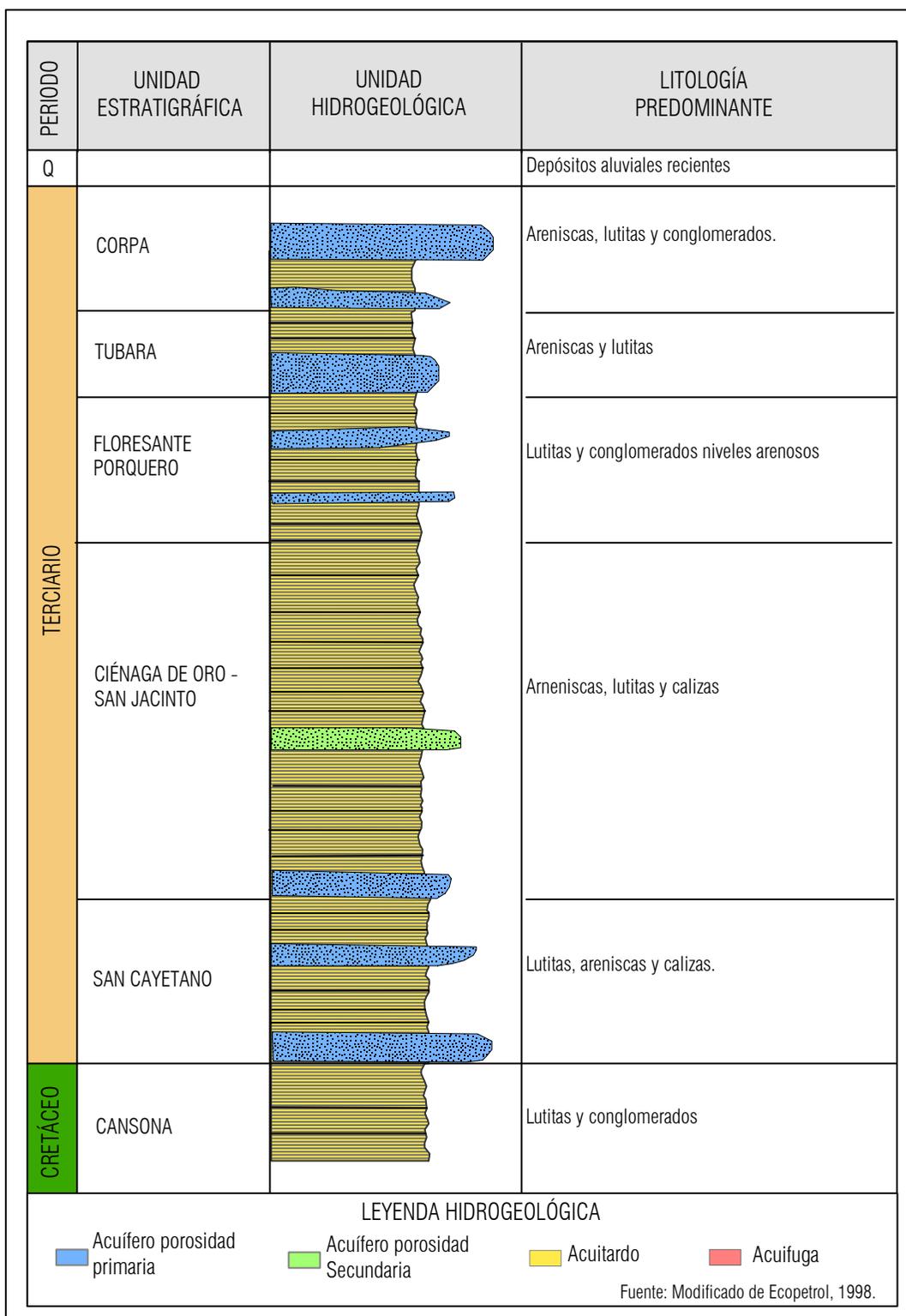


Figura 4.35. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Urabá.

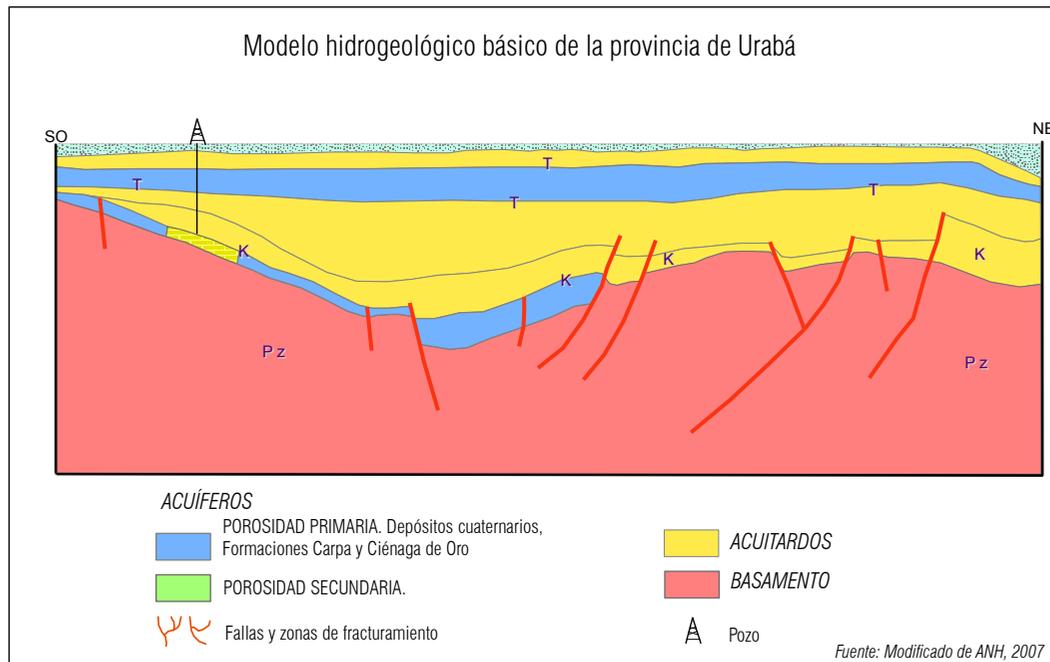


Figura 4.36. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Urabá.

4.3.13. Provincia hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena

4.3.13.1. Localización geográfica y límites geológicos

La provincia se extiende en dirección sur-norte, Y limita al sur con el Macizo Colombiano y al norte con el cinturón plegado de Girardot (Figura 4.37). Al nororiente, está delimitada por el sistema de fallas Bituima-La Salina (BSFS); y al suroriente, parcialmente por el sistema de fallas Algeciras-Garzón (AGFS). Al occidente, limita con las rocas precretáceas de la cordillera Central (CC).

La provincia está delimitada al sur, con las rocas ígneas y metamórficas (barreras impermeables) que conforman el Macizo Colombiano. Al norte, con el cinturón plegado de Girardot. Al nororiente, está delimitada por el sistema de fallas Bituima-La Salina (BSFS); y al suroriente, en parte, por el sistema de fallas

Algeciras-Garzón (AGFS). Al occidente limita con las rocas precretáceas de la cordillera Central (CC), caracterizadas como una barrera impermeable. En sentido geomorfológico, esta provincia separa las cordilleras Central y Oriental, y conforma ambientes restringidos a la dinámica fluvial de la corriente superficial más importante del país: el río Magdalena.

4.3.13.2. Ambiente geológico

Desde el punto de vista hidrogeológico, la depresión tectónica del Valle del Magdalena se ha rellenado en el tiempo geológico y posterior al Mioceno se depositaron las secuencias más importantes por sus características litológicas y comportamiento hidráulico. Estas unidades corresponden, en primer lugar, al Grupo Honda, caracterizado por una secuencia granodreciente de los depósitos de canal, resultantes de controles inherentes al sistema fluvial, como avulsión, migración lateral, cambios en disponibilidad de energía o material a los sistemas fluviales, y pueden incluir

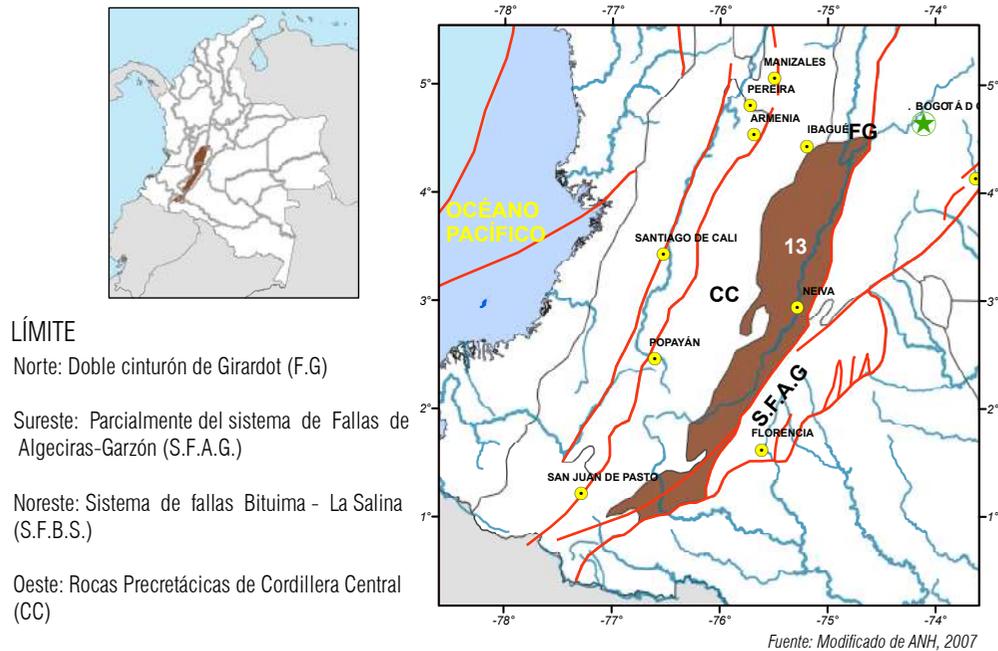


Figura 4.37. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Alto del Magdalena.

factores tectónicos, como levantamiento, subsidencia o vulcanismo. La depositación de las secuencias y sus propiedades sedimentológicas están relacionadas con las diferentes combinaciones e intensidades de controles alocíclicos. Durante los periodos de levantamiento activo o vulcanismo, estos sedimentos fueron depositados por diferentes sistemas de abanicos aluviales y eventos volcánicos, progradando sobre una amplio plano aluvial. Durante periodos intervenidos por la mayor actividad volcánica y tectónica, los abanicos aluviales llegaron a ser más reducidas en tamaño, y los sedimentos de los canales fueron depositados por sistemas fluviales trenzados y meandricos, fluyendo hacia el este de la planicie aluvial. Estas características de la depositación restringen las posibilidades de almacenamiento de agua subterránea a aquellos horizontes de areniscas y conglomerados, producto de acreción lateral, rellenos de canal, barras longitudinales y diques que se disponen en la parte superior del Grupo Honda.

Durante el Plioceno-Cuaternario, se presenta un levantamiento con incremento de la actividad

volcánica en la cordillera Central. Enormes cantidades de sedimentos volcanoclásticos (lahares e ignimbritas) rellenaron el valle, especialmente hacia la parte sur del Valle Superior del Magdalena (Formación Gigante, Guacacallo).

La arquitectura aluvial y el grado de interconexión de canales son controlados por ajuste tectónico en la cuenca deposicional, migración de canales y eventos de avulsión. En eventos recientes, los flujos de escombros dominaron los abanicos aluviales a lo largo de márgenes activas configurando nuevos depósitos, con características litológicas de porosidad y permeabilidad que los habilitan para conformar acuíferos de tipo regional a local, con variaciones faciales por su ambiente y dinámica de depositación (Figura 4.38 y Figura 4.39).

En síntesis, hay un marcado control tectónico que condiciona la distribución de los principales acuíferos en el Valle Superior del Magdalena, y los restringe a ambientes de depositación fluviales y de abanicos

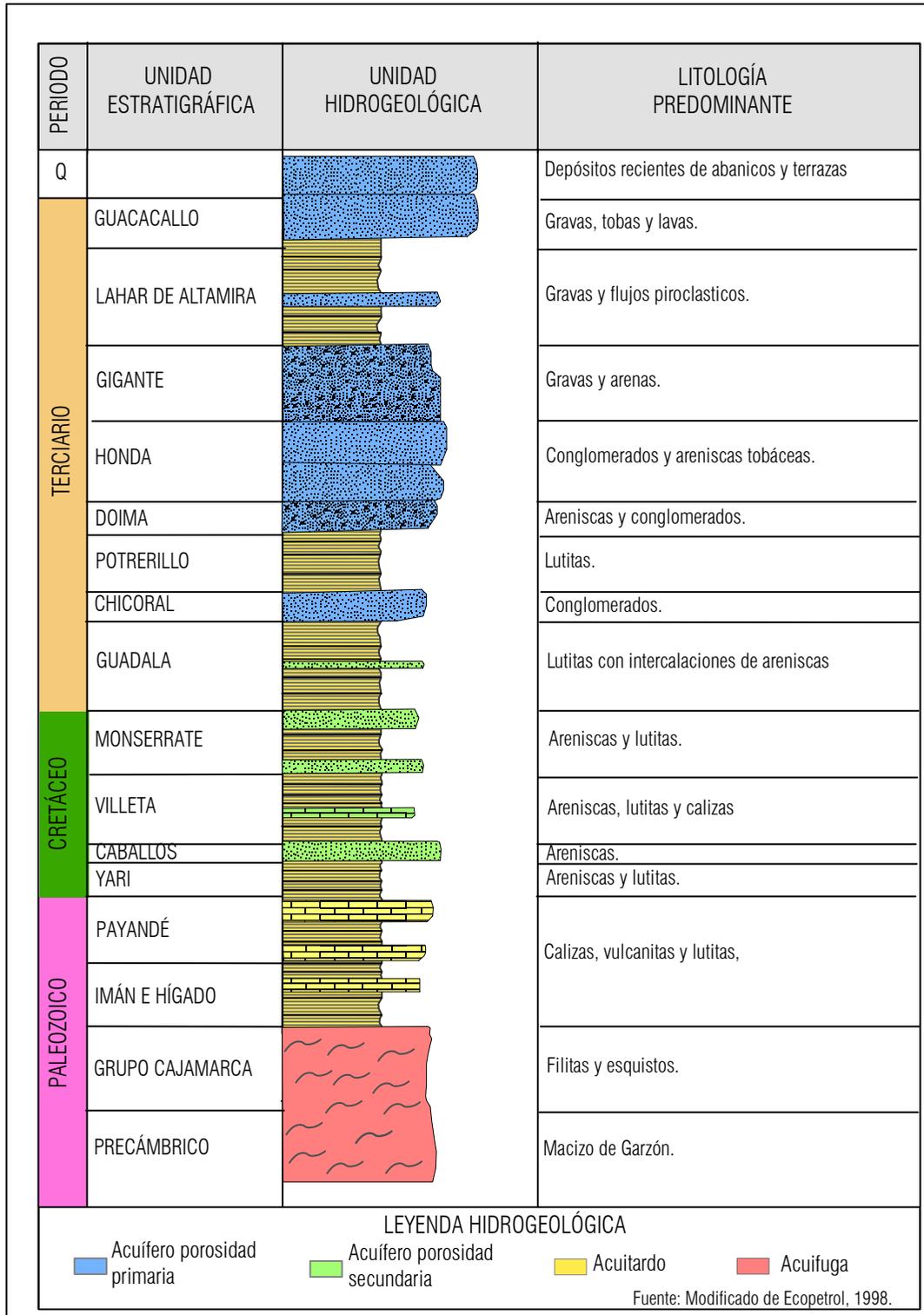


Figura 4.38. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Alto del Magdalena.

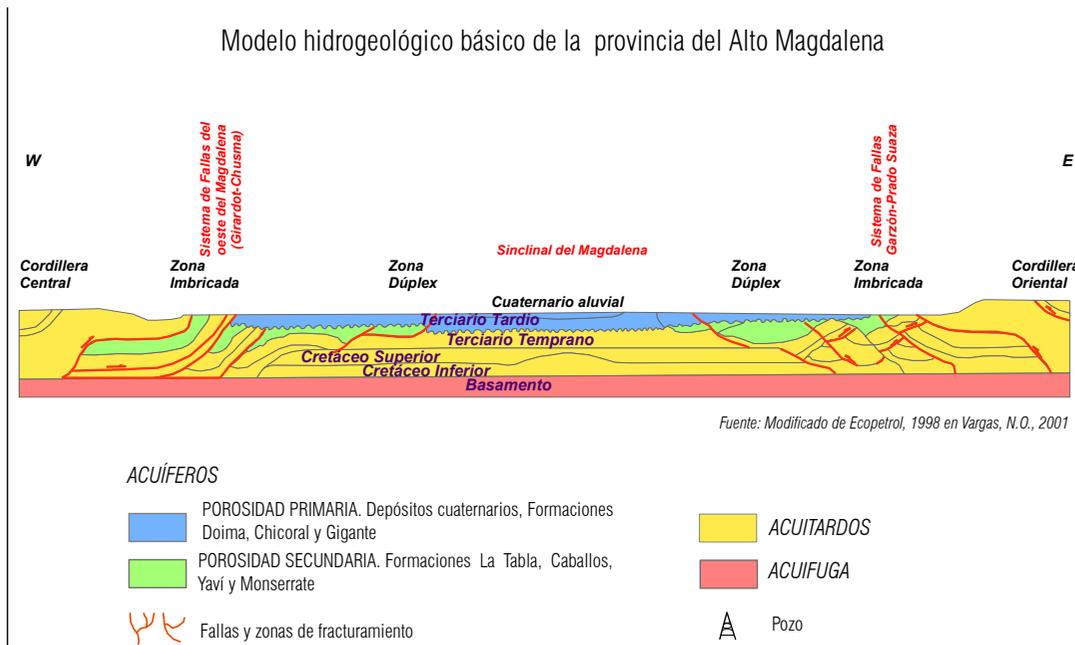


Figura 4.39. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Alto del Magdalena.

fluvioglaciares con variaciones laterales de facies depositados desde el Mioceno hasta el reciente. Los almacenamientos de aguas subterráneas están limitados por la depresión tectónica que se formó a partir de eventos distensivos hasta el Cretácico y continuó con una tectónica compresiva, cuyas expresiones mayores son los sistemas de cabalgamiento de Chusma, al oriente de la cordillera Central, y Garzón-Suaza, en el límite occidental de la cordillera Oriental.

4.3.14. Provincia hidrogeológica del Valle Bajo del Magdalena

4.3.14.1. Localización geográfica y límites geológicos

Limita al norte y occidente por el sistema de fallas de Romeral (RFS); al sur, con las estribaciones de las cordilleras Central y Occidental, que se prolongan en la

falla de Murrucucú. Al oriente se encuentra limitada por la Falla Santa Marta-Bucaramanga (*Figura 4.40*).

El sistema de fallas de Romeral constituye el límite occidental de la provincia. El límite oriental está determinado por las rocas ígneas y metamórficas de la Sierra Nevada de Santa Marta y por el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. El complejo de rocas ígneas y metamórficas de la cordillera Central y Occidental marca el límite sur.

4.3.14.2. Ambiente geológico

Forma parte de la plataforma de la llanura del Caribe, en la cual se disponen los elementos tectónicos compuestos de rocas ígneas félsicas y metamórficas (precretácicas a cretácicas), que se encuentran cubiertos de manera discordante por sedimentos terciarios de tipo detrítico y carbonatado, y por sedimentos fluviolacustres de edad

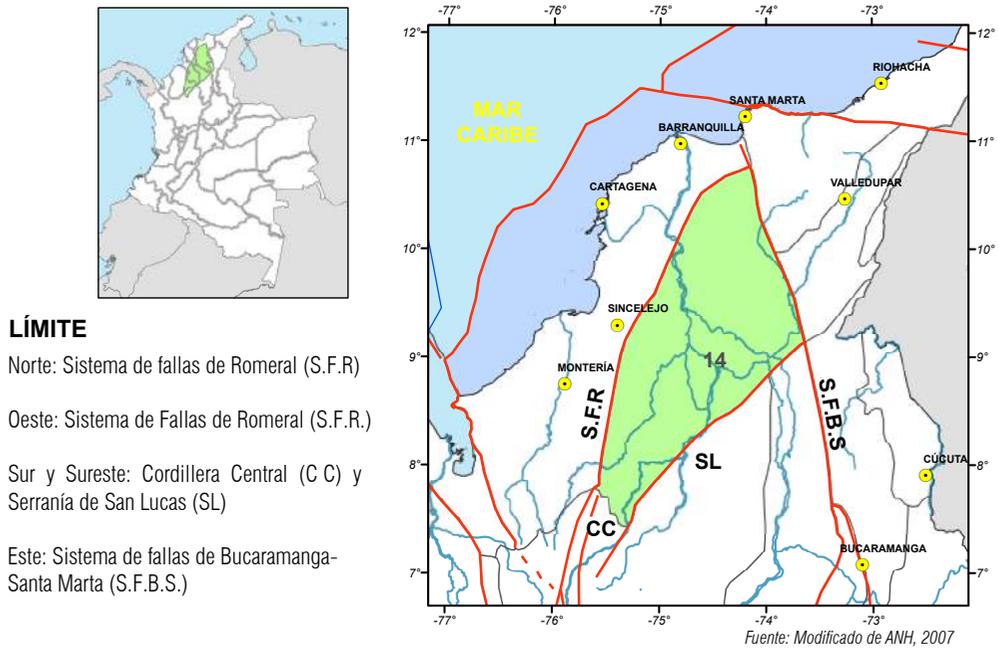


Figura 4.40. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Bajo del Magdalena.

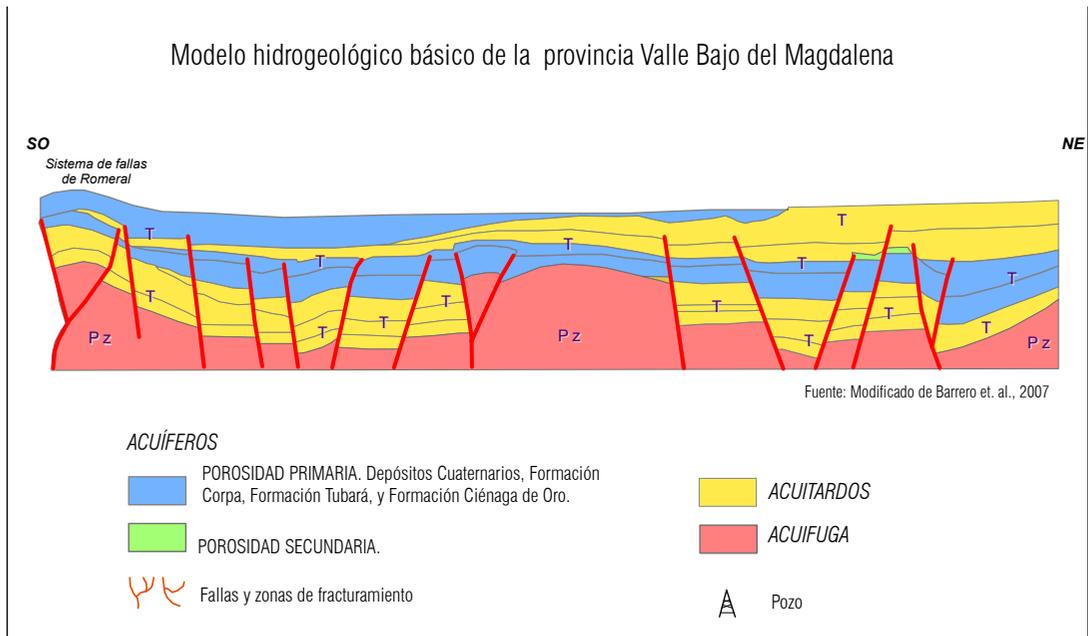


Figura 4.41. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Bajo del Magdalena.

reciente que alcanzan espesores hasta de 1.500 metros (Figura 4.41 y Figura 4.42). Se distinguen además las depresiones de Plato y Sucre, rellenas con sedimentos de un espesor aproximado de

7.000 metros o más. La cobertura reciente está constituida por 1.000 m a 1.500 m de sedimentos fluvioacustres, y más de 3.000 metros de turbiditas de edad Mioceno a Plioceno (Ingeominas, 1988).

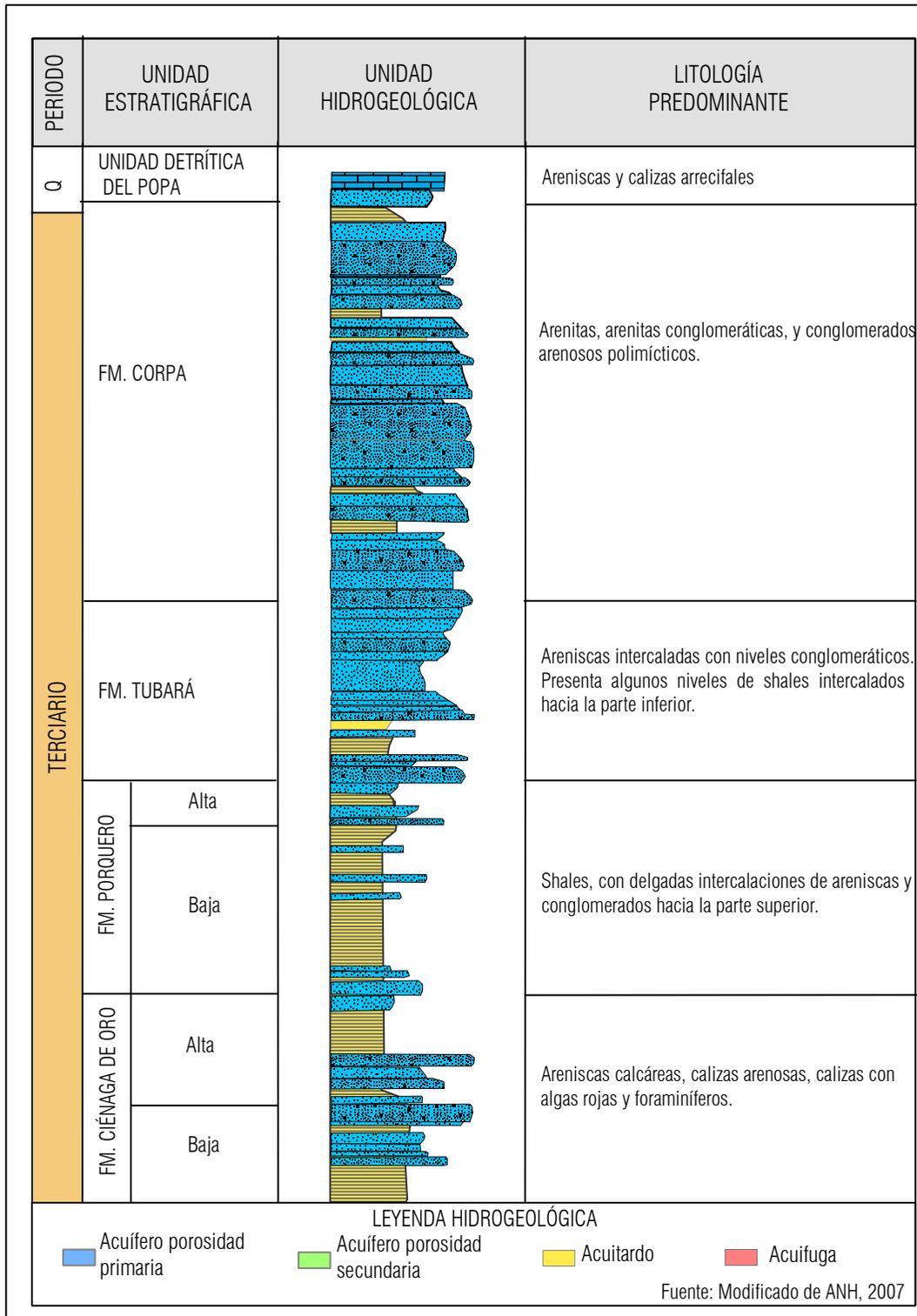


Figura 4.42. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Bajo del Magdalena.

4.3.15. Provincia hidrogeológica del Valle Medio del Magdalena

4.3.15.1. Localización geográfica y límites geológicos

Se extiende en dirección sur-norte, y limita al sur con el cinturón plegado de Girardot. Al nororiente, limita con el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta; al suroriente, con el sistema de fallas Bituima-La Salina. Al occidente, con el piedemonte de la cordillera Central y la Serranía de San Lucas. Y al norte, con el sistema de fallas del Espíritu Santo (Figura 4.43).

La provincia hidrogeológica limita al occidente por el basamento ígneo metamórfico de la cordillera Central. Al norte, está delimitada por el sistema de fallas del Espíritu Santo. Al nororiente, también está delimitada por rocas volcánicas y sedimentarias del Jurásico y por el sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta; al suroriente, por el sistema de fallas

Bituima-La Salina. Y al sur, por el cinturón plegado de Girardot.

4.3.15.2. Ambiente geológico

Se comporta como una cuenca intracordillerana basculada hacia el oriente, con tendencia homoclinal, disturbada por algunos pliegues y fallas. Ocupa una depresión estructural que se ha considerado como un semigraben basculado hacia el este, donde limita con fallas inversas, como La Salina.

Las rocas buzcan hacia el este a partir de la cordillera Oriental. El Cretácico Superior está restringido a la parte más oriental del Valle. Sobre las rocas anteriores y aun sobre rocas del Grupo Girón, reposan discordantemente sedimentos terciarios del Eoceno hasta el Plioceno. Esta secuencia se acuña hacia el occidente. La distribución de los sedimentos pospaleocenos está marcada por rasgos estructurales que controlan sus límites (Figura 4.44 y Figura 4.45).



LÍMITE

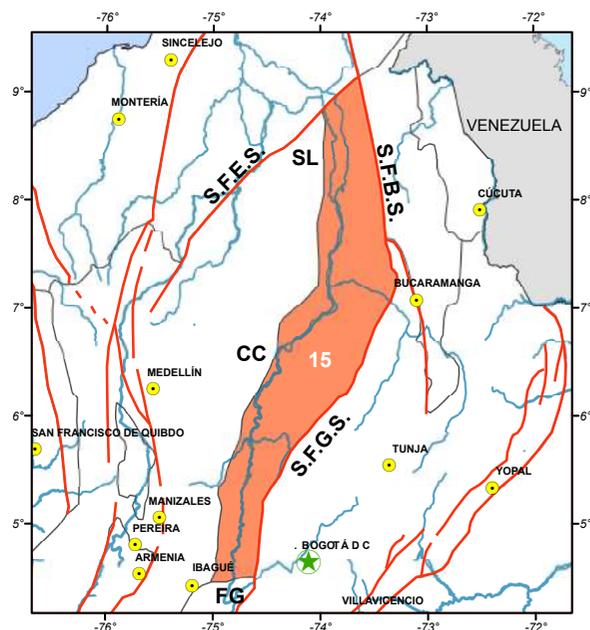
Sureste: Sistema de fallas de Bituima La Salina (S.F.B.S.)

Norte: Sistema de fallas Espíritu Santo (S.F.E.S.)

Oeste: Sedimentos cuaternarios superiores de la Serranía de San Lucas (SL) y Basamento de la Cordillera Central (CC)

Sur: Doble cinturón de Girardot (FG)

Noreste: Sistema de Fallas Bucaramanga -Santa Marta (S.F.B.S.)



Fuente: Modificado de ANH 2007

Figura 4.43. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Valle Medio del Magdalena.

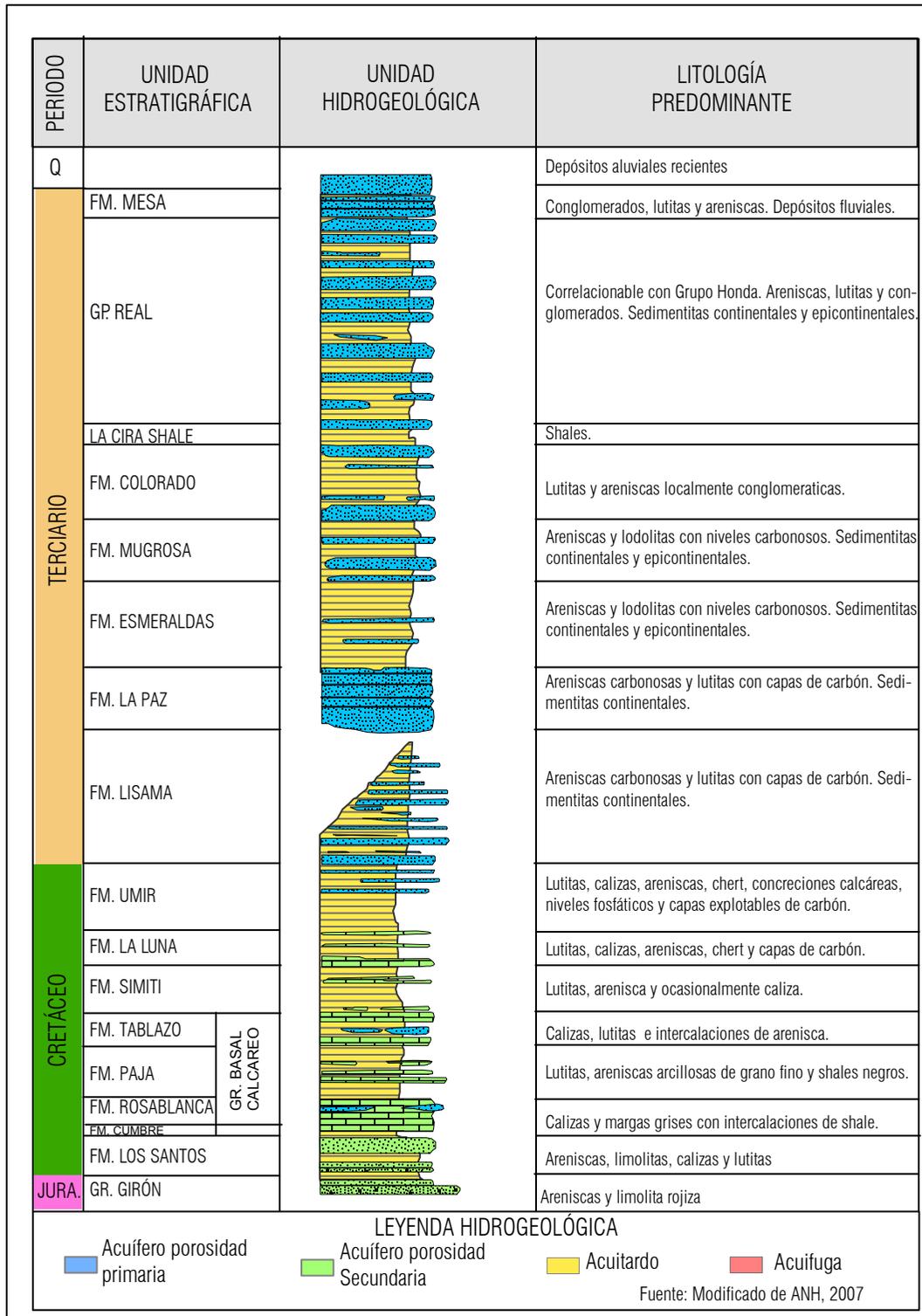


Figura 4.44. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Valle Medio del Magdalena.

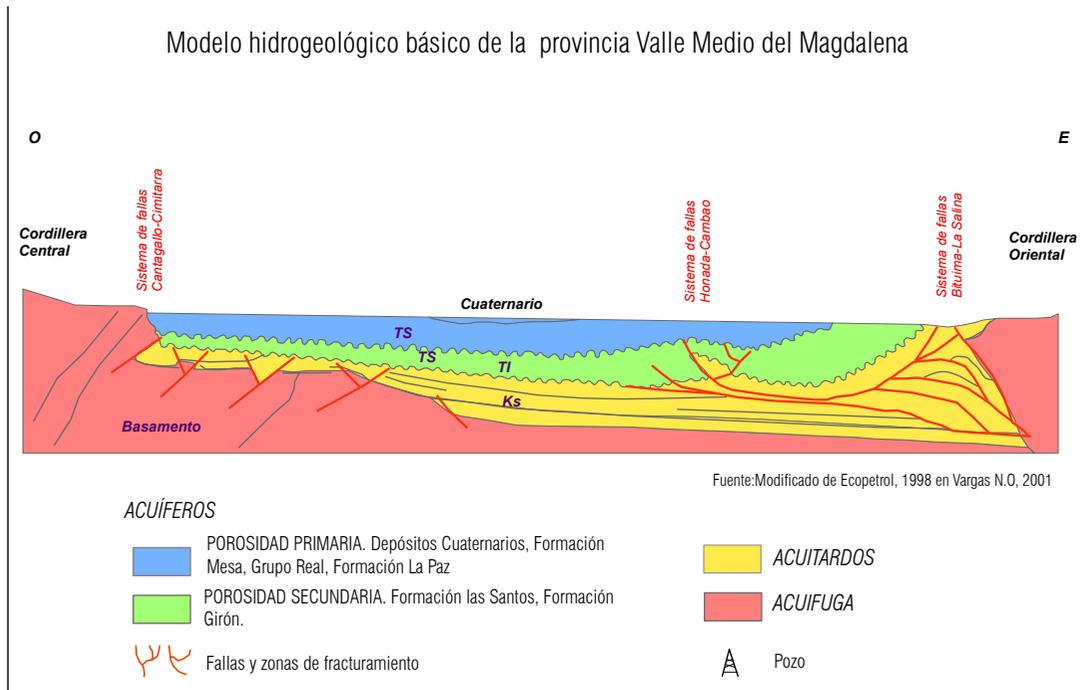


Figura 4.45. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Medio del Magdalena.

La sedimentación terciaria es de tipo continental y los depósitos cuaternarios son depósitos lacustres, abanicos aluviales formados por ríos y quebradas cuando llegan al río principal, terrazas y aluviones recientes. La secuencia terciaria puede alcanzar en este sector un espesor de 762 metros hasta llegar al contacto con el basamento ígneo (Vargas, 2001).

4.3.16. Provincia hidrogeológica de Vaupés-Amazonas

4.3.16.1. Localización geográfica y límites geológicos

Se encuentra ubicada en la margen suroriental del país; limita con Brasil al oriente; con Perú al sur; al occidente limita con el alto estructural que incluye la Serranía de Chiribiquete (SCH); al norte limita con el alto estructural de Vaupés; y con rocas metamórficas precambrianas al nororiente (Figura 4.46).

La cuenca hidrogeológica del Vaupés está delimitada al occidente por un alto estructural regional levantado por ajuste tectónico, que incluye la Serranía de Chiribiquete. Otro alto estructural la delimita al norte; y rocas metamórficas precambrianas caracterizadas, como acuífugas, al nororiente. Al oriente, continúa en territorio del Brasil; y al sur, en territorio del Perú.

4.3.16.2. Ambiente geológico

Desde el punto de vista litológico, el departamento está conformado por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas y depósitos sedimentarios, con edades que varían desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente (Figura 4.47 y Figura 4.48).

En esta provincia, las unidades estratigráficas se adelgazan progresivamente desde el occidente hasta la frontera con el Brasil, en donde afloran rocas cristalinas precámbricas que constituyen el núcleo



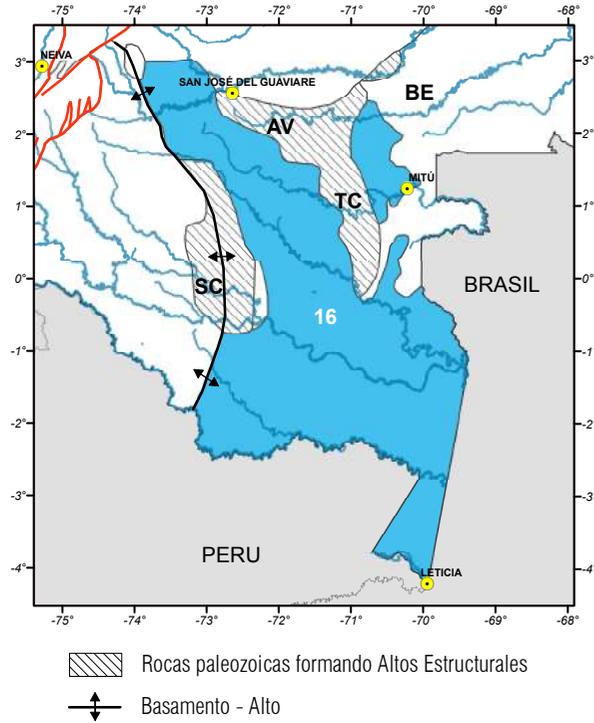
LÍMITE

Norte: Arco del Vaupés (AV)

Sur -Sureste: Fronteras de Perú y Brasil

Oeste: Basamento Alto. Serranía de Chiribiquete (SC)

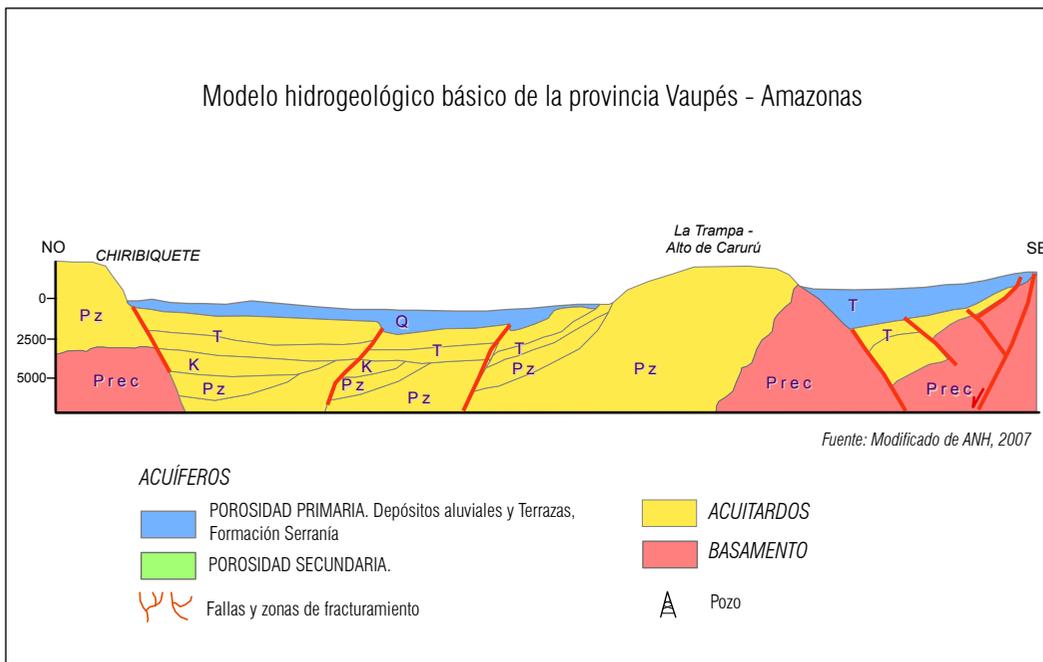
Este: La Trampa - Alto de Carurú (TC)



Fuente: Modificado de ANH, 2007

Figura 4.46. Ubicación de la provincia hidrogeológica de Vaupés-Amazonas.

Modelo hidrogeológico básico de la provincia Vaupés - Amazonas



Fuente: Modificado de ANH, 2007

Figura 4.47. Modelo hidrogeológico básico de la provincia Vaupés-Amazonas.

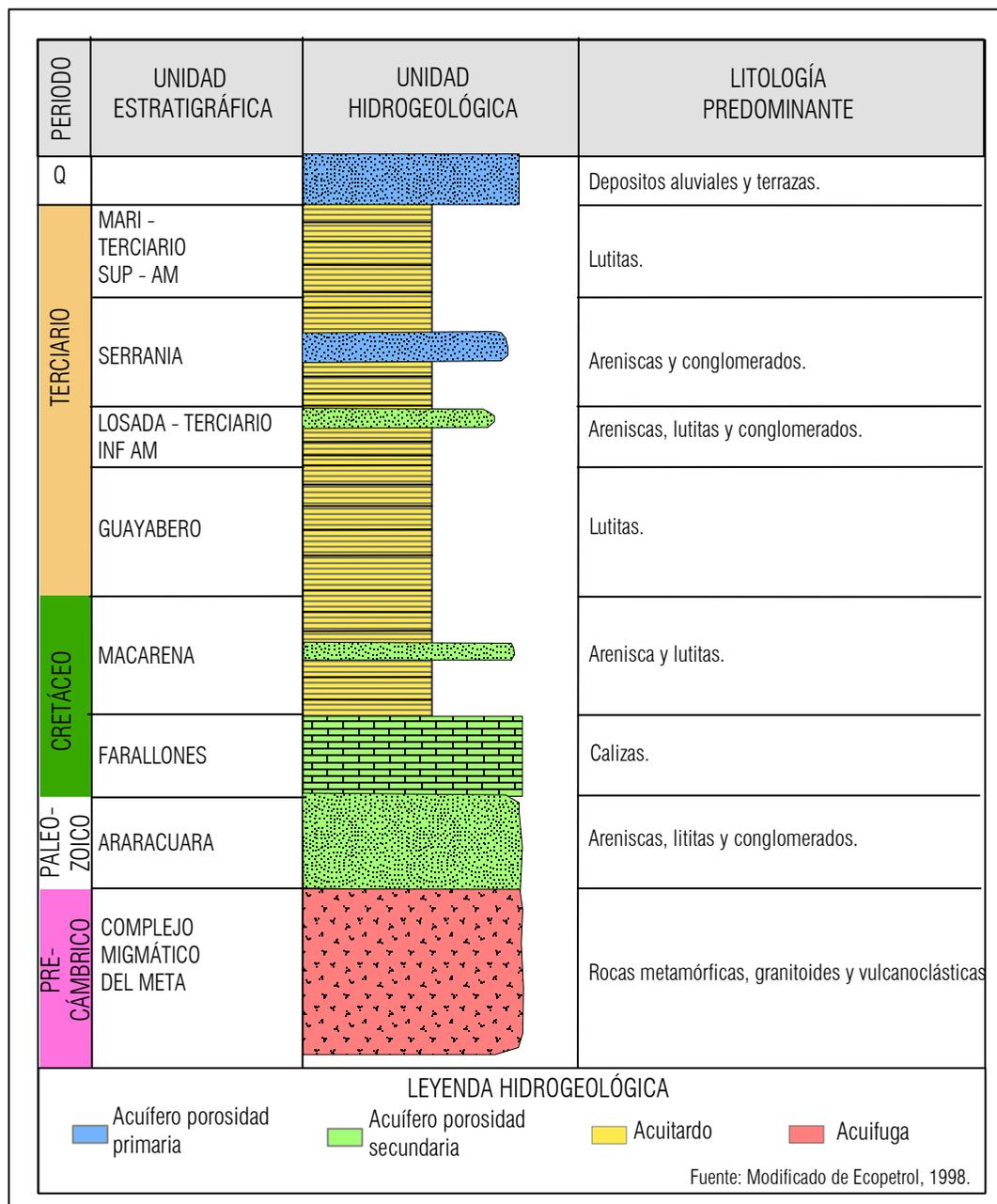


Figura 4.48. Columna estratigráfica generalizada de la provincia Vaupés-Amazonas.

continental primitivo de Suramérica. La cobertura terciaria corresponde a sedimentitas de origen marino a continental lacustre que descansa sobre rocas sedimentarias del Paleozoico Inferior. En las

márgenes de los ríos se presentan acumulaciones detríticas, terrazas y aluviones.

En la *Tabla 4.2*, se presentan las características generales de las dieciséis provincias hidrogeológicas.

4.4. Reservas de agua subterránea en Colombia

El cálculo de las reservas de las provincias hidrogeológicas, cuyos resultados se presentan en la *Tabla 4.2*, se realizaron teniendo en cuenta los conceptos y consideraciones metodológicas que se ilustraron en el *capítulo 1*, en el *capítulo 2* y en este mismo capítulo.

Salta a la vista en la *Tabla 4.2* que el 74,5% del territorio nacional está cubierto por provincias hidrogeológicas y solo el 25,5% (291.620,04 km²) por rocas ígneas, metamórficas o por ambientes con posibilidades hidrogeológicas desconocidas, limitadas o restringidas, lo cual indica por sí solo una riqueza de recurso hídrico subterráneo que no ha sido objeto de evaluación formal.

Pero, por otro lado, también se observa en la *Tabla 4.2* que el 52% (593.359 km²) de las provincias se encuentran en la Amazonía, la Orinoquía y en el Chocó, donde el recurso no es prioritario por el alto rendimiento hídrico de estas zonas geográficas y el bajo

porcentaje de población que ocupa este territorio. Así pues, el 48% del área cubierta por provincias hidrogeológicas es de importancia en el territorio nacional y a este recurso se deben enfocar las estrategias prioritarias futuras para garantizar la sostenibilidad.

Una aclaración que es necesario realizar tiene que ver con el hecho de que el área total de cada provincia no coincide, por lo general, con las áreas tomadas para el cálculo de reservas, ya que la mayoría de los acuíferos no cubren la extensión de toda la provincia. Para los cálculos, se ha tomado la extensión lateral de cada sistema acuífero. Así mismo, es de resaltar que, en estos cálculos, la recarga no es significativa, puesto que se están calculando reservas hasta los 3.000 metros de profundidad, que son mucho mayores al valor de recarga expresado en la variación de la reserva.

El volumen total de aguas subterráneas es del orden de 5.848×10^9 metros cúbicos (5.848 km³). En la *Figura 4.49*, se presenta la distribución de las reservas por provincias.

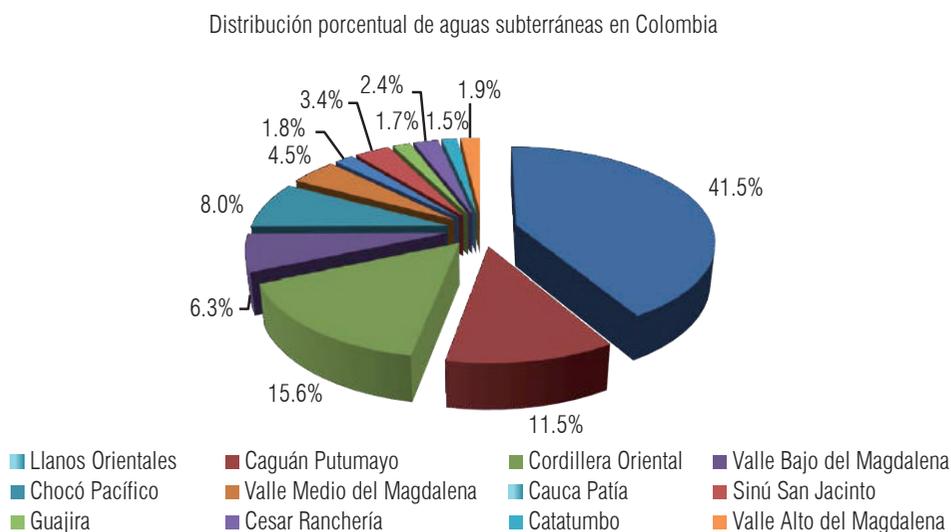


Fig 4.49

Figura 4.49. Distribución de las reservas de agua subterránea por provincia hidrogeológica.

Tabla 4.2. Características y reservas de las provincias hidrogeológicas.

PROVINCIA HIDRO-GEOLÓGICA	FORMACIONES GEOLÓGICAS CON POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO	TIPO DE ACUÍFERO	ÁREA (km ²)	Espesor acuífero (m)	Rendimiento específico	RESERVAS (m ³ *10 ¹⁰)
Llanos Orientales	Mirador Guayabo/Caja Necesidad Corneta Depósitos reciente de tipo aluvial y terrazas.	Acuíferos libres a semiconfinados en los sedimentos aluviales y de terraza. Confinados para el resto de unidades.	265.547,29	550	0,02-0,08	239,06
Vaupés-Amazonas	Depósitos recientes aluviales y terrazas subrecientes a recientes. Niveles arenosos de las Formaciones Serranía, Araracuara y Guejar (?)	Acuíferos libres a semiconfinados en los sedimentos aluviales y de terraza.	126,050,61	250	0,01-0,05	2,42
Caguán-Putumayo	Depósitos recientes aluviales y terrazas subrecientes a recientes. Niveles arenosos y conglomeráticos de las formaciones Caimán, Caballos y Pepino (?)	Acuíferos libres a semiconfinados en los sedimentos aluviales y de terraza.	140.000,00	360	0,02-0,06	66,11
Cordillera Oriental	Depósitos recientes de origen aluvial y terrazas. Formación Tilata, Formación Regadera. Formación Arenisca Tierna del Grupo Guadalupe, Formación Cacho y Socha Inferior en el altiplano cundiboyacense. Secuencias clásticas de las formaciones Mesa, Cimarrona, Tabla y Hoyón hacia el piedemonte occidental.	Acuíferos libres a semiconfinados para las unidades recientes. Libres a confinados para el resto de unidades.	59.933,77	3400	0,005-0,1	90,07
Cauca-Patía	En el valle del río Cauca: capas de arenas, gravas y algunas veces cantos rodados, intercalados entre capas de arcillas. Se reconocen también como acuíferos los horizontes permeables clásticos y vulcanoclásticos de las formaciones Popayán, Galeón, Patía y Armenia (Glacis del Quindío).	Acuíferos libres a semiconfinados en la Unidad A y en los niveles arenosos de las formaciones Armenia, Paila, Galeón, Popayán y Patía. Confinados en la Unidad C.	12.500,00	250	0,01-0,15	10,1
Urabá	Depósitos de terraza y llanura aluvial de los ríos principales. Capa de arenisca en matriz arcillosa, interestratificadas con lentes de conglomerado y lodolitas que agrupa las formaciones La Risa, Ciénaga de Oro, Floresanto y Tubará. Formación Carpa constituida por intercalaciones de lodolitas, areniscas y conglomerados.	Acuíferos libre en las unidades de terrazas y llanura aluvial. Semiconfinados a confinados en las Unidades T1 y T2.	5264,43	250	0,01-0,04	0,79
Sinú-San Jacinto	"Sedimentos arenosos y de gravas, areniscas friables y conglomeráticas de la Formación Morroa, Sincelejo, Cerrito, Ciénaga de Oro, San Cayetano, Gravas de Rotinet.	Acuíferos libres a semiconfinados para las unidades recientes. Libres a confinados para el resto de unidades.	37.770,88	970	0,005-0,13	19,40
Valle Bajo del Magdalena	Sedimentos arenosos y gravas de la Formación Betulia. Sedimentos de terraza, aluviales recientes, de cauce aluvial y de ciénaga que conforman acuíferos libres a semiconfinados y los depósitos arenoso del grupo Tubará-Porquero. Areniscas y conglomerados de la Formación San Jacinto.	Acuíferos libres a confinados.	44.917,64	900	0,01-0,05	36,22
Guajira	"Un acuífero libre conformado por las unidades recientes (depósitos de llanura aluvial, de cauce aluvial, de playón, de barra y de dunas). Un acuífero confinado formado por el conjunto detrítico terciario Uitpa y Monguí.	Acuíferos libres a confinados.	13.323,08	580	0,01-0,1	9,99

Continuación **Tabla 4.2.** Características y reservas de las provincias hidrogeológicas.

PROVINCIA HIDRO- GEOLOGICA	FORMACIONES GEOLÓGICAS CON POTENCIAL HIDROGEOLOGICO	TIPO DE ACUIFERO	ÁREA (km ²)	Espesor acuifero (m)	Rendi- miento especifico	RESERVAS (m ³ *10 ¹⁰)
Catatumbo	FORMACION MIRADOR FORMACION CARBONERA GRUPO GUAYABO COMPLEJO DE LIMOS Y CANTOS RUBIFICADOS TERRAZAS Y ALUVIONES RECIENTES.	Acuíferos libres a semiconfinados en terrazas y aluviones recientes, y confinados en niveles arenosos de las formaciones Mirador, Carbonera y Guayabo.	6.963,31	1150	0,02	8,36
Cesar-Ranchería	Formacion Aguasblancas Formación Molino Formación Barco Formación Cuesta Terrazas altas Terrazas medias Depósitos lacustres y cenagosos Unidades recientes de llanura aluvial (Valle del río Cesar, Los Venados, Ariguani, Codazzi-Sicarare, Becerril-La Loma, Rincón Hondo, Astrea-San Alberto), de aluviones recientes (Planicie del río Cesar), de abánicos aluviales (Abanicos de Valledupar, de Manuare, de Codazzi, de La Jagua, de Pailitas y de Aguachica) y de terrazas en la esquina nororiental del departamento. Formaciones La Luna y Cogollo	Acuíferos libres en unidades recientes de llanura aluvial, aluviones recientes y terrazas, y Formación Cuesta. En el resto de unidades se conforman acuíferos confinados.	10.099,79	1470	0,005-0,09	14,00
Chocó-Pacífico	Sedimentos fluviales y transicionales del cuaternario localizados en la márgenes de los ríos Atrato, Baudó y San Juan. Niveles arenosos de las formaciones Quibdó y Munguicó.	Acuíferos libres en sedimentos recientes.	31.762,53	800	0,03-0,05	43,86
Tumaco	Sedimentos fluviales y de playa. niveles arenosos de las formaciones San Agustín, Tumaco y localmente Raposo, Mallorquín, Chagui y Naya podrían representar potencialmente acuíferos discontinuos.	Acuíferos libres a semiconfinados pobres en depósitos recientes y libres a confinados en formaciones terciarias.	23.749,42	570	0,02-0,03	7,18
San Andrés	Formaciones San Luis y San Andrés.	Acuíferos libres a confinados.	25	90	0,01-0,04	0,00196
Valle Alto del Magdalena	Terrazas aluviales antiguas, aluviones recientes y lahares. Abanico de Ibagué compuesto por lahares, flujos pirocláticos y depósitos de canales y el Abanico de Espinal. Conos coalescentes menores conformados por depósitos aluviales de flujos de escombros. Formaciones Honda Gigante y Guacacallo. De menor importancia formaciones Gualanday, Monserrate, Caballos.	Acuíferos libres a semiconfinados en formaciones recientes y del Terciario Superior. Libres a confinados para formaciones más antiguas.	14.686,77	850	0,02-0,01	11,11
Valle Medio del Magdalena	Depósitos aluviales recientes y de terraza, sedimentos detríticos poco consolidados (areniscas, conglomerados) de la Formación Mesa y el Grupo Real.	Acuíferos libres a semiconfinados en unidades recientes y del Terciario Superior. Libres a confinados en unidades más antiguas.	27.533,52	3500	0,005-0,08	26,08
TOTALES			850.127,56			584,753

De esta *Figura 4.49* se puede colegir que las mayores reservas del país se encuentran en las provincias de los Llanos Orientales, Caguán-Putumayo y Cordillera Oriental. Paradójicamente, las provincias con mayor aprovechamiento, como Cauca-Patía, tienen menor cantidad de reservas, aunque suficientes para suplir necesidades actuales y ser incorporadas a estrategias de uso conjunto en el marco de la Gestión Integrada de Recurso Hídrico (GIRH).

Las reservas de aguas subterráneas así estimadas corresponden al 72% de la oferta total de agua superficial y subterránea, lo que las convierte en una alternativa estratégica para hacer frente a disminuciones de caudal por variabilidad y cambio climático.

El valor así calculado es representativo en orden de magnitud, de tal manera que (en gracia de discusión), con cualquier otro cálculo que se realice (incrementando los valores del rendimiento específico o del espesor efectivo de los acuíferos), el resultado final seguirá siendo del mismo orden de magnitud. Lo mismo ocurrirá en el caso de que los parámetros involucrados en cálculos posteriores sean menores en algún porcentaje.

En el futuro, cuando se disponga de mayor información y de valores más precisos, los resultados se deberán reevaluar. Es de esperarse, sin embargo, que el cálculo de las reservas se vaya incrementando para la mayoría de las provincias, ya que para el ENA 2010, los parámetros utilizados se consideran bajos en casi todos los casos y, por lo tanto, los valores calculados pueden estar subestimados para la mayoría de las provincias.

4.5. Uso del agua subterránea

La determinación del uso del agua subterránea para cada provincia hidrogeológica se hizo con base en la

información disponible sobre caudales extraídos mediante pozos, en los estudios regionales realizados por las autoridades ambientales. Esta información se presenta consolidada por sectores económicos, de manera general. La información reportada por las corporaciones debe ser validada a futuro, pues no obedece al rigor de los registros administrativos, en la mayoría de los casos. En este sentido, se permite aclarar que la información presentada es apenas indicativa y que este deberá ser uno de los temas de profundización de los estudios nacionales de agua en el futuro, para consolidar estadísticas de uso robustas, provenientes de registros administrativos consistentes.

Las provincias con mayor aprovechamiento de aguas subterráneas en la actualidad se relacionan en la *Tabla 4.3*, en términos de uso de las aguas subterráneas para los sectores doméstico, agrícola, industrial, pecuario, servicios y otros.

En esta *Tabla 4.3*, se puede observar que el sector agrícola es el que mayor uso hace del agua subterránea (75%), seguido de lejos por el sector doméstico (9%) y el industrial (7%). El uso de agua subterránea más extendido en el sector agrícola se da en el Valle del Cauca, que consume el 58% del total consumido por el sector en todo el país. El uso en sectores pecuario y de servicios apenas alcanza el 6% en total.

En la *Figura 4.50*, se presenta la distribución de uso según áreas de jurisdicción de corporaciones.

En esta *Figura 4.50*, queda claro que los mayores consumidores de agua subterránea en el país son los usuarios de las áreas de jurisdicción de CVC, CAR, Cortolima, Corpamag, Corponor, Corpoguajira, Carsucré, Corpourabá y Cormacarena. El consumo más alto, sin embargo, está concentrado en los departamentos del Valle del Cauca y Cundinamarca, más en el primero que en el segundo.

Tabla 4.3. Uso del agua subterránea según jurisdicción de la autoridad ambiental.

AUTORIDAD AMBIENTAL	DOMÉSTICO m³/año	INDUSTRIAL m³/año	AGRÍCOLA m³/año	PECUARIO m³/año	SERVICIOS m³/año	OTROS m³/año	TOTAL m³/año	Distribución uso por AA (%)
CORNARE	4.280.221	2.388.467	1.570.074	204.002	48.833	3.869	8.495.467	0,79
CORALINA	1.257.425	0	4.316		3.267.749	0	4.529.491	0,42
CDA	15	3	0	0	0	0	18	0,00
CORPOAMAZONIA	899.608	621.266		91.520	207.520	78.577	1.898.491	0,18
CVS	0	862.825	0	707.352	667.302		2.237.479	0,21
CORPONOR	2.913.687	502.970	25.600.385	44.680	221.920	566.475	29.850.117	2,78
CARDIQUE	4.939.175	774.840	720.014	996.538	0	546.519	7.977.085	0,74
CRC	4.280.221	2.388.467	1.570.074	204.002	48.833	3.869	8.495.467	0,79
CVC	8.598.999	19.600.384	383.850.779	0	0	0	412.050.162	38,41
CARDER	4.316.017	13.251.427	7.884	93.536	154.842	0	17.823.706	1,66
DAGMA	92.843	4.401.281	276.175	0	2.517.753	0	7.288.052	0,68
CORPOCESAR	65	1.443	2.577	0	3.900	0	7.985	0,00
AMVA	83	122	0	0	181	0	386	0,00
DAMAB	14.400	2.530.151	0	0	972.749	0	3.517.301	0,33
CRQ	371.494	867.240	50.458	0	0	27.752	1.316.943	0,12
CORPOGUAJIRA	6.271.096	422.701	3.021.281	2.360.801	0	9.585.608	21.661.488	2,02
CAR	45.713.952	0	164.255.826	27.731.008	2.348.724	19.765.381	259.814.891	24,22
CORTOLIMA	5.106.057	1.589.541	54.434.290	576.194	252.288	79.881	62.038.250	5,78
CARSUCRE	SI	SI	SI	SI	SI	SI	42.000.000	3,91
CORPOURABA	388.457	5.568.753	15.566.710,3	3.120	0	0	21.527.040	2,01
CORPAMAG	3.780.000	4.260.000	63.860.000,0	0	0	94.000	71.994.000	6,71
CRA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	6.035.745	0,56
CRC	0	596.556	429.169,0	0	0	14.215.318	15.241.043	1,42
CARSUCRE	23.055.002	72.808	105.408	732.569		49.433	24.015.220	2,24
SDA	52.012	4.506.084	140.662	62.298	120.926	1.043.338	5.925.320	0,55
CORPONARIÑO	505.958	35.417	47.433			342.152	930.960	0,09
CVS	80.743	271.334	408.592	109.016		2.179.302	3.048.987	0,28
CORPOBOYACA	562.5088	282.636	56.5698				647.3422	0,60
CORANTIOQUIA	1.555.200	780.71	12.441,6	37.324,8			21.309,35	0,20
CORMACARENA	22.673.295	1.425.686	-	0	0	205.286	24.304.267	2,27
CORPOCHIVOR	181.260	0	8.515,0	11.116	7.569	0	208.460	0,02
CORPO-ORINOQUIA	15.768	0	0	0	5.676	0	21.444	0,00
TOTAL	146.968.142	67.300.472	716.620.735	34.301.000	10.846.766	48.786.760	1.072.859.620	100,00
Distribución uso por sector (%)	9%	6%	75%	4%	2%	4%		

Fuente: Información reportada al Ideam en 2010 por las Autoridades Ambientales

Consumo de agua subterránea por Autoridades Ambientales (miles de m³/año)

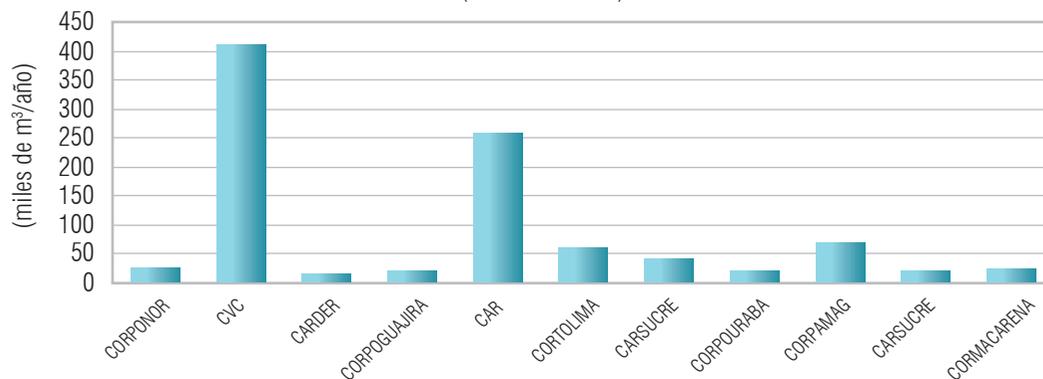


Figura 4.50. Distribución de uso según áreas de jurisdicción de corporaciones.

Si se realiza este análisis por provincias hidrogeológica (Tabla 4.4), los resultados corroboran las anteriores aseveraciones.

Tabla 4.4. Distribución del uso de aguas subterráneas por provincia hidrogeológica.

No.	Provincia	Uso Millones de m ³ /año	Porcentaje Nacional
1	Cauca - Patía	420	51%
2	Cordillera Oriental	266	32%
4	Sinú San Jacinto	27	3%
5	Guajira	22	3%
6	Urabá	21	3%
7	Valle Bajo del Magdalena	14	2%
9	Llanos Orientales	24	3%
11	Islas de San Andrés y Providencia	5	1%
12	Catatumbo	30	4%

Aquí de nuevo se evidencia que el 83% del consumo de aguas subterráneas está concentrado en las provincias de Cauca-Patía y de Cordillera Oriental. Solamente en la provincia de Cauca-Patía está el 51% de consumo total nacional de aguas subterráneas por los diferentes sectores.

4.6. Conclusiones y recomendaciones

Para efectos de la evaluación cuantitativa de las aguas subterráneas, se seleccionó y aplicó un modelo determinístico que pudiera cumplir con características de simplicidad y que fuese reproducible de manera fácil en el futuro. Las reservas de agua subterránea existentes en Colombia son del orden de 5.848×10^9 metros cúbico (5.848 km^3); esto equivale al 72% del total de oferta superficial y subterránea.

En posteriores estudios y evaluaciones, la información y los resultados se irán revaluando; en todo caso, es de esperarse que el cálculo a las reservas se vaya incrementando en la mayoría de las provincias, ya que para el ENA 2010 los parámetros de cálculo utilizados (espesores de los acuíferos y rendimiento específico) se consideran conservadores y, por lo tanto, los valores calculados están subestimados en un buen número de provincias.

La determinación de las reservas de agua subterránea a nivel de provincias hidrogeológicas servirá para orientar las investigaciones y evaluaciones que, a menor escala, se tendrán que realizar en el país a nivel de cuencas y subcuencas. Igualmente, se podrán tener en cuenta para planear el desarrollo regional y establecer la política nacional de gestión integrada de recursos hídricos que se vaya a plantear a corto, a mediano y a largo plazo, por parte de las instituciones responsables de ello.

La evaluación de los recursos de agua subterránea a nivel de cuencas y subcuencas deberá realizarse en el futuro trabajando a escalas adecuadas, labor que es competencia, más que todo, de las autoridades ambientales (las CAR), previa definición de los alcances y de la metodología específica para cada una de ellas.

Las reservas calculadas para las diferentes provincias hidrogeológicas señalan la presencia de recursos de agua subterránea que se hallan almacenados en el subsuelo, susceptibles de aprovechamiento. La decisión de aprovechar tales recursos de agua subterránea es, por lo general, una decisión política, que nace de la importancia y de la orientación general que el Estado asigne a los sectores de agua potable, riego, uso industrial, recreativo, etc.

Aún no son consistentes las estadísticas de uso del agua subterránea por la dispersión de información y todavía no se utiliza el Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas (FUNIA) para recolectar la información. Es necesario fortalecer los sistemas de información con registros administrativos que cumplan con todos los requisitos para el acopio y transferencia de datos. Aun así es claro que el uso de

agua subterránea en el país está concentrado en los departamentos del Valle del Cauca y Cundinamarca, con énfasis en el primero, que consume el 51% del total nacional. Asimismo, es importante resaltar que el sector agrícola es el consumidor más importante de agua subterránea, por el volumen que extrae anualmente, que corresponde al 75% del aprovechamiento total nacional.

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial

Cultivo de arroz. Cesar-Valledupar. /O. Jaramillo



Autores
MARÍA CARMENZA GONZÁLEZ
GABRIEL DE JESÚS SaldARRIAGA
OMAR JARAMILLO

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial

Para la estimación de la demanda hídrica nacional, en el marco del Estudio Nacional del Agua 2010 se seleccionaron los siguientes sectores, intensivos o extensivos en el uso del recurso hídrico: agua para uso humano o doméstico, agua en actividades industriales, agua en actividades de servicios, agua en el sector agrícola, agua en el sector pecuario y en acuicultura, y agua en el sector de energía. El método de estimación propuesto en el ejercicio de 2010 escala el marco conceptual, así como la metodología y las técnicas de medición utilizadas en el pasado. En lo sustantivo, en el presente estudio son tres los ámbitos de profundización y aplicación:

Primero, el grueso del cálculo tiene soporte en operaciones estadísticas objetivas y continuas que, dependiendo del dominio de medición, pueden ser censos, encuestas o registros administrativos. Su utilización garantiza atributos deseables, tales como confiabilidad estadística, certidumbre frente a la sostenibilidad en el tiempo, representatividad de los datos, oficialidad de las cifras utilizadas y replicabilidad del ejercicio; en suma, esto le confiere a la estimación misma un valor defendible.

Aun cuando para algunos aspectos de la medición es necesario recurrir a estadísticas derivadas o a coeficientes que permiten generalizar la estimación, la utilización de operaciones estadísticas reduce el sesgo hacia la asunción de una estimación presuntiva o aparente, a partir de estructuras rígidas que no siempre dan cuenta de la dinámica misma de los fenómenos observados.

La decisión de trabajar a partir de las operaciones estadísticas en estricto sentido responde a dos restricciones, reconocidas institucionalmente en el sector ambiental:

- No se dispone de un sistema de monitoreo sobre los caudales o volúmenes extraídos insumidos en las diferentes actividades de uso llevado a los diferentes niveles de desagregación temporal, espacial y temática. Es decir, que no se cuenta con un acervo estadístico que permita monitorear las tendencias y estado de la demanda hídrica nacional.
- No obstante, si bien se cuenta con datos sobre las concesiones de agua para el conjunto de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), el grueso de la información presenta restricciones importantes de uso, al no estar disponibles bajo un registro administrativo¹ que soporte el desarrollo de estudios y mediciones con fines estadísticos, conforme a la confiabilidad misma del registro.

El **segundo** aspecto que escala el estudio es la adopción de un cuerpo ampliado de conceptos no introducidos en mediciones anteriores o que, si bien en algunos componentes fueron referenciados, en el presente ejercicio son incorporados con mayores niveles de precisión y completos. Son ellos, en su orden:

1. El concepto ampliado de *cadena de consumo de agua y de consumo intermedio efectivo*, con lo

1 Registro administrativo es todo registro resultante de necesidades fiscales, tributarias u otras, creado con la finalidad de viabilizar la administración de los programas de gobierno o para fiscalizar el cumplimiento de obligaciones legales de la sociedad (CEPAL, II CEA, 2003: 10).

- cual se supera la limitación que acotaba el consumo a una sola etapa de la cadena de producción.
2. La eficiencia del uso consuntivo, que en esencia se deriva de la medición del agua extraída no consumida, cuya acepción en el pasado, de manera generalizada, hacía referencia a pérdidas o a pérdidas aparentes, aunque no siempre fueron incorporadas al cálculo. De manera puntual, hace referencia a la eficiencia del riego cuando se trata de la medición del balance agrícola y al volumen de agua no contabilizada como parte de los consumos del sector doméstico, servicios e industria.
 3. La medición del consumo informal o no registrado aplicado al dominio de la medición de la demanda pecuaria.
 4. La medición del consumo de agua en el manejo poscosecha o beneficio de las explotaciones agrícolas, en procesos *ex post* al crecimiento vegetativo, cuya finalidad es el control de sanidad, conservación y transformación del producto agrícola con destino a la comercialización. En este primer ejercicio, se realizó puntualmente en banano, en café y en la transformación de la hoja de coca, sin incluir la química final asociada a la obtención de base de coca y clorhidrato de cocaína.
 5. La inclusión de caudal ecológico y ambiental como un componente agregativo en la demanda y no como un factor de reducción o sustracción en la oferta hídrica.
 6. La inclusión del volumen de agua extraída en las actividades de generación de energía y producción piscícola como un componente agregativo en la demanda, no obstante su clasificación como uso no consuntivo.

7. La propuesta de inclusión de cuatro indicadores directamente asociados con el ejercicio de demanda hídrica como son: el agua virtual, el índice de agua extraída no consumida, la disponibilidad relativa del agua y la disponibilidad relativa de riego.

El **tercer** aspecto se refiere a la ampliación de las unidades de observación, dotando de una mayor cobertura al cálculo de la demanda; específicamente, identificando subuniversos demandantes de agua en actividades de pequeña industria y gran industria a partir de ajustes de cobertura: La identificación del consumo extensivo en la cadena de producción en el sector pecuario, al incluir el consumo en la fase de cría y levante, sacrificio formal y no formal, y el uso de agua en lugares de alojamiento y sacrificio, aplicado diferencialmente a la población de bovinos, porcinos y aves. La oferta agrícola, ampliada a partir de la inclusión de las coberturas de bosques plantados, pastos con manejo y cultivo de flores permanentes en invernaderos.

5.1. Conceptualización de la demanda hídrica en el marco del Estudio Nacional del Agua

La demanda hídrica, en el marco del Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se define como la extracción² hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

² Eliminación de agua de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal.

La extracción y, por ende, la utilización del recurso implican la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. El concepto de extracción connota la *utilización de agua*, desagregada en dos componentes:

1. El agua utilizada en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental). La inclusión de este último componente se sustenta en la regulación establecida en el Decreto 3930 de 2010, que define taxativamente el uso del agua en la preservación de flora y fauna, con la finalidad de mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos; y el uso del agua para la armonización y embellecimiento del paisaje con fines estéticos.
2. El volumen de agua extraída no consumida.

Para efectos de conceptualizar la medición de la extracción de agua en función del uso, es necesario acotar los conceptos que la definen y sus dominios de aplicación (Figura 5.1).

Uso efectivo. Se refiere a la cantidad de agua que es utilizada como insumo en los procesos de producción económica sectorial y en el consumo humano, como satisfactor de las necesidades fundamentales de la población, por ejemplo el consumo propio o vital (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios) y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas.

Caudal ecológico y ambiental. Aplicable a la demanda de los ecosistemas. El Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 lo define como “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”.

Para las unidades de análisis del ENA, se define como un caudal variable expresado en magnitud de frecuencia, duración, predictibilidad y tasa de cambio para permitir el desarrollo de los ecosistemas lóticos, delimitados de acuerdo a criterios explícitos.

Una aproximación a su estimación se basa en el método de curva de permanencia o de duración de caudales. Este consiste en la construcción de una curva a

Conceptos	Universos de aplicación
Cadenas de consumo	Hogares
Consumo intermedio efectivo	Sector manufacturero
Requerimientos de riego	Sector pecuario y piscícola
Caudal ecológico y ambiental	Sector agrícola
Agua extraída no consumida	Sector energético
	Ecosistemas

Figura 5.1. Conceptos y universos de aplicación, demanda hídrica en el marco del ENA 2010.

partir de datos de caudales diarios, mensuales o anuales en la que se presenta la relación entre ciertos rangos de caudales y el porcentaje de tiempo en que cada uno de esos rangos es igualado o excedido. El caudal ambiental es expresado como un valor fijo, que corresponde a un rango de caudal que se mantiene igualado o excedido un cierto porcentaje de tiempo.

Agua insumida. Se refiere al volumen de agua que es incorporado como consumo intermedio en las actividades de producción de los diferentes sectores económicos, ya sea que se trate del sector primario –como en el caso de la oferta agrícola, silvícola y pecuaria–, del sector secundario o de transformación manufacturera –incluido el sector energético– o del sector terciario o de servicios. Así mismo, incluye el agua utilizada en el consumo propio de la población y de los hogares, con fines de mantenimiento y de aseo de las viviendas.

Consumo humano. Se refiere al agua que es utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; para satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y para preparación de alimentos en general, y en especial, los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración (Decreto 3930 de 2010).

En el Estudio Nacional del Agua 2010, el ejercicio planteado para hacer el cálculo del uso del agua para consumo humano coteja diferentes propuestas frente al umbral mínimo de consumo, dado un nivel de bienestar vs. la tendencia real de consumo actual de los hogares, acorde con la estratificación, el tamaño medio de los hogares, la caracterización climática y la continuidad del suministro, esta última en función de la complejidad de los sistemas de abastecimiento. En el agregado nacional, representa el volumen de agua

–en millones de metros cúbicos– utilizado por la población urbana y rural para suplir sus necesidades.

En Colombia, de acuerdo con la regulación económica, el consumo básico es del orden de 20 m³/suscriptor-mes (CRA, 1994), equivalente a 110 l/hab-día (SSPD, 2007). Sin embargo, este nivel ha sido considerado en varias investigaciones como un consumo elevado. Así por ejemplo, la OPS ha determinado el consumo básico entre 80 litros/habitante-día y un máximo de 100 l/hab-día. Esto, traducido al consumo de una familia de cinco miembros, equivale a 12 m³/ usuario-mes, variando de acuerdo con las condiciones de humedad y climatología. En el caso de Chile e Inglaterra, se adoptaron consumos básicos de 15 y 20 m³/suscriptor-mes respectivamente, como política general, sin importar la estacionalidad. Una última referencia hace alusión al consumo autónomo en Colombia, definido como aquel que suple las necesidades básicas, entre 65 y 110 l/hab-día (DNP, 2000).

Cadena de consumo de agua. En el marco del ENA 2010, es aplicable a la estimación de la demanda en el sector pecuario. Hace referencia a cada uno de los componentes del consumo de agua en la cadena productiva, teniendo en cuenta las etapas de cría, levante y sacrificio de ganado, más el consumo del recurso en labores de manejo de la población en los diferentes lugares de alojamiento y beneficio (porquerizas, galpones, plantas de sacrificio y hatos ganaderos). Igualmente, el consumo relacionado con el sacrificio informal o no registrado.

Consumo intermedio efectivo: Da cuenta del agua insumida como consumo intermedio en los procesos de transformación y de servicios. El agua en este dominio puede ser utilizada como materia prima, como transporte en la actividad de producción de celulosa y la producción de papel, como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento

como de enfriamiento, o como contenedor de residuos industriales.

Cada uno de estos usos es identificado a partir de la caracterización de las actividades industriales (Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIU, y Clasificación Central de Productos, CPC). En el caso de la actividad de servicios, da cuenta del agua utilizada en el sector institucional, por ejemplo, en hospitales, colegios, universidades y servicios hoteleros.

Necesidades de riego. Referidas a la cantidad de agua y al momento de su aplicación, a fin de compensar el déficit de humedad del suelo durante un periodo vegetativo. Se determinan utilizando la evapotranspiración del cultivo en consideración (ETc) menos el agua aportada por las precipitaciones. Cuando la precipitación efectiva es mayor que las necesidades de riego, la demanda o riego bruto es igual a cero (0). En caso contrario, cuando la precipitación efectiva es menor al uso consuntivo del cultivo, la demanda se define por la diferencia entre la ETc y el agua que se aporta por precipitación.

Agua extraída no consumida. Aplicable a las demandas antrópicas en su conjunto. Se define como el volumen de agua –expresado en m³– que es extraído del sistema hídrico y que no es utilizado efectivamente en ningún tipo de uso o consumo, que retorna al sistema con variaciones en las condiciones de calidad originales.

La demanda hídrica es igual al volumen total de agua extraída. Este volumen de agua extraído es igual a los consumos más el agua extraída no consumida. Bajo esta delimitación en función de la demanda, la extracción es definida en sus componentes de la siguiente manera:

$$Dh = \sum U$$

donde

Dh: demanda hídrica

U: uso sectorial, doméstico y ecosistemas

$$Dh = \sum c + Aenc$$

donde

Dh: demanda hídrica

c: consumos sectorial, doméstico y de ecosistemas

Aenc: agua extraída no consumida sectorial y doméstico

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

donde

Dh: demanda hídrica

Ch: consumo humano o doméstico

Csp: consumo del sector primario

Csm: consumo del sector manufacturero

Ccss: consumo del sector servicios

Cea: caudal ecológico y ambiental

Ce: consumo del sector energía (hidroeléctrica y termoeléctrica)

Ca: consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

La demanda hídrica en el marco del ENA 2010 considera sin distinción el uso del agua clasificado como consuntivo y no consuntivo, dado que la utilización del recurso, independientemente de esta clasificación, supone la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso y la no disponibilidad para otros usos compartidos o excluyentes.

Es importante resaltar que los diferentes usos en el caso puntual de la producción acuícola o el volumen

de agua turbinado para generación energética –con sus correspondientes tasas de retorno– implican retenciones o almacenamientos temporales, que inciden sobre el ciclo hídrico y sobre la disponibilidad misma del recurso. En estos casos, las afectaciones de calidad que caracterizan los retornos esperados, la temporalidad de la sustracción (almacenamientos) y el consumo excluyente y rival durante el periodo de sustracción determinan su inclusión como componentes agregativos de la demanda hídrica nacional.

La inclusión de la demanda hídrica asociada a la generación de energía y a la producción acuícola, clasificados como usos no consuntivos, toma como referencia el volumen de agua aprovechado en un año base, siendo este una variable de *stock* y no de flujo. La tasa de retorno al sistema es cercana al 100% luego de descontar la evaporación natural.

El caudal ambiental se privilegia como uso; por esta razón, los estimativos generales de volumen requerido para los ecosistemas asumen que debe estar disponible y, para garantizarlo en alguna medida, se consideró para el ENA como una sustracción de la oferta hídrica superficial y no se sumó en la demanda total.

5.2. Resultados alcanzados en la estimación de la demanda hídrica sectorial

Teniendo como soporte los conceptos y universos de aplicación, se presenta el consolidado de la demanda hídrica sectorial, incluidos el uso efectivo y los estimativos para la demanda extraída no consumida; también, los estimativos de demanda por cada sector seleccionado, conforme a las unidades de observación y a las premisas de cálculo adoptadas.

5.2.1. Demanda hídrica total nacional

La demanda hídrica agregada total nacional, conforme a los sectores seleccionados, con inclusión del agua extraída no consumida, alcanzó en 2008 un orden de magnitud de 35.877 Mm³. En la *Tabla 5.1* y en la *Figura 5.2*, se presentan los estimativos por sectores de la demanda por uso y su participación porcentual con respecto al total nacional. Lo mismo, en la *Figura 5.3*.

Tabla 5.1. Demanda hídrica nacional.

Usos del agua	Total (Mm ³)	Participación (%)
Servicios	528	1,5
Industria	1.577	4,4
Pecuario	2.220	6,2
Acuícola	2.584	7,2
Doméstico	2.606	7,3
Energía	6.976	19,4
Agrícola	19.386	54,0
Total	35.877	100

El componente de demanda extraída y no utilizada, resultado de la agregación de uso para los sectores, alcanza el 26% de la demanda total de agua (*Figura 5.3*).

La espacialización de la demanda hídrica nacional por subzonas hidrográficas conforme a la división política administrativa y regionalización de los datos primarios utilizados en la estimación se ilustran en la *Figura 5.4*.

En el contexto nacional, la estimación del componente de demanda hídrica realizada en los anteriores Estudios Nacionales del Agua deja ver una marcada subestimación frente al cálculo actual, producto de

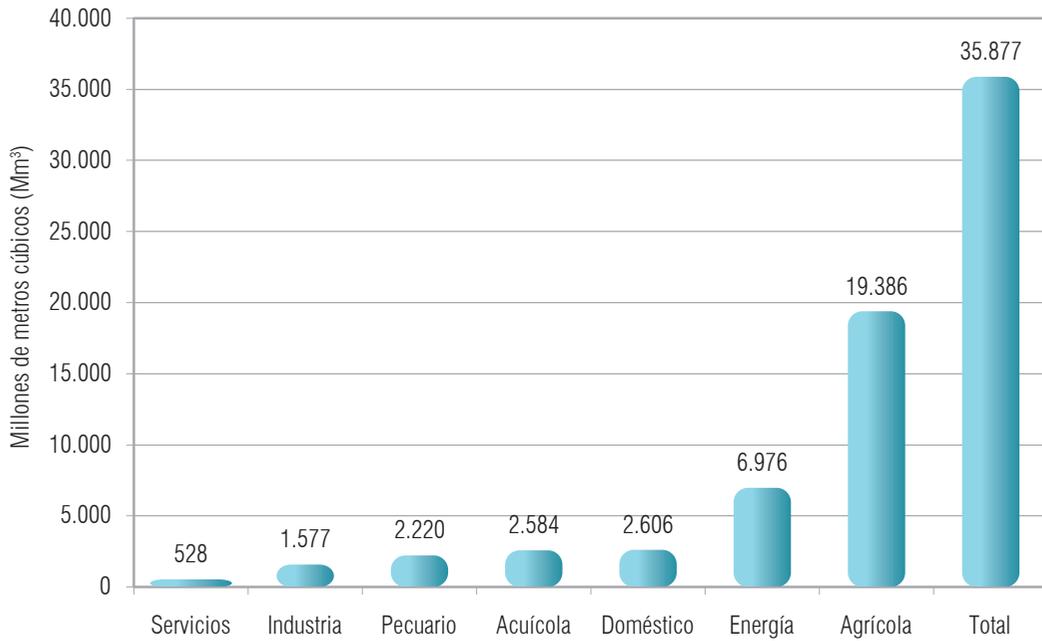


Figura 5.2. Demanda hídrica sectorial nacional agregada (2008).

1) una aproximación conceptual y metodológica de menor precisión, completa y cobertura; y 2) una posibilidad menos robusta de realizar la medición, dada

la información estadística disponible en su momento. En síntesis, la demanda proyectada para el año 2025 es igualmente inferior.

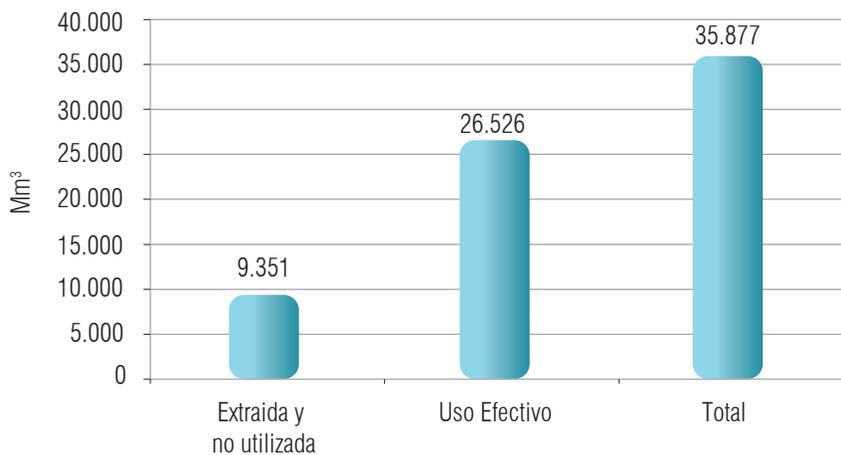


Figura 5.3. Estimación, usos efectivos y uso de agua extraída no consumida agregada.

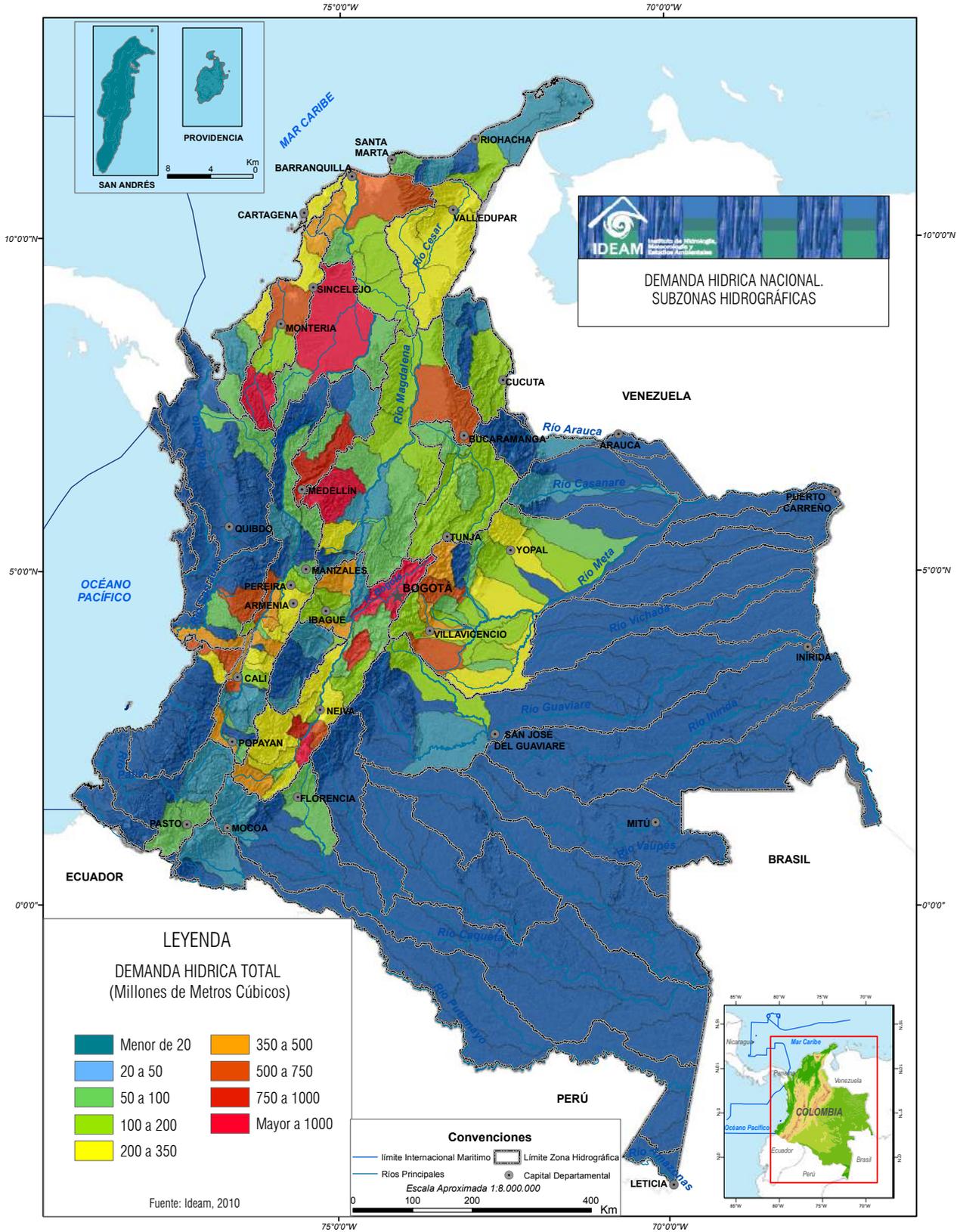


Figura 5.4. Demanda hídrica nacional.

5.2.2. Demanda hídrica en el sector agrícola

El cálculo del uso del recurso hídrico en el sector agrícola se acota a partir de dos componentes: a) la estimación del agua extraída con fines agrícolas, mediante la agregación del uso consuntivo y el agua extraída no consumida; y b) el valor agregado por consumo de agua en las actividades de poscosecha, que aplica puntualmente a los cultivos de café, banano y transformación de la hoja de coca, sin incluir la química final asociada a la obtención de base de coca y clorhidrato de cocaína.

Se excluyen de la medición de demanda agrícola las tierras en descanso (rastrajo, barbecho) y los pastos naturales, cuya demanda se satisface mediante los ciclos de precipitación.

5.2.2.1. Premisas de cálculo

El uso del agua en la producción agrícola se establece en función de las necesidades de riego de los diferentes cultivos. Está referido a la cantidad de agua y al momento de su aplicación, a fin de alcanzar un equilibrio entre la cantidad de agua requerida por el cultivo, en compensación por la pérdida por evapotranspiración, y la precipitación efectiva. Entonces, la necesidad de riego representa la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo y la precipitación efectiva, más un componente de agua adicional para el lavado de sales de los suelos y para compensar la falta de uniformidad o eficiencia en la aplicación de los sistemas de riego.

El primer cálculo que se necesita es el del *uso consuntivo* del cultivo. Este se obtiene aplicando el *enfoque del coeficiente del cultivo*, conforme a la metodología propuesta por la FAO, a partir del método

de Penman-Monteith (Serie de Riego y Drenaje de la FAO, Nro. 56); en este, los efectos del tiempo atmosférico son incorporados en la ET_p , y las características del cultivo y los efectos promedio de la evaporación del suelo en el coeficiente K_c .

$$ET_c = K_c \times ET_p$$

donde

ET_c : evapotranspiración del cultivo [mm d^{-1}]

K_c : coeficiente del cultivo [adimensional]

ET_p : evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d^{-1}]

Coeficiente del cultivo (K_c) y duración del periodo de crecimiento (L_p). El K_c es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_p); representa el efecto integrado de cuatro características principales que diferencian a un cultivo en particular del cultivo de referencia (pasto).

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ET_p (cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada en un clima dado, por una cubierta vegetal continua y bien alimentada de agua; por lo tanto, incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal, en una región específica, en un intervalo de tiempo dado). Así, mientras la ET_p representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c cambia principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas.

La variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del

coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva, es necesario conocer tres valores de Kc: 1) los correspondientes a la etapa inicial (Kc ini), 2) la etapa de mediados de temporada (Kc med) y 3) la etapa final (Kc fin). La forma gráfica de la curva se ilustra en la Figura 5.5.

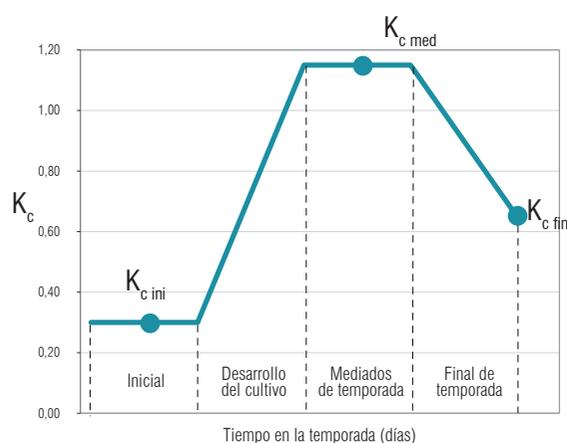


Figura 5.5. Curva del coeficiente del cultivo (FAO, 2006).

A partir de la curva del coeficiente del cultivo se puede determinar el valor de Kc para cualquier periodo, en forma gráfica o numérica. Una vez determinados los valores de Kc, la evapotranspiración del cultivo (ETc) puede ser calculada multiplicando los valores de Kc por los valores correspondientes de ETp.

El valor del coeficiente Kc para un periodo definido de la temporada de crecimiento se puede determinar considerando que el valor de Kc durante la etapa inicial y la etapa de mediados de temporada es constante e igual al valor de Kc durante la etapa considerada. Durante las etapas de desarrollo y final, el valor de Kc varía en forma lineal entre el valor de Kc correspondiente a la etapa previa (Kc prev) y el valor de Kc al comienzo de la próxima etapa (Kc prox), el cual corresponde al Kc fin en el caso de la etapa final:

$$Kc_i = Kc_{prev} + \left[\frac{i - \sum(L_{prev})}{L_{etapa}} \right] \times (Kc_{prox} - Kc_{prev})$$

donde

Kc_i : coeficiente del cultivo para el día i

i: número del día dentro de la etapa de crecimiento

[1-duración de la etapa de crecimiento]

L_{etapa} : duración de la etapa considerada [días]

$\sum(L_{prev})$: suma de las duraciones de las etapas previas [días]

Una vez conocido el uso consuntivo, se establece la *precipitación efectiva* (precipitación disponible), que explica el valor de la precipitación final luego de que, al volumen precipitado, se le descuenta el valor de infiltración y evaporación. Matemáticamente, se obtiene multiplicando la precipitación (mm) y el coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía se obtiene como el cociente entre la escorrentía y la precipitación (ambas expresadas en altura de agua). Esta operación estima el valor máximo de caudal de escorrentía provocado por lluvia como el producto de la superficie de cuenca, un valor máximo de intensidad de lluvia y un factor de escorrentía.

Conociendo estos dos valores: uso consuntivo y precipitación efectiva, se establece el riego requerido o riego bruto. Este muestra en esencia la condición de suficiencia o déficit de agua para atender los requerimientos de agua en las diferentes fases del cultivo. Si el uso consuntivo es menor que la precipitación efectiva se asume que no existe necesidad de riego complementario. Por el contrario, si el uso consuntivo es mayor o igual a uno (≥ 1), entonces es necesario suplir el déficit con sistemas de riego. El *riego bruto* se establece mediante la diferencia entre el uso consuntivo del cultivo y la precipitación efectiva (fracción de la precipitación que realmente se pone a disposición de la planta).

El riego neto cierra la estimación de la demanda hídrica por tipo de cultivo. Este se obtiene dividiendo el riego requerido o riego bruto por el factor de eficiencia de riego. El valor obtenido se expresa en m^3/ha -año.

La eficiencia de riego es una condición que se debe tener en cuenta para expresar con mayor certidumbre la irrigación con fines agrícolas. Así, del volumen total de agua irrigada solo una fracción –y no la unidad– va directamente al consumo de la planta; el resto se explica como “pérdidas” asociadas a la conducción del sistema de riego desde la captación hasta el riego in situ. El valor de eficiencia aplicado en el ENA es de 65% para el conjunto de cultivos, exceptuando el cultivo de arroz inundable, cuyo coeficiente es del 23%.

La cuantificación del total del agua extraída con fines agrícolas en la fase de crecimiento de los cultivos se establece mediante la agregación de los valores de la lámina de agua irrigada atribuibles al riego eficiente y el riego no eficiente. La *ineficiencia de riego* se define como el margen o porcentaje que se descuenta del volumen de agua dispuesta como riego (riego bruto), y que explica las pérdidas inevitables, entre otras, la percolación profunda, la escorrentía superficial y las originadas en la aplicación de sistemas de explotación o manejo técnico de los sistemas de riego. El valor que es atribuible a esta condición, en el marco del Estudio Nacional del Agua, es de 35% para la suma de cultivos, sin incluir el arroz, riego cuyo factor es de 83%.

El 83% explica, en esencia, los requerimientos totales de agua del cultivo de arroz de riego considerando, además de las necesidades fenológicas del cultivo, el agua asociada a la práctica cultural de este cultivo. Este supone la siembra en zonas o áreas con un marcado y sostenido déficit de agua, que requieren ser inundadas para la obtención del producto agrícola.

Por ello, la lámina de agua requerida es significativamente mayor que la demandada per se por el cultivo. De acuerdo con la consulta realizada a Fedearroz, federación de usuarios de riego y administradora de los distritos de riego de Usocoello y de Usosaldaña, la lámina de agua en zonas inundables se estima en cerca de 16.000 m^3 por hectárea por cosecha. Es importante señalar que este factor se aplica únicamente al segmento de la producción de arroz riego en zonas que demandan una suplencia de agua no aportada naturalmente.

5.2.2.2. Unidades de observación

Las siguientes son las unidades de observación para la estimación de la demanda por uso agrícola:

1. cultivos transitorios
2. cultivos permanentes
3. permanentes forestales
4. pastos con manejo
5. cultivo permanentes de flores.

5.2.2.3. Variables de cálculo

Estas son las variables utilizadas para el cálculo de la demanda de agua para uso agrícola:

- Área, producción y rendimiento de las unidades de observación para el año base seleccionado.
- Periodos de crecimiento o de longitud de tiempo acordes con las fases de crecimiento de los cultivos.
- Calendario de siembra acorde con la condición de permanentes o transitorios.
- Kc por tipo de cultivo asociado a cada una de las fases de crecimiento de los cultivos.

La fórmula de cálculo de la demanda agrícola es como sigue:

$$Da = 10 \sum_{d=1}^{lp} \left[\frac{(Kc \times ETp) - \frac{(P \times Ke)}{100}}{Kr} \right] \times A$$

donde

Da: requerimiento de agua del cultivo (m³/ha)

10: es el factor que aplica para convertir a m³/ha

lp: duración del periodo de crecimiento

Kc: coeficiente cultivo

ETp: evapotranspiración de referencia potencial

P: precipitación en mm

Ke: coeficiente de escorrentía

Kr: coeficiente de eficiencia de riego

A: área sembrada

Uso del agua en poscosecha. Los coeficientes estandarizados para café (como parte del proceso de lavado en el paso de café verde a café pergamino) son publicados por Cenicafé (2000), según el tipo de beneficio utilizado: son de 40 y 60 l/kgcps para beneficio húmedo y de 1 l/kgcps cuando se trata de beneficio ecológico. En el caso del cultivo de banano de exportación, el valor de referencia es publicado por Augura y el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica en un rango entre 7 y 15 l/kg.

Según indicador referenciado en la publicación *Consideraciones del cultivo de coca, insumos, rendimientos y análisis económico*, de la Dirección Nacional de la Policía Antinarcoóticos (2002), las necesidades de agua requerida durante la transformación de hoja de coca en pasta de coca son equivalentes a 400 l/ha cosechada. El consumo de agua insumida en el proceso de obtención de pasta de coca es de 43 m³/kg.³

3 Dato suministrado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), con base en el censo de cultivos de coca, como una operación estadística ejecutada en el marco del Sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos.

Requerimientos de agua para cultivo de flores bajo condiciones de invernadero. La demanda asociada con la producción de flores se acota a los sistemas controlados bajo invernaderos. Para esta estimación, es necesario considerar los requerimientos de agua para las plantas, el agua requerida en la dilución de nutrientes y el agua insumida en otras prácticas culturales.

En producción de flores en viveros, se utiliza como criterio de riego aplicar 1 m³ por cama (30 m X 1,3 m), por semana (CIAT, 1999). Cuando se aplica semanalmente (siete días) 1 m³ de agua, se está haciendo una aplicación equivalente aproximada de 143 litros/día-cama. Conforme a esta relación, el valor específico aplicable como requerimiento de agua para riego en cultivo de flores bajo condiciones de invernadero es de 36,6 m³/ha-día. De acuerdo con las prácticas culturales del cultivo, es necesario considerar un periodo de descanso en el que no se utiliza riego, entre la cosecha o producción y la instalación de un nuevo cultivo, que en el año no supera los 20 días, ocupados en labores de desinfección, recomposición de la cama, entre otras.

5.2.2.4. Resultados estimados de demanda hídrica en el sector agrícola

El volumen de agua utilizado en el sector agrícola en 2008 alcanza un orden de magnitud de 19.386 Mm³, de los cuales 10.920 Mm³ son el consumo efectivo, con una participación de 56,33% con respecto al total, en tanto que el volumen de agua extraída no consumida por los cultivos es de 8.466 Mm³, con una participación de 43,67%. Un volumen de 37 Mm³ corresponde a usos del agua en labores y actividades de poscosecha, con una participación del 0,19% frente al total de agua utilizada en el sector (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Demanda hídrica agrícola en 2008.

Cobertura ENA agrícola	Demanda hídrica agregada anual	Consumo efectivo en cultivo	Agua extraída no consumida	Participación consumo efectivo en cultivo con respecto a la demanda hídrica anual	Participación agua extraída no consumida con respecto a la demanda hídrica anual
Pastos manejados	7.938	5.159	2.778	26,61%	14,33%
Bosques plantados	617	401	216	2,07%	1,11%
Cultivos permanentes	3.826	2.487	1.339	12,83%	6,91%
Cultivos transitorios	6.784	2.652	4.132	13,68%	21,32%
Cultivo de flores permanentes	183	183	0	0,94%	0,00%
Poscosecha de café	6	6	0	0,03%	0,00%
Poscosecha de banano	13	13	0	0,07%	0,00%
Cultivos ilícitos	18	18	0	0,09%	0,00%
Total agrícola con beneficio	19.386	10.920	8.466	56,33%	43,67%

La *Figura 5.6* ilustra la distribución y la demanda agrícola por subzonas hidrográficas.

Los pastos manejados y los cultivos transitorios son los de mayor demanda por uso de agua en el sector agrícola, con un porcentaje alto de agua extraída no consumida con respecto a la demanda hídrica anual, con 14% y 21%, respectivamente.

En la *Figura 5.7*, se presentan los mapas por subzonas hidrográficas, con desagregación en pastos manejados, cultivos permanentes, beneficio poscosecha (banano, café), cultivos transitorios, bosques plantados y cultivo de coca.

La estimación de la demanda hídrica en el sector agrícola, forestal y en pastos permite zonificar y categorizar la intensidad de uso y consumo del agua, para los diferentes arreglos productivos, en función del área ocupada, las prácticas culturales, la eficiencia del riego y las características fenológicas de los cultivos, lo que lleva a reconocer situaciones de déficit o de estrés hídrico –en zonas o en unidades geográficas de menor escala– o condiciones de presión no siempre determinadas por una restricción biofísica y

explicadas, en la mayor de las veces, por un manejo no eficiente o irracional del recurso hídrico que es incorporado en forma sectorial.

De acuerdo con el método de estimación, el uso del recurso hídrico y su crecimiento esperado en el sector agrícola están determinados, esencialmente, por tres factores complementarios: a) el **crecimiento económico** sectorial, reflejo del área ocupada y los niveles de producción alcanzados; b) la **productividad agrícola**, que determina los requerimientos de agua por unidad de área; c) la **especialización productiva**, que determina el carácter de uso extensivo o intensivo del agua y que explica la presión sobre el recurso hídrico. Conforme a estos factores, es importante observar:

Cultivos permanentes. Caracterizados por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, explicada por el nivel de especialización alcanzado en la cadena de producción, incluido el proceso de poscosecha; por una participación significativa en la oferta exportadora, incluida la producción de biocombustibles; y por aumentos en la productividad agrícola. Estas características, integradas, llevan a calificar estos sistemas de producción como “de *agua intensivos*”. La mayor presión del

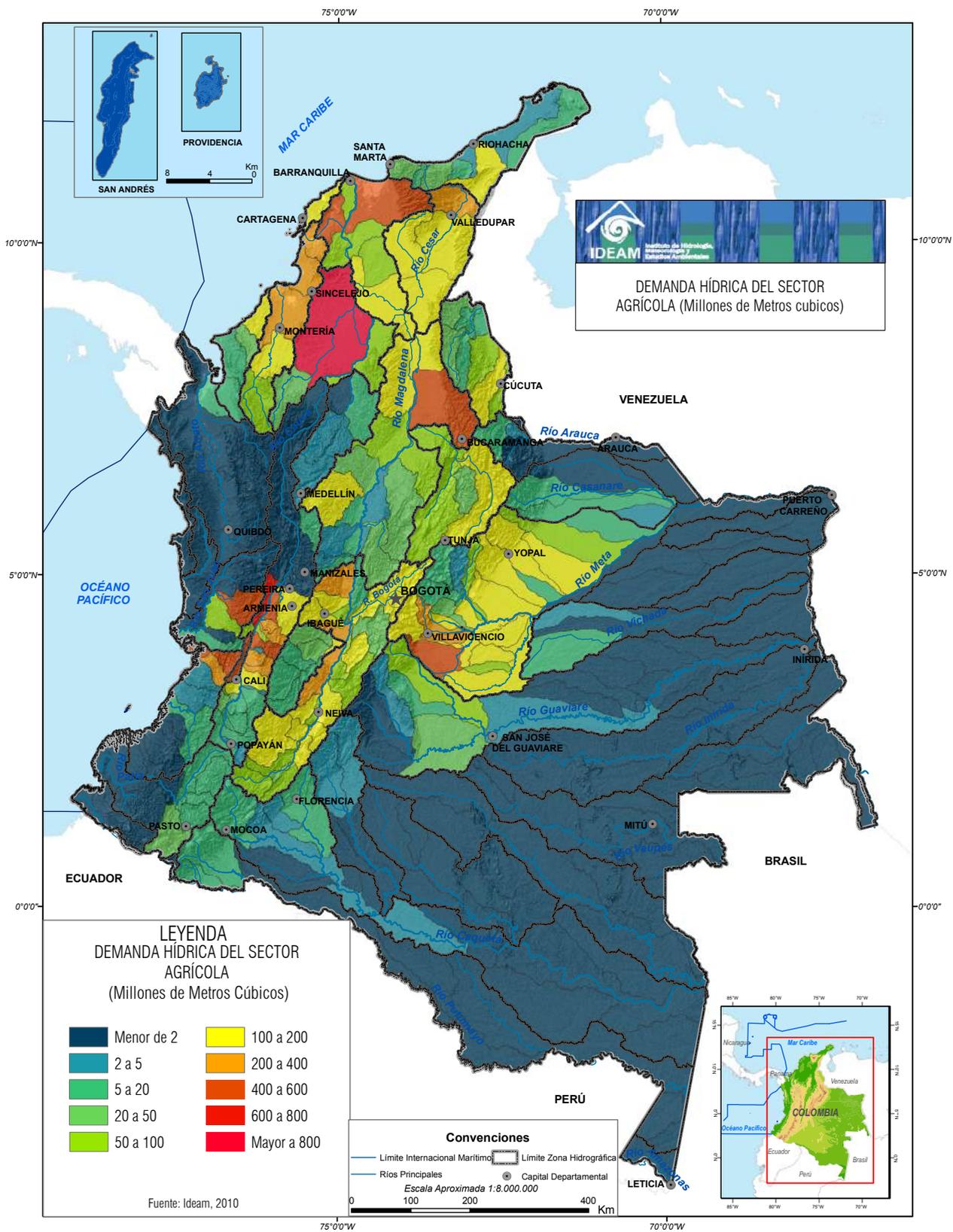


Figura 5.6. Demanda hídrica del sector agrícola.

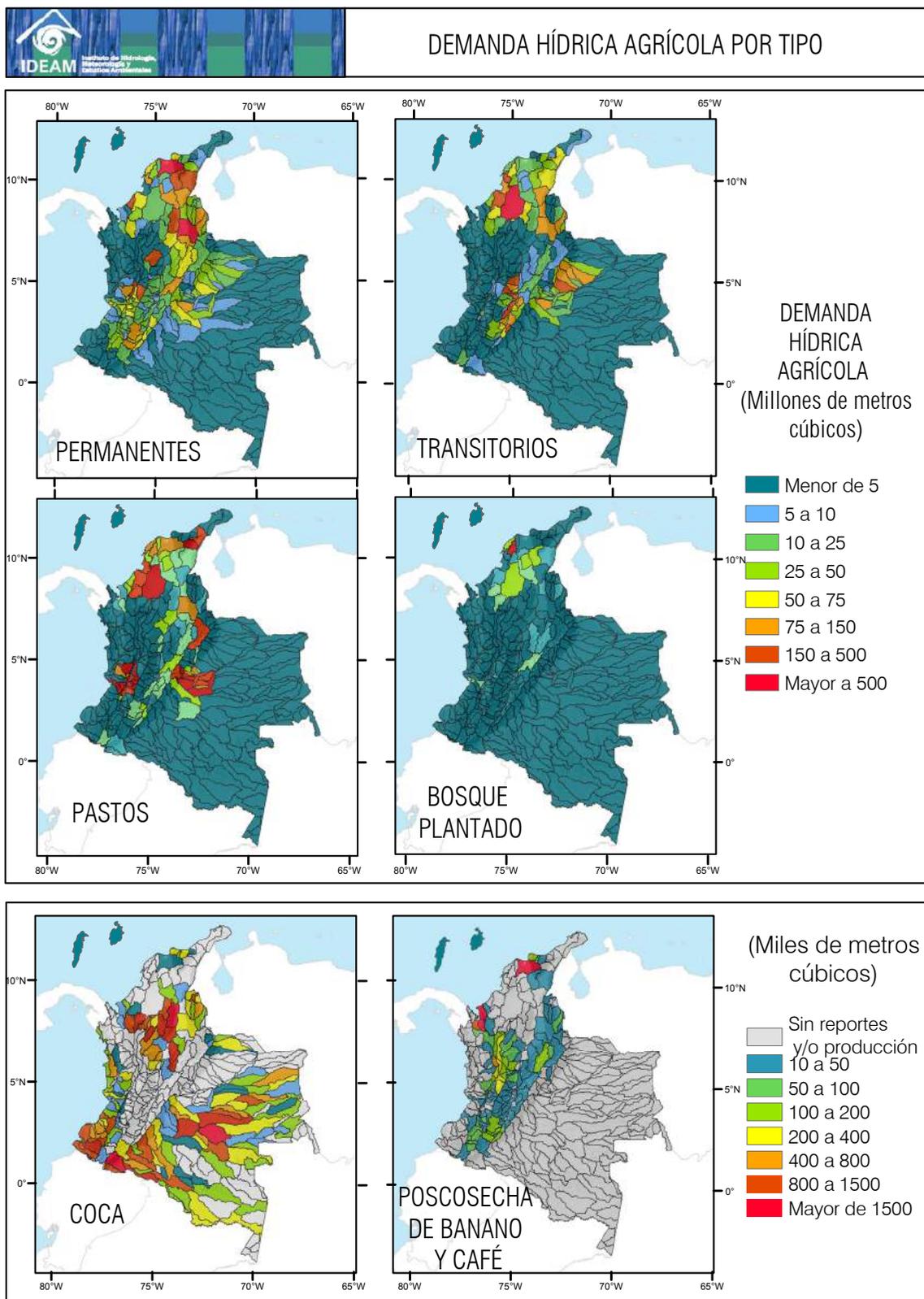


Figura 5.7. Demanda hídrica agrícola desagregada por tipo.

recurso hídrico –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los cultivos de café, palma africana, banano exportación y caña de azúcar, localizados en los departamentos del Valle del Cauca, Magdalena, Córdoba y Bolívar, y en la suma de departamentos cafeteros (*Tabla 5.10b en página XX*).

Estos cultivos se concentran principalmente en las subzonas hidrográficas del Brazo Morales; Ciénaga Grande de Santa Marta; ríos Lebrija, Cesar, Sogamoso, directos al río Cauca y río la Vieja, del área hidrográfica Magdalena-Cauca. En el Caribe, en las subzonas del Sinú y los ríos Catatumbo y sus afluentes Zulia y Nuevo Presidente. En la Orinoquía, en el río Metica. Y en el Pacífico, en el Sipi.

Cultivos transitorios. Al igual que en cultivos permanentes, los cultivos temporales o transitorios se caracterizan por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, pero se explica por otros factores que difieren de los permanentes: a) rotación de cultivos y “rotación” de las áreas ocupadas; b) menor tamaño de las explotaciones agrícolas y menor nivel de especialización; c) **mayor ineficiencia en los sistemas de riego.** Estas características, integradas, llevan a calificar estos sistemas de producción como «de *agua extensivos*”. La mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los cultivos de arroz y maíz, con una participación del orden de 91%, con desagregación geográfica mayormente en los departamentos de Tolima, Sucre, Huila, Casanare y Bolívar (*Tabla 5.14*). Estos cultivos se concentran en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, más que todo en las subzonas del Bajo San Jorge, la Mojana, Lagunilla, Saldaña, Cesar y Lebrija. Y en el Caribe, en el río Sinú.

En la evaluación de la presión sobre el recurso hídrico, es importante notar la afectación observada comparando estos dos sistemas de producción, y que resulta consecuente con la diferenciación que explica la intensidad y elasticidad del uso del recurso hídrico según se trate de permanentes o transitorios:

- a. Las áreas ocupadas (total anual) presentan una variación de tan solo el 3,5%; resulta mayor el área anual sembrada en cultivos transitorios.
- b. La demanda hídrica total anual presenta una variabilidad a razón de 1:1.8 entre permanentes y transitorios; es decir, que este último está cercano a duplicar la utilización del recurso hídrico, aun cuando las áreas ocupadas son aproximadamente equivalentes.
- c. El uso consuntivo (requerimiento de agua neta para el arreglo de cultivos) total anual presenta una variabilidad de 6,6%; el uso consuntivo resulta mayor en cultivos transitorios.
- d. El uso ineficiente (agua extraída no consumida) total anual presenta una variabilidad a razón de 1:3.1 entre permanentes y transitorios; es decir, que este último triplica el volumen de agua extraída de la oferta hídrica disponible, pero que no es insumida en su conjunto por los cultivos.
- e. Los resultados de la estimación de la demanda hídrica 2010 –vista integralmente desde las variables de utilización del recurso hídrico, participación del producto agrícola y concentración geográfica– son consecuentes con la tendencia registrada en el período 2000-2004, que muestra como los principales cultivos usuarios de agua: café, con un 34%; plátano y banano exportación, 13,3%; arroz, 13%; caña de azúcar, 10%; maíz, 7%; y palma, 5% de toda la huella hídrica nacional (Pérez R., Mario, 2007).

Conforme a lo expuesto, es de esperar que, en el mediano plazo, se presenten aumentos importantes en el uso del recurso hídrico explicados, en esencia, por el aumento de la productividad y por los incrementos en el área de producción y en el nivel de producto, variables de fácil constatación en las tendencias registradas en el sector agrícola, observadas a partir del comportamiento puntual de los cultivos en las dos últimas décadas y en las metas propuestas en el marco del Plan de Desarrollo 2010-2014, con proyección al 2025.

Pastos manejados. En esta cobertura, la mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los departamentos de Meta, Sucre, Córdoba y La Guajira (*Tabla 5.5*). En la evaluación de la presión sobre el recurso hídrico es importante notar la afectación observada, comparando este cultivo frente a los sistemas de producción asociados a los cultivos permanentes:

- a) El área ocupada total anual presenta una variación del 56%, donde resulta mayor el área anual sembrada en pastos manejados con respecto al total de permanentes en 2008.
- b) La demanda hídrica total anual, el uso consuntivo (requerimiento de agua neta para pastos con manejo) y el uso ineficiente (agua extraída no consumida) presentan una variabilidad a razón de 1:2 entre permanentes y pastos manejados; es decir, que la intensidad de uso es dos veces mayor en pastos que en el total de cultivos permanentes del país.

De acuerdo con esta estructura, es de esperar que en el mediano plazo se presenten aumentos importantes en el uso del recurso hídrico, explicados en

esencia por el aumento total de la biomasa producida, consecuente con la capacidad de carga asociada a gran ganadería,⁴ y las proyecciones de crecimiento del hato ganadero, con una población estimada de 48 millones de reses para el 2019.

Bosques plantados: Para este sector, la mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción forestal, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los departamentos de Atlántico, Magdalena, Valle del Cauca, Sucre y Córdoba (*Tabla 5.7*). Con énfasis en las subzonas del Canal del Dique, Bajo San Jorge-Mojana, Alto San Jorge y arroyo Corozal en el Bajo Magdalena; Medio Sinú, en la zona hidrográfica del Sinú; río Ariguaní, en el Cesar; río Bogotá, en el Alto Magdalena; río Dagua, en la zona hidrográfica Amarales-Dagua; y río Suárez, en la zona del Sogamoso.

A continuación se presentan las consideraciones metodológicas y estimaciones de demanda para el sector agrícola en sus diferentes desagregaciones.

• Volumen de agua insumida en las coberturas de pastos manejados

El punto de partida para obtener la estimación del consuntivo en coberturas con pastos manejados supone conocer y establecer con precisión el área ocupada por tipo de especie. Esta es una condición fundamental, dado que se requiere diferenciar entre las áreas ocupadas con manejo, lo que a su vez define las prácticas culturales asociadas al cultivo (por ejemplo, ciclo de riego, ciclo de corte y rotación del

4 Relaciona la cantidad de hectáreas dedicadas a la ganadería (30,4 millones o 38,3 millones, incluidos malezas y rastrojos) y el tamaño del hato; arroja una carga efectiva de 0,75 animales por hectárea, con base en la menor de las dos cifras, y de 0,60 animales por hectárea (cifra oficial).

área sembrada), de aquellas otras con pastos manejados, considerados permanentes, sin déficit o estrés hídrico.

Las especies consideradas en la delimitación del área ocupada con pastos de manejo son: forrajeras de corte, forrajeras no convencionales, gramíneas de corte, leguminosas erectas y leguminosas volubles. Estas se diferencian de las coberturas permanentes, que se identifican como gramíneas de pastura, leguminosas arbustivas, leguminosas prostradas y pastoreo. Consecuente con esta ordenación, en 2008 las áreas ocupadas con pastos manejados eran del orden de 3.396.700 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (K_c), y el ciclo de siembra y terminación para las especies

señaladas son referenciados en la literatura especializada en el tema de Unesco-IHE y de FAO (Tabla 5.3).

El volumen de agua extraída estimada en coberturas de pastos con manejo era de 7.938 Mm^3 en 2008; de esta cantidad, el consumo efectivo por cultivo es del orden de 5.159 Mm^3 y el volumen de agua extraída no insumida es del orden de 2.778 Mm^3 (Tabla 5.4).

El volumen anual de uso de agua para pastos manejados, y el consumo efectivo en los cultivos y su participación por departamentos se presentan en la Tabla 5.5. En la Figura 5.7 está ilustrada la espacialización de la demanda hídrica nacional en pastos manejados por subzonas hidrográficas conforme a la división política, administrativa y regionalización de los datos primarios utilizados en la estimación.

Tabla 5.3. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para pastos manejados.

Especie Pasto manejado	Coeficiente K en zona tropical					Longitud tiempo de siembra – cosecha (días)				
	Kc inicial	Kc medio	Kc desarrollo	Kc final	Promedio	Etapas inicial	Etapas de desarrollo	Etapas media	Etapas final	Total
Forrajeras	0,52	0,89	0,89	0,74	0,76	11	20	34	72	137
Gramíneas de corte	0,90	0,90	1,25	0,55	0,90	11	20	34	72	137
Leguminosas erectas subarbustivas	1,05	1,05	1,13	0,55	0,95	11	20	34	72	137
Leguminosas volubles	1,05	1,05	1,13	0,55	0,95	11	20	34	72	137
Promedios pastos manejados	0,88	0,97	1,10	0,60	0,888	11	20	34	72	137

Fuente: FAO, 2006.

Tabla 5.4. Volumen de agua extraída ($Mm^3/año$) para pastos manejados (2008).

Área total sembrada (ha)	Kc promedio	Factor eficiencia de riego	Demanda anual (Mm^3)	Consumo efectivo en cultivo (Mm^3)	Agua extraída no consumida (Mm^3)
3.396.700	0,90	0,65	7.938	5.159	2.778

Tabla 5.5. Demanda anual de agua para pastos manejados y consumo efectivo por departamentos.

Departamento	Hectáreas	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	208.660	146	95
Arauca	358	1	0
Atlántico	8.232	99	64
Bolívar	14.608	147	95
Boyacá	36.740	115	75
Caldas	17.535	15	10
Casanare	774	2	1
Cauca	737	2	1
Cesar	10.979	58	37
Córdoba	37.833	279	182
Cundinamarca	47.412	92	60
Huila	39.403	171	111
La Guajira	19.620	259	168
Magdalena	15.310	157	102
Meta	1.546.970	1.509	981
Nariño	11.730	33	22
Norte de Santander	7.830	17	11
Quindío	1.923	0	0
Risaralda	624	0	0
Santander	56.452	75	49
Sucre	28.599	288	187
Tolima	28.829	90	59
Valle del Cauca	1.255.542	4.385	2.850
Total general	3.396.700	7.938	5.159

Tabla 5.6. Volumen de agua extraída para bosques plantados.

Área total sembrada (ha)	KC - Promedio	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
337.231	1	0,65	617	401	216

• Volumen de agua insumida en los bosques plantados

En el Estudio Nacional del Agua, se incluyen las coberturas forestales comerciales o bosque plantado con prácticas culturales definidas. Se excluyen las demás coberturas consideradas permanentes forestales, sin necesidades de manejo y sin déficit o estrés hídrico. De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria, el área ocupada en 2008 era de 337.231 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (Kc) es referenciada en la literatura especializada de Unesco-IHE y de FAO. El Kc referenciado para el proceso del cultivo forestal con periodo de siembra permanente es igual a 1 (uno).

El volumen de agua extraída estimada en coberturas de bosques plantados en 2008 era de 617 Mm³, del cual el consumo efectivo por cultivo es del orden de 401 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de cerca de 216 Mm³ (Tabla 5.6).

En la *Tabla 5.7* se presentan el volumen de uso de agua anual para bosques manejados, y el consumo efectivo en cultivo y su participación por departamentos; y en la *Figura 5.7*, la espacialización de la demanda hídrica nacional en bosques manejados por subzonas hidrográficas.

- **Volumen de agua insumida en cultivos permanentes**

En el Estudio Nacional del Agua, se incluye la cobertura de cultivos permanentes observados por la Encuesta Nacional Agropecuaria como son: banano, cacao, café, caña de azúcar, caña panelera, cítricos, otros frutales, plátano, otros permanentes y otros cítricos. Según la Encuesta Nacional 2008, el área ocupada por estos cultivos es del orden de 2.175.918 ha. La selección de

los coeficientes de cultivo (K_c) es referenciada por la Unesco-IHE y FAO (*Tabla 5.8*).

El volumen de agua extraída estimada en cultivos permanentes en 2008 (*Tabla 5.9*) era de 3.826 Mm³, de los cuales el consumo efectivo para el agregado de cultivos es del orden de 2.487 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de 1.339 Mm³.

En la *Tabla 5.10a* y en la *Tabla 5.10b* se registra la distribución del volumen de agua utilizada en cultivos permanentes; se diferencian la demanda hídrica total anual por cultivo y el consumo efectivo (uso consuntivo) por departamento.

La demanda hídrica nacional en cultivos permanentes, incluida la de flores, por subzonas hidrográficas, quedó ilustrada en la *Figura 5.7*.

Tabla 5.7. Demanda anual de agua para bosques plantados y consumo efectivo por departamentos.

Departamento	Hectáreas	Demanda Total anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	70.173	6,01	3,91
Atlántico	14.991	296,38	192,65
Bolívar	1.438	20,13	13,08
Boyacá	44.098	17,65	11,47
Caldas	90.761	0,00	0,00
Cesar	6.014	19,56	12,71
Córdoba	9.555	41,69	27,10
Cundinamarca	15.573	26,29	17,09
Huila	2.545	3,19	2,07
Magdalena	7.054	74,63	48,51
Meta	736	1,90	1,23
Nariño	4.985	6,33	4,12
Norte de Santander	5.753	10,70	6,95
Quindío	3.674	0,00	0,00
Risaralda	1.014	0,00	0,00
Santander	12.517	2,73	1,77
Sucre	4.803	44,32	28,80
Tolima	10.048	0,00	0,00
Valle del Cauca	31.499	45,98	29,89
Total general	337.231	617,46	401,35

Tabla 5.8. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos permanentes.

Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc desarrollo	Kc final	Kc promedio	Kc ENA
Cacao	1.00	1.05	1.05	1.05	1.04	1,038
Caña de azúcar	0.55	0.90	1.05	0.70	0.80	0.555
Café	1.05	1.10	1.10	1.10	1.09	1,088
Palma africana	0.95	1.00	1.00	1.00	0.99	1,075
Plátano	1.00	1.20	1.20	1.10	1.13	1.00
Banano	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Banano consumo interno	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Banano exportación	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Mango	0.77	0.82	0.85	0.82	0.81	0.750
Naranja	0.70	0.65	0.65	0.65	0.66	0.750
Otros cítricos	0.70	0.65	0.65	0.65	0.66	0.750
Otros frutales	0.77	0.82	0.85	0.82	0.81	0.813
Aguacate	0.80	0.78	0.78	0.78	0.79	0.788
Otros permanentes	0.59	0.85	0.85	0.76	0.76	0.88

Fuente: FAO, 2006.

Tabla 5.9. Volumen de agua extraída (Mm³/año) para cultivos permanentes (2008).

Área total sembrada (ha)	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
2.175.918	0,65	3.826	2.487	1.339

Tabla 5.10a. Demanda anual de agua por cultivo permanente.

Volumen de agua extraída (Mm ³ /año) en cultivos permanentes (2008)				
Cultivo	Hectáreas	Volumen de agua extraída (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Volumen de agua extraída no consumida (m ³)
Banano de consumo interno	37.868	133	87	47
Cacao	96.148	164	107	58
Café	693.238	1.211	787	424
Caña de azúcar	223.307	110	72	39
Caña panelera	204.407	23	15	8
Cultivo de naranja	40.329	53	35	19
Mango	8.850	2	2	1
Otros cítricos	20.876	18	12	6
Otros frutales	123.352	125	81	44
Otros permanentes	33.776	19	12	7
Palma aceite	322.780	1.270	825	444
Plátano	370.987	697	453	244
Total	2.175.918	3.826	2.487	1.339

• **Volumen de agua insumida en cultivos transitorios**

En el Estudio Nacional del Agua 2010 se incluye la cobertura de cultivos transitorios observados por la Encuesta Nacional Agropecuaria, como son los de arroz, arveja, cebada, cebolla, frijol, haba, hortalizas, maíz, papa, sorgo, tabaco, tomate, trigo, yuca, zanahoria. Según la Encuesta Nacional 2008, el área ocupada por estos cultivos es del orden de 2.251.447 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (Kc) es referenciada en la Unesco-IHE y FAO (Tabla 5.11).

El volumen de agua extraída estimada en cultivos transitorios en 2008 (Tabla 5.12) es de 6.784 Mm³, de los cuales el consumo efectivo para el agregado de cultivos es del orden de 2.652 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de 4.132 Mm³.

En la Tabla 5.13 se registra la distribución del volumen de agua utilizada en cultivos transitorios y en la Tabla 5.14, el consumo efectivo (uso consuntivo) por departamento.

En la Figura 5.7, se ilustró la demanda hídrica nacional en cultivos transitorios, por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.10b. Demanda anual de agua para cultivos permanentes por departamento.

Departamento	Demanda total anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	1,41	0,92
Atlántico	15,51	10,08
Bolívar	383,73	249,42
Boyacá	14,47	9,40
Caldas	0,00	0,00
Casanare	134,73	87,57
Cauca	121,50	78,98
Cesar	392,64	255,21
Córdoba	183,28	119,13
Cundinamarca	31,41	20,42
La Guajira	8,91	5,79
Huila	368,70	239,65
Magdalena	469,19	304,97
Meta	243,39	158,21
Nariño	1,06	0,69
Norte de Santander	259,62	168,76
Otros departamentos	69,79	45,36
Otros departamentos estudiados	7,16	4,66
Quindío	57,73	37,53
Risaralda	0,00	0,00
Santander	317,22	206,19
Sucre	0,28	0,18
Tolima	77,12	50,13
Valle del Cauca	667,42	433,82
Total general	3.826	2.487

Tabla 5.11. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos transitorios.

Cultivo	Coeficiente K en zona tropical				Longitud tiempo siembra-cosecha (días)					Calendario de siembra
	Kc inic.	Kc med.	Kc desarrollo	Kc final	Etapa inicial	Etapa de desarrollo	Etapa media	Etapa final	TOTAL	Fecha de siembra
Cebada	0,30	1,15	1,10	0,25	17,0	35,0	58,0	33,0	143,0	Marzo/abril, julio y noviembre
Trigo	0,30	1,15	1,10	0,30	30,0	140,0	40,0	30,0	240,0	Diciembre, noviembre y octubre
Arroz manual	1,10	1,05	1,50	0,95	30,0	30,0	80,0	40,0	180,0	Diciembre/mayo y mayo
Arveja	1,05	1,00	1,05	1,10	20,0	30,0	35,0	15,0	100,0	Marzo/abril y mayo
Cebolla cabezona	0,95	0,95	0,95	1,05	24,0	36,0	18,0	18,0	96,0	Abril/mayo y octubre
Maíz	0,30	1,20	0,55	0,50	20,0	35,0	40,0	30,0	125,0	Junio/octubre
Papa industrial	0,50	1,15	0,75	0,75	30,0	35,0	50,0	30,0	145,0	Abril
Sorgo	0,30	1,00	0,55	0,55	20,0	35,0	40,0	30,0	125,0	Mayo/junio
Tabaco	0,50	1,15	0,80	0,80	20,0	30,0	30,0	30,0	110,0	nd
Yuca	0,50	1,10	0,95	0,95	20,0	40,0	90,0	60,0	210,0	Periodo lluvioso
Frijol	0,40	1,15	0,90	0,90	20,0	30,0	30,0	10,0	90,0	Febrero/marzo
Hortalizas	0,59	1,06	0,90	0,77	25,0	36,0	40,0	18,0	119,0	Inicio de siembra acorde con estación de lluvias
Otros transitorios	0,59	1,06	0,90	0,77	17,0	35,0	58,0	33,0	143,0	Inicio de siembra acorde con estación de lluvias
Haba	0,95	1,00	0,60	0,60	15,0	25,0	35,0	15,0	90,0	Mayo, marzo/abril, nov.
Zanahoria	0,70	1,05	0,95	0,95	30,0	40,0	60,0	20,0	150,0	Febrero/marzo
Tomate	0,60	1,15	0,80	0,80	30,0	40,0	45,0	30,0	145,0	Enero, abril/mayo, octubre/nov..
Algodón	1,05	1,15	0,65	0,70	30,0	50,0	60,0	55,0	195,0	Marzo/mayo y septiembre
Soya	0,40	1,15	0,50	0,50	15,0	15,0	40,0	15,0	85,0	Mayo/diciembre

Fuente: FAD, 2006.

Tabla 5.12. Volumen total de agua extraída en cultivos transitorios.

Área total sembrada (ha)	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
2.251.447	0,65	6.784	2.652	4.132

Tabla 5.13. Volumen de agua extraída por tipo de cultivo transitorio.

Cultivo	Área Semestre B (ha)	Área Anual (ha)	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³) con precipitación efectiva
Algodón	34.822	46.308	57,32	37,26
Arroz	204.577	493.865	4.185,18	962,59
Arroz mecanizado	199.771	482.249	1.438,78	935,21
Arroz tradicional	4.805	11.616	34,12	22,17
Arveja	18.836	36.151	9,88	6,42
Cebada	1.791	5.793	0,39	0,25
Cebolla bulbo	6.342	16.646	8,60	5,59
Cebolla en rama	6.765	14.533	5,25	3,42
Frijol	48.242	94.787	9,95	6,47
Haba	1.713	11.042	0,26	0,17
Hortalizas	13.952	27.311	9,39	6,10
Maíz total	227.473	492.038	541,06	351,69
Papa consumo directo	38.164	90.724	20,82	13,53
Papa industrial	10.355	31.917	5,85	3,80
Papa total	48.519	122.642	26,67	17,33
Sorgo	28.611	42.525	9,28	6,03
Soya	19.786	23.745	0,39	0,25
Tabaco	1.928	8.823	5,01	3,25
Tomate	4.718	8.739	3,00	1,95
Trigo	3.924	21.565	10,23	6,65
Yuca	34.524	160.765	401,53	260,99
Zanahoria	2.948	7.663	1,50	0,98
Total general	962.566	2.251.447	6.784	2.652

• **Volumen de agua insumida en cultivo de flores**

La demanda hídrica en cultivos de flores permanentes alcanza un orden de magnitud de 183 Mm³ (Tabla 5.15). Debido a que los cultivos de flores en invernadero no están sometidos al régimen y precipitación imperantes, el método de cálculo para establecer el volumen de agua insumido no se ciñe a la propuesta aplicada en las demás coberturas incluidas en el ENA. En este orden de ideas, las necesidades de riego del cultivo se establecen operando el área sembrada en cultivo de

flores permanentes por el factor de riego (36,6 m³/ha-día), descontando el periodo de descanso.

Tabla 5.15. Volumen de agua consumida en cultivos de flores (2008).

Volumen de agua consumida en cultivo de flores (2008)		
	Área total sembrada (ha)	Volumen de agua extraída (m ³)
Antioquia	8,730	109,331,278
Cundinamarca	5,887	73,723,953
Total	14,617	183,055,231

Tabla 5.14. Demanda anual de agua y consumo efectivo para cultivos transitorios, por departamentos.

Cultivo	Área Semestre A (ha)	Área Semestre B (ha)	Área anual (ha)	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	34.920	20.611	55.531	3,38	1,15
Atlántico	3.052	2.079	5.131	23,66	15,38
Bolívar	56.955	57.309	114.264	472,67	199,46
Boyacá	109.547	47.182	156.729	29,15	18,95
Caldas	839	1.600	2.439	0,00	0,00
Casanare	110.000	51.534	161.534	574,96	197,44
Cauca	6.324	17.642	23.966	7,23	4,58
Cesar	42.731	50.350	93.081	419,68	155,06
Córdoba	95.631	52.581	148.212	427,61	216,75
Cundinamarca	100.412	69.007	169.419	61,82	40,18
La Guajira	3.406	17.064	20.470	131,12	55,30
Huila	45.421	49.709	95.130	632,87	217,29
Magdalena	10.144	11.423	21.567	55,10	35,82
Meta	182.468	69.395	251.863	323,27	110,37
Nariño	58.620	62.127	120.747	35,24	22,90
Norte de Santander	40.921	42.544	83.465	145,71	51,00
Otros departamentos	49.830	54.598	104.428	35,41	15,13
Quindío	675	934	1.609	0,26	0,17
Risaralda	1.137	1.153	2.290	0,00	0,00
Santander	28.452	19.198	47.650	0,00	0,00
Sucre	130.184	68.303	198.487	1.701,10	687,91
Tolima	150.473	160.746	311.219	1.649,03	579,62
Valle del Cauca	26.739	35.375	62.114	55,14	27,64
Vichada	0	103	103	0,05	0,04
Total general	1.288.881	962.567	2.251.448	6.784	2.652

- Consumo de agua en poscosecha de cultivo de café

El consumo de agua utilizada en la fase de poscosecha en el cultivo de café está concentrado en las labores de despulpe, remoción del mucílago y lavado. Estas se realizan mediante procesos de beneficio húmedo, aplicado en el país a cerca del 70% del total del café pergamino seco (cps) y el 30% restante corresponde al beneficio ecológico. La relación insumo-producto en el primero de estos se mueve en un

rango entre 40 y 60 l/kgcps; y es de 1 l/kgcps cuando se trata de beneficio ecológico (Cenicafé, 2000).

Para efectos de obtener el volumen de agua en beneficio húmedo se trabaja con un valor promedio equivalente a 45 l/kg. La operación entre la variable de producción y el coeficiente que pondera el sistema de beneficio, ya sea húmedo o ecológico, fija el volumen de agua utilizada en el café procesado en 5,841 Mm³ (Tabla 5.16).

Tabla 5.16. Volumen de agua consumida en el beneficio del café.

Producción cps (kg)	Producción CPS (beneficio húmedo)	Producción CPS (beneficio ecológico)	Factor para beneficio ecológico (1l/kgcps)	Factor para beneficio ecológico (45l/kgcps)	m ³ (beneficio húmedo)	m ³ (beneficio ecológico)	Volumen total de agua en beneficio (m ³ /año)
184.214.332	128.950.032	38.685.010	38.685.010	5.802.751.443	5.802.751	38.685	5.841.436

• Consumo de agua en poscosecha de cultivo de banano

El consumo de agua utilizada en la fase de poscosecha en el cultivo de banano tiene como finalidad la remoción del látex y el lavado de la fruta producida, así como el mantenimiento mismo de la infraestructura utilizada para tales efectos. La forma típica de remover el látex ha sido introduciendo los gajos (*clusters*) en grandes pilas o piscinas con agua en movimiento, en donde se espera que por diferencia de presión salga el látex de los canales laticíferos y se diluya en el agua.

Dependiendo de la variedad, época del año, estado de turgencia y de otros factores, el tiempo de permanencia mínimo de los gajos debería ser de al menos 20 minutos; eso aseguraría un nivel aceptable de

remoción del látex. Sin embargo, el problema es más complejo y no se limita al tiempo de permanencia, dado que el látex tiende a formar una capa que flota en el agua y que se puede adherir de nuevo a la superficie de la fruta; así mismo, tiende a reaccionar con contaminantes y a formar grumos que obstruyen las tuberías, se adhieren a las paredes y al fondo de la pila, etcétera; todo esto incrementa el uso de agua en labores de mantenimiento de tanques y como medio de dilución de contaminantes. En general, se estima que para procesar un kilogramo de banano se requieren de 7 a 15 litros de agua⁵.

Para efectos de obtener el volumen de agua en actividades de poscosecha, se trabaja con el menor valor del coeficiente 7 l/kg. La operación entre la variable de producción y este coeficiente fija el volumen de agua utilizada en 2008 en 12,715 Mm³/año (*Tabla 5.17*).

Tabla 5.17. Volumen de agua consumida en el beneficio del banano (2008)

Área, producción, rendimiento y unidades productoras del cultivo de banano exportación por departamentos. Año 2008			Consumo de agua en actividades de beneficio poscosecha			
Deptos	Área total sembrada (ha)	Producción total (t)	Producción (kg)	Consumo de agua (7l/kg)	m ³	m ³ /ha sembrada
Antioquia	32.115	1.366.957	1.366.957.000	9.568.699.000	9.568.699	7
Magdalena	12.109	449.455	449.455.000	3.146.185.000	3.146.185	7
Total	44.224	1.816.412	1.816.412.000	12.714.884.000	12.714.884	7

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretarías de Agricultura Departamentales, UMATA. Años 2006, 2007 y 2008 Convenio MADR-CCI.

5 Véase *Situación internacional y perspectivas para el manejo poscosecha de fruta de banano: un enfoque de tecnología comercial*, del Laboratorio de Tecnología Poscosecha del

Centro de Investigaciones Agronómicas en la Universidad de Costa Rica; y también en *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo del banano en la región del Magdalena*, editado por Augura en 2009.

• Consumo de agua en la obtención de hoja fresca de coca y conversión de hoja de coca a pasta de coca

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN, 1993) recomienda incluir dentro de las fronteras de la producción aquella que proviene de actividades ilegales, en este caso, la correspondiente a los cultivos y productos del narcotráfico. La recomendación técnica de este tratamiento está contenida expresamente en el SCN93: “Las transacciones en las que se compran o venden bienes y servicios ilegales tienen que registrarse no solo para obtener medidas exhaustivas de la producción y del consumo, sino también para impedir que aparezcan errores en otras cuentas, si los recursos intercambiados en las operaciones ilegales se presumen utilizados para otros fines”⁶

En el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, la inclusión del consumo de agua asociado a la producción de cultivos ilícitos se acota puntualmente al agua que es incorporada al proceso de obtención de hoja fresca de coca y de pasta de coca con información proveniente del SIMCI. Se excluye el consumo posterior en la obtención de la base de cocaína y la química final asociada a la obtención del clorhidrato de cocaína.

Se estima que por cada hectárea cultivada en coca se emplean aproximadamente 127 kg/ha de insumos sólidos, 447 l/ha de insumos líquidos y 400 litros de agua/ha cosechada (DIRAN, 2002). Una tonelada métrica de hoja de coca fresca, en promedio, es equivalente a 1,5 kg de pasta de hoja de coca (UNODC, 2009). El consumo de agua insumida en el proceso de obtención de pasta de coca es de 43 m³/kg.⁷

6 DANE (2009). Ficha metodológica enclave de los cultivos ilícitos, p. 1.

7 Dato suministrado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), con base en el censo de cultivos de coca, como una operación estadística ejecutada en el marco del sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos.

Para el cálculo del volumen de agua consumida en la obtención de hoja fresca de coca y pasta de coca, se utiliza la información oficial de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), de acuerdo con el censo de cultivos de coca de 2008 realizado en el marco del sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos. Esta fuente reporta 89.953 hectáreas cosechadas en 2008 netas después de descontar el área erradicada. El volumen de pasta de coca para el mismo periodo de referencia es de 429 toneladas métricas.

El volumen total de agua insumido en los dos procesos –cosecha de hoja fresca de coca y conversión de hoja a pasta de coca– en 2008 estuvo cerca de 18,48 Mm³. Esta cifra se obtiene al agregar el resultado de 35.981 m³, que se obtiene de multiplicar el número de hectáreas cosechadas (89.953) por el factor de consumo de agua (400 l/ha cosechada), más 18,45 Mm³, que se obtiene de multiplicar la producción de pasta de coca (429 toneladas métricas) y el factor de consumo de agua en transformación de hoja fresca a pasta (43 m³/kg).

En la *Figura 5.7, (pag. 184)* se ilustra la demanda hídrica nacional en poscosecha de plantaciones de banano de exportación, café y cultivo de coca por subzonas hidrográficas.

5.2.3. Demanda hídrica en el sector pecuario

La estimación de la demanda hídrica pecuaria se define en términos del consumo de agua del hato (l/cabeza-día) y se realiza mediante la adopción de módulos de consumo aplicados diferencialmente en la cadena de producción. Se agrega así el volumen de agua utilizada en las fases de crecimiento, terminación y de sacrificio, y en los lugares de manejo y beneficio de la población de bovinos, porcinos y aves.

El concepto de población cubre la totalidad de los inventarios de población en bovinos, porcinos y aves, registrados en 2008 con las siguientes particularidades: a) en el caso del inventario ganadero y de porcinos, desagregado por grupos etarios y por finalidad o propósito productivo; b) en el caso de la población de porcinos y aves, se consideran tanto el inventario de animales de traspaso o en unidades agropecuarias de los hogares como el inventario en plantas de beneficio; c) el dato de población asociada al sacrificio incluye el sacrificio formal y el sacrificio no registrado. Este último se calcula con base en los siguientes porcentajes reportados por los gremios y asociaciones de productores, y validados mediante consulta directa a los sectorialistas de Cuentas Nacionales del DANE y a la coordinación técnica de la Encuesta Nacional Agropecuaria: bovinos 10%, porcinos 31% y aves 20%.

El concepto de cadena de consumo de agua incorpora la definición del consumo vital en las fases de cría, levante y terminación, más el consumo en sacrificio y el consumo en lugares de manejo y beneficio animal. Los valores específicos, aplicados al módulo de consumo vital de las tres poblaciones observadas, son publicados por Fedegan, en la guía Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina, y por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en las guías ambientales para el subsector porcícola y para el subsector avícola. Para el caso de la población de codornices, se adopta el valor promedio del módulo de consumo publicado por la Dirección de Genética y Tecnología de CIEM Colombia. Los valores específicos de consumo de agua en la fase de sacrificio, y en los lugares de manejo y beneficio animal son publicados por la Universidad de la Salle, en el estudio sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector pecuario.

La fórmula de cálculo de la demanda pecuaria es como sigue:

$$D_p = C_v + C_s + C_{ua}$$

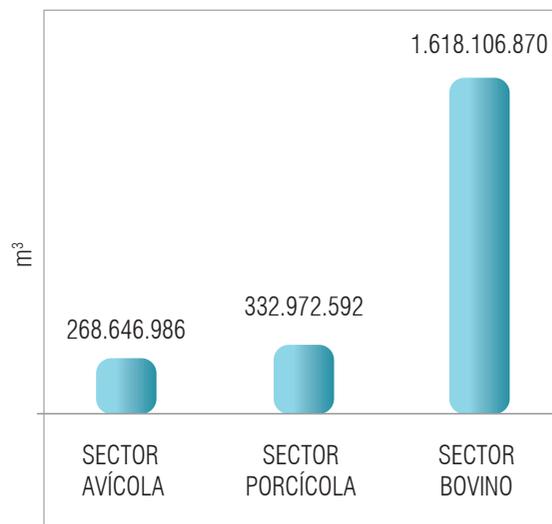
donde

- D_p: demanda pecuaria.
- C_v: consumo vital en la fase de cría, levante y terminación
- C_s: consumo en sacrificio
- C_{ua}: consumo en lugares de manejo y alojamiento animal

5.2.3.1. Resultados estimación demanda hídrica en el sector pecuario

La demanda agregada de agua insumida en el sector pecuario en 2008 es del orden de 2.220 Mm³, con una participación del consumo en bovinos equivalente al 73%; seguido del consumo en porcinos del 15%; y en aves, del 12% (Véase Figura 5.8).

Figura 5.8. Volumen de agua insumida (m³) en el sector pecuario en 2008.



5.2.3.2. Demanda hídrica pecuaria según población animal

La cadena de consumo de agua en el **subsector de aves** da cuenta de una extracción del orden de 268 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) 12% en

sacrificio; b) 10% en cría y levante de aves de traspatio; c) 78% en unidades de alojamiento animal (Figura 5.9).

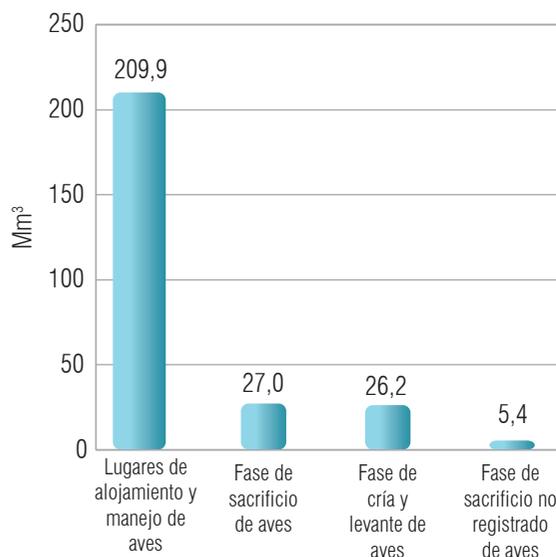


Figura 5.9. Demanda de agua en población de aves (2008).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

1. Definición de las estructuras de población conforme a la cadena productiva, así: a) El inventario inicial en la fase de cría y terminación de aves conforme a la Encuesta Nacional Agropecuaria para el 2008 en la categoría de animales de traspatio (gallinas, pollos, patos y codornices), encontradas el día de la visita en unidades agropecuarias familiares. b) El dato de población en la fase sacrificio formal, publicado por Fenavi, Federación Nacional de Avicultores de Colombia, una asociación del sector avícola; se utiliza la estadística de sacrificio de aves en plantas avícolas industriales para el año 2009, llevada a 2008 utilizando la tasa de crecimiento (1%) de la producción (en toneladas) de carne de pollo registrada entre 2008 y 2009. c) El dato de población en la fase sacrificio informal o no registrado, no observado en las encuestas nacionales, es estimado por Fenavi,

Dirección de Estudios Económicos (cadena del pollo), en el orden del 20% con respecto al sacrificio formal. Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adopta la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un inventario alto y, a la vez, el sacrificio legal es marginal o exiguo.

2. Asociación de los módulos de consumo conforme a la cadena de producción, así: a) para el consumo vital de agua, conforme a los valores registrados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en la guía ambiental para el subsector avícola; b) para los módulos de consumo en la fase de sacrificio y en los lugares en donde se llevan a cabo las labores de manejo y beneficio (galpones y plantas industriales de beneficio) se adoptan los valores específicos publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de aves.
3. Los datos de demanda hídrica en cada una de las fases de producción se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales.

En la *Tabla 5.18*, se relacionan los volúmenes de población, los módulos de consumo y la demanda hídrica puntual, conforme a la cadena de consumo ya descrita.

La cadena de consumo de agua en el **subsector de porcinos** da cuenta de una extracción del orden de 332,97 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) 92,92% en fase sacrificio; b) 2,9% en fase de cría y terminación; y c) 4,17% en lugares de mantenimiento y beneficio animal.

Tabla 5.18. Demanda hídrica del sector aves (2008).

Inventario avícola		Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/día-animales)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m ³ /año)
Pollos y gallinas	27.008.428	240 (l/día-100 animales)	23.659.383
Patos	793.302	370 (l/día-100 animales)	1.071.354
Pavos	593.003	650 (l/día-100 animales)	1.406.900
Codornices	362.189	58 (l/día-100 animales)	77.242
Total animales	28.756.922		26.214.879
Sacrificio registrado		Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-100 aves)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m ³ /año)
Total aves sacrificadas en plantas	463.849.556	16	27.088.814
Sacrificio no registrado			Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m ³ /año)
Total aves en sacrificio no registrado	92.769.911		5.417.763
Inventario avícola		Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-aves)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m ³ /año)
Pollos y gallinas	27.008.428	20	197.161.524,4
Patos	793.302		5.791.104,6
Pavos	593.003		4.328.921,9
Codornices	362.189		2.643.979,7
Total Animales	28.756.922		209.925.531
Total (m³/año)			268.646.986

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

- Definición de las estructuras de población conforme a la cadena de producción de la siguiente manera: a) Para la fase de cría, levante y terminación, se considera el inventario total de animales en 2008 con base en la estadística primaria de la Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la porcicultura, asociándole a este la estructura de población que publica la Encuesta Nacional Agropecuaria para el mismo año y que registra datos por grupos y orientación

o finalidad productiva con desagregación departamental. b) Para el caso del sacrificio registrado, se utilizan los datos de la Encuesta Nacional de Sacrificio que realiza el DANE con periodicidad anual y desagregación municipal. c) Para el sacrificio no registrado, se utiliza la estimación general de la Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la Porcicultura, que estima este valor en cerca del 30% con respecto al sacrificio legal (encuesta DANE). Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adopta la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un

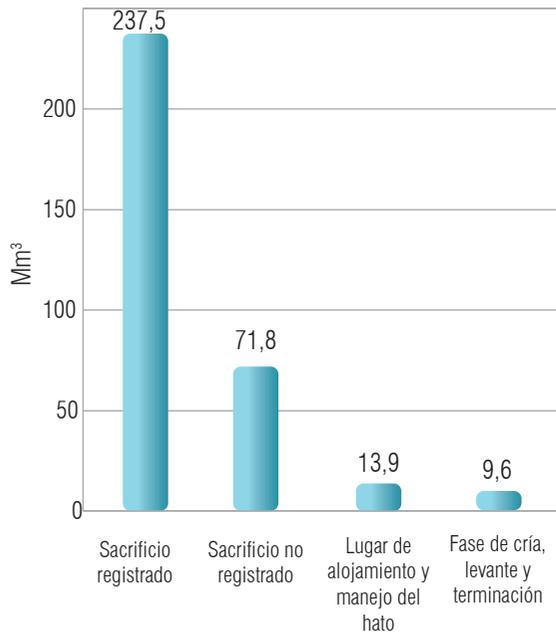


Figura 5.10. Demanda total de agua en población porcina (2008).

inventario alto y, a la vez, el sacrificio legal es marginal o exiguo.

- Asociación de los módulos de consumo conforme a la cadena de producción así: a) para el consumo vital de agua conforme a los valores registrados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en la guía ambiental para el subsector porcícola; b) para los módulos de consumo en la fase de sacrificio y en los lugares en los que se llevan a cabo las labores de manejo y beneficio (porqueriza y plantas de beneficio), se adoptan los valores específicos publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de porcinos.
- Los datos de demanda hídrica en la población de porcinos, en cada una de las fases de producción, se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la

cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales.

En la *Tabla 5.19*, se relacionan los volúmenes de población, los módulos de consumo y la demanda hídrica puntual conforme a la cadena de consumo ya descrita.

La cadena de consumo de agua agregada en el **sector de bovinos** da cuenta de una extracción del orden de 1.618 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) el consumo vital en la fase de cría y terminación, 45%; b) el consumo en la fase de sacrificio, 31%; y c) el consumo en los lugares de manejo y beneficio en unidades de alojamiento animal, 24%.

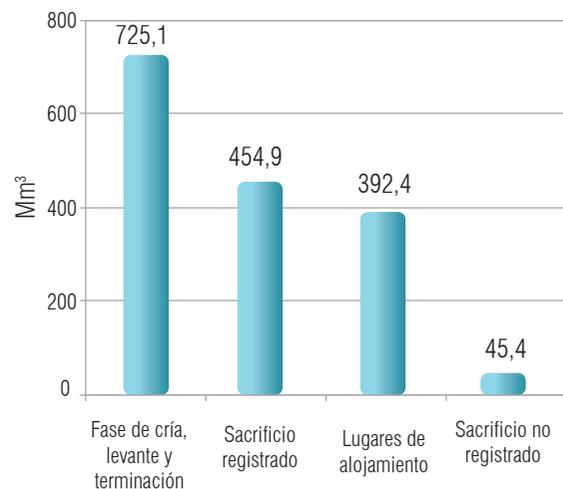


Figura 5.11. Demanda de agua en población bovina (2008).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) **definición de los volúmenes** y estructuras de población, las fases de cría, terminación y sacrificio; y b) la asociación de valores teóricos de consumo, acorde con la cadena de producción y el consumo en las unidades de alojamiento.

- Definición de las estructuras de población conforme a la cadena de producción así: a) El inventario inicial en la fase de cría y terminación, de acuerdo

Tabla 5.19. Demanda hídrica en el sector de porcinos (2008).

Inventario porcícola	Número de cabezas	Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m³/año)
Cerdas madres	413.581	18	2.717.226
Cerdas para reposición	95.956	18	630.432
Cerdos en ceba	867.721	8	2.533.744
Cerdos no clasificados	202.569	8	517.479
Cerdos en levante	1.314.805	5	2.399.520
Lechones lactantes y precebo	862.252	1.8	566.500
Reproductores	51.531	16	300.941
Total animales	3.808.415		9.665.841
Sacrificio registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m³/año)
Machos	1.330.543	300	237.517.655
Hembras	857.840		
Total animales	2.188.383		
Sacrificio no registrado	Número de cabezas		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m³/año)
Número de animales	656.515		71.888.382
Inventario porcícola	Número de cabezas	Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m³/año)
Total animales	3.808.415	10	13.900.715
Total (m³/año)			332.972.592

con la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2008 que registra datos por grupos etarios y orientación o finalidad productiva (leche, carne, doble propósito), con desagregación departamental. b) El dato de población en la fase de sacrificio formal, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Sacrificio que realiza el DANE con periodicidad anual. En 2008, acorde con el diseño estadístico, se aplicó la encuesta a 280 plantas de sacrificio, de 1.142 que conforman el marco de lista de la encuesta. El sacrificio reportado da cuenta del 75% del total nacional, que se lleva a cabo en 72 municipios del país donde se localizan la totalidad de las plantas de sacrificio formalmente reconocidas. c) El dato

de población en la fase de sacrificio informal o no registrado, no observado en las encuestas nacionales, se estima cercano al 10% con respecto al total departamental del sacrificio formal. Este porcentaje es referenciado en estudios técnicos realizados por la Dirección de Comercialización del Ministerio de Agricultura, y resulta consistente con los órdenes de magnitud manejados en CCI-Minagricultura, en la Dirección de Cuentas Nacionales del DANE y en Fedegan-Estudios Económicos. Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adoptó la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un inventario ganadero alto y, a la vez, sacrificio legal marginal

o exiguo. Esta condición se cumple en Nariño, Quindío, Valle del Cauca y Casanare.

2. Asociación de valores teóricos de consumo acorde con la cadena de producción y el consumo en las unidades de alojamiento así: a) El consumo de agua atribuible a la primera fase de la cadena de producción se obtiene asociando a cada grupo etario; y para la población, según el propósito de la producción, los valores teóricos de consumo publicados en la guía de *Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina*, publicada por Fedegan. b) El consumo de

agua atribuible a la actividad de sacrificio se obtiene asociando a cada grupo de población entre 24 y 36 meses, y mayores de 36 meses –con una significativa concentración en este último grupo–, con los valores teóricos de consumo publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de bovinos. c) El consumo de agua en los lugares en los que se llevan a cabo labores de manejo y beneficio es publicado por la Universidad de la Salle y se adoptan sus valores sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de bovinos.

Tabla 5.20. Demanda hídrica en el sector de bovinos (2008).

Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/ día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m3/año)
Machos y hembras de 0 -12 meses	5.256.673	20 - 30	55.620.484
Machos y hembras de 12-24 meses	6.082.501	45	97.065.887
Machos y hembras de 24-36 meses	6.476.802	80 - 110	212.270.468
Mayor de 36 meses	9.061.848	80 - 115	360.238.356
Total animales	26.877.824		725.195.195
Sacrificio registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m3/año)
Machos	1.653.753	500	301.809.923
Hembras	839.375		153.185.938
Total Animales	2.493.128		454.995.860
Sacrificio no registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio no registrado (l/ día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m3/año)
Número de animales	249.313	500	45.499.586
Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m3/año)
Machos	9.464.395	40	138.180.168
Hembras	17.413.429		254.236.061
Total animales	26.877.824		392.416.229
Total (m3/año)			1.618.106.870

3. Los datos de demanda hídrica en cada una de las fases de producción se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales. En la *Tabla 5.20*, se presentan estas relaciones.

5.2.4. Demanda hídrica en sistemas de producción acuícola

La piscicultura es definida como la actividad dedicada al cultivo de peces mediante el manejo e implementación de buenas prácticas de desarrollo genético, incubación, alimentación, reproducción y sanidad de las especies. En Colombia, está orientada hacia la producción de a) camarón de cultivo en las costas Caribe y Pacífica; y b) piscicultura continental en estanques y en sistemas de tierra, con fuerte desarrollo en la zona Andina, en departamentos como el Huila, Antioquia, Valle del Cauca y el Tolima; y en la Orinoquía, en el departamento del Meta principalmente.

5.2.4.1. Unidades de observación

En primer lugar, una granja piscícola dotada con estanques, jaulas o jaulones, confinados con sistemas de recirculación de agua y sistemas de producción controlados sobre cuerpos de agua corriente, en donde se desarrolla dicha actividad, conforme al universo observado por la encuesta de producción piscícola realizada por el Ministerio de Agricultura y CCI para 2008. El universo de estudio definido por la encuesta corresponde a 9.493 granjas piscícolas con 25.550 estanques, los que ocupan un espejo de agua de 14.626.898 metros cuadrados dedicados a la producción de tilapia, cachama, trucha y otras especies, en los departamentos de Antioquia, Huila, Meta, Tolima y Valle del Cauca, con una cobertura en 182 municipios que explican el 70% de la oferta nacional.

Por otra parte, incluye el registro sobre concesiones de agua en la actividad piscícola no consideradas en el registro censal.

Se excluye de la medición la producción del cultivo de camarón de las costas Caribe y Pacífica, y de otras especies producto de la captura en aguas marinas y continentales.

5.2.4.2. Premisas de cálculo en piscicultura

La demanda de agua en la producción acuícola hace alusión al volumen de agua (m^3) utilizada en instalaciones o infraestructura en tierra (estanques, jaulas o jaulones), confinadas con sistemas de recirculación de agua para la siembra y producción de especies piscícolas. Así mismo, el agua insumida en los sistemas de producción controlados, en los que se introducen jaulas o jaulones directamente sobre cuerpos de agua, como embalses, ciénagas, lagos, lagunas y esteros, entre otros.

Para el cálculo de la demanda de agua, se utiliza la variable de producción en toneladas/año de peces de las especies tilapia, cachama y trucha. A este valor de producción se le asocia un valor específico correspondiente al rendimiento anual, a densidades finales (biomasa final), que se expresa en kg/m^3 (Fitzsimmons, 2000: 252-264), aplicable diferencialmente a la producción confinada con sistemas de recirculación en tierra y sistemas no confinados (jaulas sobre cuerpos de agua, por ejemplo, lagos, lagunas, embalses, etcétera). El dato de demanda, obtenido mediante esta operación (producción y biomasa final), se incrementa en un 30% con el objeto de considerar el recambio de agua en las fases iniciales de la cadena de producción, conforme a las prácticas culturales del cultivo en instalaciones o infraestructura en tierra.

Para el cálculo de la demanda, se adopta la variable de rendimiento anual a densidades finales (biomasa final), toda vez que muestra el dato objetivo de la población permanente durante todo el ciclo de producción, al descontar la tasa de mortalidad de la densidad de siembra inicial. La tasa de mortalidad, en el caso de los sistemas de producción de tilapia, en promedio nacional, es del 20% en sistemas de estanques en tierra y del 42% en sistemas de jaulas no confinados; para la producción de cachama, llega a ser del 7%; y para la producción de trucha, del 14%.

La fórmula de cálculo del uso consuntivo en la actividad acuícola es como sigue:

$$D_p = (P_1 \times CSC) + (P_2 \times CNC)$$

donde

D_p : demanda piscícola

P_1 : producción de peces en sistemas confinados

CSC : coeficiente rendimiento a densidades finales en sistemas de tierra

P_2 : producción de peces en sistemas no confinados

CNC : coeficiente rendimiento a densidades finales en sistemas no confinados

5.2.4.3. Resultados de estimación de la demanda hídrica en actividades de acuicultura

La demanda hídrica en la actividad de acuicultura en 2008 se estimó en un orden de 2.584 Mm³ (Figura 5.12); está compuesta por el uso consuntivo asociado en forma directa con los volúmenes de producción observados objetivamente mediante la encuesta de producción piscícola y el registro de concesiones de agua, en aquellas áreas en las que la encuesta no presenta ninguna observación o que la

representatividad con respecto a la desagregación departamental no es significativa.

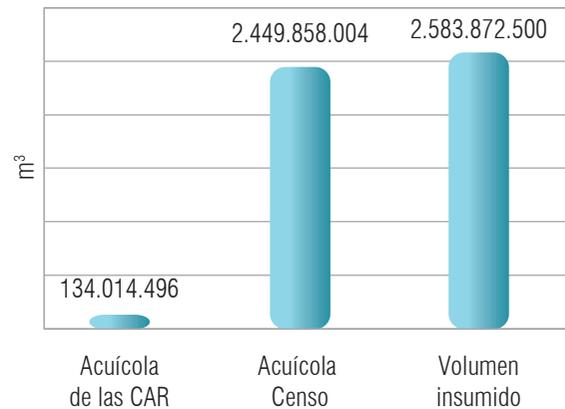


Figura 5.12. Volumen de agua insumido en actividades piscícolas (2008).

Para llegar a esta cifra de demanda en la actividad acuícola, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) definición de los niveles de producción departamental por tipo de especie, tomando como fuente de información la encuesta piscícola de 2008 realizada por la CCI y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; b) definición de los rendimientos a densidades finales diferenciales por tipo de especie y sistema de producción (en tierra o en sistemas no confinados –cuerpos de agua–); c) complementación de la estimación, a partir del cálculo de agua concesionada para aquellos departamentos en los que la encuesta piscícola no realiza ninguna observación.

En la Tabla 5.21 se registran los niveles de producción alcanzados en 2008.

El rendimiento anual a densidades finales varía de acuerdo con el tipo de especie y el sistema de producción, tal como se describe a continuación:

Tilapia. La producción se realiza en estanques de tierra de entre 10 m² y 2000 m², con una profundidad

Tabla 5.21. Producción piscícola por especie y por departamento (2008).

Departamento	Producción (toneladas)				Total Departamento
	Tilapia	Cachama	Trucha	Otras especies	
Antioquia	586	362	1.694	120	2.762
Boyacá	294	390	108	231	1.023
Córdoba	278	1.343	0	2565	4.186
Cundinamarca	1401	397	1.396	93	3.287
Huila	17.781	1.237	256	395	19.669
Sistemas en tierra	5.432	1.237	256	395	7.320
Sistemas de jaula	12.349				12.349
Meta	4.865	2.287	10	355	7.517
Santander	1.332	2.311	246	214	4.103
Tolima	1.918	1.072	439	305	3.734
Valle del Cauca	1.505	517	63	269	2.354
Otros departamentos	1.396	2.273	405	1235	5.309

Fuente: Encuesta de producción piscícola 2008. Oferta Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corporación Colombia Internacional (CCI).

promedio de 1,30 m por estanque y una columna de agua de 0,80 m. La fuente de agua puede ser de origen superficial y subterráneo, utilizada exclusivamente para mantener los niveles de agua constantes. El rendimiento anual a densidades finales en los sistemas de producción en tierra es de 300 gr/3,2 m³.

El rendimiento anual a densidades finales en sistemas productivos no confinados –en aquellos centros productivos de mayor especialización, como en el caso de Hidroprado (Tolima), en Betania (Huila) y en algunos reservorios de riego localizados en la

región de Risaralda y Valle del Cauca– puede variar de acuerdo con el sistema de producción y la tecnología utilizados. De acuerdo con estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la biomasa final en los sistemas antes citados es del orden de 64,63 kg/m³, de 47,77 kg/m³ y de 120 kg/m³, respectivamente (Salazar, 2002). El coeficiente oficial (biomasa final/m³) utilizado para el ENA 2010 es publicado por la dirección de cadenas productivas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2005), conforme se registra en la *Tabla 5.22*.

Tabla 5.22. Producción de tilapia en sistemas de estanques y jaulas.

Tilapia									
Sistemas de estanques							Sistema de jaulas		
Meta	Santander	Valle	Antioquia	Tolima	Huila	Promedio	Huila	Tolima	Promedio
Biomasa final: kg/m ³									
1,3	1,8	1,9	1,76	2,2	2,06	1,64	43	50	43
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)									
3,4	10	5	7	5	7	5,91	200	200	250

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

Tabla 5.23. Producción de cachama en estanques.

Cachama					
Meta	Santander	Valle	Tolima	Antioquia	Promedio
Biomasa: kg/m ³					
1	1	1,2	1	nd	1,04
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)					
1,89	1,13	1,2	2	1,5	1,54

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

Cachama. El cultivo de cachama se realiza en estanques de tierra rectangulares, con una superficie de 2,45 m² cada uno, y profundidad promedio de 1,7 m (no mayor de 2 m), con una pendiente de fondo de 0,2 a 0,5%. La fuente de agua podrá ser de origen superficial o subterráneo, utilizada solo para mantener el nivel óptimo de la columna de agua que sustituya las pérdidas ocurridas por filtración y evaporación en la época crítica de estiaje. Conforme a estas especificaciones, el rendimiento anual a densidades finales utilizado para la estimación del uso consuntivo en cultivos de cachama es de 1,5 kg/m³ (Tabla 5.23).

Trucha. Para el cultivo de esta especie se utilizan tanques de concreto rectangulares de 200 m², 50 m² y 25 m², con una profundidad promedio de 0,60 m. Como fuente de agua podrá utilizarse agua corriente de ríos o riachuelos. Se contempla la construcción de un desarenador inmediatamente después de la toma de agua, debido a que la trucha es sensible a los sólidos suspendidos en el agua. La densidad de siembra será de 34 truchas por m² en la etapa final en los tanques de 200 m². En el caso de la producción de trucha, la densidad final de siembra empleada puede variar entre 100 y 400 peces/m³, lo cual equivale a capacidades de carga o rendimientos a densidades finales de 30 a 130 kg/m³. Sin embargo, es necesario aclarar que este sistema requiere de un flujo libre y constante de agua de buena calidad, con alta productividad y una profundidad mínima de 4 metros en

los lugares en donde se instala. En la *Tabla 5.24*, se presentan los estimativos de la producción de trucha en estanques.

Tabla 5.24. Producción de trucha en estanques.

Trucha				
Santander	Valle	Tolima	Antioquia	Promedio
Biomasa =Kg/m ³				
39	13	65	60	44,25
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)				
80	nd	85	60	75

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

El resultado correspondiente a la estimación de la demanda de uso de agua para la acuicultura, calculada a partir de volúmenes de producción de tilapia, cachama y trucha, sin ajustes por cobertura, se presenta en la *Tabla 5.25*.

El cálculo realizado a través de la producción piscícola en 2008 se complementa con el registro de concesiones reportado directamente por las CAR como concesiones de agua para este tipo de uso (*Tabla 5.26* y *Figura 5.13*). El registro se utiliza para complementar la observación a través de la encuesta de producción piscícola realizada en 2008 por el Ministerio de Agricultura - CCI. El valor correspondiente a la demanda cubierta a través de concesiones de agua no incluidas en la muestra censal es del orden de 134.014.496 m³.

Tabla 5.25. Demanda hídrica producción acuícola (2008).

Departamento	Tilapia		Cachama		Trucha		Total departamento
	t/año	m ³ /rend. densidad final	t/año	m ³ /rend. densidad final	t/año	m ³ /rend. densidad final	m ³ /rend. densidad final
Antioquia	586	432.841	362	705.900	1.694	132.132.000	133.270.741
Boyacá	294	626.808	390	527.280	108	6.212.700	7.366.788
Córdoba	278	592.696	1.343	1.815.736			2.408.432
Cundinamarca	1.401	2.986.932	397	536.744	1.396	41.012	3.564.688
Huila			1.237.000	1.672.424.000	256	7.521	1.672.431.521
Sistemas en tierra	5.432	14.546.896			256		14.546.896
Sistemas de jaula	12.349	531.007.000					531.007.000
Meta	4.865	4.865.000	2.287	2.973.100	10	294	7.838.394
Santander	1.332	962.000	2.311	3.004.300	246	8.200	3.974.500
Tolima	1.918		10.721	13.937.300	439	8.780	13.946.080
Sistemas en tierra	1.151	3.291.288					3.291.288
Sistemas de jaula	767	38.360.000					38.360.000
Valle del Cauca	1.505	3.717.350	5.171	8.066.760	63	6.300	11.790.410
Otros departamentos	1.396	2.976.272	2.273	3.073.096	405	11.898	6.061.266
Total	33.274	604.365.083	1.262.255	1.707.064.216	4.873	138.428.705	2.449.858.004

Tabla 5.26. Concesiones en actividad acuícola (2008).

Corporación Autónoma Regional	m ³ /año
Carder	26.655.489
Cardique	2.964.384
Carsucre	49.434
Codechocó	427.836
Cormacarena	68.367.283
Corpomagdalena	622.080
Corpoamazonía	2.358.578
Corpochivor	5.706.266
Corpoguvio	127.554
Corponariño	15.062.018
CRC	2.938.291
CRQ	8.735.285
Total	134.014.496

Fuente: Registro concesiones CAR (2008).

El cálculo de la demanda hídrica en actividades de acuicultura privilegia el uso de la información censal, dado que no todas las autoridades ambientales reportan uso concesionado en actividades de acuicultura o piscicultura, como es el caso de AMVA, CAR, CDA, CDMB, Coralina, Corpocaldas, Corpocesar, Corpourabá, CSB, CVC, Damab, SDA y Parques Nacionales. Por lo demás, los órdenes de magnitud en aquellas con información evidencian claramente un subregistro u omisión frente a los volúmenes de producción registrados y la capacidad productiva instalada. Como se indicó antes, el valor correspondiente a la demanda cubierta a través de concesiones de agua no incluidas en la muestra censal es del orden de 134.014.496 m³. Este valor representa el 71,28% frente al total del agua concesionada en acuicultura

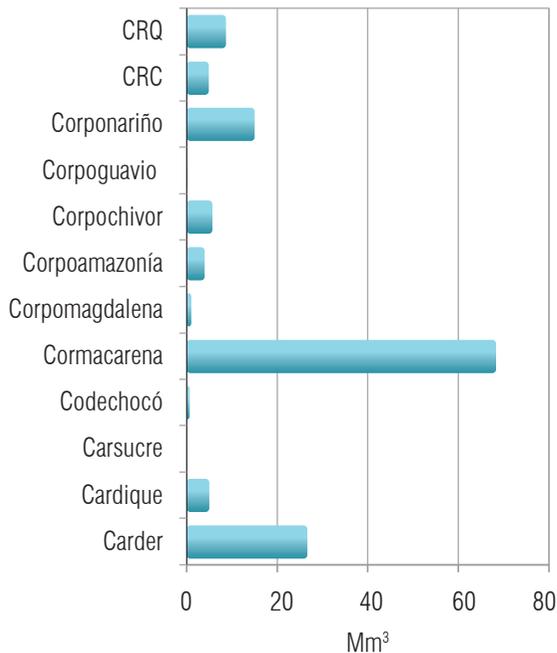


Figura 5.13. Concesiones en actividad acuícola (Registro concesiones CAR, 2008).

(188.069.794 m³). Este último valor representa 0,076% con respecto al volumen de agua estimado a través de la encuesta piscícola en 2008.

La demanda hídrica nacional del sector pecuario y piscícola por subzonas hidrográficas se ilustra en el mapa de la *Figura 5.14*.

5.2.5. Uso del agua en consumo humano o doméstico

En el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, el cálculo de la demanda de agua para uso doméstico se establece a partir de la estimación del consumo que un habitante requiere para satisfacer las necesidades fundamentales en un día. El ejercicio planteado coteja diferentes propuestas frente al umbral mínimo de consumo, dado un nivel de bienestar *versus* la tendencia real de consumo actual de los hogares

acorde con la estratificación, el tamaño medio de los hogares, la caracterización climática y la continuidad del suministro; esta última, en función de la complejidad de los sistemas de abastecimiento. En el agregado nacional, representa el volumen de agua, en millones de metros cúbicos (Mm³), utilizada por la población urbana y rural para suplir sus necesidades.

5.2.5.1. Fuentes de información

DANE: Censo general 2005 y Proyecciones de población 2025.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: Consumo residencial facturado según estratos.

5.2.5.2. Premisas de cálculo

El cálculo del uso del agua en el sector doméstico se aborda desde la definición de dos conceptos: 1) el consumo propio o vital de la población (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios), y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas, expresado a nivel per cápita en litros/habitante-día; y 2) el agua extraída no consumida, que se explica mediante el cálculo de las pérdidas en la cadena de conducción y suministro en red. Este último, conforme a los estándares establecidos en el Reglamento Sanitario del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000: 5% por aducción, 5% en plantas de tratamiento, 5% en conducción y pérdidas técnicas conforme al nivel de complejidad del sistema.

El consumo propio o vital de la población se establece a partir de la correlación entre el consumo facturado por los suscriptores residenciales, registrado por la SSPD en el Sistema Único de Información (SUI), y la ocupación de personas y hogares para el total de las vivienda con desagregación municipal (Censo 2005

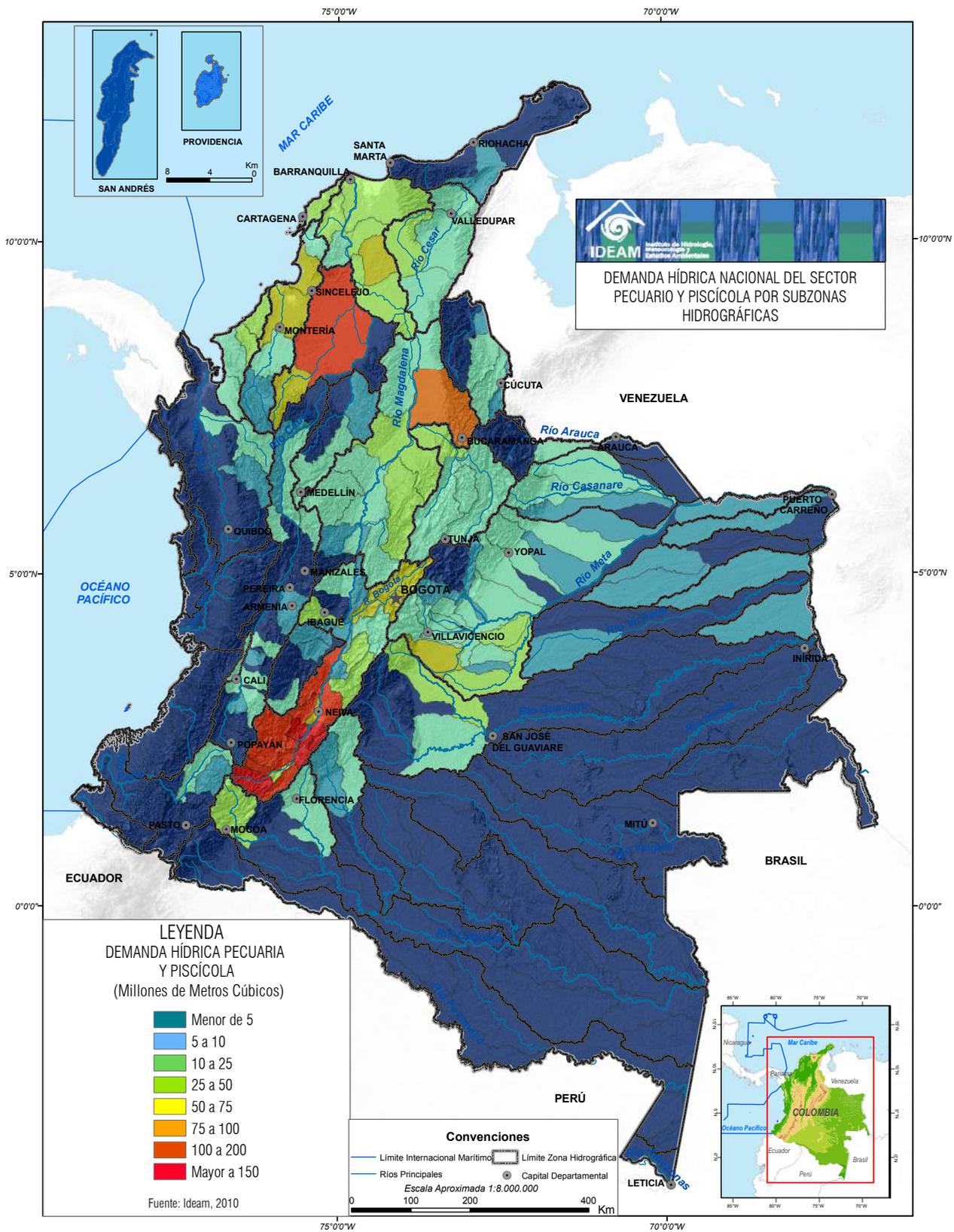


Figura 5.14. Demanda hídrica nacional del sector pecuario y piscícola por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.27. Relación de información de consumos de agua para el año 2008.

	Total	Cabecera	Resto
Número de habitantes Colombia 2008 (DANE)	44.450.260	33.402.146	11.048.114
Número de municipios con información de consumo (sin filtrar)		459 (41,0 %)	260 (23,2 %)
Número de municipios con información de consumo (filtrados)		394 (35,2 %)	153 (13,7 %)
Número de habitantes para los municipios con datos de consumo (sin filtrar)	31.897.992 (71,8 %)	29.087.721 (87,1 %)	2.810.271 (25,4 %)
Número de habitantes para los municipios con datos de consumo (filtrados)	29.290.901 (65,9 %)	27.559.717 (82,5 %)	1.731.184 (15,7 %)
Total municipios Colombia	1120		

del DANE) conectadas al sistema de abastecimiento por red. El consumo vital o propio marca la intensidad de uso a nivel de la población, diferenciando los niveles de consumo en el área urbana y rural municipal.

El volumen de agua extraída no consumida se establece como el producto entre el volumen total del agua extraída (total consumo facturado) por el factor de pérdidas, establecidos según el RAS.

La imputación del consumo vital o propio para el conjunto de municipios sin información (Tabla 5.27) se establece a partir del consumo registrado en los municipios, con información con un equivalente nivel de bienestar, visto a través del indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI) y de complejidad del sistema de abastecimiento mediante suministro en red.

Las siguientes son las variables requeridas para la estimación de la demanda hídrica doméstica: a) volumen total de población (número de habitantes); b) número total de viviendas a nivel municipal con desagregación urbano y rural; c) número de personas y hogares por vivienda; d) consumo facturado (m³)

por suscriptor residencial⁸ y número de suscriptores residenciales por estrato socio-económico. La fórmula de cálculo se muestra en la siguiente expresión:

$$DUD = Población \times Intensidad + pérdidas técnicas$$

donde *DUD* es la demanda de agua para uso doméstico. *Población* es el número de habitantes que pertenecen al área del municipio o zona estudiada; la población municipal se desagrega en cabecera municipal⁹ y resto del municipio¹⁰. *Intensidad*, es la cantidad de agua que requiere una persona para suplir sus necesidades diarias, expresada en litros/

8 La información de consumos en m³/suscriptor por estrato socio-económico también puede obtenerse de anuarios estadísticos departamentales y/o municipales, siempre y cuando estén disponibles.

9 Cabecera municipal: corresponde al área más densamente poblada del municipio y lugar donde funciona la sede de la Alcaldía Municipal. Su área geográfica está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por "acuerdos" del Concejo Municipal.

10 Resto del municipio: corresponde al área que está por fuera del perímetro urbano de la cabecera municipal. Puede estar constituido por centros poblados y población dispersa.

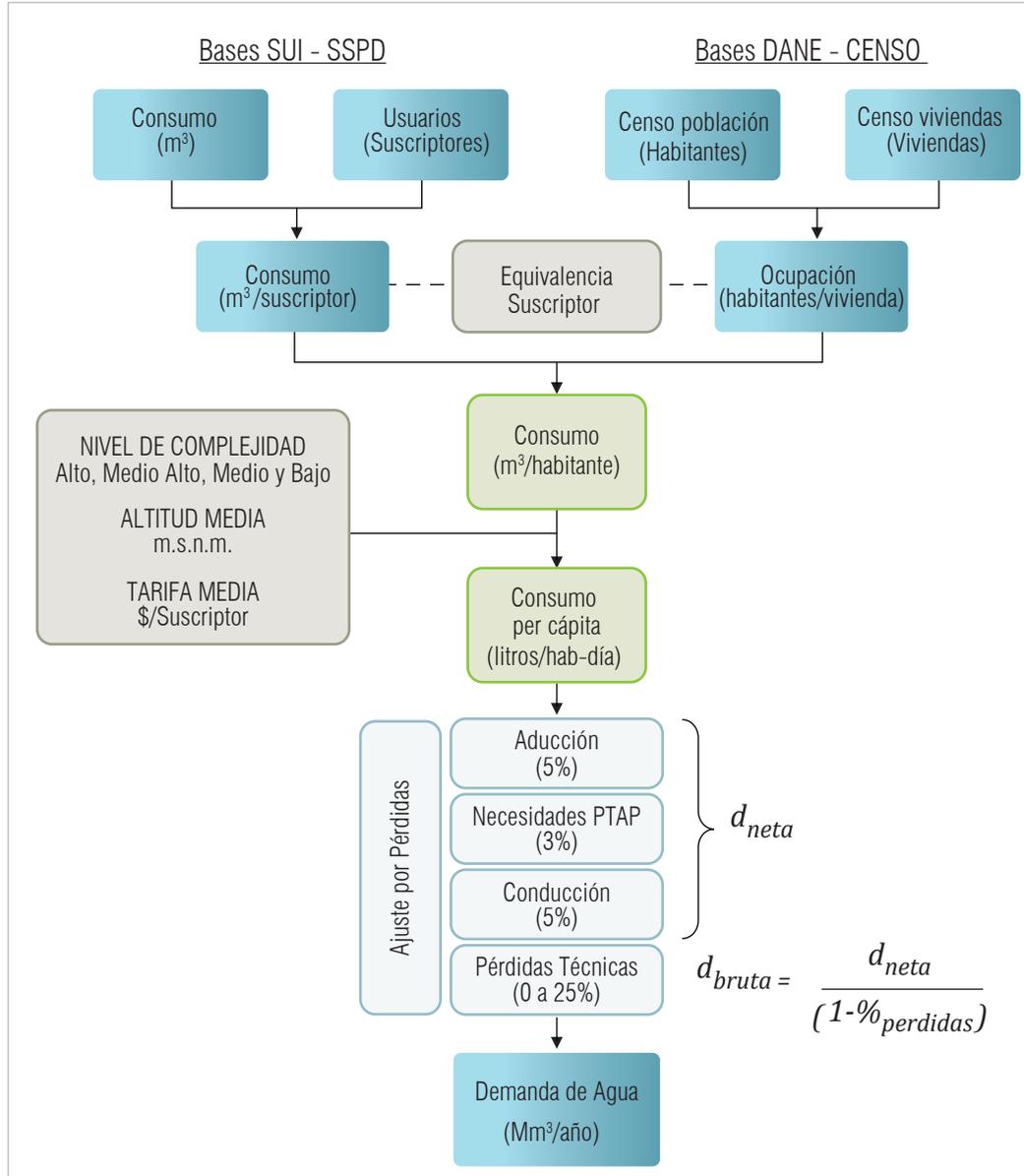


Figura 5.15. Diagrama general del cálculo para estimación de la demanda de agua para uso doméstico con desagregación municipal.

habitante-día¹¹. *Pérdidas técnicas*, es la cantidad de agua que es extraída y no consumida por pérdidas en el sistema de prestación del servicio de acueducto. En

la *Figura 5.15*, se ilustra de manera general la conceptualización señalada.

5.2.5.3. Resultados estimación demanda hídrica para uso doméstico

La cantidad total de agua demandada para uso doméstico en 2008 se estimó en 2.606 Mm³

11 Este dato se obtiene de la información que suministran las empresas de servicios públicos domiciliarios (acueductos) a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) a través del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

(incluidas pérdidas en el sistema), de los cuales el 82% (2.143 Mm³) corresponde a cabeceras municipales y el 18% (463 Mm³), al resto (Figura 5.16).

Del total de la demanda de agua para uso doméstico, el 30,7% (806,1 Mm³) corresponde al Distrito Capital de Bogotá (357,1 Mm³, equivalentes al 13,6%) y a los municipios de Cali (168,8 Mm³, el 6,4%), Medellín (155,5 Mm³, el 5,9%), Barranquilla (72,6 Mm³, el 2,8%) y Cartagena (52,2 Mm³, el 2,0%). Los restantes 1820,1 Mm³ (69,3%) son demandados por el resto de los municipios del país. La demanda de agua doméstica por subzonas hidrográficas se presenta en el mapa de la Figura 5.17.

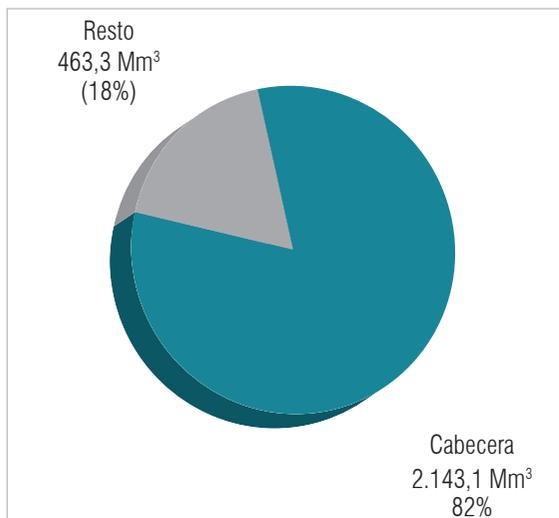


Figura 5.16. Participación de la demanda de agua según zona: cabecera y resto municipal (2008).

Para llegar a esta cifra, se agregan las estimaciones realizadas para: a) el consumo en municipios con información; b) imputación del consumo en municipios sin información; y c) estimación de las pérdidas según el RAS.

Para establecer el consumo de agua residencial para el grupo de municipios con información, se determina el consumo de agua per cápita (m³/año), a través del cociente que relaciona el consumo facturado por suscriptor y el número promedio de habitantes para el total de viviendas-municipio. En el ENA 2010, se identificaron rasgos de consumo per cápita entre 50 y 200 l/habitantes-día (Tabla 5.28). El segundo paso es establecer el consumo de agua doméstica para el total de la población con desagregación municipal. Este se obtiene al multiplicar el consumo per cápita por el dato de población censal, por municipio, diferenciando área urbana y área rural.

El consumo doméstico o residencial de agua para el conjunto de municipios sin información se obtiene asociándole a cada municipio el consumo per cápita registrado en municipios –con información sobre consumos facturados por los abonados residenciales– cuyas características de bienestar, según el indicador NBI y la complejidad de los sistemas de abastecimiento, sean equivalentes o similares a los municipios sin información.

El cálculo del agua extraída no consumida se obtiene de acuerdo a la estructura de pérdidas con base en los lineamientos establecidos en el Reglamento Sanitario del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000: por aducción 5%, en plantas de tratamiento 5%, en conducción 5% y pérdidas técnicas conforme al nivel de complejidad del sistema (Tabla 5.29).

Tabla 5.28. Consumos per cápita (litros/habitante-día) sin tener en cuenta pérdidas en el sistema.

Cabecera municipal		Resto del municipio	
Alto	122,3	0 a 36	110,5
Medio Alto	117,5	36 a 50	106,4
Medio	11,1	50 a 68	102,0
Bajo	104,1	68 a 100	99,1

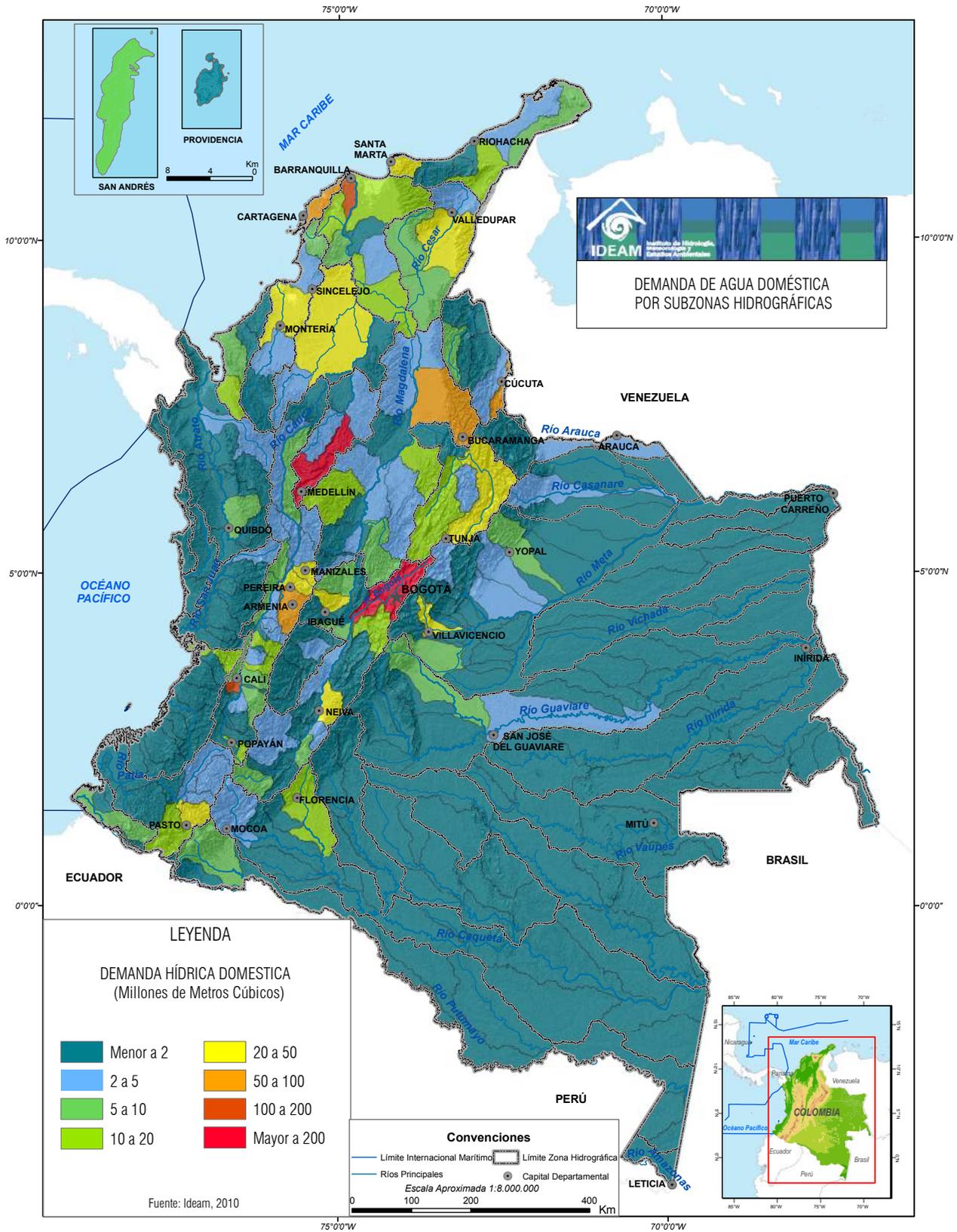


Figura 5.17. Demanda de agua doméstica por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.29. Porcentajes de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta.

Nivel de complejidad	Porcentaje
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio alto	25 %
Alto	20 %

Fuente: Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Título B.

5.2.6. Uso del agua en el sector industrial

El agua utilizada en las actividades industriales o de transformación está incluida como una entrada más para el consumo intermedio asociado a las actividades de extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, al acabado de productos y a las actividades de construcción. Igualmente, como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento como de enfriamiento; y el agua que, aun en estado de vapor, es aprovechada en cualquier otro proceso de transformación. De manera general, los principales consumos del agua en la industria están relacionados con a) transferencia de calor y/o enfriamiento; b) **aplicación a procesos**; c) **recirculación**; d) **reutilización**; y e) **otros servicios industriales** conexos o auxiliares, por lo general, prestados a terceros.

5.2.6.1. Unidades de observación en industria

La totalidad de los establecimientos manufactureros del país con diez o más personas ocupadas o que el valor de la producción sea superior a \$130,5 millones de pesos anuales para 2007,¹² censados por la

¹² El promedio anual de establecimientos observados es igual a 9186. El censo realizado en 2007 se aplicó a 7257 establecimientos.

Encuesta Anual Manufacturera (EAM), con reporte de la variable de agua como materia prima. Esta variable denota la intensidad de consumo de agua, frente a otros establecimientos manufactureros que no la insumen, como factor representativo dentro de la estructura de producción.

Los establecimientos industriales que se abastecen de las redes de agua potable y vierten sus desechos en las redes de alcantarillado municipales, y las pequeñas industrias que comparte un espacio dentro de viviendas conectadas a la red.

Los establecimientos industriales que se abastecen directamente de fuentes superficiales o subterráneas, mediante concesiones de aprovechamiento no incluidos u observados en los anteriores subuniversos.

5.2.6.2. Premisas de cálculo y criterios metodológicos de la demanda hídrica en la industria

El cálculo de la demanda hídrica en el sector manufacturero se obtiene por la agregación de los consumos en cada uno de sus componentes: a) consumo de agua en la actividad industrial; b) consumo de agua en actividades de construcción en las que se presta el servicio de agua temporalmente; y c) volumen de agua extraída no consumida.

La fórmula de cálculo de la demanda industrial es como sigue:

$$Csm = Gi + Pi + C + K$$

donde

Csm: consumo del sector manufacturero y servicios

Gi: gran industria

Pi: pequeña industria

Tabla 5.30. Volumen de agua utilizada en la industria por componente.

	Industrial ESP (m ³ /año)	Pequeña industria (m ³ /año)	Gran industria (m ³ /año)	Ajustes cobertura (m ³ /año)	Total (Mm ³)
Volumen de agua insumida	86.479.450	111.508.078	80.297.820	1.264.236.594	1.543
Volumen de agua extraída no consumida	34.591.780	Nd	Nd	Nd	35
Volumen de agua utilizada	121.071.230	111.508.088	80.297.820	1.264.236.594	1.577

C: construcción

K: ajuste por cobertura

5.2.6.3. Resultados de estimación de demanda hídrica en la industria

De acuerdo con el método de cálculo utilizado para la estimación de la demanda de agua (suma de las extracciones) en los procesos propios de la actividad industrial, esta consumió en 2008 cerca de 1.577 Mm³/año de agua con inclusión del agua extraída no contabilizada (35 Mm³) y de 1.543 Mm³/año sin inclusión de este último. Las estimaciones por componente se presentan en la *Tabla 5.30*.

El cálculo realizado cubre la estimación puntual de los siguientes elementos: a) demanda suplida por las empresas de servicios públicos; b) demanda de agua en unidades de vivienda con establecimientos industriales; c) demanda de agua en establecimientos de gran industria; d) volumen de agua captado reportado por las CAR y por la Encuesta Ambiental Industrial (EAI); e) corrección a los valores alcanzados por agua extraída no insumida.

• Demanda cubierta por las empresas de servicios públicos (ESP)

Con base en el registro del SUI de la SSPD, se realiza la estimación del consumo de agua reportado por los suscriptores clasificados como industriales, el consumo de agua en actividades de construcción y el agua

extraída no consumida. El dato correspondiente a la demanda hídrica industrial agregada suplida por la ESP para 2007 es del orden de 121.071.230 m³, compuesta por el consumo directo de los suscriptores abonados en industria (63.808.681 m³), el consumo en actividades de construcción con suministro de agua temporal (22.670.769 m³) y el volumen de agua extraída no consumida (34.591.780 m³).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) **Consumos facturados** y complementación del consumo para los suscriptores industriales con información en el periodo 2006-2009 y sin información en 2007. El dato para la complementación es el menor consumo registrado en los tres años con observación. b) Imputación del consumo promedio anual reportado por la SSPD¹³ (5.157 m³) aplicado a 97 suscriptores industriales que en la consulta de 2007 registran consumo no disponible. c) **El 90% del consumo facturado en la categoría de otros suscriptores en 2007**, con base en el cual se asigna el consumo en actividades de construcción.

d) El volumen de agua no contabilizada que incluye, entre otras, pérdidas desde la captación, transporte y distribución del servicio de agua potable cercanas al 40% del valor agregado para comercio, oficial y otros.

¹³ En SSPD 2007, informe anual de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

En la *Figura 5.18* y en la *Figura 5.19*, se observa el agua extraída con fines industriales suplida por las ESP y la composición del consumo total.

- **Demanda de agua en unidades de vivienda con establecimientos industriales (pequeña industria)**

Esta estimación se aplica para el cálculo del uso

consuntivo de agua en pequeños establecimientos industriales no cubiertos por la Encuesta Anual Manufacturera, que es la que observa el comportamiento de la gran industria. La demanda de agua asociada a los establecimientos de pequeña industria en unidades de vivienda es de 111.508.088 m³/año, resultado de multiplicar el número de establecimientos de pequeña industria, con desagregación departamental y consumo promedio anual por suscriptor.



Figura 5.18. Agua extraída con fines industriales, suplida por ESP en 2007.

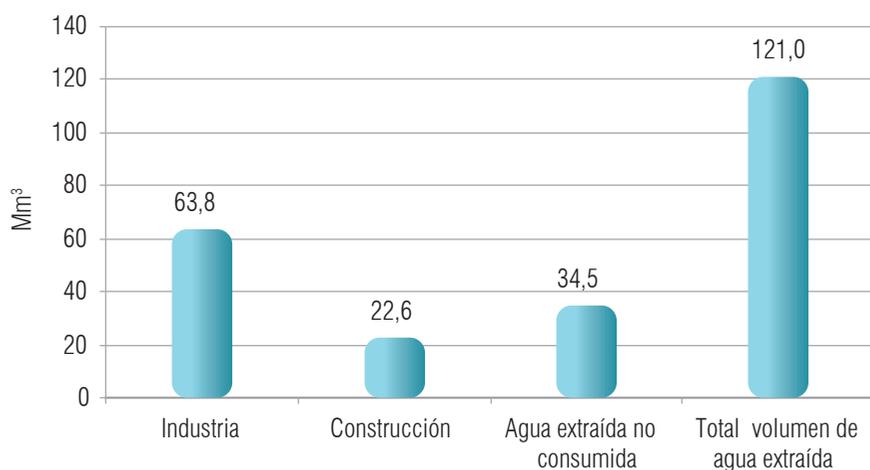


Figura 5.19. Composición del consumo con fines industriales (elaborada con base en el registro SUI (SSPD, 2006-2009).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) Para la definición del universo de establecimientos de pequeña industria, se utiliza el dato censal de viviendas con establecimientos industriales. En el Censo General 2005, se identificaron un total de 159.930 establecimientos de industria, de los cuales 78.638 se encuentran dentro de una vivienda¹⁴. b) El consumo promedio anual por suscriptor industrial específico para cada departamento, calculado con base en el consumo industrial facturado y el número de suscriptores por municipio, tomando como fuente de información el registro del SUI del SSPD (2007). La *Tabla 5.31* muestra los consumos de la pequeña industria en 2007, calculados por departamento.

• Demanda de agua en establecimientos de gran Industria

Para el cálculo de la demanda en establecimientos de gran industria, se consideran dos componentes base para la estimación:

1. El uso consuntivo del agua como materia prima en la gran industria, identificado con el código 018000016 de la clasificación de productos adaptada para Colombia (CPC), incluido en el capítulo nueve (9) de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM); y una imputación del consumo cuando el reporte de la EAM no registra información sobre este producto.
2. Un ajuste por cobertura para aquellos establecimientos industriales no cubiertos por la Encuesta Anual Manufacturera, diferentes a pequeña industria.

14 Véase el Cuadro 4.28, sobre unidades económicas por actividad económica, del Censo general 2005 del DANE.

Tabla 5.31. Consumo de la pequeña industria (2007).

Departamento	Total consumo (m ³)
Antioquia	22.612.568
Atlántico	7.895.946
Bogotá	28.983.560
Bolívar	3.991.328
Boyacá	1.907.432
Caldas	4.088.390
Caquetá	394.412
Cauca	805.132
Cesar	628.764
Córdoba	1.334.236
Cundinamarca	3.069.528
Chocó	165.496
Huila	2.410.456
La Guajira	589.504
Magdalena	1.844.154
Meta	865.532
Nariño	3.774.440
Norte de Santander	1.906.465
Quindío	1.910.682
Risaralda	2.574.378
Santander	7.928.906
Sucre	1.384.368
Tolima	3.557.578
Valle del Cauca	5.341.336
Arauca	385.056
Casanare	1.003.896
Putumayo	41.666
San Andrés	45.656
Amazonas	21.744
Guainía	18.120
Guaviare	15.060
Vaupés	1.757
Vichada	10.542
Total	111.508.088

Para el primer numeral, se tiene que el universo de establecimientos observados por la EAM en 2007 fue de 8.284, de los cuales 7.257 cumplieron con los parámetros de inclusión establecidos por la encuesta. De estos, 1.526 son intensivos en consumo de agua como materia prima (CPC 018000016); y con datos directos

de consumo, 888 establecimientos. Para el resto, es decir 638, se realiza una imputación sobre el consumo aparente, utilizando la relación técnica entre volumen de agua insumido y valor de la producción para la misma rama de actividad afín a la que, registrando datos sobre el valor de la producción, no reporta consumos de agua como materia prima. El cálculo del consumo de los establecimientos de industria, conforme al dato primario registrado en la EAM y la imputación para el resto, se aproxima a 80.297.820 m³/año.

La segunda parte del cálculo se realiza mediante un ajuste por cobertura para gran industria. Como ya se indicó, el censo de establecimientos manufactureros se aplicó a una muestra de 7.257 en 2007. Si bien, en este caen los establecimientos que mayormente contribuyen a la producción sectorial, es necesario establecer los consumos de agua para los establecimientos con características similares al universo de la EAM no incluidos en esta, reportados por otras fuentes de información.

Este ajuste se realiza a partir del análisis del volumen de agua concesionada, tomando como fuentes de información a las Corporaciones Autónomas Regionales y la Encuesta Ambiental Industrial del DANE de 2008.¹⁵ Esta última, para completar el cálculo en aquellas Corporaciones en las que se reconoce la vigencia de concesión; empero, el dato de captación presenta algunas restricciones de uso, ya sea que por su orden de magnitud resulta inconsistente o porque el mismo no está disponible.

En el marco de los balances hídricos de oferta utilización hídrica es necesario estimar, como un componente más de la extracción efectiva, el volumen del

agua no contabilizada en los diferentes procesos de producción. La no contabilización del consumo total se explica, en parte, por el consumo no facturado o por la elusión del consumo. Igualmente, por el exiguo control y seguimiento realizado por las autoridades ambientales regionales al registro de concesiones otorgadas y por una ineficiente gestión del recurso administrado por las ESP.

Con el objeto de tener en cuenta esta subestimación en el ajuste por cobertura para gran industria, se incrementó el volumen de total captado (las CAR + EAI), tomando como criterio de contraste el indicador de intensidad industrial IDI municipal,¹⁶ de acuerdo con la *Tabla 5.32* para los municipios: a) **el 30% para las concesiones administradas por Corponor, Corpourabá, Damab y Valle de Aburrá; y b) el 20% para las concesiones administradas por la CRA, CAR, Corpocaldas, la CVC y la SDA.**

Los resultados, conforme a los criterios antes señalados, muestran que el volumen de agua captado –según el directorio de usuarios que denotan usos industriales de las CAR–, en 2008 llega a ser del orden de 1.145.950.367 m³. La desagregación de volúmenes concesionados por Corporación se presenta en la *Tabla 5.33*. Este valor no referencia la totalidad del registro de concesiones, dado que este presenta las siguientes restricciones u omisiones: a) en algunas corporaciones, el registro no incluye el valor de volumen concesionado o, en su defecto, el volumen captado; b) la magnitud registrada distorsiona el valor total de captación para la suma de corporaciones; y c) no es posible identificar el uso industrial en la consulta del directorio de usuarios, así como tampoco el tipo de uso.

15 El DANE viene realizando esta operación estadística desde 1997 para establecer el gasto ambiental realizado por los establecimientos industriales, con fines de protección, conservación y recuperación de los bienes y servicios ambientales.

16 El índice de densidad industrial es publicado por el DANE (indicadores de competitividad). IDI = cociente entre el número de establecimientos y el área total de cada municipio.

Acorde con estas novedades, se excluyen del cálculo las siguientes autoridades ambientales: CRA, CAM, CAR, Corpocaldas, Codechocó, Corpochivor, Corpoguvio, CVC y SDA.

El volumen de agua captado por los establecimientos de industria, reportado en la Encuesta Ambiental Industrial, es de 431.163.355 m³; su distribución por Corporación se ilustra en la *Tabla 5.34*.

Tabla 5.32. Indicador de identidad industrial.

COD DEPTO	DEPTO	COD MPIO	MUNICIPIO	IDI							
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
5	ANTIOQUIA	1	Medellín	2,0916	1,9358	1,8607	1,9842	1,6754	1,6163	1,6351	1,5895
		266	Envigado	0,6453	0,6577	0,7074	0,8811	0,7446	0,7694	0,7694	0,7446
		360	Itagüí	12,4939	11,8160	11,7676	13,9952	12,4939	12,3002	11,8160	11,4286
		631	Sabaneta	4,2730	4,0816	4,5918	5,7398	5,7398	5,7398	5,5485	5,8673
8	ATLÁNTICO	1	Barranquilla	1,5982	1,5585	1,5302	1,6719	1,5302	1,5132	1,4338	1,4622
		78	Baranoa								
		296	Galapa	0,0103	0,0103	0,0103	0,0103	0,0205	0,0205	0,0308	0,0308
		433	Malambo	0,0590	0,0492	0,0590	0,0590	0,1082	0,1180	0,0983	0,1082
		758	Soledad	0,3377	0,3576	0,3774	0,4172	0,4172	0,3774	0,3973	0,4370
54	NORTE DE SANTANDER	1	Cúcuta	0,0960	0,0951	0,0854	0,0863	0,0669	0,0705	0,0713	0,0722
		405	Los Patios	0,0240	0,0240			0,0320	0,0240	0,0240	0,0240
		498	Ocaña	0,0094	0,0057	0,0038	0,0038	0,0038	0,0057	0,0057	0,0057
		518	Pamplona	0,0101	0,0101	0,0067	0,0067				
		874	Villa del Rosario			0,0537	0,0537	0,0967	0,0859	0,0859	0,0752
68	SANTANDER	1	Bucaramanga	1,4929	1,3801	1,3005	1,3005	1,2806	1,1943	1,1877	1,1877
		81	Barrancabermeja	0,0073	0,0089	0,0089	0,0089	0,0113	0,0105	0,0113	0,0105
		276	Floridablanca	0,1115	0,1013	0,1013	0,1013	0,1216	0,1115	0,1216	0,1216
		307	Girón	0,0519	0,0519	0,0499	0,0499	0,0639	0,0659	0,0699	0,0579

Fuente: DANE, 2007

Tabla 5.33. Volumen de agua concesionado según las CAR para 2008.

CAR	(m ³ /año)	CAR	(m ³ /año)
AMVA	2.273.951	Corpoboyacá	29.684.724
Carder	48.857.463	Corpocezar	13.817.947
Cardique	668.563	Corponariño	1.661.158
Carsucre	422.236	Corponor	1.045.276
CDA	4.334	Corporinoquia	2.148.867
CDMB	161.577.422	Corpourabá	1.825.966
Coralina	15.048	Cortolima	37.765.264
Corantioquia	146.525.760	CRC	214.631.228
Cormacarena	198.308.252	CRQ	3.612.418
Cornare	92.890.018	CVS	2.050.354
Corpamag	92.813.287	Damab	90.813.787
Corpoamazonía	2.537.041	Total concesionado	1.145.950.367

Fuente: Consulta con autoridades ambientales.

Tabla 5.34. Volumen de agua captado para uso industrial según la EAI.

EAI - Volumen de agua captado para uso industrial (m ³)	
CRA	40.484.756
CAR	17.236.925
CALDAS	862.774
CVC	176.994.743
SDA	195.584.158
Total	431.163.355

Fuente: Encuesta Ambiental Industrial 2007.

El valor final del ajuste por cobertura en gran industria es de 1.264.236.594 m³, obtenido por la diferencia entre el volumen captado a través de las CAR y la EIA (1.577.113.722 m³), y los consumos ya registrados a través de las empresas de servicios públicos, la Encuesta Anual Manufacturera y las viviendas con pequeños establecimientos industriales (312.877.128 m³). Se restan los consumos, a fin de evitar una doble contabilización.

5.2.7. Uso del agua en el sector de servicios

Se define la actividad de servicios como el conjunto de actividades desarrolladas por las unidades económicas, encaminadas a generar y poner a disposición de las personas, los hogares o las empresas una amplia gama de servicios, cada vez que estos sean demandados y sobre los cuales no recaen derechos de propiedad por parte del usuario.

Es importante tener en cuenta que los servicios no son susceptibles de ser almacenados ni transportados y, en consecuencia, no pueden ser transados en forma independiente de su producción. Por otra parte, no existe un traslado de la propiedad del producto; se vende por parte del productor y se compra por

parte del consumidor un derecho al uso del servicio, cada vez que este sea requerido (DANE, 2008).

5.2.7.1. Premisas de cálculo y criterios metodológicos

El cálculo de la demanda hídrica en el sector de servicios se obtiene por agregación de los consumos de agua en las actividades de servicios, incluido el suministro en espectáculos y actividades recreativas temporales¹⁷, y el agua extraída no consumida. Esta última se suma como un valor de referencia que explica la razón entre el volumen de agua producida y el agua suministrada a través de los sistemas de conducción en red.

Se utiliza la información de los consumos facturados (m³/año) para las categorías de suscriptores comerciales, oficial y otros, con desagregación departamental y municipal, tomando como fuente primaria de información el registro oficial de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), actualizado y disponible en el Sistema Único de Información (SUI). El cálculo se complementa con la información sobre captaciones en usos oficiales, recreativos y de servicios reportado por las Corporaciones autónomas regionales.

No se presenta duplicidad o doble contabilización entre el registro de concesión y el uso reportado por la SSPD, dado que el registro de las CAR identifica sin traslape las concesiones otorgadas a las empresas de servicios públicos (ESP) para atender la demanda mediante suministro por red, y por separado, las específicas para el tipo de uso clasificado como "servicios". El

17 Decreto 302 de Mindesarrollo. "[...] servicio temporal: el que se presta a obras en construcción, espectáculos públicos no permanentes y servicios residenciales de carácter ocasional con una duración no superior a un año prorrogables a juicio de la empresa".

consumo, en este último caso, es identificado a través del directorio de usuarios con concesiones no clasificados como uso doméstico en hoteles, hospitales, colegios, fundaciones, instalaciones de la administración pública, clubes deportivos, espacios recreacionales y otros establecimientos de servicio (lavanderías, autolavado, estaciones de combustible, etcétera).

Se excluye el consumo de agua atribuible al servicio prestado por personas naturales y viviendas con esta actividad económica y el consumo de agua en servicios de restaurantes y comidas. Esta medición es por lo demás compleja, toda vez que en su gran mayoría son actividades económicas asociadas a un hogar, que comparten espacios dentro de una misma vivienda. La condición de incertidumbre¹⁸ asociada a este tipo de traslapes o conjuntos borrosos introduce limitaciones de orden estadístico y conceptual a la hora de diferenciar el gasto de agua en distintos usos o en usos compartidos; más aun, cuando para este tipo de arreglos no existen, por ejemplo, registros administrativos que permitan diferenciar con claridad el tipo de actividad o sector que origina la demanda de agua, así como tampoco censos universales que indiquen el número de personas ocupadas, el número de personas atendidas y el tipo de actividad económica, cuando la vivienda funge como establecimiento comercial o de servicios, incluidos los de alojamiento no permanente.

La fórmula de cálculo de la demanda de servicios es como sigue:

$$C_{ss} = C_s + O_f + O_t$$

donde

C_{ss} : consumo sector servicios

C_s : comercio

O_f : oficial

O_t : otros

5.2.7.2. Resultados de estimación de la demanda hídrica en servicios

Con base en el registro del SUI, se realiza la estimación del consumo de agua reportado por los suscriptores clasificados como comerciales y oficiales, el consumo de agua en espectáculos y actividades recreativas temporales y el agua extraída no consumida. La agregación de estos tres componentes dio como resultado en 2008 del orden de 354.382.556 m³/año.

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) Consumos facturados y complementación del consumo para los suscriptores del sector comercial y oficial con información en el periodo 2007-2009, y sin información y consumo no disponible en 2008. El dato para la complementación es el menor consumo registrado en los tres años con observación. b) El 10% del consumo facturado en la categoría de "otros suscriptores", con base en el cual se asigna el consumo de agua en actividades de recreación y espectáculos públicos. c) El volumen de agua no contabilizada, que incluye, entre otros, pérdidas desde la captación, transporte y distribución del servicio de agua potable cercanas al 40% del valor agregado para comercio, oficial y otros (SSPD, 2006: 147). En la *Figura 5.20*, se observa la composición del consumo.

El cálculo anterior se complementa con la información sobre concesiones en usos oficiales, recreativos

18 Dos grandes clases de incertidumbre se han formulado hasta el momento: la incertidumbre debida a la deficiencia de información, conocida también como ambigüedad y la incertidumbre lingüística o vaguedad. La primera de ellas ha sido desarrollada al interior de la teoría de los conjuntos clásicos. En la vaguedad, la incertidumbre se origina por una deficiente especificación de cada alternativa. En estos casos, la única teoría que se ha formulado para el tratamiento formal de la vaguedad es la teoría de los conjuntos borrosos.

y de servicios, reportado por las corporaciones autónomas regionales. Se opta por esta variable bajo la premisa de que el servicio es asignado a un usuario particular y, por ende, no está disponible para otro tipo de uso diferente al registrado en el formulario que ampara la concesión. El volumen de agua concesionado para el desarrollo de las actividades de servicios por esta fuente es del orden de 144.823.997 m³.

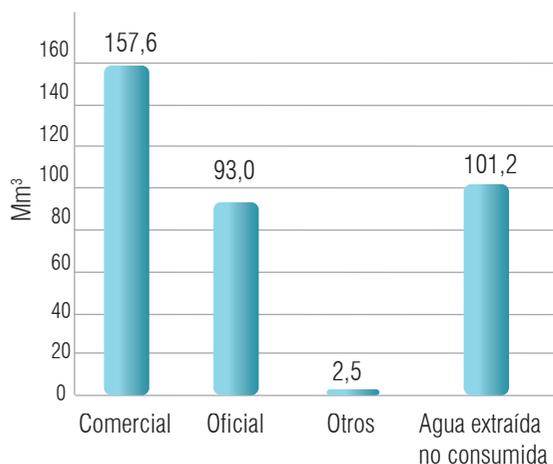


Figura 5.20. Agua consumida en el sector servicios según las ESP.

Este último valor es objeto de corrección con la finalidad de incorporar al cálculo: a) la omisión derivada del registro de concesiones que no permite identificar con suficiente objetividad el tipo de uso; y b) guardar una mayor paridad o correlación con los indicadores propios de la actividad económica sectorial, por ejemplo, tamaño del sector, consumo de energía, intensidad de uso (agua).

En consideración a ello, se aplica un incremento de línea base (en el escenario más conservador)¹⁹ del 20% generalizado sobre el volumen total captado. Con esta corrección, el volumen total captado por el sector de servicios no incluido en la demanda suplida por las ESP es de 173.788.796 m³. La demanda hídrica total agregada en el sector de servicios es del orden de **528 Mm³**, la distribución por fuente se presenta en la *Tabla 5.35* y el volumen concesionado por la Corporación Autónoma, en la *Tabla 5.36*.

La estimación de la demanda hídrica en servicios e industria se realiza privilegiando la disponibilidad de la estadística primaria, a partir de registros administrativos que acotan los datos registrados por la SSPD y las CAR para concesiones de agua.

Tabla 5.35. Demanda hídrica (m³) en actividades de servicios (2008).

Agua suministrada por ESP		CAR - Volumen de agua concesionado	Total
Uso efectivo	No utilizado		
253.130.397	101.252.159	173.788.796	528.171.352

¹⁹ Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: "El agua, una responsabilidad compartida", coordinado por WWAP, durante el Cuarto Foro Mundial del Agua en Ciudad de México, México, en 2006.

Tabla 5.36. Volumen concesionado por las autoridades ambientales a establecimientos de servicios.

CAR	m ³ /año	Participación (%)
AMVA	2.180.265	1.51
CAM	4.152.372	2.87
CAR	5.926.759	4.09
Carder	12.729.822	8.79
Cardique	108.168	0.07
Carsucre	2.164.979	1.49
CDA	17.280	0.01
CDMB	2.249.453	1.55
Codechocó	94.608	0.07
Coralina	838.227	0.58
Corantioquia	264.384	0.18
Cormacarena	578.534	0.40
Cornare	6.109.018	4.22
Corpamag	2.671.187	1.84
Corpoamazonía	2.671.187	1.84
Corpoboyacá	1.845.424	1.27
Corpocaldas	13.288	0.01
Corpocesar	4.470.953	3.09
Corpochivor	478.795	0.33
Corponariño	277.285	0.19
Corponor	18.358.367	12.68
Corporinoquia	378.303	0.26
Corpourabá	1.017.450	0.70
Cortolima	33.997.418	23.47
CRC	25.280.249	17.46
CRQ	93.315	0.06
CVC	1.662.690	1.15
CVS	393.873	0.27
Damab	7.252.160	5.01
SDA	6.548.180	4.52
Total	144.823.997	100.00

Fuente: Reporte de autoridades ambientales al MAVDT.

La demanda hídrica nacional de los sectores industria, servicios y energía por subzonas hidrográficas se presenta en la *Figura 5.21*.

5.2.8. Demanda hídrica en el sector energía

La utilización del agua en generación de energía se registra como un componente más de la demanda, teniendo en cuenta tres premisas que determinan la condición de uso en un momento dado: a) la tipificación del uso del agua en actividades de generación de energía como uso industrial (Decreto 3930 de 2010, Cap. IV, Art. 16); b) el almacenamiento más o menos prolongado en embalses y otros reservorios no naturales, requerido para mantener los estándares de generación que implican una oferta de agua no disponible, durante cierta temporalidad, siendo por tanto el uso excluyente y rival frente a otras demandas in situ; y c) **si bien se reconocen tasas de retorno cercanas al 100%**, la calidad del agua y la variación en el régimen hidrológico que retorna introduce restricciones de uso frente a otras demandas en competencia.

5.2.8.1. Unidades de observación

Registro sobre el caudal útil por regiones y sistemas de generación eléctrica reportado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

5.2.8.2 Premisas de cálculo

Para el cálculo del consumo de agua en generación de energía se considera el volumen de agua que es utilizado en los sistemas convencionales y combinados de generación hidráulica y térmica.

Uso de agua en generación de energía hidroeléctrica. Para establecer el uso del agua en generación a través de sistemas que utilizan el agua como fuerza hidráulica, se trabaja con el volumen efectivamente utilizado y no con el volumen total que es sustraído del sistema hídrico y que se almacena en reservorios no naturales durante un periodo de tiempo dado.

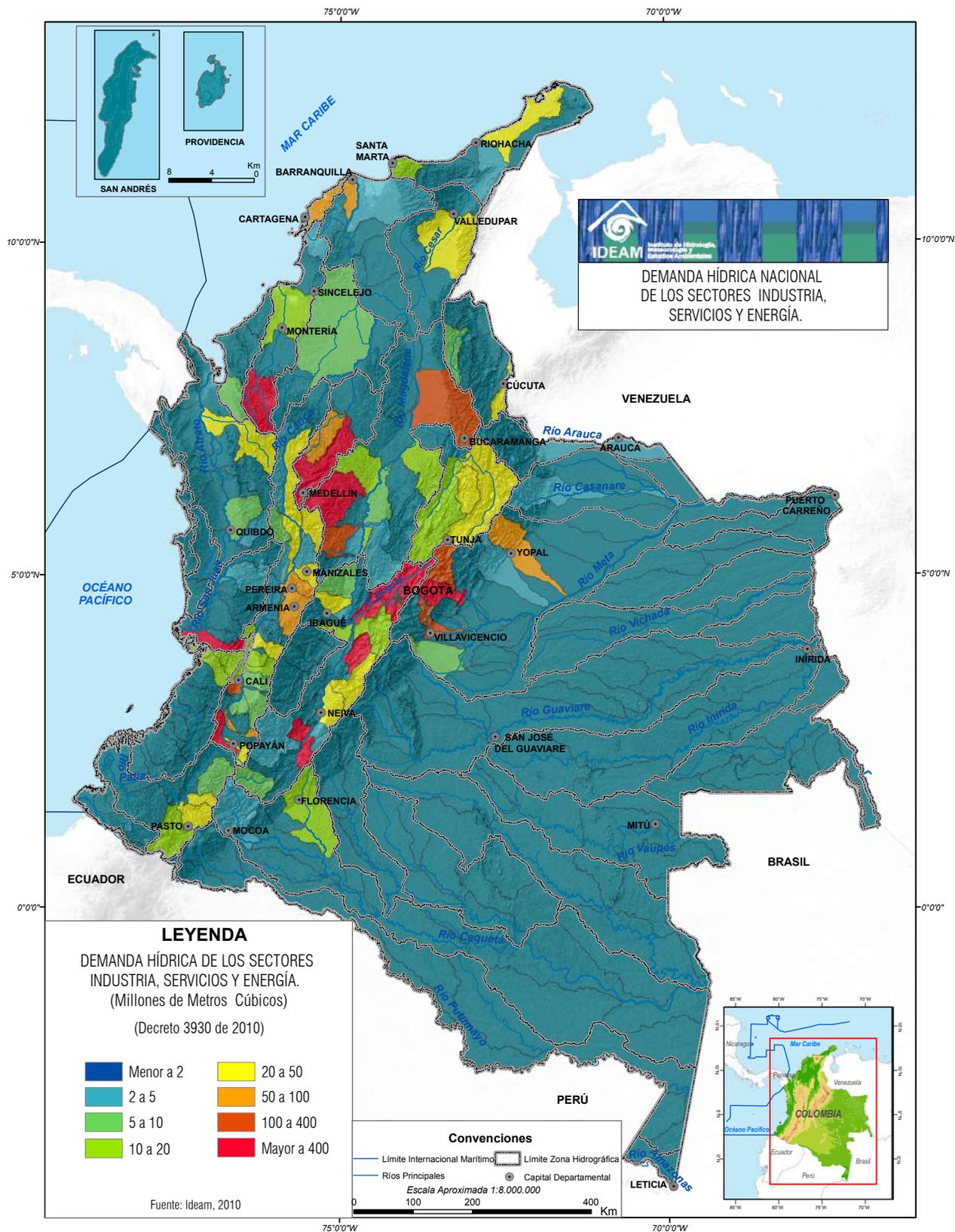


Figura 5.21. Demanda hídrica nacional de los sectores industria, servicios y energía.

El dato es reportado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), que muestra por región (Antioquia, Centro, Caribe, Oriente y Valle), y con periodicidad mensual, los indicadores técnicos de operación para cada uno de los sistemas de generación.

Para el cálculo del volumen de agua utilizada se consideran, de esta información, los siguientes conceptos:

- Volumen útil diario: volumen almacenado por encima del nivel mínimo técnico, reportado diariamente por los agentes (según acuerdo Nro. 294 del CON), se expresa en $\text{Mm}^3/\text{día}$ y en $\text{GWh}/\text{día}$.
- Relación entre el volumen (Mm^3) y el volumen máximo técnico del embalse. Se expresa en %.
- Volumen máximo técnico: se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico y equivale a la suma del volumen mínimo técnico y del volumen útil del embalse.
- Volumen mínimo técnico: el volumen máximo técnico menos el volumen útil del embalse

Uso de agua en generación de energía termoeléctrica. En los procesos intermedios asociados a la generación de energía mediante centrales térmicas, se utiliza vapor de agua esencialmente para el movimiento de turbinas y sistemas de recirculación. En el caso de las centrales termoeléctricas a carbón, se requiere un volumen adicional para el enfriamiento del vapor que sale de las turbinas. De acuerdo con los estándares técnicos de operación, aplicables a los sistemas de ciclo combinado en centrales térmicas, el factor unitario de agua insumido en estos procesos está en el rango de 14 gal/kWh a 24 gal/kWh.²⁰

²⁰ Southern Illinois University Carbondale, 2006.

La fórmula de cálculo del uso de agua en generación de energía para el Estudio Nacional del Agua es como sigue:

$$Dhe = Vh + Vt$$

donde *Dhe* es la demanda hídrica en el sector de energía. *Vh* representa el volumen en Mm^3 usado para generación hidráulica; se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico, obtenido por la agregación del volumen mínimo técnico y el volumen útil diario. Y *Vt* es el volumen en Mm^3 usado para generación térmica; se determina a partir de la producción de energía en el año 2008 (7.733 GWh) por el valor promedio del factor unitario (19 gal/kWh).

5.2.8.3. Resultados de estimación de demanda hídrica en el sector de energía

El volumen total de agua utilizada en generación hidráulica y térmica en 2008 es del orden de 6.976 Mm^3 (Figura 5.22 y Tabla 5.37). Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

1. Para establecer el dato de agua utilizada en generación de energía mediante fuerza hidráulica se adopta el indicador de operación técnica, a partir del cual se establece la relación entre el volumen (Mm^3) y el volumen máximo técnico del embalse.²¹ Para el reporte del Estudio Nacional del Agua se utiliza el primer factor de esta relación: volumen (Mm^3). Según este indicador, el agua utilizada en generación de energía mediante fuerza hidráulica en 2008 fue de 6.311 Mm^3 .

²¹ Se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico, obtenido por la agregación del volumen mínimo técnico y el volumen útil del embalse.

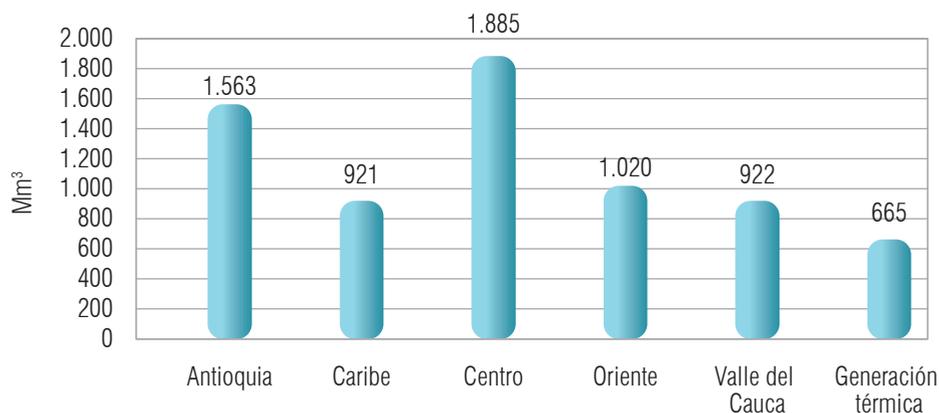


Figura 5.22. Volumen de agua utilizado en generación energética (2008).

- Para el cálculo del agua utilizada en generación de energía mediante centrales térmicas, se multiplica la producción de energía en el año 2008 (7.733 GWh) por el valor promedio del factor unitario (19 gal/kWh). Conforme a esta operación, el volumen de agua incorporada a los procesos térmicos para el año de referencia es de 665 Mm³.

Tabla 5.37. Demanda Hídrica Nacional en Energía (2008).

Región	Volumen
	(Mm ³) ¹
Antioquia	1.563
Caribe	921
Centro	1.885
Oriente	1.020
Valle del Cauca	922
Generación térmica	665

¹ Volumen Mm³: utilizado para establecer la relación entre volumen (Mm³) y el volumen máximo técnico del embalse.

5.2.9. Resultados de la estimación del caudal ambiental

El caudal ambiental el ENA se define como una sustracción de la oferta hídrica superficial, no agregativa de la demanda total, necesaria para garantizar el volumen requerido para los sostenibilidad de los diferentes ecosistemas, siendo por tanto un uso que se debe estimar dentro de los balances hídricos de oferta-utilización.

Los estimativos de volumen de agua asociado a este caudal se consideran en el capítulo sobre *agua superficial* como una oferta que debería estar disponible. Los volúmenes de agua calculados para caudal ambiental en el país alcanzan los 920 km³ que representan cerca del 40% de la oferta hídrica promedio del país.

5.3. Conclusiones

Uno de los principales resultados del Estudio Nacional del Agua 2010, en lo relacionado con la demanda hídrica, es la adopción de dos conceptos que introducen no solo un replanteamiento frente a las propuestas de medición desarrolladas en estudios anteriores, sino que dota de un mayor espectro de precisión a la definición de las tasas ambientales, como son el concepto de uso del agua y el de oferta disponible.

El primer concepto hace referencia al uso del agua, que guarda coherencia con la regulación establecida en el marco del Decreto 3930 de 2010 del MAVDT, en contraste con la acepción que en el pasado se reducía a la medición del consumo de agua. El segundo concepto se refiere a la oferta hídrica disponible. Ambos conceptos, al acotar la cadena de uso del recurso hídrico espacial y temporalmente, modifican de forma sustancial la percepción sobre: a) la situación de escasez en función de la relación entre demanda hídrica agregada y oferta hídrica natural; b) el consumo no excluyente o el consumo rival entre diversas demandas en competencia; y c) la eficiencia del uso, tanto en los procesos productivos como en la provisión del recurso para el consumo humano propiamente dicho.

El concepto de uso de agua, visto integralmente, da cuenta de: 1) La extracción de un volumen dado de agua, que suple el consumo efectivo en las diferentes actividades antrópicas, y el agua extraída no consumida, valorada como un indicador del nivel de eficiencia asociado al estado de gestión del recurso, consecuente con el desarrollo de estas actividades. 2) El almacenamiento del recurso hídrico en sistemas y reservorios no naturales, que lleva a valorar el *stock* reservado como una oferta de agua no disponible, durante cierta temporalidad, siendo por tanto el consumo excluyente y rival frente a otras demandas in

situ; y 3) El caudal ecológico, definido como una sustracción de la oferta natural, medido objetivamente a través de la curva de duración de caudales, incidente claramente en la lectura asociada a la razón de escasez²². Si bien, no es agregativo en la demanda hídrica total, es considerado un uso más dentro del conjunto de usos estimados en el ENA.

El dimensionamiento del uso del agua permea, a su vez, el concepto de oferta hídrica disponible, al incluir el caudal ecológico y el agua como parte de la demanda hídrica agregada, en actividades que suponen una sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes.

La estimación de la demanda hídrica agregada en el Estudio Nacional del Agua 2010 muestra resultados muy superiores a los obtenidos en estimaciones anteriores, producto de la adopción de un marco conceptual ampliado, la cobertura alcanzada a través de las unidades de observación y una mayor precisión, consecuente con la confiabilidad e integridad de la información estadística utilizada. Sin embargo, es importante señalar que esta puede ser aún mayor al incluir otros sectores no observados en la medición del ENA 2010, como es el caso del sector minero, hidrocarburos y de navegabilidad, o al superar algunas restricciones de uso y calidad de la información disponible.

El Ideam, en el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, teniendo en cuenta la creciente importancia del sector minero, propone el desarrollo de la estimación del uso y consumo del recurso hídrico en el sector minero, a partir de una investigación técnica independiente que permita escalar el limitado

²² En desarrollos anteriores, el caudal ecológico fue valorado como una reducción de la oferta natural, según porcentaje adoptado no medido objetivamente.

conocimiento sobre la gestión del recurso hídrico en este sector y reducir la incertidumbre sobre la sostenibilidad de la actividad minera en zonas con un marcado déficit o escasez hídrica, o donde la oferta hídrica disponible evidencia crecientes conflictos entre sectores productivos competidores (minería *versus* agricultura) y de demanda para el consumo humano.

El problema central de la estimación de la demanda hídrica no subyace en el grado de complejidad que denota su conceptualización, la ruta metodológica a seguir o la adopción de métodos o técnicas de medición que, por lo demás, son de acceso corriente en la investigación económica. Contrario a ello, las restricciones de uso y accesibilidad a la información básica denotan el mayor cuello de botella.

Las principales restricciones en cuanto a uso y acceso a la información recaen en: a) la condicionalidad al uso de la información que impone la reserva estadística; b) la incertidumbre frente a la confiabilidad del registro de concesiones; c) **el subregistro identificado** en los reportes derivados del Sistema Único de Información (SUI); d) la disparidad y asimetría de datos observable al comparar el resultado de las mediciones a través de encuestas o censos frente al registro administrativo de los gremios y asociación de productores. Esta situación, en su conjunto, demanda la adopción de un instrumento efectivo de *gestión de información oficial para fines públicos, como es el caso del Estudio Nacional del Agua*.

CAPÍTULO 6

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN COLOMBIA

Río Villeta en Villeta. / M. García



Autores
LUZ CONSUELO ORJUELA
HERNANDO WILCHES

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 6

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN COLOMBIA

El componente *calidad de agua superficial* en el Estudio Nacional del Agua 2010 propone un avance metodológico y sistemático para estimar las cargas contaminantes que ejercen presión sobre los sistemas hídricos superficiales del país. Considera, además del indicador puntual de calidad de agua (ICA), un índice sobre la alteración potencial de la calidad del agua a partir de la presión de la carga contaminante que ejercen diferentes actividades sectoriales sobre las condiciones de calidad hídrica (IACAL) de estos sistemas.

En el presente capítulo, se estima la presión que ejercen las actividades sectoriales industriales, domésticas, producción de café y sacrificio de ganado, por vertimientos aportantes de materia orgánica, sólidos y nutrientes, que afectan potencialmente las condiciones de calidad del agua superficial de los cuerpos de agua receptores. En forma general, incluye la variable de oferta como componente representativo de la capacidad de depuración de los cuerpos de agua, de la que dependen en gran medida las variaciones de las condiciones de calidad. En las estimaciones, se consideraron ajustes por la remoción de carga con tratamiento de aguas residuales para los sectores doméstico, industrial y beneficio del café.

Como complemento, se evalúa el impacto de la actividad de cultivos ilícitos (coca) por utilización de fertilizantes y plaguicidas, y el uso de químicos en procesos de transformación de la hoja de coca hasta clorhidrato de cocaína. Así como el impacto de la actividad de extracción minera (oro y plata) con el uso del mercurio.

Este estudio escala el alcance del Estudio Nacional del Agua 1998, en el que se estimó la DBO procedente de la población mediante la aplicación de un factor de vertimiento y para el municipio como unidad de análisis. En el ENA 2010, se considera la subzona hidrográfica como unidad de análisis, se amplía el número de variables utilizadas para la evaluación de la calidad del agua y se considera una mayor cobertura de actividades industriales.

Con base en información secundaria (estadísticas oficiales), agregadas y evaluadas en 309 subzonas hidrográficas con datos del 2008, en el ENA 2010 se evalúan los resultados del indicador de alteración potencial de la calidad (IACAL), el ICA y las condiciones de calidad en los 154 puntos de referencia de la red básica del Ideam.

Muchos de los contaminantes están asociados con la carga de sedimentos que transportan los ríos. En este contexto, se analiza en este estudio la carga de sedimentos en suspensión para algunas cuencas de las subzonas hidrográficas, a partir de las series históricas de la red de monitoreo del Ideam. Es importante anotar que en el país aún no se ha evaluado la relación de los procesos de producción de sedimentos asociados a la erosión en las cuencas, lo cual permitiría tener elementos para analizar y monitorear los procesos de degradación a partir de los sedimentos.¹

¹ El componente de sedimentos de este capítulo se elaboró con base en el documento sin publicar "Comportamiento general de los sedimentos en las cuencas Magdalena, Cauca, Caribe, Orinoco, Pacífico y Amazonas", del Ingeniero H. Wilches de la Subdirección de Hidrología del Ideam.

En el país, el mayor desarrollo en seguimiento y monitoreo de la calidad del agua se ha dado en relación con el agua superficial, en particular, para los cuerpos de agua lóticos continentales; de ahí que este sea el alcance en términos de calidad de agua en este trabajo.

6.1. Elementos conceptuales e indicadores para la evaluación de la calidad del agua superficial

A continuación se incluyen los conceptos utilizados para la evaluación de la calidad de agua superficial e indicadores hídricos.

El monitoreo directo es el mejor método para evaluar el impacto ambiental de los generadores de vertimientos, en ausencia de suficiente información de este tipo, una alternativa práctica, viable y menos costosa es la estimación teórica a partir de la aplicación de factores de vertimiento, denominada evaluación rápida o inventario rápido de fuentes de contaminación del agua (OMS, 1993).

El procedimiento de evaluación rápida de la contaminación ambiental es una vía práctica para valorar los vertimientos producidos por cada generador o grupo de fuentes generadoras similares en un área de estudio. Se basa en una experiencia, ampliamente documentada en el pasado, sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes generados con sistemas de control asociados y sin ellos.

Presión ambiental. Se entiende por presión ambiental la contribución potencial de cada agente social o actividad humana (población, industria, agricultura, minería) a las alteraciones del medioambiente por consumo de recursos naturales, generación de residuos (emisión o vertimiento) y transformación del

medio físico. Es decir, es la capacidad de generar un impacto ambiental.

Afectación potencial. La afectación potencial se refiere a la posibilidad de generar un grado de alteración debido a una presión ambiental; por ejemplo, un vertimiento puede generar distintos impactos ambientales en función de diversos factores: la fragilidad del medio receptor, la concentración de presión ambiental en el área (existencia de muchos vertimientos) y la capacidad de recuperación del medio receptor.

Las variables como indicadores de presión, representativas de los principales tipos de contaminación que afronta el recurso, están identificadas en el marco conceptual de la Política Hídrica Nacional. Para materia orgánica, la DBO, fracción biodegradable, representa la demanda bioquímica de oxígeno; y la DQO,² la materia oxidable, que incluye las fracciones biodegradable y no biodegradable, representa la demanda química de oxígeno; la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST), para el material en suspensión; y para nutrientes, nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT).

Los vertimientos de materia orgánica biodegradable, expresados como DBO, al ser degradados por los organismos aerobios generan una reducción del oxígeno disponible en los sistemas hídricos superficiales, lo cual puede afectar el desarrollo de especies deseables de peces que sirven como fuente de alimento. Un incremento de la DBO conlleva mayor carga bacteriana (patógenos), que produce efectos adversos en la salud de la población por consumo directo del agua o indirecto a través del consumo de alimentos cuyo riego agrícola se ha realizado con agua contaminada.

2 Para estimar la DQO, el factor de vertimiento propuesto es el obtenido experimentalmente por la relación DQO/DBO_5 en el año 2002, en la VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales, de Bogotá D.C.

La DBO proviene principalmente de vertimientos domésticos (hogares) y de actividades industriales, como la producción de alimentos y bebidas; la petroquímica, la fabricación de pastas celulósicas, papel y cartón; la producción de abonos; y el curtido y preparación de cueros, entre otras. El origen agrícola se atribuye, en esencia, al sector cafetero, que ocupa un renglón relevante en la economía nacional, dado que el beneficio tradicional o húmedo del café aporta una carga importante de este contaminante.³

Los SST tienen relación con el aporte de sólidos a los cauces de corrientes superficiales, con origen tanto natural como antrópico; de una parte, la dinámica natural de arrastre debida a la precipitación; y de otra, la erosión del suelo debida a labores agrícolas de arado y labranza, la remoción de cobertura vegetal con fines de urbanización y la realización de obras de infraestructura.

Dicho aporte de sólidos al agua está correlacionado con repercusiones ecológicas, incremento del color y la turbiedad, así como con la presencia de materia orgánica e inorgánica (sumatoria expresada como DQO), lo que indirectamente ejerce un consumo del oxígeno presente en el agua. Además, adsorben nutrientes contaminantes persistentes, bioacumulables y tóxicos que pueden ingresar en la cadena trófica y disminuyen la aptitud para usos como el consumo humano, el riego agrícola, uso pecuario, recreación, y la preservación de la fauna y la flora.

El nitrógeno (NT) y el fósforo (PT), provenientes más que todo del uso de fertilizantes en la agricultura, pueden

provocar eutrofización en cuerpos lénticos; esto produce un crecimiento excesivo y molesto de plantas acuáticas, que consumen oxígeno y reducen su disponibilidad para los peces, limitando su reproducción y desarrollo e, incluso, causándoles la muerte.

Sustancias peligrosas. los vertimientos de mercurio procedente del beneficio del oro y de la plata en minería se consideran como sustancias peligrosas representativas; lo mismo el uso e intensidad de aplicación de agroquímicos en las etapas de cultivo y la cantidad de químicos usados en la transformación de hoja hasta pasta, base y clorhidrato de cocaína para cultivo, procesamiento y transformación en coca.

El *mercurio* es un elemento de elevada toxicidad por inhalación y exposición, que ocasiona daños en la salud humana: al sistema nervioso, a las funciones cerebrales, al ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, efectos negativos en la reproducción, defectos de nacimiento y abortos; además, presenta riesgos de bioacumulación y magnificación en la cadena trófica. De acuerdo con Gómez (2002), "las técnicas de explotación minera de oro y plata y los métodos de beneficio utilizados por la pequeña y mediana minería, son atrasados, con porcentajes de recuperación muy bajos (cerca del 50%); esto indica que el proceso no es eficiente, hay pérdidas de minerales y de insumos, como el mercurio que se disipa por vía aérea, hídrica, suelos y sedimentos".

De otra parte, además de aportar fertilizantes, el uso de *agroquímicos* en el sector agrícola aporta plaguicidas, entre los que existen algunas sustancias con un alto nivel de toxicidad, cancerígenas y teratogénicas, que afectan la salud pública y ecosistémica ocasionando inhibiciones en el crecimiento y en la reproducción de los organismos e, incluso, malformaciones. Las alteraciones referidas afectan ecosistemas hasta distancias muy lejanas del origen de la contaminación, producen deterioro de la calidad de vida

3 El beneficio del café se realiza in situ en las fincas productoras para entregar el grano como café pergamino seco, cuyos vertimientos de DBO, DQO y SST han sido ampliamente caracterizados por el gremio a través de su centro de investigación en Cenicafé. Los vertimientos provenientes de otros productos agrícolas se contabilizan dentro del sector manufacturero y los productos agrícolas que se consumen íntegros en los hogares se contabilizan en los vertimientos domésticos.

de la población y limitan los usos potenciales de los sistemas hídricos, aguas abajo de las descargas.

De acuerdo con la información suministrada por el SIMCI, en el *cultivo de coca*, se emplean *agroquímicos* para incrementar el rendimiento de hojas por hectárea cultivada y la consiguiente producción de cocaína.

Según informes del SIMCI, en la *transformación* de la hoja de coca a pasta, a base y a *clorhidrato de cocaína*, se emplean sustancias peligrosas de naturaleza fuertemente ácida (ácidos sulfúrico y clorhídrico) y básica (soda cáustica, amoníaco), que son corrosivas; además, producen quemaduras en la piel por contacto directo sin la protección adecuada; la inhalación de sus vapores produce irritación de las vías respiratorias; y cuando hay exposición prolongada, pueden incrementar las tasas de cáncer. Por su misma naturaleza, si son vertidas al agua superficial, pueden producir valores extremos de pH que alteran el hábitat y la integridad física de los organismos acuáticos. Otras sustancias con alto poder oxidante, como el permanganato de potasio, si entran en contacto con materiales combustibles (como gasolina, ACPM, petróleo o kerosene) pueden representar un riesgo serio de incendio; además, son nocivas por inhalación e ingestión, y provocan irritación severa de ojos, piel y vías respiratorias.

6.1.1. El índice de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como indicativo de presión por contaminación

La afectación de la calidad se puede expresar como una amenaza,⁴ al considerar que, desde un punto

⁴ Amenaza (hazard-H), definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado (Undro-Unesco, 1979, citado en Cardona, 2001).

de vista antropocéntrico, el sistema hídrico es más vulnerable a la afectación de la calidad en la medida de la disponibilidad natural y/o regulada de una cantidad suficiente para abastecer los usos de la población asentada en sus alrededores, la cual varía dinámica y paralelamente con la variabilidad climática. Así, se considera que la disponibilidad del agua se reduce en época seca y su calidad se ve afectada, tanto en época seca como en época lluviosa.

La probabilidad de un evento de alteración en la calidad del agua de una fuente superficial representa una amenaza en la medida en que se incrementan las cargas vertidas por los diferentes sectores y se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe, lo que hace que pierda la aptitud para usos específicos y afecta la calidad de los beneficios ambientales que prestan estos sistemas hídricos.

En el Boletín Especial de la Muestra Mensual Manufacturera publicado en marzo de 2008, con relación a la Industria de Alimentos y Bebidas 2001-2007, el DANE explica que la elaboración de productos alimenticios y bebidas representó cerca de la tercera parte (27,59%) del valor de las manufacturas fabricadas por la industria en 2007.

De otra parte, en el mismo documento se presenta la distribución porcentual de la producción manufacturera según división industrial, en el que la participación de sustancias y productos químicos fue de 12,77%; refinación de petróleo, un 6,37%; productos de caucho y plástico, cerca de 6%; papel, cartón y sus productos, aproximadamente 5%; y tanto los productos textiles como el preparado y teñido de pieles, cada uno cerca del 4%. De modo que las actividades industriales tenidas en cuenta para la estimación del IACAL son representativas de al menos el 65% de la producción manufacturera nacional y las variables seleccionadas se consideran

representativas del aporte de los vertimientos de dichas actividades.

6.1.2. El índice de calidad de agua (ICA) como indicativo de las condiciones de calidad en las corrientes

El indicador determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y, en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas.

Para el ENA 2010, se utilizan las variables representativas de los principales tipos de contaminación: para materia orgánica, DQO; material en suspensión, sólidos suspendidos totales, SST; y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, PSOD; para mineralización, conductividad eléctrica del agua; y para acidez o alcalinidad, el pH del agua.

El oxígeno disuelto (OD) está asociado a elevación, capacidad de reoxigenación y caudal. Al calcular el oxígeno disponible en la corriente como porcentaje en relación con el máximo valor posible de saturación a las condiciones locales, se evidencia que valores por debajo del 70% de saturación pueden deberse a la presencia de vertimientos domésticos de asentamientos humanos grandes, vertimientos de corredores Industriales, arrastre significativo de sedimentos y caudales relativamente pequeños de las fuentes.

El pH es un indicador de la acidez o la alcalinidad del agua aunque, en general, esta tiene una gran

capacidad de amortiguación. La variación de pH puede provenir de procesos naturales, como la composición geoquímica del suelo, pero puede cambiar a valores extremos por influencia de los procesos antrópicos, en especial, los de algunos tipos de industria.

La conductividad eléctrica (CE) refleja la mineralización, presencia de sales, conjugando cationes y aniones disueltos. Su valor puede incrementarse por vertimientos domésticos de asentamientos humanos grandes, tratamiento químico de aguas, vertimientos de corredores industriales, empleo de fertilizantes en la actividad agrícola, influencia volcánica o por la composición natural del suelo.

El índice permite reducir varios datos de campo y de laboratorio a una clasificación de calidad con un valor numérico de cero (0) a uno (1), que representa la calidad del agua en orden de: muy malo, malo, regular, aceptable y bueno (*Tabla 6.1*).

Tabla 6.1. Descriptores para presentar el aplicativo del ICA.

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 – 0.25	rojo
Malo	0.26 – 0.50	naranja
Regular	0.51 – 0.70	amarillo
Aceptable	0.71 – 0.90	verde
Bueno	0.91 – 1.00	azul

Para los parámetros seleccionados se construyen “relaciones funcionales” o “curvas funcionales” (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las siguientes son las ecuaciones para el cálculo de los subíndices de calidad de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica y pH, respectivamente.

$$I_{SST} = 1 - (-0.02 + 0.003 \times SST_{mg/L})$$

Si $SST \leq 4.5$, entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$

$$I_{Cond} = 1 - 10^{(-3.26 + 1.34 \log_{10} Conductividad)}$$

Cuando $I_{Cond} < 0$ (negativo),

Entonces $I_{Cond} = 0$

Si $pH < 4$ entonces $I_{pH} = 0.10$

Si pH está entre 4 y 7 inclusive, entonces

$$I_{pH} = 0.02628419 \times e^{(pH \times 0.520025)}$$

Si pH está entre 7.1 y 8.0 entonces $I_{pH} = 1$

Si pH está entre 8.1 y 11 entonces

$$I_{pH} = 1 \times e^{((pH-8) \times -0.5187742)}$$

Si pH es > 11.1 | $pH = 0.10$

El descriptor del índice corresponde, según su magnitud, a una jerarquía de calidad del agua, como se presenta en la *Tabla 6.1*.

6.2. Marco metodológico

El procesamiento de información primaria y secundaria empleado para determinación de las presiones por vertimientos, la generación de indicadores y análisis de contaminantes específicos se presentan en el esquema de trabajo con información de entrada procesos y productos (*Fig. 6.1*). Dentro de los procesos se encuentran los algoritmos matemáticos y estadísticos para realizar transformaciones y generar nuevas variables o indicadores.

En los siguientes puntos se detalla el alcance de la información, fuentes y proceso metodológico para el inventario de cargas contaminantes, para la generación de indicadores y la estimación de contaminantes específicos.

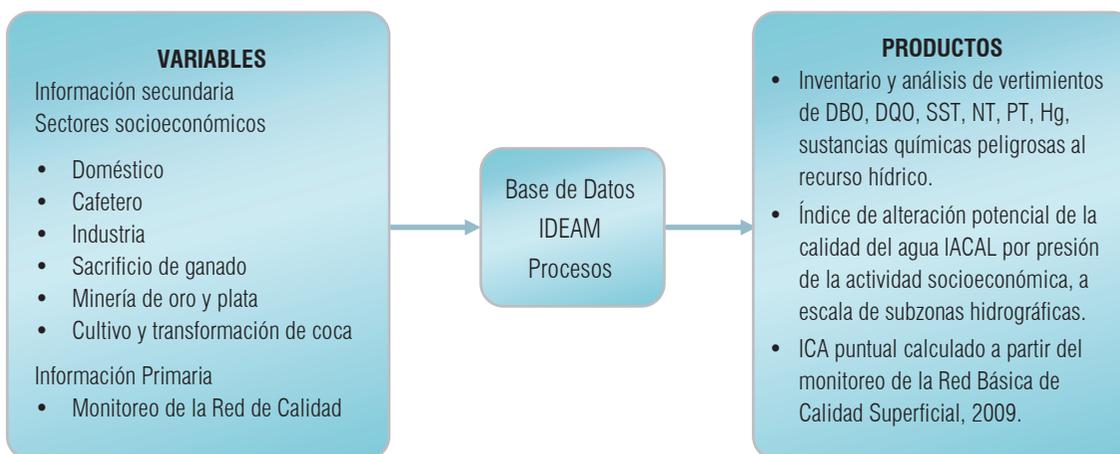


Figura 6.1. Esquema simplificado del procesamiento de la información de calidad del agua.

6.2.1. Información sectorial para las estimaciones de presión por carga contaminante

Teniendo como soporte los elementos conceptuales mencionados se consideran las actividades del *sector primario* –aquellas que permiten obtener alimentos, fuentes de energía y materias primas de la naturaleza–, se incluyen en este trabajo: la agricultura, en el subsector de producción y beneficio del café, y la minería, en el subsector de extracción de oro y plata.

Del *sector secundario* –aquellas actividades que transforman los productos obtenidos de la naturaleza en bienes aptos para el consumo o para que otras actividades secundarias los acaben de transformar en productos de consumo–, se contempla la industria manufacturera, en 43 subactividades detalladas posteriormente en la definición de las variables de entrada.

El *sector terciario* –prestación de servicio– se considera, en términos generales, incluido en los estimativos para el sector doméstico.

Aunque el sacrificio de ganado (bovino y porcino) para efectos estadísticos se incluye en el sector pecuario, en términos de afectación de la calidad del agua se contabiliza junto con el doméstico, debido a que, por lo general, la infraestructura para su beneficio se ubica en centros poblados y sus vertimientos se mezclan con los de la población.

Fuentes de información base para las estimaciones a partir de información secundaria:

- Sector doméstico: proyección DANE de la población en cabecera municipal para el año 2008; fracción de población de la cabecera municipal

conectada al alcantarillado y fracción conectada a pozo séptico.⁵

Sacrificio de ganado: Número de cabezas sacrificadas por mes a nivel municipal para el año 2008.⁶

- Sector cafetero: producción municipal de café en cereza para el año 2008 en kg; producción en número de sacos de 60 kg de café pergamino seco; fracción de beneficio ecológico y no ecológico del café a nivel nacional (Cenicafé, 2005).
- Sector industrial: las 43 actividades contempladas en la estimación de cargas contaminantes a escala municipal incluyen: producción de alimentos y bebidas; fabricación de textiles; curtido y preparado de cueros; transformación y fabricación de productos de madera; fabricación de papel, cartón y sus productos; fabricación de productos de la refinación del petróleo; fabricación de sustancias y productos químicos; producción nacional en cantidades para el año 2007 por códigos CIIU, revisión 3: 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 191, 201, 202, 203, 210, 232; consumo nacional en cantidad de materias primas para algunos ítems de CIIU 1521, 1710 y 1720; fracción de remoción de DBO₅, DQO, SST y nutrientes para vertimientos industriales según tecnologías prototipo.⁷

5 Véase el Cuadro 1.4b, sobre viviendas por tipo de servicio sanitario, según municipios, del Censo general 2005 (DANE, 2005), resultados principales del censo ampliado (fecha censal). Viviendas.

6 Consultado en documento DANE, 2008b.

7 Según la Encuesta Ambiental Industrial del DANE, 2008, aplicada al subconjunto de EAM de 1860 establecimientos encuestados, sector manufacturero, numeral 4: el porcentaje de respuesta fue del 96%.

- **Sector minero:** producción de metales preciosos, oro y plata, año 2008, en gramos.⁸ Se toma como factor de vertimiento el documentado por el Ministerio de Minas e Ingeominas en 1996.⁹
- *Sector cultivos ilícitos:* áreas sembradas de coca interpretadas por Simci (Sistema integrado de monitoreo de cultivos ilícitos) a través de imágenes satelitales. Rendimiento anual de hojas de coca en kg/ha.

6.2.2. Proceso metodológico para estimación de cargas a partir de información secundaria

En el diagrama de la *Figura 6.2*, se presenta el esquema que sintetiza el proceso para obtener las estimaciones de carga contaminante, generación del indicador de afectación potencial e la calidad IACAL, a partir de la información secundaria consultada.

Definición de las variables del *Diagrama metodológico* que se muestra en la página 238:

- P: Población municipal (número de personas)¹⁰
 X_{PS} : Fracción de la población conectada al alcantarillado¹¹
 PS: Población conectada al alcantarillado (Nro. personas)

8 Ingeominas (2008). *Producción de metales preciosos año 2008, en gramos*.

9 Memorias Seminario Minero-Ambiental, Técnico-Científico. Bucaramanga, Colombia, del 2 al 4 de julio de 1996, publicadas por Ingeominas (http://www.ingeominas.gov.co/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=757&Itemid=1).

10 DANE (s. f.). Proyección de población en cabecera municipal para el año 2008.

11 Censo general 2005 del DANE, Óp. Cit. (Cuadro 1.4b).

- PPs: Población conectada a pozo séptico (Nro. personas)
 F_{ip} : Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico¹² (18,1 y 6,9 kg/persona-año, respectivamente)
 X_{RT} : Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento¹³ de agua residual municipal
 PC: Producción municipal de café¹⁴ como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco¹⁵
 X_{BE} : Fracción de beneficio ecológico nacional de café
 X_{BNE} : Fracción de beneficio no ecológico nacional de café¹⁶
 PI:¹⁷ Producción industrial como volumen (cantidad) de producción para 38 actividades económicas de interés
 CMP: Consumo de materias primas para una industria determinada
 X_{RT} : Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector¹⁸
 F_i : Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida¹⁹

12 OMS,1993: 4-38.

13 SSPD, 2009. Óp. Cit.

14 CCI (2009) utiliza metodologías objetivas, como el muestreo agrícola de áreas, el de listas, el múltiple, registros administrativos y censos por producto, y las integra con procedimientos subjetivos como las evaluaciones, con el fin de unificar la información de la oferta agropecuaria para reportar a la Encuesta Nacional Agropecuaria.

15 En Cenicafé (2005), por cada 62,5 kg de café en cereza (cc), se producen 12,5 de café pergamino seco (cps).

16 En ibídem: para una muestra del 1% del total de fincas cafeteras, el beneficio ecológico se practicó en 31% de las fincas.

17 DANE. Encuesta Anual Manufacturera 2007. Apéndices V-1, V-2.

18 DANE, Encuesta Ambiental Industrial 2008, Óp. Cit.

19 OMS. (1993) Óp. Cit.

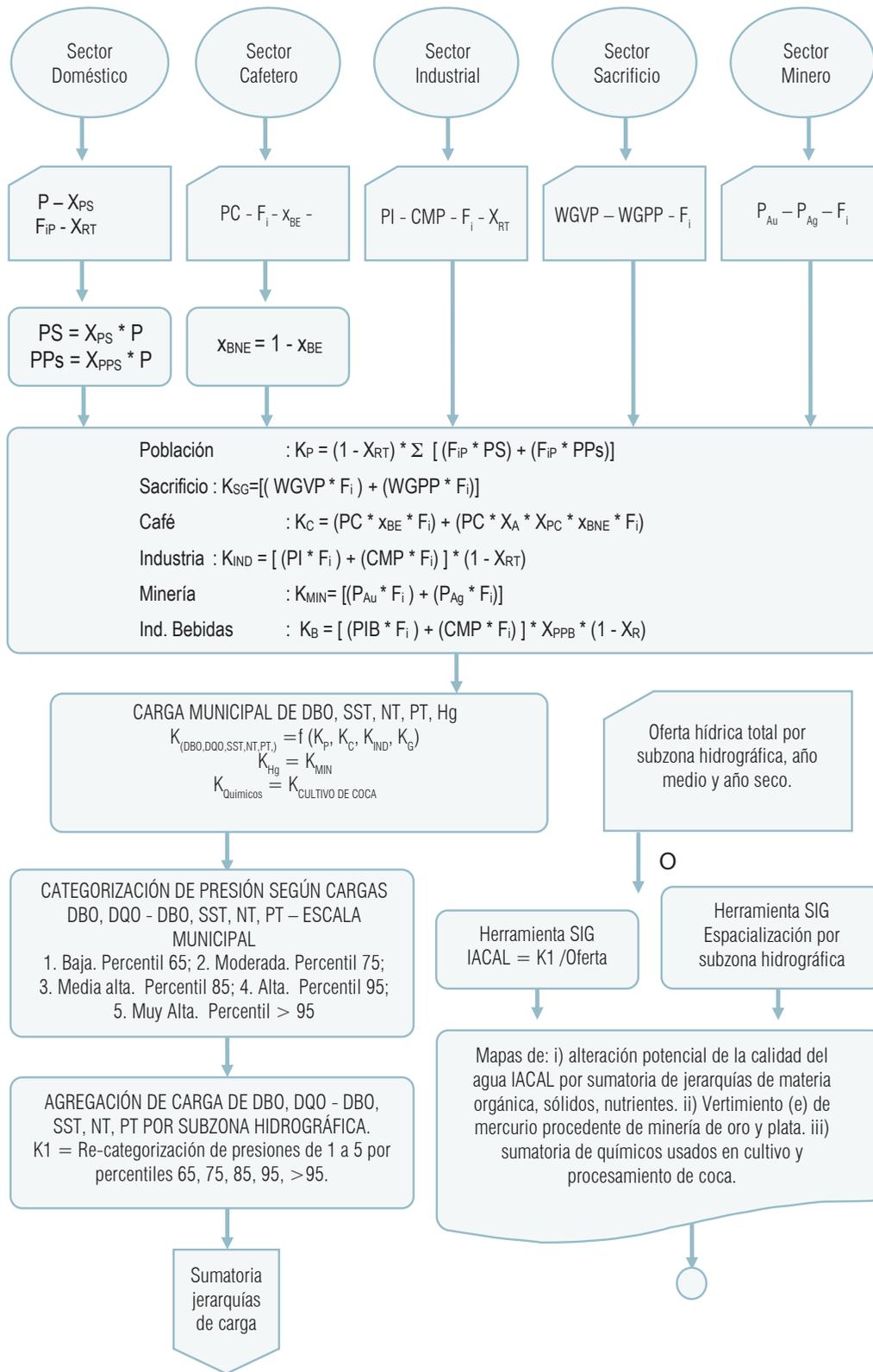


Figura 6.2. Diagrama metodológico del procesamiento de información secundaria.

- WGVP: Tonelada de animal (vacuno) en pie²⁰
- WGPP: Tonelada de animal (porcino) en pie²¹
- K_p : Carga de DBO_5 proveniente de la población en ton/año
- K_c : Carga de DBO_5 proveniente del beneficio del café en ton/año
- K_{IND} : Carga de DBO_5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año
- K_{S_G} : Carga de DBO_5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año
- K_{MIN} : Carga de mercurio vertida al agua proveniente del beneficio del oro y de la plata en ton/año
- K : Carga municipal de DBO_5 en ton/año
- $K_{químicos}$: Carga de químicos usados en la transformación de coca en toneladas y miles de litros /año

Metodología para estimar la fracción de remoción de carga contaminante doméstica por tratamiento de aguas residuales (X_{ps})

Se partió de la información reportada por las empresas prestadoras de servicios de alcantarillado al Sistema Único de Información (SUI) y publicada en noviembre de 2009 por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en el libro *Sistemas de alcantarillado en Colombia: Visión del sector público*, que en el Anexo 1 relaciona los tipos de tratamiento de aguas residuales por municipio.

De un total de 354 municipios con registro, 304 relacionaron información; así que, los municipios cuyo reporte de sistema de tratamiento se relaciona en la tabla de la SSPD como ND, es decir, como no determinado, se consideraron SIN sistema de tratamiento de aguas residuales. La información anterior se

20 DANE (2008b).

21 DANE (2008b).

cotejó con el estudio de Ideam-Cinara-UTP publicado en 2004 denominado Proyecto de Selección de Tecnologías de Sistemas de Tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores de 30.000 habitantes, lo que permitió acopiar tipo de tratamiento para cuatro municipios adicionales.

De los 308 municipios, 15 reportaron más de un Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR). Para la validación de los registros, se estimó el caudal vertido por la población de la cabecera municipal proyectado por el DANE para el año de referencia (2008), adjudicando las dotaciones netas máximas en l/hab-día propuestas en la Resolución 2320, que adopta el RAS según el nivel de complejidad del sistema para cada municipio, y aplicando una tasa de retorno del 80%; lo que permitió estimar el caudal vertido por la población en $m^3/día$, para contrastarlo con el caudal tratado reportado a la SSPD, además de la fracción de cubrimiento del tratamiento.

La fracción de cobertura del tratamiento, calculada de esta manera, es coherente para 57 municipios en los que el caudal tratado reportado es menor o igual al caudal vertido estimado. Estos valores se agruparon según el nivel de complejidad asignado a los municipios, de modo que, a los que comparten la misma categoría, se les asignó como cobertura de tratamiento el valor promedio obtenido entre los municipios de registro evaluado como coherente, mientras que a los municipios con dato coherente se les aplicó dicho dato.

Metodología para estimar la fracción de remoción de cargas contaminantes industriales por tratamiento de aguas residuales (X_{RT})

A partir de las autodeclaraciones diligenciadas (96%) por el sector manufacturero encuestado en 2008, en el numeral 4 de la Encuesta Ambiental Industrial (EAI)

aplicada a un subconjunto de 1860 establecimientos de EAM, el DANE facilitó una consulta de las actividades industriales agregadas a 4 dígitos CIU que aplicaban algún tipo de tratamiento a sus vertimientos.

Para cada actividad y según el universo de respuestas de número de establecimientos que declararon aplicar alguna de las opciones (pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y otro tratamiento), se realiza la suma ponderada de la participación porcentual y la remoción estimada para cada tipo de tratamiento; después, se expande y se aplica la fracción de remoción acumulada a las cargas industriales municipales de DBO, DQO, SST, NT y PT, respectivamente.

Se espacializan, a nivel de subzonas hidrográficas, polígonos cuyas cargas corresponden a la categoría de clasificación de 1 a 5 obtenida por sumatoria de cargas de los sectores "ligados" a las cabeceras municipales que están incluidas dentro de dichos polígonos.

Para la actividad agrícola, en el caso del beneficio del café, por llevarse a cabo en el ámbito rural y al no contarse con la ubicación precisa de las áreas sembradas dentro de cada municipio, se asume una distribución proporcional de la carga, en función de la fracción del área municipal contenida en el polígono de la subzona hidrográfica.

6.2.3. Inventario y análisis de vertimientos

El análisis inferencial de la presión se aborda a partir del *inventario de vertimientos*. Esta información nutre las estimaciones de carga contaminante a nivel municipal, la agregación por subzonas hidrográficas y la determinación del IACAL. Se incluyen ajustes por remoción de cargas domésticas e industriales, con base

en la información disponible de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

- Estimación de carga contaminante a partir de vertimientos de DBO5, DQO, SST, NT, PT a los sistemas hídricos municipales.
- Ajuste por fracción doméstica (población + sacrificio de ganado) municipal con sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Cálculo de fracción municipal industrial ajustada por tratamiento de aguas residuales a cuatro dígitos de CIU, según Numeral 4 de la Encuesta Ambiental Industrial (DANE, 2008).
- Ajuste por fracción de beneficio ecológico para vertimientos del sector cafetero.
- Agregación por subzonas hidrográficas.
- Estimación del vertimiento de mercurio (ton/año) proveniente de la minería a los sistemas hídricos municipales, por el uso en el beneficio de oro y plata en 146 municipios y agregación por subzonas hidrográficas.
- Estimación del uso consolidado nacional de agroquímicos en el cultivo de coca y agregación por subzonas hidrográficas de la utilización de sustancias peligrosas en la transformación de la coca para el procesamiento a base, a pasta y a clorhidrato de cocaína en 130 municipios.

La mayor limitación de la metodología es la validez estadística de las predicciones del inventario, pues debe considerarse solo como un valor indicativo, debido a las variaciones tan significativas que existen entre vertimientos normalizados de fuentes similares. Por consiguiente, los resultados del inventario deben considerarse preliminares y sujetos a análisis posteriores más detallados (OMS, 1993).

Los factores de vertimiento aplicados, tanto al sector doméstico como al industrial y al sacrificio de ganado, generalmente se expresan en kg/unidad de

la actividad de una fuente particular; corresponden a los sugeridos por la OMS²² en función de varios parámetros: tipo de fuente; particularidades del proceso o diseño; sofisticación tecnológica y edad de la fuente; prácticas de operación y mantenimiento en la fuente; tipo y calidad de las materias primas utilizadas; tipo, diseño y edad de los sistemas de control empleados, etc.

6.2.4. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

Para la generación del indicador de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales del país con base en variables representativas, se introducen innovaciones en relación con el estudio del año 2001. Además de las estimaciones de mayor cobertura de actividades para DBO, se incluyen las variables de demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT).

Es relevante la ampliación de la consulta para el sector industrial, que pasó de 24 actividades industriales (Ideam, 2002) enfocadas al subsector de alimentos y bebidas a 43 actividades que involucran la fabricación de textiles; el curtido y preparación de cueros; la transformación y fabricación de productos de madera; la fabricación de papel, cartón, y sus productos; la fabricación de productos de la refinación del petróleo; y la fabricación de sustancias y productos químicos.

Se estima el IACAL a los sistemas hídricos superficiales para 2008, a partir de información secundaria,

22 *Ibidem*.

como el promedio de las jerarquías asignadas a las cargas contaminantes ejercidas por el sector doméstico para 1099 municipios y el industrial (a 4 dígitos CIU²³) para 186 municipios.

Una vez obtenido el valor para la sumatoria de las cargas municipales estimadas en toneladas/año, se calcula para cada variable la distribución de frecuencias a nivel nacional correspondientes a los percentiles 65, 75, 85 y 95 respectivamente,²⁴ y a cada rango se le asigna una categoría de presión de uno (1) a cinco (5) para obtener una escala cualitativa de presión: baja (1), moderada (2), media (3), alta (4) y muy alta (5). En la *Tabla 6.2* se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de presión para las cargas agregadas municipales estimadas para las cabeceras.²⁵

En el caso de la materia orgánica, para no incurrir en doble contabilización, y debido a que la DQO contiene la DBO, la escala se asigna a la relación de la diferencia entre DQO y DBO.

En una matriz, como la que se presenta en el ejemplo de la *Tabla 6.3*, es posible visualizar los componentes de mayor participación en la presión:

Para el cálculo del IACAL municipal, se dividió el promedio de las jerarquías del cociente de las cargas contaminantes²⁶ entre la oferta de agua total para año medio y

23 El CIU es la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas; tiene como propósito agrupar las actividades similares por categorías que facilitan el manejo de información para el análisis estadístico y económico del sector empresarial.

24 En el caso de categorizar la relación de DQO-DBO, se utilizaron los percentiles 70, 80, 95 y 99,8.

25 Estimadas como la sumatoria proveniente de los sectores doméstico, cafetero, industrial y sacrificio de ganado.

26 Categorizadas en orden ascendente por la magnitud de la presión ejercida sobre los sistemas hídricos municipales de 1 a 5.

año seco en millones de metros cúbicos, la cual representa en este ejercicio la capacidad de autodepuración; da un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, de modo que un valor menor indica una probabilidad menor de ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad.

En la *Tabla 6.5* se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de presión re-clasificada para el IACAL por subzona hidrográfica.

Por lo tanto, la amenaza debida a la alteración de la calidad a escala municipal y por subzonas hidrográficas

Tabla 6.2. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año).

DESCRIPTOR DE PRESIÓN	PERCENTILES AJUSTADOS	PERCENTILES DBO	PERCENTILES DQO - DBO	PERCENTILES SST	PERCENTILES NT	PERCENTILES PT
		t/año	t/año	t/año	t/año	t/año
BAJA	65	< 157	< 147	< 272	< 19	< 4
MODERADA	75	158 a 252	148 a 227	273 a 434	20 a 31	5 a 9
MEDIA	85	253 a 473	228 a 465	435 a 739	32 a 54	10 a 15
ALTA	95	474 a 1834	466 a 2287	740 a 3025	55 a 290	16 a 66
MUY ALTA	> 95	> 1835	> 2288	> 3026	> 291	> 67

Tabla 6.3. Jerarquización de las variables para estimar la presión agregada.

MUNICIPIO	DBO	DQO - DBO	SST	NT	PT	Σ cat./5
Bogotá	5	5	5	5	5	5
Barranquilla	5	5	5	5	5	5
Medellín	5	5	5	5	5	5
Cali	5	5	5	5	5	5
Cartagena	5	5	5	5	5	5
Yumbo	5	5	5	4	5	5
Bucaramanga	5	5	5	5	5	5
Dosquebradas	5	5	5	5	5	5
Ibagué	5	5	5	5	5	5

Tabla 6.4. Categoría y descriptor del IACAL.

IACAL	
PROMEDIO CATEGORÍA (NT+PT+SST+DBO+(DQO-DBO))/5	
Categoría	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

Tabla 6.5. Categorías y descriptores de presión por subzona hidrográfica, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados al cociente carga (ton/año)/oferta total (MMC)

CATEGORÍA DE PRESIÓN	DESCRIPTOR DE PRESIÓN	PERCENTILES DBO	PERCENTILES DQO - DBO	PERCENTILES SST	PERCENTILES NT	PERCENTILES PT
		carga en toneladas año / millones de metros cúbicos				
1	BAJA	< 0.13	< 0.13	< 0.3	< 0.02	< 0.004
2	MODERADA	0.14 a 0.39	0.14 a 0.35	0.40 a 0.70	0.03 a 0.05	0.005 a 0.013
3	MEDIA	0.40 a 1.20	0.36 a 1.16	0.80 a 1.80	0.06 a 0.13	0.014 a 0.035
4	ALTA	1.21 a 4.85	1.17 a 6.77	1.90 a 7.60	0.14 a 0.55	0.036 a 0.134
5	MUY ALTA	> 4.86	> 6.78	> 7.70	> 0.56	> 0.135

se clasifica de la siguiente manera, aunque las magnitudes varían para las dos escalas (Tabla 6.4).

6.2.5. Índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de cinco parámetros físico-químicos básicos, medidos sistemáticamente en la Red de Referencia de Agua Superficial del Ideam. La ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar, en función de la relevancia, para análisis específicos de condiciones de calidad de aguas. Para el ENA 2010, se considera la aplicación de estas cinco variables.

Teniendo como soporte los resultados primarios puntuales obtenidos a partir del monitoreo realizado en 2009 a la Red Básica de Calidad Superficial del Ideam, que consta de 154 estaciones en 90 corrientes ubicadas más que todo en el área andina, se calculan el ICA promedio y el ICA valor mínimo como descriptor de las condiciones generales de calidad, a partir de cinco variables básicas, cuatro de presión y una de estado: oxígeno disuelto (porcentaje de saturación de oxígeno disuelto), demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión y pH.

Para calcular el ICAFQ, se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (*I_i*) de las cinco variables mencionadas; estas agregaciones ponderadas se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$ICAFQ = \sum WiI_i$$

donde *w* es el peso de importancia asignado a cada variable e *I* es el subíndice de calidad, de acuerdo con las curvas funcionales o ecuaciones correspondientes (Tabla 6.6)

Tabla 6.6. Ponderación de variables en el ICA.

Variable	Expresada como	Peso de importancia
Oxígeno disuelto, OD	% saturación	0,20
Sólidos en suspensión	mg/l	0,20
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,20
Conductividad eléctrica, C.E.	μS/cm	0,20
pH total	Unidades de pH	0,20

El ICA conlleva a una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala), para simplificar la información de la tendencia de la calidad (deterioro o recuperación). Se calcula para cada fecha de monitoreo, se actualiza cada año y se espacializa en mapas de puntos (estaciones) con el valor promedio y el valor mínimo (peor del año).

El ICA calculado toma valores entre cero y uno; los valores más bajos indican una peor calidad y mayores limitaciones para diferentes usos del agua.

6.2.6. Contaminantes específicos

Adicional a las estimaciones para generar el índice de alteración potencial y a la evaluación de condiciones de calidad en puntos de referencia, se realizan estimaciones y análisis de impactos de la presión ejercida por el uso de mercurio en la minería de oro y plata²⁷; del sector agrícola, debido a la utilización de fertilizantes y plaguicidas a nivel nacional; la presión ejercida por los cultivos ilícitos, debida a la utilización de sustancias peligrosas en el cultivo, procesamiento y transformación de coca; esta última, basada en

27 Producción legal reportada a Ingeominas dentro del Catastro Minero Nacional para 2008.

información y con la cooperación de Simci²⁸ y desagregada a escala de subzona hidrográfica.

En relación con el uso de agroquímicos, la información recopilada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a nivel nacional, a partir de las declaraciones de los proveedores, no se entrega desagregada geográficamente y no permite inferencias sobre los sitios de consumo; por eso, en el alcance de este estudio, solo se presenta el agregado nacional.

6.3. Análisis de resultados

En este aparte, se evalúan los resultados de estimativos de presión sobre la calidad de agua en relación con contaminación por materia orgánica, nitrógeno y fósforo para unidades municipales y subzonas hidrográficas; se analizan los indicadores de alteración potencial IACAL y de calidad ICA; se calcula el uso de agroquímicos y de químicos en el cultivo y transformación de la coca; y se analizan las mediciones de calidad del 2009, en puntos de referencia de la red de monitoreo del Ideam.

6.3.1. Análisis de presiones sobre la calidad de agua en los sistemas hídricos por DBO, DQO, SST, NT y PT

Las cargas contaminantes de DBO, DQO, SST, NT y PT, vertidas a los sistemas hídricos en el año 2008 por sectores doméstico, industrial y cafetero, se presentan en la *Figura 6.3*.

La carga total de DBO generada por los sectores mencionados se estimó en 819.235 toneladas al año, de los cuales se removió el 11% a través de tratamiento de aguas residuales. Esto significa que la carga orgánica biodegradable vertida a los sistemas hídricos en Colombia (por las actividades consideradas en el ENA 2010) durante el año 2008 alcanzó 729.300 toneladas, que equivalen a 2026 toneladas por día. El sector doméstico aportó 65% de la carga contaminante total de DBO; la industria, el 29%; y el sector cafetero, el 6%. El sector doméstico removió el 16 % del DBO.

El 73% de la carga de DBO la aportan 56 municipios, vertimientos que se concentran en los ríos de las subzonas hidrográficas asociadas a las nueve áreas metropolitanas del país. Bogotá, Medellín, Cartagena, Cali, Barranquilla y Miranda (Cauca) aportaron 265.239 toneladas (36% del total) en el 2008. Adicionalmente, en su orden, le siguen en carga de vertimientos los municipios de Palmira, Bucaramanga, El Cerrito (Valle), Manizales, Itagüí, Cúcuta, Villavicencio, Bello e Ibagué.

La carga total de la demanda química de oxígeno (DQO) vertida a los cuerpos de agua del país durante el 2008 se estimó en 1.618.200 toneladas, equivalentes a 4500 ton/día. De esta carga contaminante, la industria aporta 39%; el sector doméstico, el 58%; y el sector cafetero, un 3%. A escala municipal, los ajustes por remoción de carga doméstica representaron el 15%. La diferencia entre la demanda química de oxígeno y la demanda biológica (DQO y DBO) permite identificar los mayores aportantes de sustancias químicas.

El 96% de las sustancias químicas que se vierten a los sistemas hídricos se generan en 76 municipios. La carga total de estas sustancias alcanzó las 880.002 toneladas en el año 2008, de las cuales cerca del 80% se concentró en 23 subzonas hidrográficas, con la mayor presión en ríos y cuerpos de agua del área hidrográfica

28 SIMCI: Sistema integrado de monitoreo de cultivos ilícitos, de la oficina en Colombia de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC).

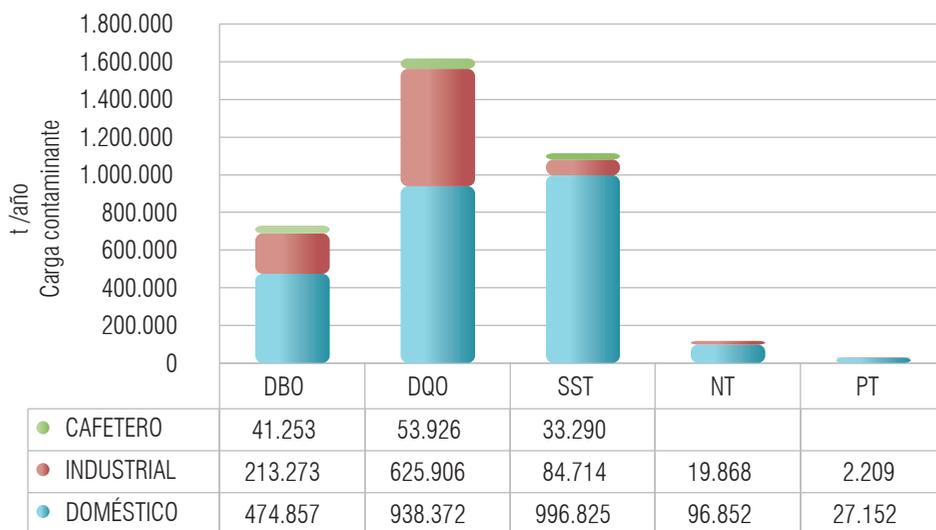


Figura 6.3. Cargas contaminantes vertidas a los sistemas hídricos por los distintos sectores en 2008.

de la cuenca Magdalena-Cauca y del área del Caribe. En la *Tabla 6.7*, se presentan los estimativos de DBO, DQO y DBO-DQO para estas subzonas.

En la *Figura 6.4*, se espacializa la presión de DBO₅ calculada a partir de los estimativos para el 2008; se presenta a nivel de municipio y su agregación en subzonas hidrográficas.

Es importante resaltar la magnitud de la carga contaminante sobre el río Bogotá, que recibe cerca del 24% del total vertido a los sistemas hídricos del país. También son importantes los aportes contaminantes en las siguientes ocho subzonas relacionadas en la *Tabla 6.7*, que incluyen los arroyos del Caribe, el río Porce, río Pance, los directos al Bajo Magdalena, el río Lebrija, Alto Putumayo y el Guatiquía, que reciben el 36% de la carga total vertida de carga orgánica y sustancias químicas.

Para el mismo período, en relación con DQO se mantienen las mismas primeras ocho (8) afectadas por DBO₅ como las subzonas hidrográficas

más presionadas y, además, el río Guatiquía, el Alto Putumayo y el Bajo San Jorge-La Mojana.

En la *Figura 6.5*, se presenta la presión de DQO obtenida de las estimaciones municipales, y la agregación por subzonas hidrográficas de la diferencia entre la DQO y DBO, representativa de las cargas contaminantes asociadas con vertimientos de sustancias químicas. Se puede apreciar que, en la mayoría de los casos, las presiones más altas están relacionadas con los grandes centros urbanos y municipios aledaños (*Tabla 6.7*).

El vertimiento de sólidos totales en suspensión se estima en 1.114.700 toneladas en el 2008, equivalente a 3.097 ton/día; de estas, el 8% proviene de aporte industrial, el 89% es doméstico y el 3%, cafetero; incluye los ajustes por remoción de carga contaminante por tratamiento de aguas residuales, que para el sector doméstico se estimó en 18%.

Los SST están correlacionados con la DBO₅, por lo que las subzonas hidrográficas más afectadas por

Tabla 6.7. Carga contaminante de DBO, DQO y relación DBO-DQO para las subzonas hidrográficas más presionadas.

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA HIDROGRÁFICA	DBO (ton/año)	DQO (ton/año)	DQO-DBO (ton/año)
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Bogotá	165.525	375.743	210.218
Caribe	Caribe - Litoral	Arroyos Directos al Caribe	30.582	124.018	93.436
Magdalena Cauca	Nechí	Río Porce	67.455	126.972	59.517
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena	Directos al Bajo Magdalena (mi)	37.253	81.489	44.236
Magdalena Cauca	Cauca	Río Pance	28.363	57.600	29.237
Magdalena Cauca	Medio Magdalena	Río Lebrija	27.437	56.338	28.901
Amazonas	Putumayo	Alto Río Putumayo	5.328	28.049	22.721
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	25.299	43.885	18.586
Orinoco	Meta	Río Guatiquía	10.982	28.623	17.642
Magdalena Cauca	Cauca	Río Palo	21.348	36.792	15.444
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	12.328	27.722	15.394
Magdalena Cauca	Medio Magdalena	Río Opón	5.538	19.841	14.302
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Luisa y otros directos al Magdalena	2.309	15.819	13.510
Caribe	Sinú	Bajo Sinú	7.361	20.558	13.197
Caribe	Catatumbo	Río Pamplonita	13.907	26.714	12.807
Magdalena Cauca	Cauca	Río Amaime	11.235	23.662	12.427
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Totaré	9.729	21.126	11.397
Magdalena Cauca	Sogamoso	Río Suárez	6.473	17.393	10.919
Pacífico	Patía	Río Juanambú	7.128	17.607	10.479
Magdalena Cauca	Cauca	Directos al Río Cauca (mi)	8.763	19.050	10.287
Caribe	Caribe - Guajira	Río Guachaca -Río Piedras - Río Manzanares	7.018	16.746	9.728
Magdalena Cauca	Cauca	Río Tuluá	12.648	22.202	9.554
Magdalena Cauca	Cauca	Río Chinchiná	13.205	22.662	9.457
Magdalena Cauca	Sogamoso	Río Chicamocha	10.628	19.587	8.959
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Fortalecillas y otros	7.129	16.024	8.894
Pacífico	Amarales - Dagua - Directos	Río Dagua	4.450	13.070	8.620
Magdalena Cauca	Cauca	Río Cerrito y otros directos al Cauca	11.642	19.501	7.859
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena	Ciénaga Grande de Santa Marta	5.394	12.265	6.872
Magdalena Cauca	Cauca	Río Otún	6.168	11.858	5.690
Magdalena Cauca	Cesar	Medio Cesar	6.188	11.647	5.459
Orinoco	Meta	Río Metica (Guamal - Humadea)	2.001	7.387	5.386
Magdalena Cauca	Cauca	Río Fraile y otros directos al Cauca	5.221	9.772	4.551
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Lagunilla y Otros Directos al Magdalena	2.379	6.521	4.142
Caribe	Caribe - Guajira	Río Ranchería	2.756	6.885	4.129
Magdalena Cauca	Medio Magdalena	Río Nare	5.121	9.145	4.024
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena	Directos Bajo Magdalena	1.784	5.709	3.925
Magdalena Cauca	Cauca	Alto Río Cauca	4.501	8.418	3.917
Orinoco	Meta	Río Cravo Sur	1.371	5.074	3.704
Pacífico	Patía	Río Guátara	3.916	7.245	3.329
Caribe	Sinú	María La Baja	1.467	4.779	3.312
Caribe	Caribe- Urabá	Río León	3.661	6.902	3.241

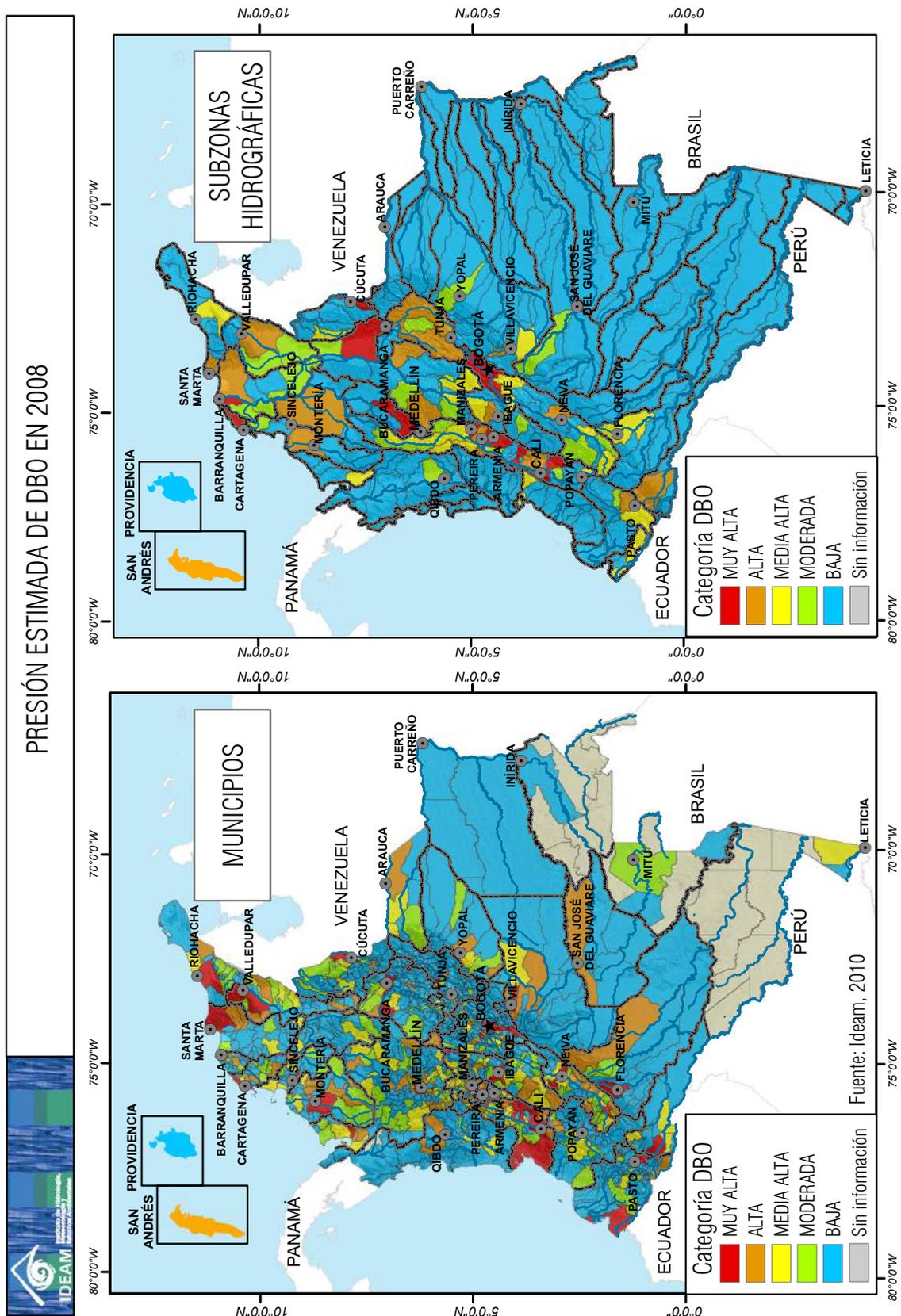


Figura 6.4. Presión estimada de DBO₅ en 2008, por municipio y por subzonas hidrográficas.

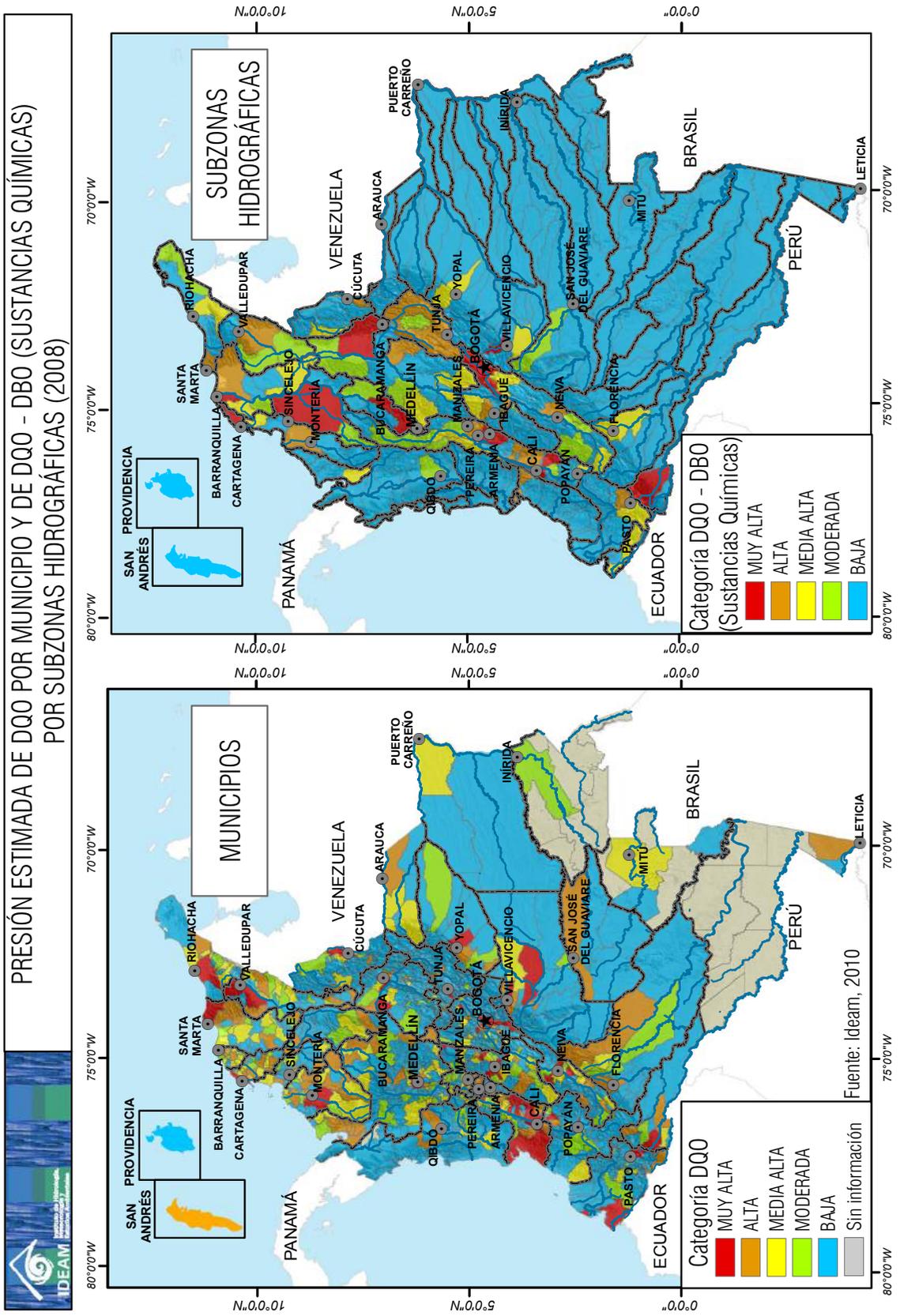


Figura 6.5. Presión estimada de DQO por municipio y de DQO-DBO (sustancias químicas) por subzonas hidrográficas (2008).

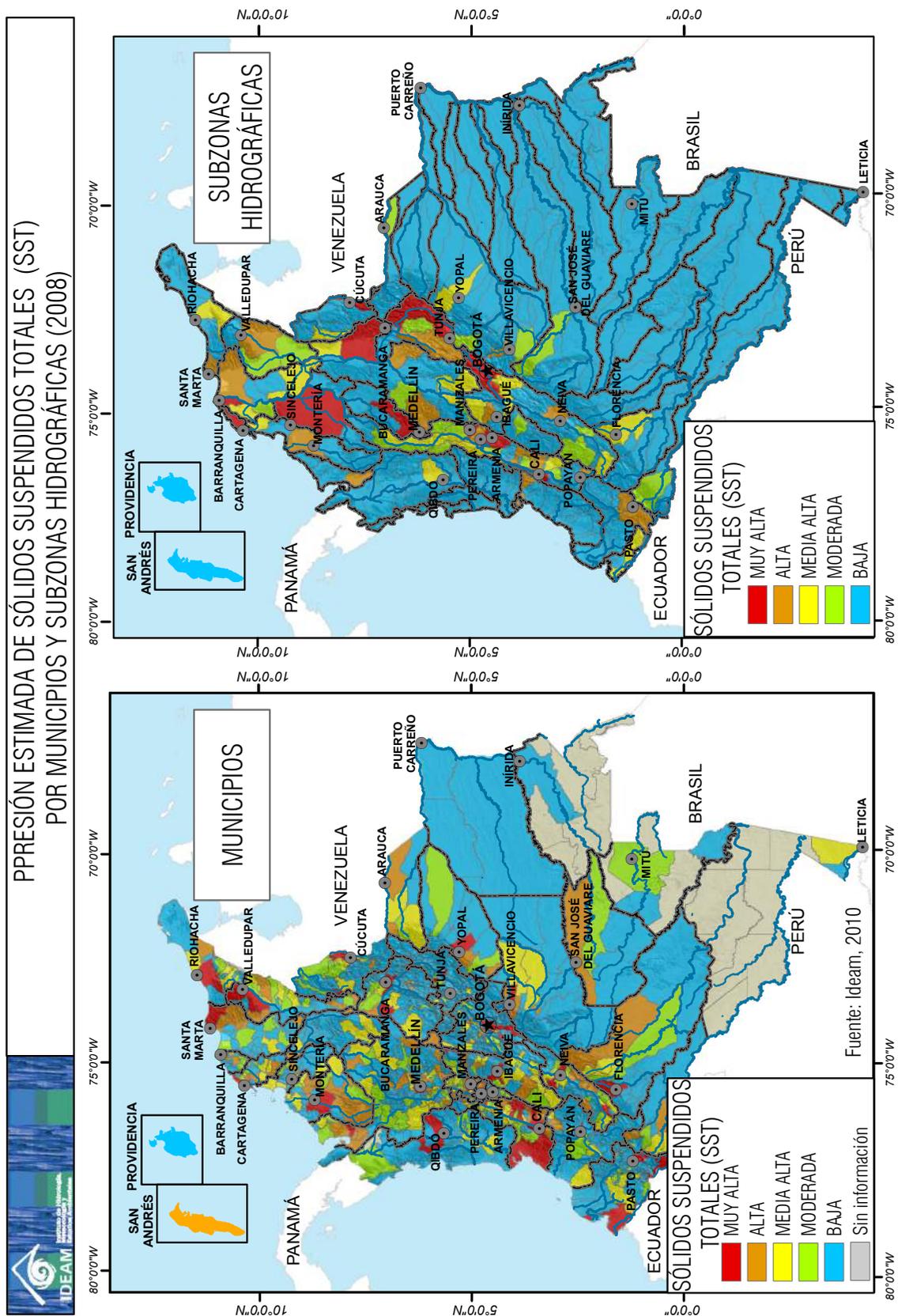


Figura 6.6. Presión estimada de sólidos suspendidos totales (SST) por municipios y subzonas hidrográficas (2008).

este tipo de contaminante coinciden en diez de las once reportadas para la demanda bioquímica de oxígeno, excepto el río Tuluá, el cual es reemplazado por Bajo San Jorge–La Mojana (*Figura 6.6*), zona que también presenta presión por DQO.

La carga vertida de nitrógeno total (NT) para el agregado nacional alcanzó 117.000 toneladas/año o 325 ton/día, con la participación de la industria con 17% y del sector doméstico con 83%. El tratamiento promedio municipal estimado es de 2%.

El 84% de nitrógeno total vertido a los sistemas hídrico se concentra en 24 subzonas hidrográficas, donde las sometidas a mayor presión por este concepto son, en su orden, el río Bogotá, afluentes directos al Bajo Magdalena en su margen izquierda, arroyos directos al Caribe, ríos Pance, Lebrija, La Vieja, Pamplonita, Suarez, Tuluá, Chicamocha, San Jorge La Mojana, Amaime y Totare, con valores mayores de 1.500 toneladas en el 2008 (*Figura 6.7*).

La carga de fósforo (PT) se estimó en 29.400 ton/año, equivalente a 82 ton/día, de los que la actividad industrial aportó solo el 8% (*Figura 6.7*).

Entre las subzonas más presionadas por NT, sobresalen once (11) subzonas hidrográficas similares a las detectadas para DBO5, excepto los ríos Palo y Tuluá, que son sustituidos para este contaminante por los ríos Suárez y Chicamocha.

El mayor aporte de PT por vertimientos se presenta, en orden descendente, en las siguientes subzonas hidrográficas: río Bogotá, río Porce, río Pance, directos al Bajo Magdalena, río Lebrija, río La Vieja, arroyos directos al Caribe, río Pamplonita, Bajo San Jorge–La Mojana, río Chicamocha y río Totaré.

6.3.2. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

A partir de la agregación espacial, después de contrastar la carga contaminante estimada con la oferta total en millones de metros cúbicos, se infiere que, en *año medio*, el IACAL estimado presentó probabilidad muy alta de contaminación en dieciséis subzonas hidrográficas: río Cerrito y otros directos al Cauca, directos al río Cauca, Alto río Cauca, río Fortalecillas y otros, río Juanambú, río Totaré, río Amaime, río Chinchiná, río Tuluá, río Pamplonita, río La Vieja, río Pance, directos al Bajo Magdalena, río Porce, arroyos directos al Caribe, río Bogotá (*Figura 6.8*).

A las dieciséis subzonas hidrográficas afectadas en condiciones hidrológicas de año medio, se suman las siguientes para condiciones de un año seco: directos Caribe, arroyo Sharimahana, Alta Guajira; el río Paila; el Bajo Saldaña; el río Carraipía, Paraguachón, directos al Golfo de Maracaibo; el Bajo Magdalena, Canal del Dique; río Sumapaz; río Ranchería; río Luisa y otros directos al Magdalena; río Fraile y otros directos al Cauca; Medio Cesar; río Otún; río Guachaca, río Piedras, río Manzanares; Bajo Sinú; río Guatiquía; río Chicamocha y río Lebrija (*Figura 6.9*).

La afectación potencial de las subzonas identificadas anteriormente tiene una relación coherente con el análisis de presión por cargas municipales. En esta agregación se incluyen en categoría muy alta los nueve nodos de áreas metropolitanas del país: Bogotá, Cartagena, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Medellín, Pereira y Cúcuta, además de quince de los municipios anexos a dichas áreas y, además, tres capitales de departamento en la Costa Atlántica: Riohacha, Valledupar y Sincelejo.

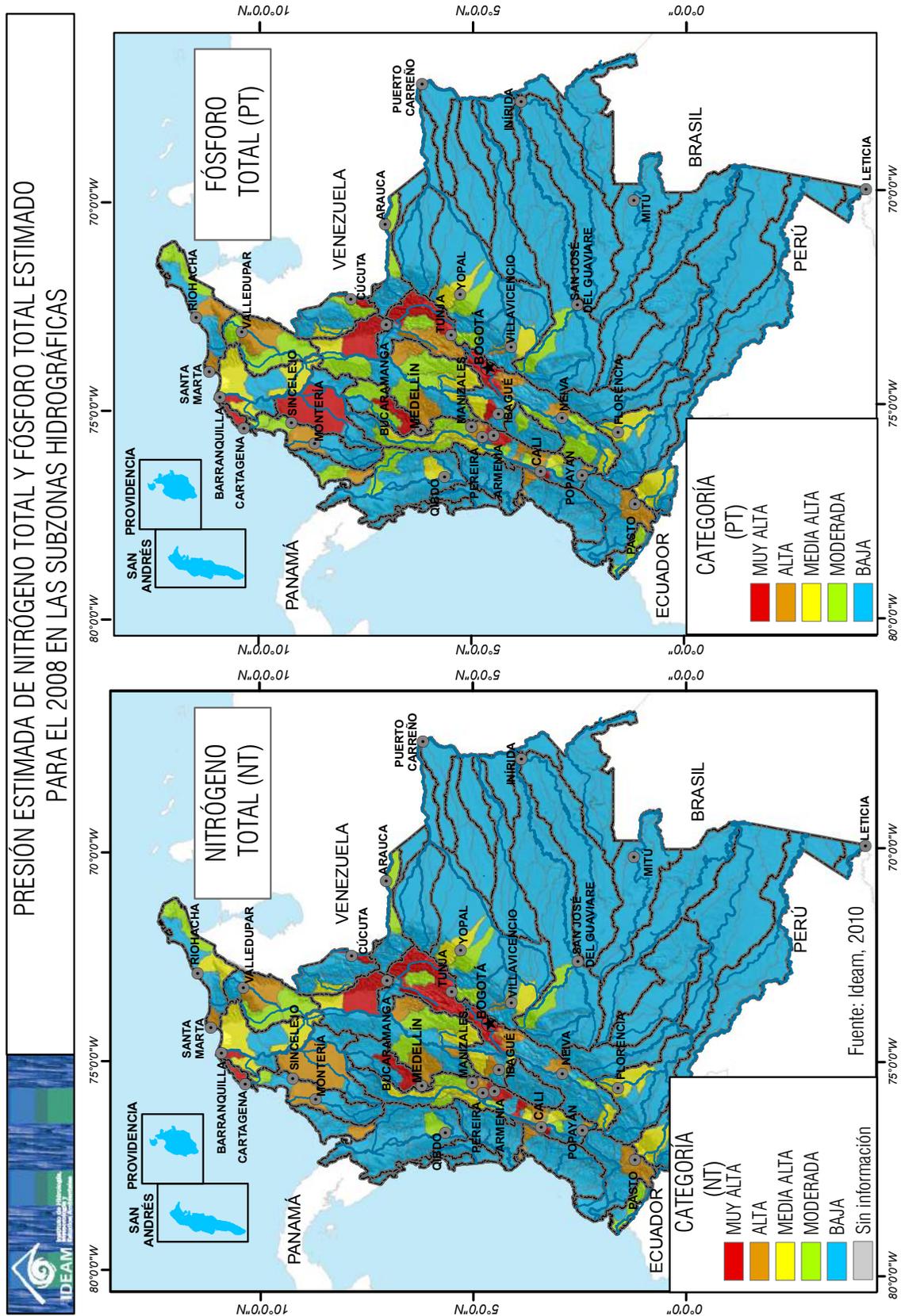


Figura 6.7. Presión estimada de nitrógeno total y fósforo total estimado para el 2008 en las subzonas hidrográficas.

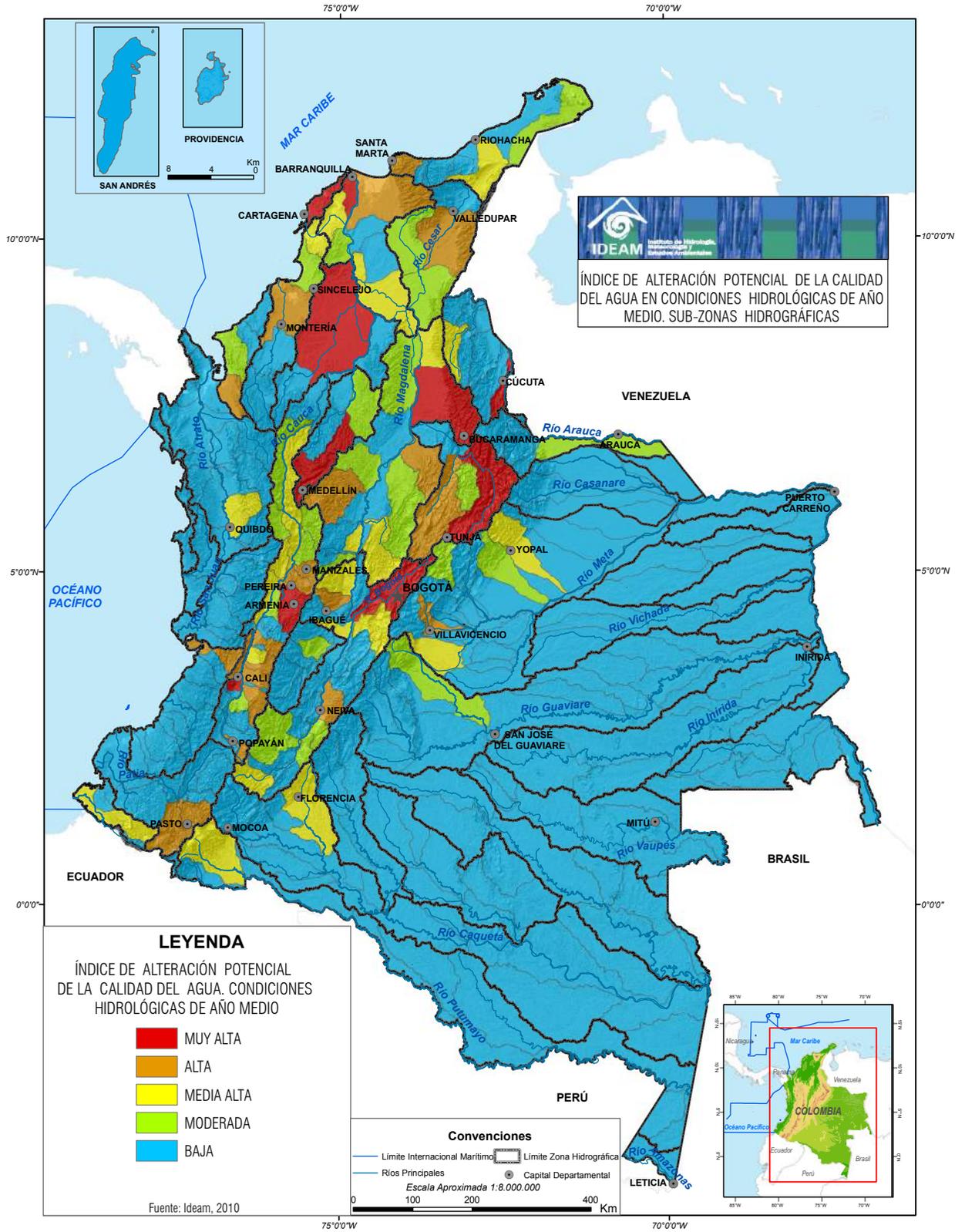


Figura 6.8. IACAL en condiciones de año medio para 309 subzonas hidrográficas

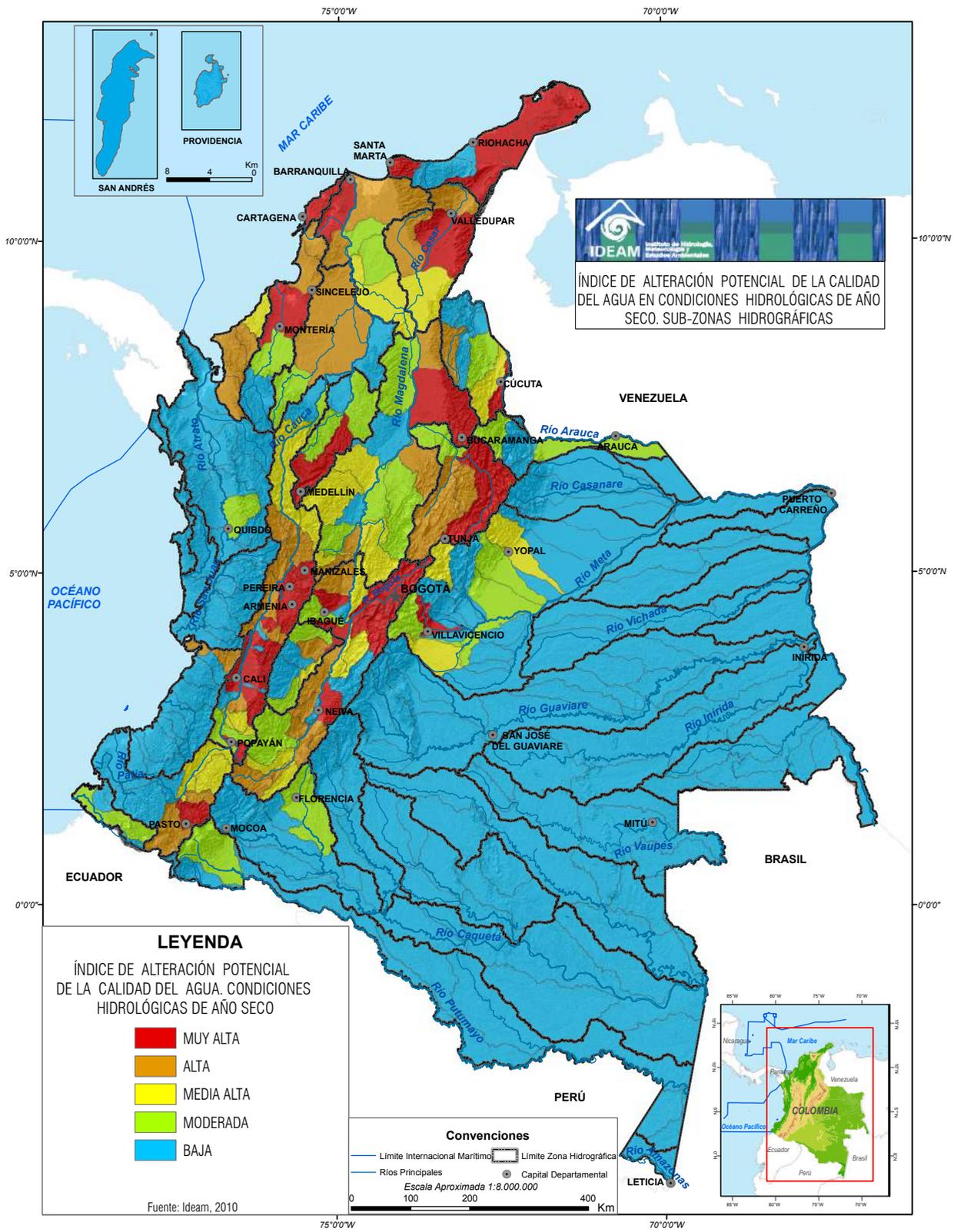


Figura 6.9. IACAL en condiciones de año seco para 309 subzonas hidrográficas.

En categoría alta de afectación potencial de año medio, se identifican las subzonas de: Sharimajana en la alta Guajira, el río Carraipia-Paraguachón, el Bajo Saldaña en el Magdalena y el río Paila en el Cauca. En el Bajo Magdalena, el Canal del Dique, el río Sumapaz, el río Ranchería, el Luisa, el río Palo, el Fraile, Medio Cesar, Otún, Guachaca-Piedras-Manzanares, el Bajo Sinú, el Guatiquia, Chicamocha y Lebrija, los ríos Neiva, Quinamayo, María La Baja, Risaralda y Guáitara.

En condiciones secas, pasan de categoría media alta a alta: el río Yaguara, el río Timaná, el río Bache, el río San Juan, el río Frío, Buga La Grande, Alto Cesar, Mayo, Aipe, directos al Caribe-Golfo de Morrosquillo, Tetuán, Gualí, Fonce, Ariguaní, San Juan en el Cauca, Tapias, quebrada El Carmen, Algodonal en el Alto Catatumbo, Lagunilla, Ciénaga Grande de Santa Marta, León, Dagua, Suárez, Opón y Bajo San Jorge-La Mojana. Y el río Mulatos pasa de categoría moderada a alta.

6.3.3. Análisis inferencial sobre el sector industrial a partir de la muestra consultada

A partir de la muestra de 43 actividades industriales consultadas, de acuerdo a los volúmenes de producción a nivel nacional, con base en la estimación, se muestran en la *Figura 6.10*, con su participación, los mayores aportantes de DBO, DQO, SST, NT y PT para 2008.

De la *Figura 6.10* se colige que, en términos de carga de DBO, el 52% de los vertimientos son generados por las industrias de destilación de bebidas alcohólicas, alimentos para animales y derivados del petróleo, fuera de refinería. El 55% de la carga de DQO la vierten a los sistemas hídricos las industrias petroquímicas, fuera de refinería; los productos de molinería y destilación; y la rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas. Las industrias de alimentos preparados

para animales, de aceites grasas de origen vegetal y animal, y de carnes y derivados cárnicos son las mayores aportantes de sólidos suspendidos (56%).

En relación con el aporte de nutrientes, el 57% de la carga contaminante la vierten industrias de productos alimenticios, de abonos y componente inorgánico nitrogenado y de petroquímicos, fuera de refinería. El 87% de la carga de fósforo total corresponde a los vertimientos de las industrias de productos lácteos y de alimentos preparados para animales.

6.3.4. Uso de mercurio en beneficio de oro y plata

En 2008, para 146 municipios ubicados en 21 departamentos, se estimó una utilización de 178 toneladas de mercurio, de las cuales el 78% provienen del beneficio del oro y el 22% del beneficio de la plata (*Figura 6.11*). El departamento de Antioquia participó con el 76% de la producción de oro, seguido por los departamentos de Chocó con el 10%; Bolívar, con 7%; Caldas, 3%, Cauca, 2% y el resto de departamentos, el 3% (Ingeominas, 2008).

Los cinco municipios con mayor utilización de mercurio son: Segovia, con 51,6 toneladas/año, que representan el 29% del total nacional; Remedios, con 40,4 ton/año que equivalen al 23%; Maceo, con 25,2 ton/año (14%); Marmato (8,9 ton/año) y Tarazá (8,4 ton/año). Estos representan el 75% de los vertimientos nacionales estimados.

6.3.5. Uso de agroquímicos en el sector agrícola

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario, la demanda potencial estimada de fertilizantes en el

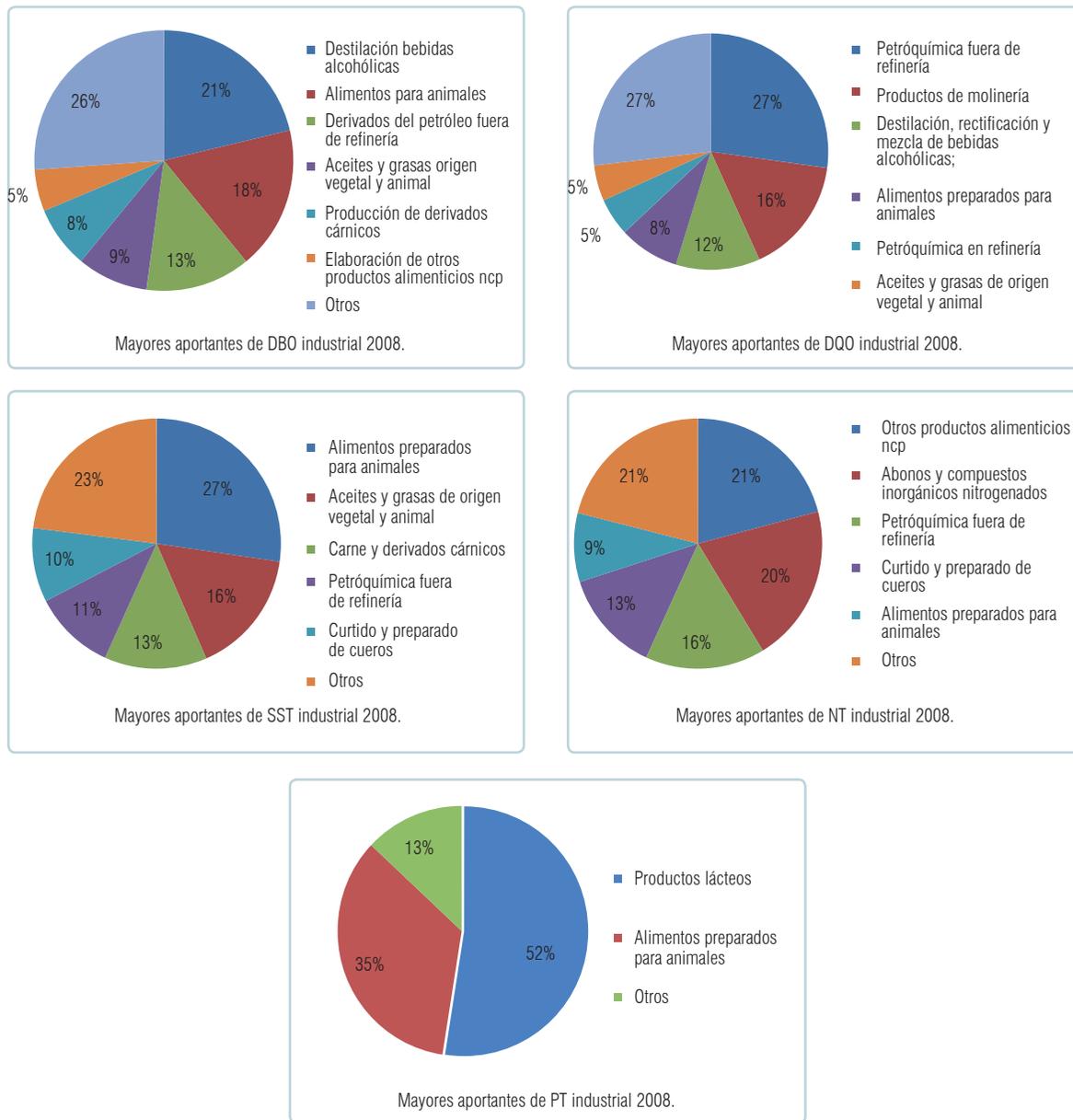


Figura 6.10. Mayores aportantes de DBO, DQO, SST, NT y PT en el sector industrial.

año 2008 fue de cerca de 2,6 millones de toneladas en presentación sólida y de 20.695 miles de litros en formulaciones líquidas, en su mayor parte (45%) compuestos NPK (ICA, 2009). El volumen de plaguicidas usado por tipo fue de 11.768 toneladas y 16.238 miles de litros para herbicidas; para fungicidas,

11.602 toneladas y 732.000 litros; para insecticidas, 3.512 toneladas y 4.664 litros; otros plaguicidas o coadyuvantes, 9.169 toneladas y 8.861 litros, respectivamente (ICA, 2009 a). La *Figura 6.12* ilustra la distribución porcentual de la demanda potencial de agroquímicos para el año 2008.

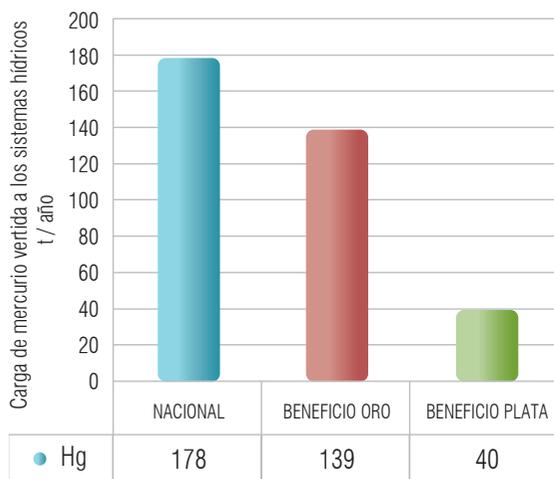


Figura 6.11. Carga de mercurio vertida a los sistemas hídricos por el beneficio de oro y plata en 2008.

De un total de 297 ingredientes activos, el 40% corresponde a fungicidas, el 26% a herbicidas y el 34% a insecticidas.²⁹

6.3.6. Uso de químicos en el cultivo y transformación de la coca

De acuerdo con información suministrada por Simci³⁰ y espacializada por subzonas hidrológicas, se estima que, al año 2008, en el cultivo de la coca se emplearon cerca de 69.691 toneladas y 2.722 miles de litros de fertilizantes, con una intensidad de uso promedio de 757 kg/ha y 243 l/ha, respectivamente; 81 toneladas y 1.014 miles de litros de herbicidas, con una intensidad de uso promedio de 17 kg/ha y 15 l/ha; y

316 toneladas y 1.211 miles de litros de pesticidas con una intensidad de uso promedio de 13 kg/ha y de 21 l/ha (Figura 6.13). Estos pueden llegar por escorrentía a las fuentes superficiales, con mayor probabilidad en época de lluvia.

La producción nacional para 2008 de pasta de coca se estima en 501 toneladas métricas, de 389 toneladas métricas de base de coca y de 410 toneladas métricas de cocaína pura (UNODC, 2009). A escala nacional, se utilizaron en ese mismo año 360.956 toneladas de sustancias químicas, principalmente solventes orgánicos, bases, ácidos y oxidantes fuertes, que al ser vertidos pueden afectar la calidad del agua de 32 zonas hidrográficas, para las que se graficó la participación de los volúmenes de sustancias químicas utilizadas por tipo, en toneladas (Figura 6.14).

Los vertimientos de químicos corrosivos de tipo ácido y básico fuerte pueden alterar la composición, abundancia y diversidad de las especies biológicas del agua por cambios bruscos en el pH; así mismo, los residuos de hojas y de sustancias químicas se constituyen en residuos peligrosos que, de no ser dispuestos adecuadamente, producen contaminación potencial del agua, del suelo y del ecosistema.

Las diez subzonas que representan el 80% de la utilización de químicos en el procesamiento de la cocaína y las respectivas subcuencas, que reciben al menos el 73% de los vertimientos potenciales de cada zona, se relacionan en la Tabla 6.8.

De esta Tabla 6.8 se puede inferir que los sistemas hídricos de las zonas hidrográficas del Medio Magdalena, Guaviare y Putumayo reciben el 40% de los contaminantes potenciales asociados con el cultivo y producción de pasta de coca. Las mayores presiones se ejercen sobre las subzonas del Brazo Morales, Alto Guaviare y Alto Putumayo.

29 La estimación de la demanda potencial de agroquímicos se compone de las formulaciones sólidas (en toneladas) y de las formulaciones líquidas (en miles de litros) reportados al ICA en producción nacional e importación, a la que se le sustrajo el volumen de las exportaciones (en toneladas y miles de litros).

30 SIMCI (Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos). El proyecto ha permitido mejorar y aumentar la capacidad de monitorear y analizar la extensión, la dinámica y el impacto de los cultivos ilícitos; la productividad, rendimiento y precios de la hoja de coca y sus derivados; y la situación socioeconómica de los cultivadores.

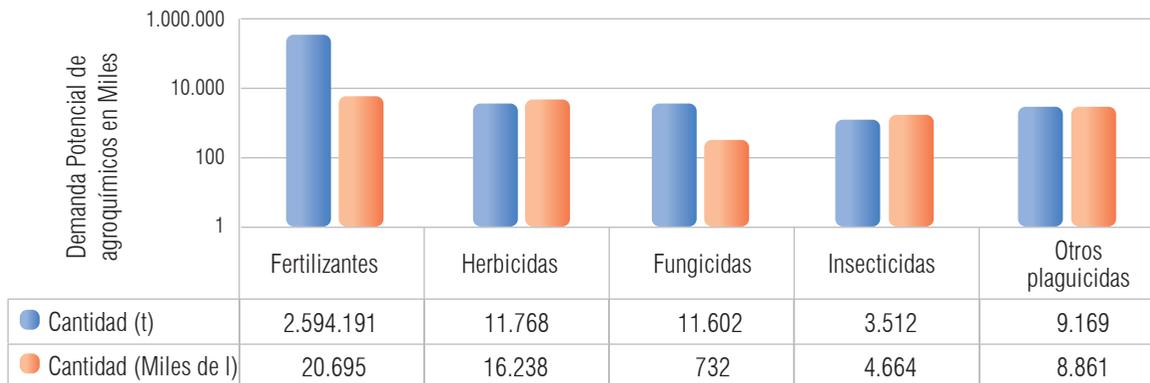


Figura 6.12. Demanda potencial de agroquímicos del sector agrícola en 2008.

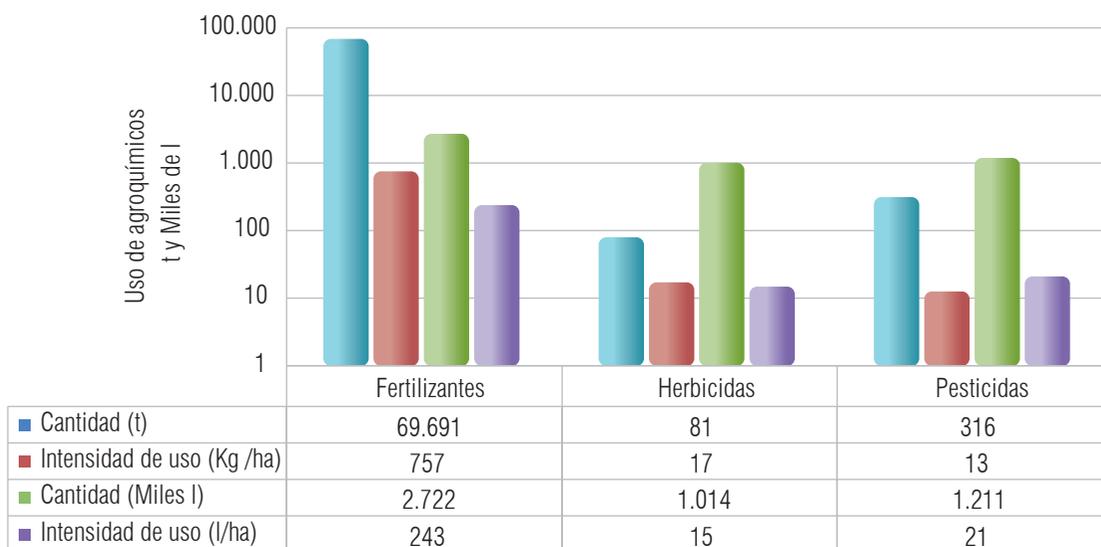


Figura 6.13. Uso de agroquímicos en el cultivo de coca (Fuente: Simci, 2009).

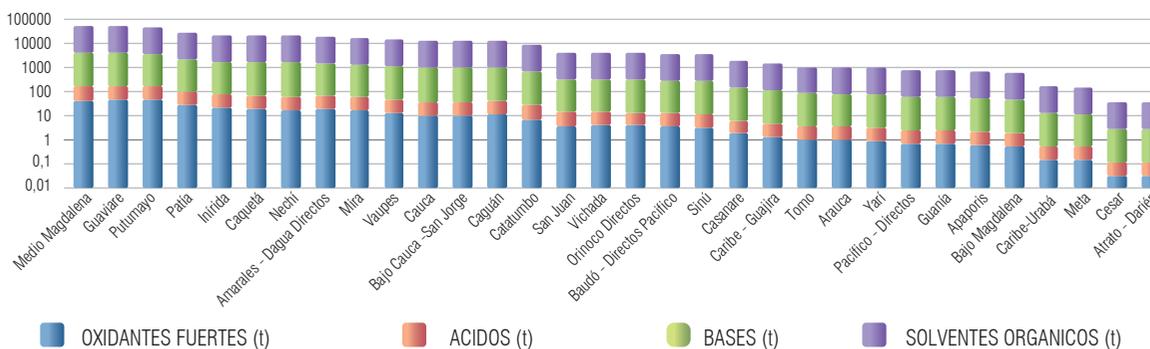


Figura 6.14. Utilización de químicos en la transformación de hoja de coca a cocaína, subzonas hidrográficas (Simci-Ideam)

Tabla 6.8. Zonas y subzonas hidrográficas más afectadas por utilización de químicos en el cultivo y procesamiento de cocaína

Zona Hidrológica	Participación Nacional %	Subzona Hidrológica	Total Químicos (t)*	Participación de la Subzona en la Zona %
Medio Magdalena	14	Brazo Morales	21.626	43
		Río Cimitarra	10.583	21
		Río Carare (Minero)	10.511	21
		Total zona	50.219	85
Guaviare	13	Alto Guaviare	13.380	28
		Medio Guaviare	9.193	19
		Bajo Río Uvá	8.186	17
		Río Siare	4.555	9
		Total zona	48.357	73
Putumayo	13	Alto Río Putumayo	21.811	46
		Río Putumayo Medio	13.333	28
		Total zona	47.472	74
Patía	8	Río Telembí	11.977	43
		Río Patía Bajo	8.429	30
		Total zona	28.064	73
Inírida	6	Río Inírida Alto	19.324	87
		Total zona	22.205	87
Caquetá	6	Río Caqueta Medio	8.016	38
		Río Orteguzza	5.891	28
		Río Mecaya	3.942	19
		Total zona	21.268	85
Nechí	6	Bajo Nechí	9.130	46
		Alto Nechí	7.166	36
		Total zona	19.917	82
Amarales - Dagua - Directos	5	Río San Juan del Micay	5.113	26
		Río Tapaje	3.984	21
		Río Guapi	3.930	20
		Total zona	19.408	67
Mira	5	Río Mira	6.438	38
		Río Tola	5.975	35
		Total zona	16.970	73
Vaupes	4	Alto Vaupés	6.360	46
		Río Unilla	3.924	28
		Total zona	13.770	74
Total de las diez subzonas	80		287.649	
Total Nacional	100		360.956	

* Varios de los insumos químicos empleados en el procesamiento de la coca se presentan en formulaciones líquidas, pero para efectos comparativos se transformaron en peso, multiplicando por la densidad promedio.

El resto de zonas hidrográficas identificadas y presentadas en la **Tabla 6.8** reciben cada una entre el 6% y el 4% del total nacional. Entre las subzonas de mayor presión

potencial de estas zonas se encuentran el río Inírida, río Telembí, río Nechí, Caquetá Medio y el Patía Bajo.

6.3.7. Calidad de agua superficial en puntos de referencia

Entre los años 2005 y 2009, se ha realizado un seguimiento a la calidad del recurso hídrico superficial a partir de la Red Básica de Referencia del Ideam; y para evaluar las tendencias de deterioro y de recuperación de la calidad general del recurso, se ha calculado el Índice de Calidad del Agua (ICA)³¹ a partir de variables básicas que dan cuenta de diferentes orígenes de contaminación. En el cálculo y análisis del ICA para el ENA 2010, se utiliza el resultado del monitoreo de estas variables en el año 2009: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD), sólidos totales en suspensión (SST), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE) y pH. Además del ICA, se analiza el comportamiento de nutrientes solubles (nitrógeno y fósforo), metales biodisponibles en sedimentos y mercurio.

6.3.7.1. Índice de calidad del agua 2009

Entre los años 2008 y 2009, hay datos comunes para 160 estaciones y 92 corrientes. En 2009 se realizaron 522 muestreos, para una frecuencia promedio de visitas de 3,4 por estación; sin embargo, para el cálculo del ICA se tomaron en cuenta el 91% de estos, debido a que el filtro por control de calidad de los registros conllevó a un rechazo del 9%.

Las estaciones de la Red de Referencia están ubicadas en su mayoría en la zona Andina, sobre ríos grandes, en las áreas más presionadas por la actividad socioeconómica. En la *Tabla 6.9* se presenta una relación de corrientes y de estaciones monitoreadas en cada subzona hidrográfica.

31 La Comunidad Andina de Naciones –CAN– (CAN, 2004) define el ICA como un número o una clasificación descriptiva de parámetros de calidad (5, 9, 23), cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones de las autoridades.

Tabla 6.9. Relación de corrientes monitoreadas por el Ideam en zonas hidrográficas y corrientes, en el año 2009.

ZONA HIDROLÓGICA	SUBZONAS HIDROLÓGICAS	CORRIENTES	Total Estaciones
Amazonas - Directos	1	1	1
Putumayo	1	3	3
Caquetá	1	1	1
Vaupés	1	1	1
Vichada	1	1	1
Guaviare	4	3	4
Inírida	1	1	1
Casanare	1	1	1
Meta	9	14	15
Atrato - Darién	1	1	1
Mira	1	1	1
Patía	4	3	6
Sinú	2	2	3
Bajo Magdalena	5	7	11
Bajo Magdalena-Cauca -San Jorge	3	4	8
Caribe - Guajira	2	2	3
Cesar	4	3	5
Alto Magdalena	19	17	52
Saldaña	1	1	1
Medio Magdalena	8	12	16
Sogamoso	4	7	10
Cauca	10	6	13
Nechí	1	1	1
Catatumbo	4	4	7
TOTAL	89	97	166

En el 2009, el Ideam monitoreó 97 corrientes, correspondientes a 89 subzonas de las 309 (en 166 estaciones, de las cuales 153 son del Ideam y 13 son de la CAM). Se presentan enseguida los mapas con los puntos que indican la ubicación de las estaciones monitoreadas, y los descriptores promedio y mínimo de ICA 2009, respectivamente (*Figura 6.15* y *Figura 6.16*).

De acuerdo con los datos de origen de la *Figura 6.15* y de la *Figura 6.16*, entre los afluentes en la cuenca alta del Magdalena que dan muestras de deterioro están el río Neiva, en el municipio de Campoalegre (capital arrocería del Huila) y el río Páez, en los municipios de

Páez y Tesalia, por ser una zona de características inestables y propensión a los fenómenos de remoción en masa. También se muestra la alteración de la calidad en los ríos Coello y Combeima a su paso por Ibagué, y en el río Sumapaz en Melgar, por su actividad turística y militar.

Los resultados del índice de calidad del agua ICA reflejan que, en la cuenca alta del río Magdalena, los sitios que muestran mayor afectación son los tramos del río Bogotá, desde el municipio de Villapinzón, a su paso por Cota, el Distrito Capital, y los municipios aguas abajo El Colegio, Tocaima y Ricaurte; en el mismo río Magdalena, los vertimientos de la Sabana de Bogotá afectan la calidad en los municipios de Ricaurte, Girardot y Nariño; además, en este último se evidencia el efecto del relleno sanitario.

En el Medio Magdalena, la calidad promedio es mala a su paso por Puerto Salgar, donde las actividades socioeconómicas aportan niveles significativos de DQO, sólidos en suspensión y, algunas veces, de conductividad eléctrica; además, en los ríos tributarios Carare (en Cimitarra), Minero (en Borbur) y Negro (en Guaduas, Nimaima y Puerto Boyacá). En el peor escenario, también se muestra afectación significativa en los ríos Villeta y Guarinó a su paso por los municipios de Villeta y Honda, respectivamente; esto obedece a la influencia de actividades mineras, explotación maderera, deforestación y arrastre de sedimentos por la escorrentía.

En el Bajo Magdalena, desde El Banco, pasando por la zona de sedimentación en la Depresión Momposina, hasta la desembocadura en el mar Caribe, se evidencia el aporte de sólidos suspendidos provenientes de las cuencas alta y media, lo que influye más en el descriptor de mala calidad del índice, seguido por aportes de DQO, que influyen por la misma razón el estado de los brazos de Loba y Mompós, y el Canal del Dique; así mismo, en la desembocadura del río Cauca

se registra un aporte significativo de arrastre de sólidos, proveniente más que todo de la minería del oro en las cuencas media y baja.

En la cuenca del río Cauca, los municipios más afectados por la mala calidad del agua superficial son los tramos cercanos a Popayán, por el impacto del relleno sanitario de la ciudad; Cali, por los vertimientos industriales y domésticos de Cali y Juanchito a Candelaria, Obando, La Virginia (Risaralda) y Antioquia (Antioquia), que reciben aportes de sólidos y de materia orgánica de la zona agroindustrial. Asimismo, una afectación alta proviene de afluentes tan presionados como los ríos Paila, Risaralda y Tuluá. El río Chinchiná y el río Arma tienden a deteriorarse significativamente a su correspondiente paso por los municipios caldenses de Palestina y Aguadas.

El río Sogamoso recibe a los ríos Suárez y Chicamocha, que atraviesa una zona muy erosionada, y su calidad oscila entre regular y mala cuando atraviesa por los municipios de Tuta, Tibasosa, Nobsa, Covarachia, Jordán y Puerto Wilches. La cuenca del río Patía se ve afectada por presencia de materia orgánica en el río Pasto y por vertimientos directos de aguas residuales domésticas de los municipios Policarpa y Cumbitara (Nariño).

En el oriente, los aportes de la ciudad de Villavicencio se reflejan más en la época de niveles bajos, por su alteración sobre la corriente Guayuriba; el río Guavio muestra deterioro en Gachetá, mientras que el río Meta muestra afectación en su trayectoria por los vertimientos y actividades agropecuarias en los municipios de Gachetá, Puerto López y Puerto Carreño.

En el nororiente del país, en la cuenca del Catatumbo en el municipio de Tibú, las condiciones de calidad se deben a tributarios como el río Pamplonita y el Zulia, cuya afectación se origina por los vertimientos domésticos de Cúcuta y Chinácota.

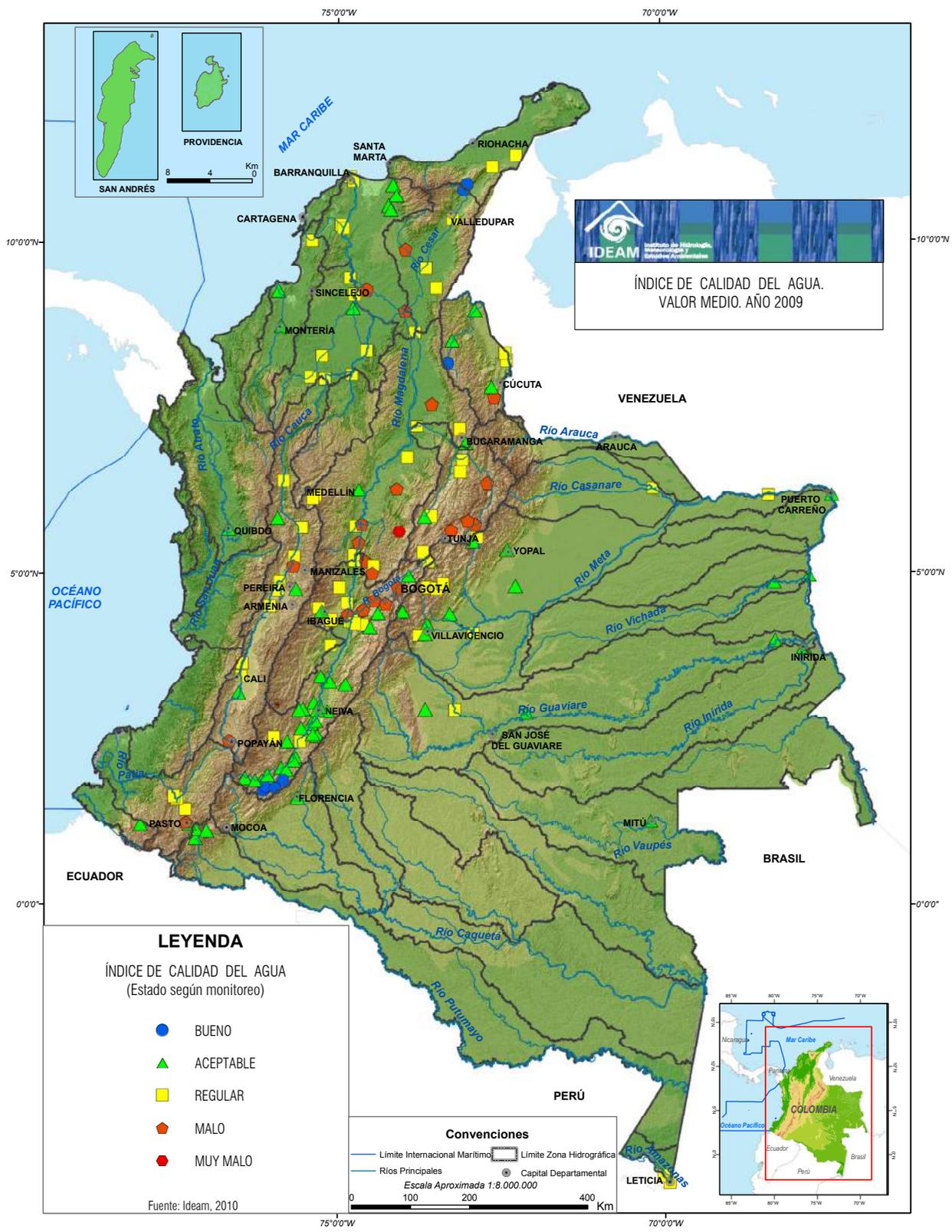


Figura 6.15. Mapa de ubicación de la estaciones monitoreadas en 2009 con su descriptor para el valor promedio de ICA.

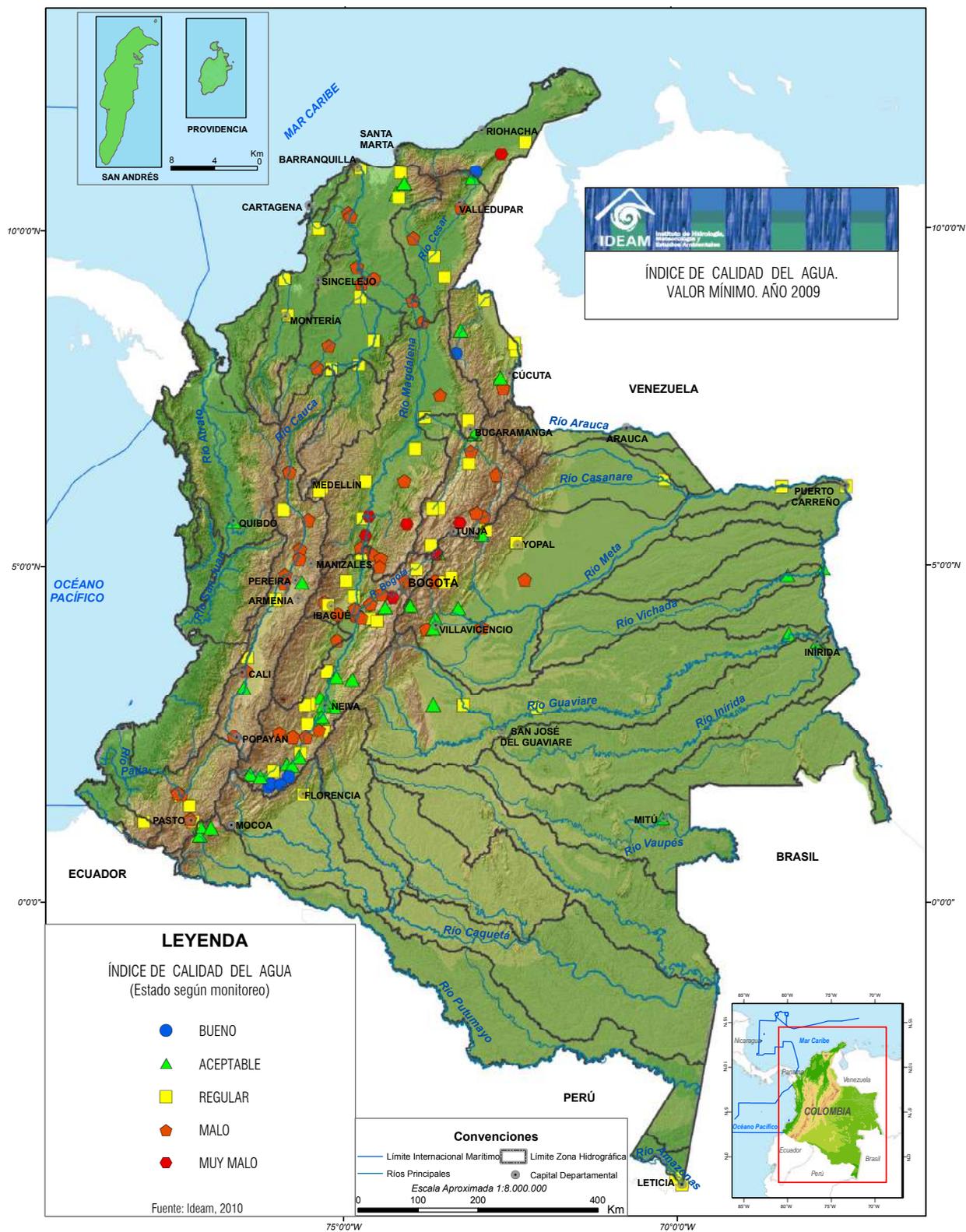


Figura 6.16. Mapa de ubicación de la estaciones monitoreadas en 2009 con su descriptor para el valor mínimo de ICA.

Las estaciones de La Guajira, ubicadas sobre los ríos Ranchería y Carraipía, así como el río Cesar aguas abajo de Valledupar, son altamente deficitarias en sus rendimientos hídricos, lo que las hace muy vulnerables a la presión de las actividades socioeconómicas circundantes.

Además del índice de calidad, el análisis del porcentaje de saturación de oxígeno, –que representa al oxígeno disuelto remanente en el agua como parte del equilibrio entre aireación y consumo de oxígeno en la degradación aerobia de la materia biodegradable– evidencia que la mayoría de corrientes monitoreadas registran valores mayores de 70%, excepto las cuencas de los ríos Bogotá, Alto Cauca, Alto Chicamocha, Pasto en la ciudad de Pasto, Pamplonita en Chinácota y Minero en Borbur, con valores menores de 40% de saturación.

6.3.7.2. Otras variables de calidad

Además de las cinco variables de calidad que contempla el cálculo del ICA, desde el 2009 se han medido nutrientes solubles (nitrógeno y fósforo) en el 66% de las estaciones. El nitrógeno total y el fósforo total se miden en todas las estaciones de la Red. Asimismo, se determinan metales biodisponibles en sedimentos en el 15% de las estaciones de la Red y en el 9,7% de ellas, mercurio.

El compuesto químico denominado *nitrógeno amoniacal*, cuando sobrepasa la concentración de 1,0 mg/L (Decreto 1594/84), es indicativo de degradación activa de vertimientos recientes; este caso se dio en 2009, en algunas estaciones (*Tabla 6.10*) que no alcanzaron a ser calificadas con descriptor de calidad “malo”, pero que deben ser objeto de seguimiento.

Tabla 6.10. Estaciones con valores de nitrógeno amoniacal indicativos de degradación activa de vertimientos recientes.

CORRIENTE	ESTACIÓN	DEPTO.	MPIO.
Casanare	Cravo Norte [3602705]	Arauca	Cravo Norte
Cauca	Mediacanoa [2608705]	Valle del Cauca	Yotoco
Lebrija	Café Madrid [2319729]	Santander	Girón

En relación con los *metales pesados*, considerados sustancias de interés sanitario, la fracción adherida al sedimento fino es la más biodisponible, razón por la cual se realizaron 128 muestreos de metales biodisponibles en sedimentos en 68 estaciones –es decir, una frecuencia promedio de 1,9 visitas por estación– para evaluar el impacto por: *cadmio, cromo, níquel, plomo y zinc*. Igualmente, se realizaron 53 muestreos de *mercurio* en 31 estaciones, para una frecuencia promedio de 1,7 visitas por estación. Este último elemento es de interés por su elevada toxicidad, y por riesgo de bioacumulación y magnificación en la cadena trófica.

Los valores guía se tomaron de la legislación canadiense, dado que en Colombia todavía no contamos con los valores de referencia. Es de resaltar que el valor guía para *cadmio* (>0,6 mg/kg) es superado en todos los muestreos y es necesario ajustarlo para Colombia.

El *cromo* presenta valores de alarma (>37,3 mg/kg) en el río Bogotá, en las estaciones ubicadas en los municipios de Villapinzón y Tocancipá, debido a la memoria que conservan los sedimentos de la tradicional actividad de curtiembres en los municipios de Villapinzón y Chocontá.

Tabla 6.11. Corrientes con desbalance de nutrientes en diferentes zonas hidrográficas.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	DEPTO.	MUNICIPIO	CORRIENTE
Zona Amazonas					
Amazonas	Leticia	Amazonas	Amazonas	Nazareth	Amazonas
Zona Atrato Darién					
Chocó	Quibdó	Atrato			
Zona del Alto Magdalena					
Huila	Neiva	Neiva	Huila	Algeciras	Neiva
	Campoalegre	Neiva		Neiva	Ceibas
	Neiva	Baché		Tesalia	Páez
	Palermo	Magdalena		Santa María	Bache
	Gigante	Magdalena		Neiva	Magdalena
	Pitalito	Magdalena		Agrado	Magdalena
	Altamira	Magdalena		Elías	Magdalena
	Baraya	Cabrera		Pitalito	Guarapas
Tolima	Garzón	Suaza	Tolima	Yaguará	Yaguará
	Acevedo	Suaza		Natagaima	Magdalena
	Ibagué	Coello		Guadalupe	Suaza
	Lérida	Lagunilla		Ibagué	Combeima
Cundinamarca	Tocancipá	Bogotá	Cundinamarca	Lérida	Recio
	Tocaima	Bogotá		Melgar	Sumapaz
	Ricaurte	Magdalena		Villapinzón	Bogotá
	Nariño	Magdalena		El Colegio	Bogotá
	Silvania	Subia		Girardot	Bogotá
			Girardot	Magdalena	
Zona del Medio Magdalena					
Tolima	Honda	Gualí	Cundinamarca	Nimaima	Negro (Cund.)
	Honda	Guarínó		Guaduas	Negro (Cund.)
Antioquia	Pto Nare	Nare		Pto Salgar	Magdalena
	Sonsón	La Miel		Villeta	Villeta
	Rionegro	Negro (Ant)	Girón	Lebrija	
Boyacá	San Pablo de Borbur	Minero	Santander	Sabana de Torres	Lebrija
				Simacota	Opón
Zona del Bajo Magdalena					
Magdalena	El Banco	Magdalena	Bolívar	Regidor	Magdalena
	Santa Ana	Brazo Mompós		Córdoba	Magdalena
	Fundación	Fundación		Barranco de Loba	Magdalena
Atlántico	Barranquilla	Magdalena		Barranco de Loba	San Jorge
Bolívar	Magangué	Bzo de Loba		Calamar	Magdalena
	María La Baja	Canal del Dique		San Jacinto	Cauca
Córdoba	Ayapel	San Jorge	Antioquia	Caucasia	Cauca
	Montelíbano	San Jorge	Atlántico	Santa Lucía	Canal del Dique
Zona del río Caquetá					
Caquetá	Hacha	Florencia			
Zona del río Cesar					
Cesar	El Paso	Cesar	Guajira	San Juan del cesar	Cesar
	Valledupar	Cesar	Magdalena	Ariguaní	Ariguaní

Continuación **Tabla 6.11.** Corrientes con desbalance de nutrientes en diferentes zonas hidrográficas.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	DEPTO.	MUNICIPIO	CORRIENTE
Zona del río Cauca					
Cauca	Popayán	Cauca	Risaralda	La Virginia	Cauca
Valle del Cauca	Candelaria	Cauca	Caldas	Neira	Cauca
	Yumbo	Cauca		Aguadas	Cauca
	Yotoco	Cauca		Aguadas	Arma
	La Victoria	Cauca		Palestina	Chinchiná
	Cartago	La Vieja		Caucasia	Cauca
Bolívar	San Jacinto	Cauca	Antioquia	Sf de Antioquia	Cauca
			Bolívar		San Juan
Zona del río Catatumbo					
Nte de Santander	Tibú	Catatumbo	Nte de Santander	Chinácota	Pamplonita
	Teorama	Catatumbo		Cúcuta	Zulia
	Cúcuta	Pamplonita		San Cayetano	Zulia
Zona del río Guaviare					
Meta	Puerto Rico	Ariari	Meta	Vista Hermosa	Guejar
	Mapiripán	Guaviare	Vichada	Cumaribo	Guaviare
Zona del río Mira					
Nariño	Ricaurte	Guisa			
Zona del río Meta					
Cundinamarca	Gachetá	Guavio	Meta	Villavicencio	Guatiquía
	Medina	Humea		Villavicencio	Guayuriva
	Ubalá	Chivor		Villavicencio	Ocoa
	Ubalá	Rucio		Pto. López	Meta
	Une	Une		Vichada	Pto. Carreño
Casanare	Yopal	Cravo Sur	Casanare	Maní	Cusiana
Zona del río Nechí					
Antioquia	Nechí	Nechí			
Zona del río Vichada					
Vichada	Pto. Carreño	Orinoco			
Zona del río Sogamoso					
Boyacá	Covarachía	Chicamocha	Santander	Jordán	Chicamocha
	Tibasosa	Chicamocha		San Gil	Fonce
	Paz de Río	Chicamocha		Pte. Nacional	Suárez
	Moniquirá	Moniquirá		Pto. Wilches	Sogamoso
Zona del río Patía					
Nariño	Policarpa	Patía	Nariño	Pasto	Pasto
	Cumbitara	Patía		Los Andes	Guaitara
Zona del río Putumayo					
Putumayo	Santiago	Putumayo			
Zona del río Saldaña					
Tolima	Ortega	Saldaña			
Zona del río Sinú					
Córdoba	Montería	Sinú	Córdoba	Lorica	Sinú

Valores de *mercurio* con descriptor de “alarma” (>0,17 mg/kg) se encontraron en estaciones que muestran influencia de actividad industrial y minera (oro), como en el río Cauca, municipios de Santander de Quilichao (Cauca), Yumbo (aguas abajo zona agroindustrial, municipios metropolitanos Jamundí, Cali, Yumbo) y Yotoco (Valle), Aguadas (Caldas) y Santafé de Antioquia (Antioquia). En el río Lebrija, en Girón (Santander), por la influencia de la actividad aurífera en los municipios de Vetás y California, ubicados aguas arriba. En el río Magdalena, en la cuenca alta, el municipio de Agrado (Huila), en la cuenca media, en Puerto Salgar se evidencia el impacto de la minería del oro asociada con algunos municipios de Caldas, incluida La Dorada, y en la cuenca baja, en el municipio de Calamar (Bolívar).

De igual manera, se encontraron valores anómalos de *mercurio* en el río Minero en San Pablo de Borbur (Boyacá); en el río Nechí en Nechí (Antioquia); y en el río Saldaña en Ortega (Tolima). En relación con el *níquel*, no se encontraron valores de alarma en las estaciones monitoreadas.

En relación con la medición del *plomo* en los sedimentos, en la estación Puente Balseadero, en Agrado (Huila), se presentó un nivel de alarma que debe ser objeto de seguimiento para verificar su criticidad.

El *zinc* presentó valores de alarma para los ríos Bogotá y Chicamocha en estaciones ubicadas, en el primer caso, en los municipios El Colegio, Tocaima y Girardot, ubicados aguas abajo del Distrito Capital; y en el segundo caso, en el municipio de Nobsa, ubicado aguas abajo de la zona industrial de Sogamoso.

La relación del cociente entre el nitrógeno Kjeldahl total (NKT) y el fósforo total da una idea del desbalance de nutrientes causado por malas prácticas agrícolas que aportan exceso de fertilizantes con base

en nitrógeno y fósforo a suelos degradados, los cuales, por escorrentía, pasan a las corrientes. En la **Tabla 6.11** se relacionan las subzonas hidrográficas y corrientes cuyos valores promedio evidencian la degradación en los municipios respectivos.

En el 83 % de las estaciones monitoreadas en el 2009, se evidencia desbalance de nutrientes.

6.4. Comportamiento general y rendimiento medio diario de los sedimentos en las distintas áreas hidrográficas

Muchos de los contaminantes persistentes, bioacumulables y tóxicos están fuertemente asociados con los sedimentos y, en especial, con el carbono orgánico transportado como parte de la carga de sedimentos de los ríos, e ingresan en la cadena trófica de diversas maneras, pues constituyen el suministro alimentario de los organismos bénticos (que habitan en el fondo), que, a su vez, sirven de alimento para los peces y otros organismos superiores (FAO, 1997).

El transporte de sedimentos en los principales ríos varía de acuerdo con el tamaño de la cuenca; con las condiciones físicas, topográficas, geomorfológicas y geológicas; y con la cobertura vegetal y el uso del suelo. La determinación de la producción de sedimentos con origen en la cuenca es uno de los índices que puede ilustrar el grado de los procesos de degradación, por efecto de la deforestación y la erosión, principalmente. Sin embargo, la cuantificación real de esta producción –y sobretodo la estimación de lo que obedece a procesos naturales– aún no está estimada en el país. En el estudio, se identifican las cuencas con mayor producción de sedimentos por unidad de área; la variación del transporte de sedimentos en

Tabla 6.12. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones del área hidrográfica Magdalena-Cauca.

Estación	Corriente	PERIODO DESDE	PERIODO HASTA	Transporte Medio Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Zona Hidrográfica
				(kilotoneladas/día)	(kilotoneladas/año)	(Mm³/año)	
Calamar	Magdalena	1972	2007	383,71	140.054,15	52,85	Costa
Pto. Araujo Automat.	Carare	1981	2007	367,08	133.984,20	50,56	Medio Magdalena
Magangué-Esperanza	Bzo De Loba	1979	2007	280,42	102.353,30	38,62	Bajo Magdalena
Sitio Nuevo	Bzo De Loba	1980	2007	277,37	101.240,05	38,20	Bajo Magdalena
Peñoncito	Magdalena	1972	2007	263,76	96.272,40	36,33	Bajo Magdalena
Banco El	Magdalena	1991	2007	225,09	82.157,85	31,00	Bajo Magdalena
Coquera La-Autom.	Cauca	1974	2007	151,48	55.290,20	20,86	Río Cauca
Varas Las	Cauca	1973	2007	150,92	55.085,80	20,79	Bajo Magdalena
Flores Las	Cauca	1978	2007	147,37	53.790,05	20,30	Bajo Magdalena
Tres Cruces	Cauca	1978	2007	131,88	48.136,20	18,16	Bajo Magdalena
Margento	Cauca	1978	2007	130,49	47.628,85	17,97	Bajo Magdalena
Apavi	Cauca	1976	2007	123,36	45.026,40	16,99	Río Cauca
Ptovaldivia Aut .	Cauca	1976	2007	118,83	43.372,95	16,37	Río Cauca
Arrancaplumas	Magdalena	1971	2007	109,2	39.858,00	15,04	Alto Magdalena
Pto. Salgar	Magdalena	1971	2007	97,25	35.496,25	13,39	Medio Magdalena
Pte Pescadero	Cauca	1984	2007	92,46	33.747,90	12,74	Río Cauca
Cañafisto	Cauca	1980	2007	82,98	30.287,70	11,43	Río Cauca
Bolombolo	Cauca	1976	2007	54,45	19.874,25	7,50	Río Cauca
Pintada La	Cauca	1972	2007	43,26	15.789,90	5,96	Río Cauca
Pte Iglesias	Cauca	1981	2007	38,43	14.026,95	5,29	Río Cauca
Nariño	Magdalena	1980	2007	36,53	13.333,45	5,03	Alto Magdalena
Jordán El	Chicamocha	1973	2007	32,16	11.738,40	4,43	Río Sogamoso
Pte. Santander Auto	Magdalena	1971	2007	31,77	11.596,05	4,38	Alto Magdalena
Virginia La	Cauca	1972	2007	29,52	10.774,80	4,07	Río Cauca
Incora K-7	Canal del Dique	1972	2007	25,31	9.238,15	3,49	Costa
Paso del Colegio	Magdalena	1998	2007	23,44	8.555,60	3,23	Alto Magdalena
Piedras de Cobre	Saldaña	1974	2007	22,56	8.234,40	3,11	Río Saldaña
Pto. Libre	Negro	1975	2007	20,46	7.467,90	2,82	Medio Magdalena
Angostura	Magdalena	1986	2007	16,74	6.110,10	2,31	Alto Magdalena
Palmalarga	Saldaña	1973	2007	16,33	5.960,45	2,25	Río Saldaña
Pte. Colache	Saldaña	1984	2007	14,79	5.398,35	2,04	Río Saldaña
Pte. Balseadero	Magdalena	1973	2007	11,88	4.336,20	1,64	Alto Magdalena
Pijaito	Chili	1994	2007	10,53	3.843,45	1,45	Río Saldaña
San Rafael	Lebrija	1979	2007	10,12	3.693,80	1,39	Medio Magdalena
Bocatoma Triangulo	Saldaña	1985	2007	9,17	3.347,05	1,26	Río Saldaña
Paicol	Páez	1972	2007	8,25	3.011,25	1,14	Alto Magdalena
Muralla La	Saldaña	1973	2007	7,71	2.814,15	1,06	Río Saldaña
Montelibano Autom.	San Jorge	1974	2007	7,2	2.628,00	0,99	Bajo Magdalena
San Miguel	La Miel	1975	2007	7,03	2.565,95	0,97	Medio Magdalena
Canteras	Nare	1976	2007	6,31	2.303,15	0,87	Medio Magdalena

suspensión y la cuantificación se determinan a partir de las variables hidrológicas, medidas de manera sistemática en los puntos de referencia de la red de estaciones que opera el Ideam.

Se calcula que en Colombia son transportados cada año, en promedio, cerca de 300 millones de toneladas de sedimentos (Ideam, 1998a), que llegan a los océanos a través de todo el sistema hidrográfico nacional.

El mayor aportante es el río Magdalena, de acuerdo con lo registrado en la estación en Calamar, con un transporte anual de 140 millones de toneladas, equivalente a un volumen de 52,8 millones de metros cúbicos, de sedimentos en suspensión.

6.4.1. Área hidrográfica Magdalena-Cauca

El transporte medio diario y el transporte total anual de sedimentos en suspensión, medidos en estaciones de la cuenca Magdalena-Cauca, se presenta en la *Tabla 6.12. Para la parte alta de la cuenca del río Magdalena*, en la estación Puente Santander en Neiva, la carga de sedimentos es de cerca de 11,6 millones de toneladas por año, lo que representa un volumen anual de 4,38 Mm³, equivalente al 8% del transportado en Calamar.

Aguas abajo, *la parte media de la cuenca del río Magdalena*, a la altura de Puerto Bogotá-Honda, en la estación Arrancaplumas, el volumen anual transportado es de 15,04 Mm³, es decir, 39,8 millones de toneladas, que corresponden al 40%. A la entrada de la Depresión Momposina, en El Banco (Magdalena), el aporte de sedimentos es de 82 millones de

toneladas, con un volumen de 31,0 Mm³ por año, volumen que representa el 59% del total aportado por el río Magdalena en Calamar.

En la cuenca alta del río Cauca, en La Virginia, departamento de Risaralda, el volumen transportado por el río Cauca es de 10,7 millones de toneladas, equivalentes a 4,07 millones de metros cúbicos, que representan el 8% del total transportado por la cuenca Magdalena-Cauca en Calamar. Aguas abajo, en Puerto Valdivia, el transporte anual de sedimentos es de 43,3 toneladas, con un volumen de 16,4 millones de metros cúbicos por año, equivalentes al 31% del total. En la parte baja de la cuenca, a la altura de Guaranda (Sucre), en la estación Las Varas, se transporta un volumen de 20,8 Mm³, que aportan a la Depresión Momposina el 39% de los sedimentos que llegan a la planicie inundable.

Después de la ciudad de El Banco (Magdalena), el río Magdalena se bifurca en dos brazos: el Brazo de Loba, en donde se ubica la población de Magangué, se transportan 102,3 millones de toneladas/año, con un volumen de 38,6 Mm³ por año, que representan el 73% del registrado en Calamar; y el Brazo de Mompós, por donde se transporta, a la altura de Santa Ana, un volumen de 29,8 Mm³ por año, equivalentes al 55,8%.

El *río Carare*, en Cimitarra (Santander), es el afluente que más aporta sedimentos al río Magdalena, con cerca de 134 millones de toneladas, y un volumen anual de 50,6 millones de metros cúbicos, muy similar al registrado en el río Magdalena en Calamar, que como se dijo, es de 52,85 Mm³/año.

Los valores mensuales multianuales de transporte de sedimentos en suspensión y la variación del

régimen de transporte en estaciones representativas de zonas hidrográficas del área hidrográfica de los ríos Magdalena-Cauca se presentan en siguientes apartes de este capítulo.

6.4.1.1. Zona hidrográfica del Alto Magdalena

“La cuenca alta del río Magdalena desde su nacimiento presenta, hasta la ciudad de Neiva, numerosas variaciones que hacen cambiar sistemáticamente la forma del río; la parte alta se caracteriza por su pendiente fuerte, con cambios morfológicos drásticos, con predominio de socavación fuerte, propios de una corriente de régimen torrencial.

Aguas abajo de Neiva, el río sigue su curso conservando su forma meándrica; en este trayecto se observan en las orillas barrancas que pueden tener alturas hasta de 30 m de altura. Las velocidades de la corriente son altas debido a su pendiente; en algunas áreas del río se originan grandes chorros y remolinos debido a la sinuosidad del cauce y las rocas que sobresalen por encima del nivel del agua que hacen aún más turbulento el flujo del agua. Debido a estas condiciones, se observan playas en donde el material de acarreo se compone de grava y arena característico de esta parte del río, cuya capacidad de arrastre de sedimentos es alta (Ideam-Cormagdalena, 2002).“

Como punto representativo de la cuenca alta se considera la estación Arrancaplumas, localizada en la población de Puerto Bogotá, aguas arriba de la ciudad de Honda, antes del raudal llamado Salto de Honda. En el histograma de la Figura 6.17, se observa la variación mensual del transporte de sedimentos en esta estación, reconociéndose un régimen bimodal correspondiente con la distribución de caudales

medios; el valor medio anual multianual transportado en este punto de la cuenca es de 109,2 kton/día.

La variación mensual muestra que los valores medios mensuales bajos se presentan en los meses de enero y febrero en el primer semestre, y en agosto y septiembre en el segundo semestre, siendo agosto el más bajo del año con 58,2 kton/día, mientras que valores altos se presentan en los meses de abril, mayo y noviembre, siendo noviembre el mes de transporte de sedimentos más alto con 180,1 kton/día.

6.4.1.2. Zona del Medio Magdalena

“A partir de Honda, en donde el cauce del río sufre un drástico cambio de pendiente originando un rápido raudal en un tramo aproximado de 600 m, el río Magdalena inicia su transición de un río completamente meándrico conformado por un canal profundo, para convertirse en un río trezado. En La Dorada, el río penetra a un valle más amplio; a partir de acá se observan cambios significativos en su cauce, el cual corre sobre una zona aluvial más extensa formando islas grandes y pequeñas ciénagas en donde se suceden cambios morfológicos de acumulación y erosión de sedimentos, con un canal navegable estrecho y de poca profundidad.

En este trayecto hasta Barrancabermeja, el río presenta varios estrechamientos como Angostura en Pto. Inmarco y río Nuevo aguas abajo de Pto. Berrío, debido a esta causa el río se ensancha con las consiguientes consecuencias de presentar profundidades bajas y canales de flujo indefinido; y además son zonas de gran acumulación de sedimentos que generan remanso en el flujo, propiciando la sedimentación de las partículas más gruesas en el fondo del río y las orillas.

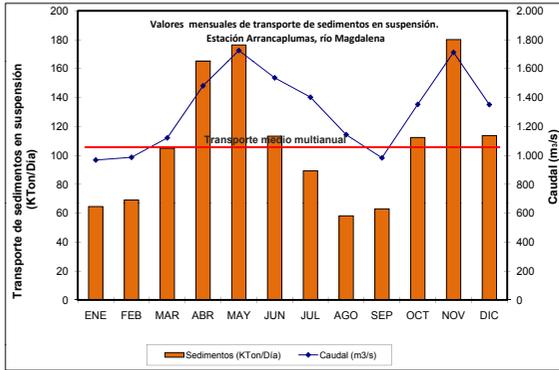


Figura 6.17. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Arrancaplumas, río Magdalena (kton/día).

Aguas abajo de Barrancabermeja, el río presenta una situación cambiante de movimientos horizontales y constantes del canal navegable y se aprecia gran cantidad de islas, playas y brazos. Este trayecto hasta el sitio La Gloria, en el departamento del Magdalena, es difícil para la navegación durante el período de aguas bajas, con calados inferiores a 3 pies, presentando pasos o sitios que dificultan el tránsito normal de remolcadores y embarcaciones de gran calado (Ideam-Cormagdalena, 2002)ʹ.

Como estación representativa de la cuenca media se tomó la de El Banco, ubicada en la entrada a la zona baja del río Magdalena, que presenta un valor medio anual multianual transportado de 225,09 kton/día (Figura 6.18).

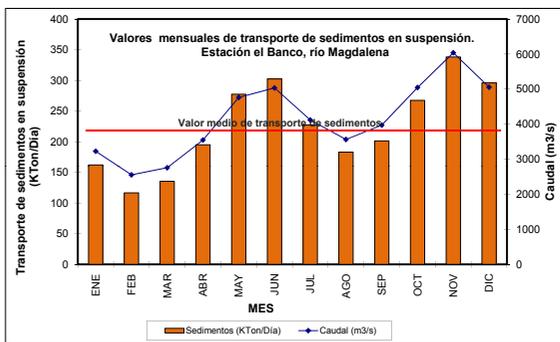


Figura 6.18. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación el Banco-río Magdalena (kton/día).

La variación mensual multianual del transporte de carga de sedimentos en suspensión que se muestra en la Figura 6.18 tiene régimen bimodal, con valores bajos en los meses de febrero y marzo, con 116,5 kton/día y 135,4 kton/día, respectivamente; y valores altos en los meses de mayo, junio, noviembre y diciembre, siendo noviembre el más alto, con 338,1 kton/día.

6.4.1.3. Zona del Bajo Magdalena

En el municipio de El Banco, el río sufre de nuevo una transición al penetrar a la gran planicie inundable, en donde el Magdalena se bifurca en dos grandes canales, el Brazo de Mompós y el Brazo de Loba, conformando la gran isla de Mompós. Esta zona se caracteriza por los numerosos caños y ciénagas que se entrelazan formando una red de canales a lo largo y ancho de este gran delta interior (Ideam-Cormagdalena, 2002).

La depresión cenagosa se caracteriza por ser una zona de acumulación constante de sedimentos, en la que se deposita aproximadamente el 20% de los sedimentos que ingresan por el transporte de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.

• Cuenca del río San Jorge

Nace en el Parque Nacional Natural Paramillo (departamentos de Antioquia y Córdoba) y transcurre entre las serranías de San Jerónimo y Ayapel; atraviesa los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, y desemboca en el río Magdalena, aguas arriba del municipio de Magangué, departamento de Bolívar; el área de la cuenca es de alrededor de 19.600 km², y recoge las aguas de la ciénaga de Ayapel hacia la Depresión Momposina.

El valor medio mensual de transporte de sedimentos es de 7,2 kton/día, calculado en la estación de Montelíbano, localizada en la parte alta de la cuenca, con un área aferente equivalente al 23% del total (Figura 6.19).

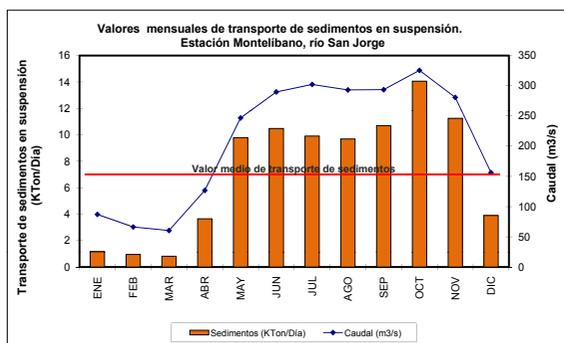


Figura 6.19. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Montelíbano-río San Jorge (kton/día).

La distribución temporal es de tipo monomodal, con valores altos en los meses de mayo a noviembre, siendo octubre el mes que registra el valor más alto, con 14,1 kton/día; y valores bajos de enero a marzo, con 0,8 kton/día, siendo marzo el mes que presenta los valores más bajos.

En la parte media del Brazo de Loba, aguas abajo de Pinillos, confluye el río Cauca, que contribuye en gran parte con los volúmenes de sedimentos que llegan a la gran zona inundable de la Depresión Momposina (Ideam-Cormagdalena, 2002).

En el sitio de Tacaloea (Bolívar) y Tierragrata (Magdalena), se unen los brazos de Loba y Mompós donde termina prácticamente la planicie inundable, formando de nuevo un solo río con flujo más uniforme, con cambios morfológicos más lentos; este comportamiento se conserva hasta su desembocadura al mar por Bocas de Ceniza (Ideam-Cormagdalena, 2002).

En Calamar se bifurca, sobre la margen izquierda del río Magdalena, el Canal del Dique, el cual dirige sus

aguas al occidente, hacia las bahías de Cartagena y Barbacoas (Ideam-Cormagdalena, 2002).

Como punto representativo de esta parte de la cuenca, se tomó la estación de Calamar, localizada en la población del mismo nombre en el departamento de Bolívar, donde se registra un valor total anual transportado de 140.054 kton/año, equivalentes a un volumen anual de 52,85 Mm³.

Como se observa en el histograma de la Figura 6.20, la variación mensual del transporte de sedimentos es bimodal y corresponde con la distribución de caudales medios; el valor medio anual multianual transportado en este punto de la cuenca es de 383,71 kton/día.

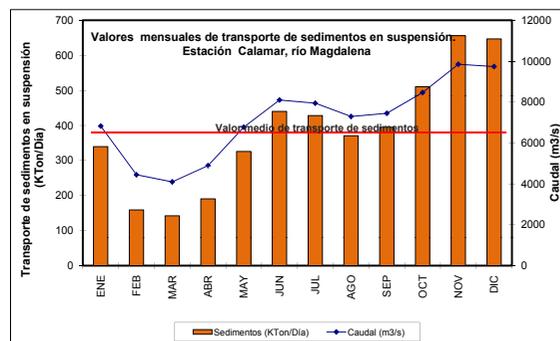


Figura 6.20. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Calamar-río Magdalena (kton/día).

Los valores de transporte de sedimentos bajos se presentan en particular durante los primeros meses del año, siendo febrero, marzo y abril los más bajos, con 159,0 kton/día, 142,3 kton/día y 190,6 kton/día, respectivamente; y octubre, noviembre y diciembre se destacan con los valores más altos del año, con 510,4 kton/día, 656,1 kton/día y 646,8 kton/día, en su orden.

6.4.1.4. Zona hidrográfica del Cauca

La cuenca del río Cauca, hasta la estación Tres Cruces, cuenta con un área total de 59.615 km²; está localizada en el municipio de Achí (Bolívar), aguas arriba de

Pinillos (Bolívar), donde el río Cauca desemboca en el río Magdalena, en el Brazo de Loba.

- **Cuenca del Alto Cauca**

Se cuenta con la estación La Virginia como representativa de la parte alta de la cuenca, la cual presenta un régimen bimodal, con un transporte medio mensual alto en los meses de mayo, de 45,3 kton/día, y noviembre, de 48,9 kton/día; y valores bajos en los meses de julio, agosto y septiembre, siendo agosto el más bajo del año, con un valor medio mensual de 6,8 kton/día (Figura 6.21).

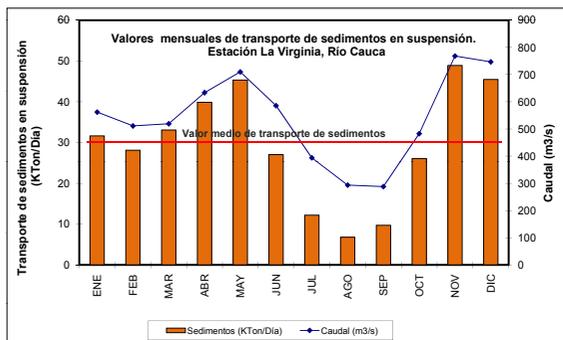


Figura 6.21. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación La Virginia-río Cauca (kton/día).

En este punto de la cuenca, que corresponde con el 38% del área aferente total de esta, el valor medio anual multianual transportado es de 29,5 kton/día.

- **Cuenca del Medio Cauca**

En el Medio Cauca, a la altura de la estación Puerto Valdivia, cuya área aferente es el 64% del total de la cuenca, muestra una distribución bimodal bien marcada del transporte medio mensual de sedimentos, con dos periodos de aguas altas: de abril a junio, en el que mayo presenta el mayor valor del primer semestre con 175,2 kton/día; y de octubre a diciembre, en el que noviembre tiene el valor más alto de los dos periodos, con 192,1 kton/día (Figura 6.22).

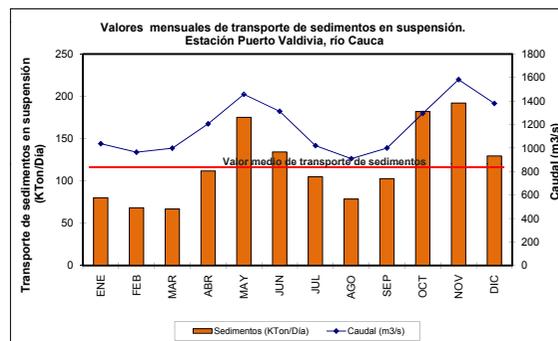


Figura 6.22. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Pto. Valdivia-río Cauca (kton/día).

Igualmente, se presentan dos periodos de aguas bajas de enero a marzo y de julio a septiembre. En el primer semestre, febrero muestra el valor de transporte de sedimentos más bajo del año, con un valor mensual multianual de 66,17 kton/día. En el segundo semestre, agosto es el más bajo, con 78,5 kton/día. El valor medio anual multianual transportado y medido en la estación Puerto Valdivia es de 118,8 kton/año.

- **Cuenca del Bajo Cauca**

En el Bajo Cauca, la estación Las Varas, localizada en el municipio de Guaranda (Sucre), donde se alcanza el 99% del área de la cuenca, muestra un transporte de sedimentos medio anual multianual de 150,9 kton/año, con valores altos en mayo, junio, octubre y noviembre (Figura 6.23).

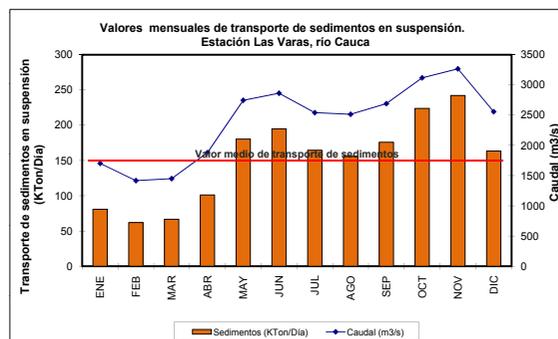


Figura 6.23. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Las Varas-río Cauca (kton/día).

El transporte de sedimentos más alto del año se alcanza en noviembre, con 242,2 kton/día; en enero, febrero, marzo y abril se registran los menores valores, siendo febrero el más bajo del año, con un valor medio de 61,9 kton/día.

6.4.2. Área hidrográfica del Caribe

Con un área aproximada de 13.700 km², la cuenca del río Sinu transcurre de sur a norte desde el Nudo de Paramillo, en el departamento de Antioquia, atraviesa el departamento de Córdoba y va a desembocar en el Caribe colombiano, en Boca de Tinajones.

El transporte anual de sedimentos a la altura de Montería es de 5,7 millones de toneladas/año, lo que representa un volumen anual de 2,15 millones de metros cúbicos (Figura 6.24).

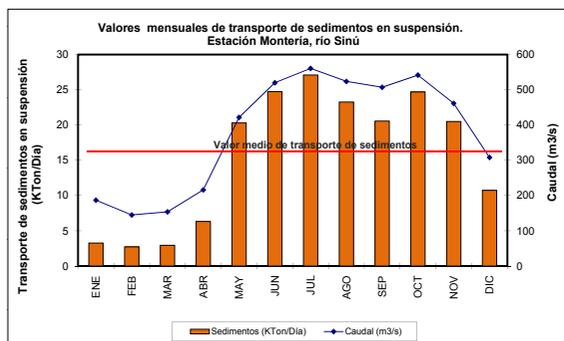


Figura 6.24. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Montería-río Sinú (kton/día).

En la estación Montería, en la parte media de la cuenca, con un área aferente de 74% del total, el transporte de sedimentos medio anual es de 15,6 kton/día, y la distribución mensual muestra valores altos en los meses de mayo a noviembre, siendo julio el más alto, con 21,1 kton/día; y los valores bajos se presentan en los meses de enero a marzo, con 2,7 kton/día en febrero, el mes más bajo del año.

6.4.3. Área hidrográfica del Orinoco

En la cuenca del río Orinoco, el río Meta transporta un promedio anual de 50,5 millones de toneladas, lo que representa un volumen de 19,11 millones de metros cúbicos por año, valores medidos en la estación Aceitico en Puerto Carreño; mientras que sobre el río Guaviare, en la estación Puerto Arturo, municipio de San José del Guaviare, el transporte medio anual de sedimentos es de 26,3 millones de toneladas, equivalentes a cerca de 10 millones de metros cúbicos/año (Tabla 6.13).

6.4.3.1. Zona hidrográfica del río Meta

Los ríos provenientes del piedemonte llanero, el Guatiquía, el Guayuriba y el Humea, en el departamento del Meta, en la parte alta de la cuenca, configuran el río Meta, que cuenta con un área cercana a los 100.000 km².

El río Meta, por su alineamiento recto y trenzado, parece discurrir por una antigua falla, a diferencia de otros ríos llaneros, como el río Apure o el río Vichada, que tienen cursos meándricos. De hecho, el río Meta divide los llanos de Colombia en dos regiones diferentes: la parte occidental de la izquierda es más húmeda, y el río se desborda en la estación lluviosa y recibe los sedimentos de la cordillera andina, relativamente ricos en nutrientes y, por tanto, sus suelos y sus afluentes son también ricos en nutrientes. La parte oriental, de llano alto o altillanura, tiene una larga estación seca, y sus suelos y las aguas superficiales son oligotróficas (pobres en nutrientes); no desagua a través del río Meta, sino a la cuenca del río Orinoco, por el río Vita, el río Tomo, el río Tuparro o el Vichada (www.wikipedia.org).

La estación de Aceitico, localizada en la parte baja de la cuenca, en cercanías del municipio de Puerto

Tabla 6.13. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones cuenca Orinoco.

Estación	Corriente	PERIODO DESDE	PERIODO HASTA	Transporte Medio Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Zona Hidrográfica
				(kilotoneladas/día)	(kilotoneladas/año)	(Mm ³ /año)	
Aceitico	Meta	1991	2007	138,75	50.643,75	19,11	Río Meta
Pto Arturo	Guaviare	1983	2007	72,23	26.363,95	9,95	Río Guaviare
Pte. Lleras Autom.	Meta	1973	2007	38,72	14.132,80	5,33	Río Meta
Paso De La Canoa	Cobugón	1982	2007	5,81	2.120,65	0,80	Río Arauca
Venaga	Chitaga	1982	2007	0,75	273,75	0,10	Río Arauca
Peña De Los Micos	Margua	1982	2005	1,51	551,15	0,21	Río Arauca
Aguaverde	Meta	1991	2003	127,43	46.511,95	17,55	Río Meta
Pto. Texas	Meta	1992	2003	81,77	29.846,05	11,26	Río Meta
Cuayare	Guaviare	1993	2003	76,45	27.904,25	10,53	Río Inírida
Barranco Murcielag	Guaviare	1995	2003	66,47	24.261,55	9,16	Río Guaviare
Pueblo Nuevo	Guaviare	1995	2003	64,83	23.662,95	8,93	Río Guaviare
Raudal Dos	Guayabero	1980	2003	54,67	19.954,55	7,53	Río Guaviare
Mapiripán	Guaviare	1995	2003	52,81	19.275,65	7,27	Río Guaviare
Cejal	Guaviare	1993	2003	52,68	19.228,20	7,26	Río Guaviare
Alcarabán El Autom.	Arauca	2002	2003	41,15	15.019,75	5,67	Río Arauca
Macarena La	Guayabero	1984	2003	35,43	12.931,95	4,88	Río Guaviare
Reventonera La	Upía	1984	2003	15,27	5.573,55	2,10	Río Meta
Caseteja-Delicias	Negro	1980	2003	11,72	4.277,80	1,61	Río Meta
Cable El	Humea	1977	2003	9,12	3.328,80	1,26	Río Meta

Carreño, registra un valor medio mensual de transporte de sedimentos de 138,7 kton/día (Figura 6.25).

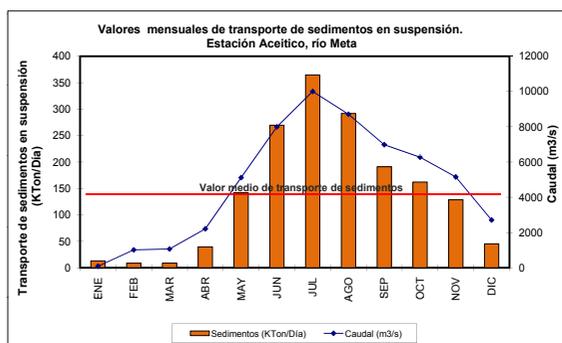


Figura 6.25. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Aceitico-río Meta (kton/día).

La Figura 6.25 muestra la variación multianual mensual de régimen monomodal, con meses húmedos

que van de mayo a noviembre, y un valor alto significativo en el mes de julio, de 364,7 kton/día; mientras que para los meses de diciembre a abril presenta valores muy bajos con respecto al promedio anual multianual, con 8,6 kton/día, como valor más bajo y que corresponde al mes de febrero.

6.4.3.2. Zona hidrográfica del río Arauca

Nace en el páramo del Almorzadero, a 4000 metros de altura sobre el nivel del mar, cerca del Nevado del Cocuy, con el nombre de Chitagá, que recibe las donaciones del río Cáraba y del río Cócota. Tuerce el rumbo hacia el oriente y se robustece con las aguas del Culaga y el Bochaga, y su nombre cambia, llamándose río Margua en un tramo en el que recibe las ofrendas de

los ríos Negro, Colorado y San Lorenzo. Por la margen derecha le llegan el Cubugón y el Cobaría, procedentes de la Sierra Nevada de Chita (www.wikipedia.org/).

Tiene una longitud total de 1050 km, de los cuales 400 km transcurren en territorio colombiano, para desembocar finalmente en el río Orinoco; su área total es de cerca de 11.000 km².

La estación Alcaraván, ubicada en el municipio de Arauquita, que cuenta con un área equivalente al 75% del total; presenta un régimen monomodal, con un valor medio anual multianual en el transporte de sedimentos de 41,5 kton/día, con valores altos en los meses de mayo, junio y julio, mes en el que se registra el valor más alto, con 148,2 kton/día; y valores bajos en los meses de octubre a abril, en los que febrero resulta ser el más bajo, con 0,8 kton/día (Figura 6.26).

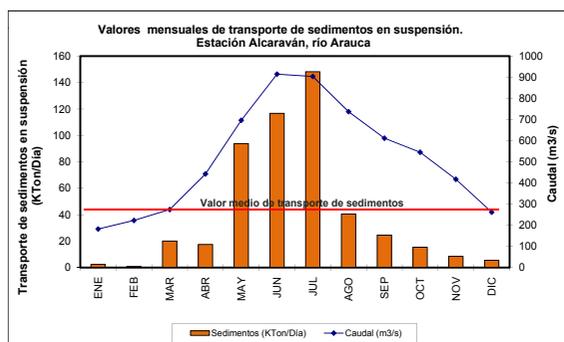


Figura 6.26. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Alcaraván-río Arauca (kton/día).

6.4.4. Área hidrográfica del Pacífico

El río Patía, que confluye en el litoral sur del Pacífico colombiano, aporta un promedio de 24,3 millones de toneladas/año, es decir, cerca de 9 millones de metros cúbicos, mientras que en el río San Juan, en la estación de Tadó (Chocó), este aporte representa cerca de 2,2 millones de toneladas anuales, equivalentes a un volumen de 0,8 millones de metros cúbicos (Tabla 6.14).

6.4.4.1. Zona hidrográfica del río San Juan

Nace en el Cerro de Caramanta, en la cordillera Occidental, y corre por el departamento del Chocó, de nororiente a suroccidente, desemboca en el océano Pacífico, en el Litoral de San Juan, por un delta de 300 km² denominado «Siete Bocas» y situado a unos 60 km al noroeste del puerto de Buenaventura (www.wikipedia.org).

Cuenta con un área total de 15.000 km²; en la parte alta, se encuentra la estación de Tadó, en el municipio del mismo nombre, equivalente al 11% del área total; el transporte de sedimentos en este punto de la cuenca registra un valor medio mensual multianual de 6,2 kton/día (Figura 6.27).

El régimen hidrológico y de sedimentos es bimodal, con valores moderadamente altos en abril y mayo durante el primer semestre; y en octubre, noviembre

Tabla 6.14. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones área hidrográfica del Pacífico.

Estación	Corriente	PERIODO DESDE	PERIODO HASTA	Transporte Medio Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Zona Hidrográfica
				(kilotoneladas/día)	(kilotoneladas/año)	(Mm ³ /año)	
Pte. Pusmeo	Patía	1972	2003	66,48	24265,20	9,16	Río Patía
Tado Automática	San Juan	1986	2007	6,18	2255,70	0,85	Río San Juan

y diciembre, cuando se presentan valores por encima del promedio anual, siendo noviembre el valor más alto del año, con 14,8 kton/día; y valores bajos en los meses de julio, agosto y septiembre, con 2,8 kton/día en agosto, mes en el que se registra el valor más bajo del año.

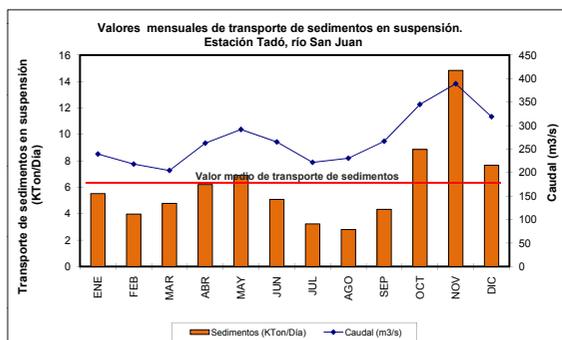


Figura 6.27. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Tadó-río San Juan (kton/día).

6.4.4.2. Zona hidrográfica del río Patía

El Patía es el río más extenso de la vertiente Pacífica de Colombia y de Suramérica, con 400 km de curso; su recorrido lo realiza con dirección sur, en cercanías de la ciudad de Timbío, en el departamento del Cauca, entre las cordilleras Central (donde nace en el Macizo Colombiano) y Occidental, a la cual rompe en la depresión de la Hoz de Minamá, en el departamento de Nariño, para entrar luego en la llanura del Pacífico, en donde recibe su principal afluente, el Telembí (www.wikipedia.org).

Se cuenta con la estación Puente Pusmeo, localizada en el municipio de Cumbitara, con un área equivalente al 55% del total (24.000 km²), con un valor medio mensual de transporte de sedimentos de 66,5 kton/día (*Figura 6.28*).

Su comportamiento hidrológico y de transporte de sedimentos es de régimen monomodal, con meses

húmedos en noviembre y diciembre, cuando se registra el valor más altos de carga de sedimentos en suspensión, con 174,0 kton/día, y valores bajos en los meses de junio a octubre, registrándose el valor más bajo del año en septiembre, con 6,1 kton/día.

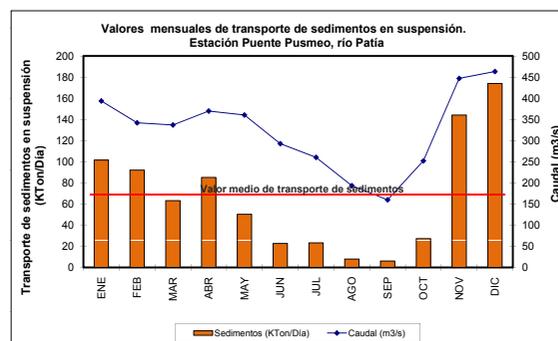


Figura 6.28. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Puente Pusmeo-río Patía (kton/día).

6.4.5. Área hidrográfica del Amazonas

Los ríos Caquetá, Caguán y Putumayo, de la cuenca del río Amazonas, muestran en las estaciones de Larandia, Guayas y Pte. Texas un volumen medio anual de 0,7 millones de metros cúbicos (*Tabla 6.15*).

6.4.5.1. Zona hidrográfica del río Putumayo

Nace en el Nudo de los Pastos, en el municipio de Santiago (Putumayo), y recorre 2000 km hasta su desembocadura en el río Amazonas, de los cuales 1500 km corren por territorio colombiano.

El valor medio mensual de transporte de sedimentos a la altura de la estación de Puente Texas, en el municipio de Puerto Asís, en la cuenca alta, es de 4,7 kton/día.

La variación interanual de la carga de transporte de sedimentos presentada en la *Figura 6.29* muestra un

Tabla 6.15. Transporte medio diario de sedimentos en suspensión, estaciones cuenca Amazonas.

Estación	Corriente	PERIODO DESDE	PERIODO HASTA	Transporte Medio Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Transporte Total Anual Multianual	Zona Hidrográfica
				(kilotoneladas/día)	(kilotoneladas/año)	(Mm ³ /año)	
Larandia	Orteguaza	1985	2007	5,38	1963,70	0,74	Caquetá Alto
Pto. Rico	Guayas	1981	2007	4,81	1755,65	0,66	Río Caguán
Pte. Texas	Putumayo	1983	2007	4,66	1700,90	0,64	Río Putumayo
Itarca	San Pedro	1985	2007	1,4	511,00	0,19	Caquetá Alto

régimen de tipo monomodal, con valores altos en los meses de abril a agosto, siendo junio el mes que registra el valor más alto, con 7,8 kton/día, y valores bajos en los meses de enero a marzo, con 2,7 kton/día en enero, como valor más bajo del año.

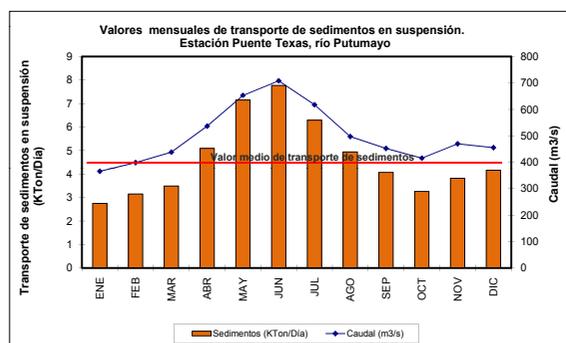


Figura 6.29. Valores medios mensuales de transporte de sedimentos en suspensión en la estación Puente Texas-río Putumayo (kton/día).

6.4.6. Rendimiento medio diario de sedimentos

La magnitud del transporte de sedimentos en suspensión con respecto al área aferente en términos de rendimiento medio diario, para estaciones representativas en ríos de las cinco áreas hidrográficas de Colombia: Magdalena-Cauca, Caribe, Pacífico, Orinoco y Amazonas, se presenta en la *Tabla 6.16*.

Si bien el mayor valor de transporte medio anual se presenta en Calamar, al analizar esta información respecto al área aferente a la estación de medición, se registra como valor más significativo el del río Carare, en Puerto Araujo (Cimitarra-Santander), con un rendimiento de 25,28 kilotoneladas/día-km², valores que se muestran en la *Tabla 6.16*.

Tabla 6.16. Rendimiento medio diario en transporte de sedimentos en suspensión en estaciones de las cinco áreas hidrográficas de Colombia.

Estación	Corriente	Transporte total anual multianual	Rendimiento anual multianual	Área	Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica
		(Kton/año)	(Kton/año-km ²)	(Km ²)		
Incora K-7	Canal del Dique	9.238,15	329,93	28	Magdalena - Cauca	Costa
Pto. Araujo Automat.	Carare	133.984,20	25,28	5.300	Magdalena - Cauca	Medio Magdalena
Pto. Libre	Negro	7.467,90	1,62	4.604	Magdalena - Cauca	Medio Magdalena
Pte. La Hamaca	Qda. Pole	116,80	1,56	75	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Coquera.La-Autom.	Cauca	55.290,20	1,33	41.699	Magdalena - Cauca	Río Cauca
San Miguel	La Miel	2.565,95	1,21	2.121	Magdalena - Cauca	Medio Magdalena
Piedras de Cobre	Saldaña	8.234,40	1,17	7.009	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Apavi	Cauca	45.026,40	1,16	38.807	Magdalena - Cauca	Río Cauca
Jordán El	Chicamocha	11.738,40	1,15	10.197	Magdalena - Cauca	Río Sogamoso
Pto. Valdivia Aut.	Cauca	43.372,95	1,14	37.966	Magdalena - Cauca	Río Cauca
Margento	Cauca	47.628,85	1,12	42.404	Magdalena - Cauca	Bajo Magdalena
Carrasposo	Cabrera	1.752,00	1,07	1.640	Magdalena - Cauca	Alto Magdalena
San Rafael	Lebrija	3.693,80	1,06	3.500	Magdalena - Cauca	Medio Magdalena
Palmalarga	Saldaña	5.960,45	1,05	5.664	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Queso El Hda	Amoya	1.481,90	1,02	1.448	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Flores Las	Cauca	53.790,05	0,95	56.491	Magdalena - Cauca	Bajo Magdalena
Varas Las	Cauca	55.085,80	0,93	59.013	Magdalena - Cauca	Bajo Magdalena
Pte. Pescadero	Cauca	33.747,90	0,93	36.285	Magdalena - Cauca	Río Cauca
Pte. Colache	Saldaña	5.398,35	0,92	5.842	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Pte. Carretera	Guarínó	901,55	0,92	976	Magdalena - Cauca	Medio Magdalena
Cañafisto	Cauca	30.287,70	0,89	33.985	Magdalena - Cauca	Río Cauca
Esperanza La	Mendarco	131,40	0,88	150	Magdalena - Cauca	Río Saldaña
Trescruces	Cauca	48.136,20	0,81	59.615	Magdalena - Cauca	Bajo Magdalena
Montería Autom.	Sinú	5.690,35	0,56	10.153	Caribe	Río Sinú
Cotoca Abajo	Sinú	4.142,75	0,28	14.915	Caribe	Río Sinú
Pto. Barco-Gabarra	Catatumbo	2.193,65	0,42	5.177	Caribe	Río Catatumbo
San Javier-Pte. Zul	Zulia	335,80	0,21	1.593	Caribe	Río Catatumbo
Donjuana La Autom,	Pamplonita	29,20	0,07	423	Caribe	Río Catatumbo
Pte, Pusmeo	Patía	24.265,20	1,84	13.197	Pacifico	Río Patía
Tado Automática	San Juan	2.255,70	1,36	1.661	Pacifico	Río San Juan
Reventonera La	Upía	5.573,55	4,89	1.140	Orinoco	Río Meta
Cable El	Humea	3.328,80	4,12	807	Orinoco	Río Meta
Pte. Lleras Autom.	Meta	14.132,80	1,73	8.170	Orinoco	Río Meta
Caseteja-Delicias	Negro	4.277,80	1,71	2.495	Orinoco	Río Meta
Paso De La Canoa	Cobugón	2.120,65	1,40	1.516	Orinoco	Río Arauca
Macarena La	Guayabero	12.931,95	1,02	12.665	Orinoco	Río Guaviare
Raudal Dos	Guayabero	19.954,55	0,94	21.278	Orinoco	Río Guaviare
Pto. Arturo	Guaviare	26.363,95	0,77	34.162	Orinoco	Río Guaviare
Pto. Texas	Meta	29.846,05	0,74	40.373	Orinoco	Río Meta
Aguaverde	Meta	46.511,95	0,62	74.895	Orinoco	Río Meta
Aceitico	Meta	50.643,75	0,51	100.250	Orinoco	Río Meta
Larandia	Orteguaza	1.963,70	19,25	102	Amazonas	Caquetá Alto
Itarca	San Pedro	511,00	4,91	104	Amazonas	Caquetá Alto
Pto. Rico	Guayas	1.755,65	1,20	1.462	Amazonas	Río Caguán
Pte. Texas	Putumayo	1.700,90	0,50	3.370	Amazonas	Río Putumayo

Sobre la cuenca Caribe, en el río Sinú, el rendimiento diario en Montería es de 0,56 kton/día-km², y en el río Catatumbo, en la estación Pto. Barco-Gabarra, este valor es de 0,42 kton/día-km².

En los ríos San Juan y Patía, que drenan sus aguas al Pacífico, el rendimiento diario es de 1,84 kton/día-km² y 1,36 kton/día-km², respectivamente.

En la cuenca Orinoco, un rendimiento significativo se registra en el río Upía, con 4,89 kton/día- km², en la estación La Reventonera, en el municipio de Sabanalarga (Casanare), y en el río Humea, estación El Cable, localizada en el municipio de Paratebueno (Cundinamarca), con un rendimiento de 4,12 kton/día-km².

CAPÍTULO 7

ALTERACIONES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y DE LA OFERTA HÍDRICA POR VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Inundación Canal del Dique, municipio Santa Lucía-Atlántico. / G. Sopó



Autor
MAURICIO BEDOYA

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 7

ALTERACIONES DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y DE LA OFERTA HÍDRICA POR VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Establecer la frontera entre los conceptos *variabilidad climática* y *cambio climático* es especialmente difícil en regiones en las que se presenta una fuerte influencia de la primera en las condiciones corrientes del clima (OMM, 2009).¹ Se entiende por *cambio climático* la modificación a largo plazo de las condiciones meteorológicas medias a escala del planeta; estas condiciones pueden tener variaciones en múltiples escalas temporales (días, meses, años, etc.) y espaciales (regional o local), y pueden representar una amenaza natural, como inundaciones, sequías, olas de frío o de calor, tormentas, etcétera.²

Muchos países se han centrado en estudiar los impactos sobre posibles cambios futuros en las precipitaciones y temperaturas como consecuencia del cambio global, y una de las conclusiones se refiere a la importancia de vincular lo que sucede en la actualidad con la gestión del agua, en términos de su déficit y/o exceso, debido a la variabilidad climática natural. Es posible que, en algunas regiones, los problemas relativos fundamentalmente a la variabilidad climática dominen sobre los relacionados con el cambio climático durante un período considerable de tiempo.³ Este podría ser el caso de Colombia, en donde el efecto de la variabilidad climática natural hoy en

día suscita enormes riesgos a los sectores sociales y económicos, debido a la intensidad de los eventos que se vienen presentando.

En el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, se analizan las alteraciones por variabilidad climática a partir del fenómeno ENSO (El Niño/Southern Oscillation), determinado por sus dos fases: El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), dada la importancia que los efectos de este fenómeno tiene en los eventos hidrológicos extremos (sequías e inundaciones) y en la oferta hídrica del país. Asimismo, se analizan los efectos del cambio climático sobre la escorrentía media anual en las principales zonas hidrológicas, bajo predicciones de modelos regionales de clima sobre el territorio colombiano.

7.1. Variabilidad climática y el recurso hídrico en Colombia

El fenómeno ENSO es uno de los forzantes con mayor influencia sobre la variabilidad interanual del clima y del recurso hídrico en Colombia. Una gran porción del territorio es sensible a sus efectos de disminución o aumento de la oferta y de amenaza de eventos, como inundaciones y sequías. En el presente estudio, se lograron estimar anomalías promedio de caudales debidas al ENSO, sobre estaciones hidrológicas

1 Organización Meteorológica Mundial (2009). Tercera conferencia mundial sobre el clima.

2 *Ibidem*.

3 *Ibidem*.

distribuidas en el territorio nacional, operadas por el Ideam, en las temporadas de mayor efecto del fenómeno. Asimismo, se cuantificó el nivel de afectación del evento de El Niño 2009-2010 sobre los niveles de los principales ríos del país. Este análisis permite inferir las zonas hidrológicas sensibles al fenómeno y tener una medida relativa de la afectación con respecto a condiciones promedio; además, proporciona señales para que las entidades nacionales, regionales y locales de Colombia formulen políticas y estrategias de gestión y adaptación acordes con esta variabilidad climática, orientadas a lograr la sostenibilidad del recurso agua en épocas críticas. Igualmente, para épocas húmedas influidas por La Niña, es de gran importancia resaltar los riesgos relacionados con avenidas torrenciales, inundaciones y deslizamientos en poblados y vías del país. En el documento, también se presentan resultados relacionados con el impacto de La Niña sobre los niveles de ríos en Colombia en el año 2010. Los pronósticos generados por el Instituto son herramientas de alerta de gran valor para las estrategias de gestión del recurso hídrico, y de atención a riesgos y desastres.

7.1.1. El fenómeno ENSO: El Niño y La Niña

El fenómeno de El Niño consiste en un calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico tropical oriental, localizado entre la costa de América del Sur y la línea de fecha internacional⁴ (línea de 180°, Figura 7.1), que persiste en promedio durante doce meses, con una recurrencia de 2 a 7 años. Esta anomalía oceanográfica de calentamientos sistemáticos está vinculada a cambios en las condiciones atmosféricas a

escala casi mundial. La intensidad del fenómeno depende, en gran medida, de la magnitud de las anomalías océano-atmósfera y del área cubierta por estas sobre el Pacífico tropical. El efecto climático depende de la época del año en que se presente el fenómeno. Generalmente, el mayor impacto tiene lugar entre diciembre y abril, debido a que en el Pacífico ecuatorial las temperaturas superficiales son más cálidas en esta época del año. En consecuencia, un ligero calentamiento de las aguas debido a El Niño puede resultar en una importante redistribución de las precipitaciones convectivas tropicales⁵.

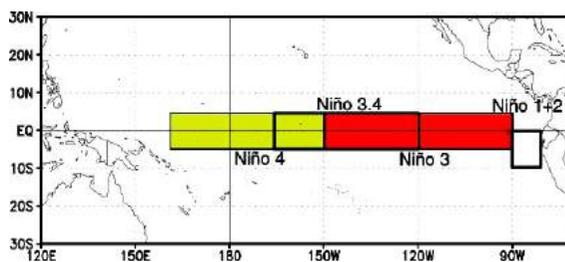


Figura 7.1. Regiones de desarrollo y monitoreo del fenómeno El Niño sobre el océano Pacífico tropical.

(Fuente: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml).

En condiciones normales, la superficie del mar en la zona oeste del Pacífico tropical siempre es caliente (alrededor de 29 °C), la presión atmosférica es baja, y las precipitaciones, frecuentes e intensas (Figura 7.2). Mientras en el extremo opuesto del Pacífico, unos 15.000 kilómetros al este, cerca de América del Sur, el agua es relativamente fría (21 °C a 26 °C), la presión atmosférica es alta y hay poca lluvia. En el Pacífico ecuatorial oriental, persisten aguas superficiales más frías durante todo el año, siendo más pronunciadas en verano y en otoño en el hemisferio norte, desde

4 Zona de monitoreo de temperaturas superficiales del océano Pacífico, dividida en cuatro regiones: Niño 1 (80°-90°W y 5°-10°S), Niño 2 (80°-90°W y 0°-5°S), Niño 3 (90°-150°W y 5°N-5°S) y Niño 4 (150°-160°E y 5°N-5°S).

5 Consultado en el sitio web de la **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**, en http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml

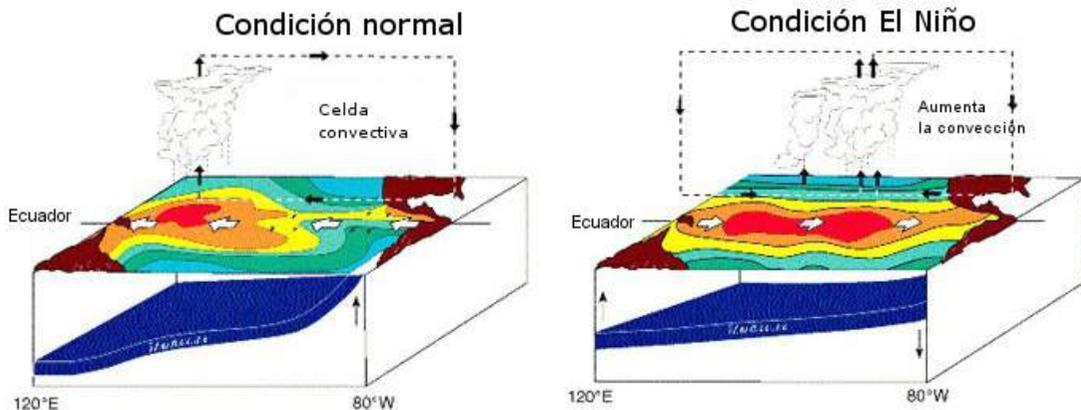


Figura 7.2. Representación de las condiciones en el océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad sobre la región de desarrollo del ENSO.

(Fuente: http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_niño.php).

julio hasta noviembre. La marcada diferencia de Este a Oeste en la temperatura del océano Pacífico está asociada con lo que se conoce como *Celda de Walker*⁶.

Sin embargo, cuando se presenta El Niño, las aguas cálidas de Asia, al final de la zona del Pacífico tropical, comienzan a dispersarse hacia el Este; y acompañando a estos cambios de temperatura, las regiones de baja presión y lluvias torrenciales también migran hacia el Este. En consecuencia, la zona central y la oriental del Pacífico se calientan y se tornan más lluviosas, mientras que en el extremo occidental del Pacífico las condiciones son más secas y frescas. El término *La Niña* se usa para designar a la oscilación de la temperatura del océano tropical en el sentido opuesto. Las características de *La Niña* son más frías que las condiciones normales en el Pacífico oriental, y más húmedas y más cálidas que las condiciones normales en el Pacífico en la zona oeste.

En resumen, el fenómeno con sus dos fases es conocido como El Niño/Oscilación del Sur⁷ y se refiere a un cambio de temperatura, nivel del mar y presión entre las zonas occidental y suroriental del océano Pacífico. Esta oscilación afecta variables climáticas a escala mundial; por ejemplo, se ha relacionado al ENSO con precipitaciones y temperaturas extremas en África, América, Australia y en algunas partes de Asia. Se ha asociado a epidemias, a variaciones en los rendimientos de los cultivos, perturbaciones de los ecosistemas, a incendios forestales y a hambrunas, entre otros.⁸

En Colombia, el fenómeno se manifiesta en forma directa sobre la Costa Pacífica colombiana, con aumentos de las temperaturas superficiales y del nivel del mar que impactan los ambientes marinos costeros de la zona. A nivel climático, El Niño tiene influencia sobre todo el territorio nacional, principalmente sobre la temperatura del aire y los patrones de precipitación, y presenta variables, como cantidad de nubosidad, radiación y brillo solar. El Niño y La Niña también perturbaban los caudales de los ríos, la humedad del

6 Corresponde a una celda de circulación atmosférica que se desarrolla sobre el Pacífico ecuatorial y que está caracterizada por un flujo hacia el Oeste en superficie (vientos alisios), ascenso en el Pacífico ecuatorial occidental, flujo hacia el Este en niveles altos de la tropósfera, y descenso (subsistencia) distribuido en toda la zona ecuatorial al Este de la región de ascenso.

7 ENSO, sigla en inglés: El Niño/Southern Oscillation.

8 Consultado en el sitio web de la US Global Change Research Information Office (GCRI), en http://www.gcric.org/CONSEQUENCES/vol5no2/article_2.html

suelo y la actividad vegetal en Colombia (Poveda et ál., 2001; Poveda et ál., 2010). Los impactos ecológicos abarcan consideraciones sobre los ecosistemas marinos y costeros del Pacífico colombiano, la estructura vegetación-suelo y los ecosistemas terrestres (por incendios, y por déficits y excesos hídricos). A nivel socioeconómico, tiene efectos sobre el sector agropecuario, la pesca, el transporte, la hidroenergía, el abastecimiento de agua para consumo humano, la salud, la navegación fluvial; sobre riesgos y desastres naturales; y sobre la población y asentamientos humanos (Ideam, 2002).

7.1.2. Índices macroclimáticos relacionados con el ENSO

7.1.2.1. Generalidades

Una clasificación de años para El Niño, La Niña y Normal se hace, por lo general, con el uso de diferentes índices océano-atmosféricos implementados por agencias climáticas, como la NOAA⁹, para realizar la evaluación de anomalías sobre registros hidroclimáticos, como series de lluvias, caudales y niveles mensuales. Poveda (2002)¹⁰ encontró correlaciones simultáneas y rezagadas representativas entre estos índices y los caudales agregados a nivel trimestral, que se interpretan como la validez estadística de la conexión entre el fenómeno ENSO y la hidrología colombiana. Los valores de correlación simultánea son altos durante el trimestre diciembre-enero-febrero, lo que indica una alta influencia del fenómeno en esta época. Los resultados no fueron tan representativos

en la zona oriental del país y fueron mayores con un trimestre de rezago, lo que muestra que el impacto de El Niño es menos intenso en esta zona y que su efecto es menos inmediato.

Los índices evaluados en este estudio son:

1. **ONI** (*Oceanic Niño Index*):¹¹ definido como la media móvil de tres meses de las anomalías en la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4.
2. **MEI** (*Multivariate Enso Index*):¹² basado en seis variables observadas sobre el Pacífico tropical: presión (P), componentes de la superficie del viento zonal (U) y meridional (V), temperatura superficial del mar (S), temperatura superficial del aire (A) y fracción de nubosidad total del cielo (C).
3. **SOI** (*Southern Oscillation Index*):¹³ medida de las fluctuaciones en la presión del aire que se producen entre las regiones occidental y oriental del Pacífico tropical, durante episodios de El Niño y La Niña.

En resumen, los índices señalados evalúan las diferentes anomalías en el océano Pacífico ecuatorial, para realizar el monitoreo y alertar sobre el desarrollo de alguna de las fases del fenómeno ENSO. El objetivo de evaluar estos índices es hallar una separación clara de años según su clasificación ENSO (El Niño, La Niña y Normal) y valorar la intensidad de los diferentes eventos.

9 National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce (NOAA). Sitio web <http://www.noaa.gov>.

10 El documento se puede descargar de http://shadow.eas.gatech.edu/~choyos/Papers/Hoyos/PeerReviewedColombianJournals/Hoyos2002_ColombiaMacroClima_MetCol_man.pdf.

11 Mayores detalles en el sitio web de NOAA, en: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.

12 Mayores detalles en el sitio web de NOAA, en: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/>.

13 Mayores detalles en el sitio web de NOAA, en: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>.

Tabla 7.1. Consenso para clasificación de diferentes fases del ENSO según índices ONI, MEI y SOI.

El Niño			La Niña			Normal o NO ENSO 1	
Débil	Moderado	Fuerte	Débil	Moderado	Fuerte		
1963-64	1951-52	1965-66	1954-55	1950-51	1955-56	1952-53	1953-54
1968-69	1957-58	1972-73	1956-57	1970-71	1973-74	1958-59	1959-60,
1969-70	1977-78	1982-83	1962-63	1998-99	1975-76	1960-61	1961-62
1976-77	1987-88	1991-92	1964-65	2000-01	1988-89	1966-67	1978-79
1986-87	1994-95	1997-98	1967-68	2007-08	2010-11	1979-80	1980-81
1992-93	2002-03	1971-72				1981-82	1983-84
2004-05	2009-10	1974-75				1985-86	1989-90
2006-07	1984-85					1990-91	1993-94
1995-96						1996-97	2001-02
1999-00						2003-04	2005-06
2008-09							

7.1.2.2. Consenso de los diferentes índices para clasificación según intensidad de las fases del ENSO

Considerando el año hidrológico¹⁴ como el comprendido entre el comienzo de junio de determinado año (Año 0) hasta el fin de mayo del siguiente (Año 1), se realizó un consenso según los índices evaluados para llegar a una clasificación de las fases del fenómeno ENSO para cada uno de los años entre 1950 y 2010. Los resultados finales se presentan en la *Tabla 7.1*.

Obsérvese que los años clasificados como El Niño en los cuales los índices están de acuerdo sobre la intensidad fuerte del fenómeno son 1965-66, 1972-73, 1982-83, 1991-92 y 1997-1998. A pesar de que el ONI califica al evento 2009-2010 como fuerte según el estándar utilizado, el MEI y el SOI lo determinan como de intensidad

moderada, por lo que, en conjunto, se determina que la intensidad del fenómeno fue moderada.

7.1.3. El ENSO y la hidroclimatología colombiana

El ENSO (El Niño y La Niña) afecta el clima del territorio nacional y tiene efectos, en particular, sobre la magnitud y los componentes del ciclo hidrológico: precipitación, escorrentía, humedad del suelo y actividad vegetal (Ideam, 2002; Poveda et ál., 2001). Asimismo, la duración y magnitud de los eventos hidrológicos extremos en las cuencas del país se ve fuertemente influida por las fases del ENSO. Los eventos de El Niño, desarrollados durante 1991-1992, 1997-1998 y en 2009-2010, están presentes por sus impactos sobre el funcionamiento normal de diversos sectores (sociales y económicos) del país, que dependen del recurso hídrico. La estimación de la oferta hídrica durante un fenómeno de El Niño está afectada por el déficit en la magnitud del ciclo anual de lluvias y el aumento consistente de las temperaturas. Por el contrario,

14 El año hidrológico no coincide necesariamente con el año sidéreo, es decir, el periodo que convencionalmente transcurre entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de un mismo año. El año hidrológico se establece para intentar reflejar adecuadamente el comportamiento de las precipitaciones y variables climáticas sobre una determinada zona hidrográfica (Poveda et ál., 2001).

durante La Niña, la oferta se ve aumentada por excesos hidrológicos. En las siguientes secciones, se ilustra este concepto claramente.

7.1.3.1 Ciclos anuales promedio de caudal para años El Niño, La Niña y normal

El fenómeno ENSO, en sus diferentes fases (El Niño y La Niña), influye de forma diferente sobre la dinámica climática según las etapas de su desarrollo. Sobre la zona de mayor influencia en Colombia, es decir, la zona occidental y central, es típicamente más intenso en los trimestres septiembre-octubre-noviembre (SON) y diciembre-enero-febrero (DEF). Para representar los ciclos de caudal en las fases El Niño y La Niña a lo largo de un año promedio, se tomaron las series de caudales mensuales procesadas durante el desarrollo del ENA-2010 y se asociaron con el análisis de los índices macroclimáticos relacionados con el fenómeno. De esta manera, se extrajeron tres muestras para el cálculo del ciclo anual promedio en cada fase del ENSO: El Niño (EN), La Niña (LN) y Normal (N), correspondientes a los periodos señalados en la *Tabla 7.1*. El resultado en estaciones representativas dentro las zonas de Catatumbo, Orinoquía, Medio Magdalena, Zona Caribe, Cauca y Alto Magdalena están referidas en la *Figura 7.3*.

El Niño (línea en rojo) tiene influencia en los caudales de los ríos analizados, especialmente en el trimestre diciembre-enero-febrero con respecto a los otros trimestres del año. Para esta época, las disminuciones pueden ser mayores del 20% con respecto a caudales promedio en años catalogados como normales en todas las zonas analizadas, a excepción de la estación ubicada en la zona de la Orinoquía (*Figura 7.3*, ciclo C), en donde las anomalías son menos severas, confirmando que los efectos de El Niño tienen mayor representatividad e inmediatez sobre el Occidente que sobre el Oriente del país (Poveda et ál., 2010). En

general, los registros de estaciones localizadas en la Orinoquía presentan este comportamiento, con reducciones que oscilan entre 5% y 15%.

Asimismo, sobre la cuenca del río Cauca se presentan anomalías significativas, como las representadas para el río San Juan (departamento de Antioquia), en límites con la zona hidrológica del Pacífico en la *Figura 7.3*, ciclo F. Obsérvese la magnitud de las reducciones para el trimestre DEF que alcanzan el orden de 29% con respecto a años normales, mientras que para La Niña los aumentos alcanzan el 40% para los meses de agosto y septiembre.

7.1.3.2. Análisis de anomalías promedio sobre caudales para eventos de El Niño en el trimestre diciembre-enero-febrero

Con base en el análisis anterior y usando la información de los mismos registros, se calculó la anomalía en caudales para los meses en promedio de años El Niño (EN) con respecto a años Normales, de la siguiente manera para cada mes del ciclo anual promedio:

$$\text{Anomalía Caudales EN}_{\text{mes } i} = \left(\frac{Q_{\text{medio El Niño mes } i} - Q_{\text{medio Normal mes } i}}{Q_{\text{medio Normal mes } i}} \right) * 100$$

Posteriormente, se estimó y se cartografió el promedio de estas anomalías para los meses diciembre-enero-febrero, dado que la reducción en caudales para este trimestre asociada a eventos de El Niño resulta ser más representativa con respecto a la estimada para el resto de trimestres. En esta época, se presentan las condiciones más secas en gran porción del territorio y, al coincidir con el desarrollo de El Niño, se potencian las afectaciones sobre el recurso hídrico. En la *Figura 7.4*, los colores se vinculan con el valor de la anomalía en el trimestre DEF para 180 estaciones hidrológicas, con información validada estadísticamente en la que se estimó este valor.

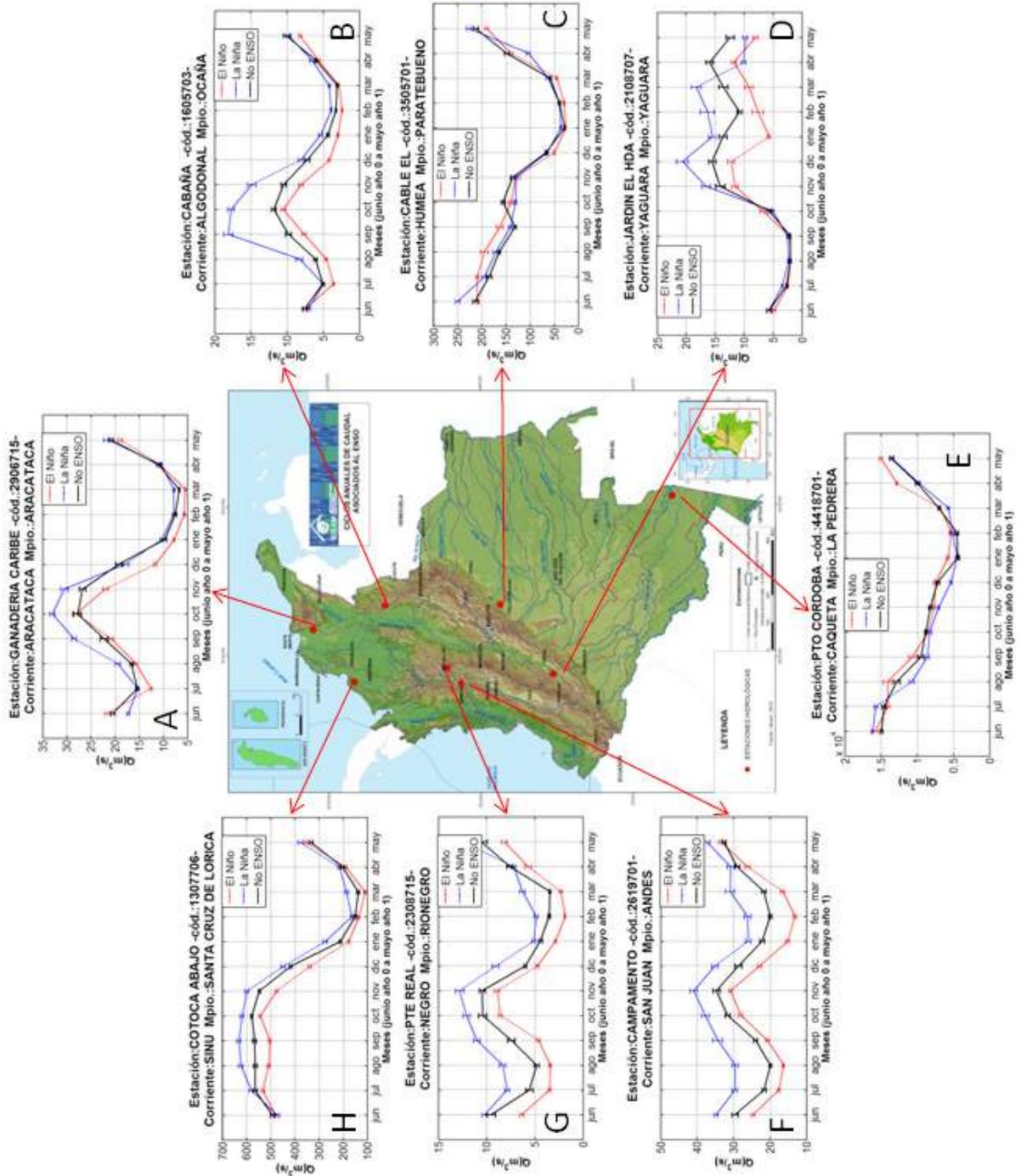


Figura 7.3. Ciclos anuales promedio para El Niño (en rojo), La Niña (en azul) y Normal (en negro) para estaciones representativas, por regiones hidrológicas: A. Bajo Magdalena, río Aracataca; B. Zona Catatumbo, río Algodonal; C. Orinoquía, río Humea; D. Alto Magdalena, río Yaguara; E. Amazonía, río Caquetá; F. Zona del Cauca, río San Juan; G. Zona Medio Magdalena, río Negro; H. Zona Sinú, río Sinú. En el encabezado de cada gráfica se presenta el código y municipio de ubicación. Las barras de error representan el error estándar sobre la estimación del promedio mensual.

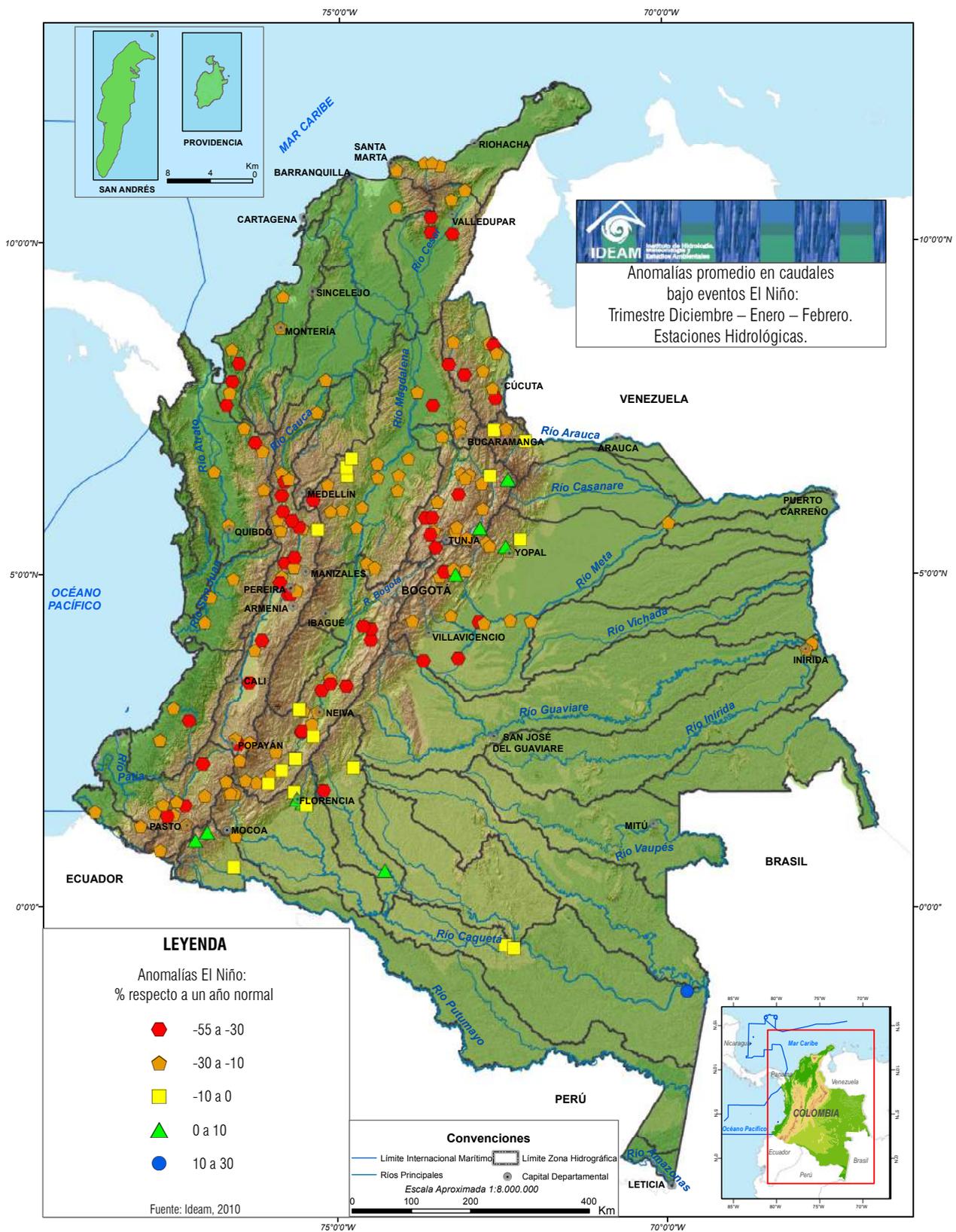


Figura 7.4. Anomalías en caudales para el trimestre DEF debidas al efecto de El Niño sobre 180 estaciones de la red hidrológica del Ideam en el país (periodo 1974-2008).

En rojo, se representan disminuciones entre 30% y 50% con respecto al promedio del trimestre de caudales de años Normal o No ENSO (condición más crítica); en amarillo, disminuciones entre 10% y 30%; en verde claro, disminuciones entre 0% y 10%; y en azul, al contrario, se esquematizan incrementos entre 0% y 10%.

Los resultados permiten inferir que El Niño tiene efectos sobre la hidrología colombiana, con reducciones significativas (hasta del 40%) en la oferta del trimestre DEF para algunas zonas del país, uno de los más secos en promedio sobre el territorio. Según este análisis, en la zona del Pacífico las disminuciones son del 20% para ríos como el Atrato y el San Juan. A partir de los registros en estaciones sobre la zona del Patía, se estimaron disminuciones del 40% con respecto a años normales. Para los ríos León, Carepa, Grande y Mulatos, en el Urabá antioqueño, se presentan anomalías entre el 30% y el 40%.

Asimismo, sobre la cuenca del río Cauca, las disminuciones son significativas y los valores críticos van desde el río Palacé, en el alto Cauca, con reducciones de 23%, pasando por el río Tuluá con 33%, hasta la estación La Coquera sobre el bajo Cauca, donde las anomalías promedio son del 26%. También, en promedio para eventos de El Niño, son críticas las condiciones en la zona del Cesar, sobre las estaciones operadas por el Ideam en los ríos Ariguaní, Jobo y Mariangola, donde se estiman reducciones entre 18% y 46%. Igualmente, sobre las estaciones analizadas en la Sierra Nevada de Santa Marta, las reducciones están entre 10% y 30%.

En la zona del Catatumbo, la condición es similar; para el río Pamplonita, las anomalías son del 30%. Sobre la cuenca del río Sogamoso, el impacto de El Niño sobre los caudales en el trimestre DEF causa reducciones hasta del 30%, como en el río Suárez,

sobre los registros de la estación Puente Nacional. En estaciones ubicadas sobre el río Sumapaz, en la zona hidrológica del Alto Magdalena, las disminuciones son coherentes y tienden hacia el 40% con respecto al promedio de años normales. Sobre el río Cabrera, en esta misma zona, las reducciones son del 34%. En las estaciones del Alto Magdalena, en la ladera oriental, las disminuciones en corrientes como Guarapas y el mismo río Magdalena están entre 0% y 10%; lo mismo sucede sobre la zona de la Orinoquía, donde los impactos sobre la oferta media no son tan representativos en este trimestre como lo son en la zona Andina.

En resumen, se puede afirmar que el área hidrológica Magdalena-Cauca presenta las mayores disminuciones por efecto de eventos de El Niño; se estima una reducción promedio de 26%, con respecto a los años clasificados como Normal, sobre las 94 estaciones analizadas en esta área. En especial, la cuenca del Cauca presenta reducciones importantes en los caudales a la altura de la cuenca media, con una reducción promedio de 38% para el trimestre DEF en 18 estaciones hidrológicas operadas por el Ideam en la región. Igualmente, la hidrología de la zona del Pacífico y del Caribe es sensible a los efectos de El Niño.

7.1.3.3. Análisis de anomalías promedio sobre caudales para eventos de La Niña en el trimestre septiembre-octubre-noviembre

Igualmente, se estimó la anomalía en promedio para cada mes debida a efectos de La Niña (LN) bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Anomalía Caudales } LN_{mes i} = \left(\frac{Q_{medio \text{ La Niña } mes i} - Q_{medio \text{ Normal } mes i}}{Q_{medio \text{ Normal } mes i}} \right) * 100$$

Se siguió el mismo procedimiento desarrollado en el análisis de anomalías en caudales debidas a El Niño, promediando, en este caso, sobre el trimestre septiembre-octubre-noviembre, debido a que para esta época el modo húmedo en precipitación influye en el desarrollo de caudales altos en la zona Andina, Caribe y Pacífica del país, que son potenciados por el efecto de La Niña. Impactos de la misma magnitud están asociados al trimestre marzo-abril-mayo, también de carácter húmedo. Los resultados sobre las 180 estaciones analizadas se presentan en la *Figura 7.5*.

En rojo, se representan aumentos mayores del 60% en el trimestre septiembre-octubre-noviembre (SON) con respecto al promedio del trimestre de caudales de años Normal o No ENSO. Estas serían las estaciones que representan la condición más crítica; en amarillo, aumentos entre 40% y 60%; en verde claro, aumentos entre el 20% y el 40%; en azul claro, entre 0% y 20%. En azul oscuro, se esquematizan las condiciones de no cambio o posibles disminuciones, aunque en ningún caso sobrepasaron el 10%.

Según este análisis, la Orinoquía es la menos afectada en este trimestre bajo el efecto de La Niña. La mayor sensibilidad al fenómeno en esta zona se observa en las estaciones hidrológicas ubicadas en el piedemonte, sobre todo las que se encuentran en la parte alta de la cuenca del río Meta. En las estaciones ubicadas en las áreas hidrológicas Magdalena-Cauca, Caribe y Pacífico, se registran las mayores afectaciones. Específicamente, se observan aumentos que superan el 60%, con respecto al promedio, sobre la cuenca media del río Cauca. Tal es el caso del río Chinchiná, a los 800 msnm, en donde los aumentos para este trimestre debidos al efecto de La Niña alcanzan el 68% con respecto al promedio de caudales de años normales. De modo coherente, en el río Risaralda, a los 920 msnm, los aumentos en promedio se estiman en 58%. Obsérvese en el mapa que

los puntos en rojo (aumentos mayores al 60%) y naranja están concentrados en esta zona del Cauca.

De la misma manera, los aumentos son considerables en la zona del Medio Magdalena y en el río Sumapaz, que registra ser altamente sensible (aumentos del 20 al 40%) al fenómeno en las diferentes estaciones hidrológicas ubicadas en la cuenca. La zona del Catatumbo presenta también importantes aumentos en las estaciones en las que el Ideam realiza monitoreo en la actualidad. Por ejemplo, sobre el río Algodonal (municipio de Ocaña), a la altura de la estación Cabaña (1220 msnm), se estimaron aumentos promedio de 58% con respecto a años normales para el trimestre SON. Para el río Patía, en estaciones a los 2920 msnm y 700 msnm, se evidenció un aumento considerable del caudal, que alcanzó valores hasta del 60% en ambas alturas. Por último, en las estaciones sobre la zona del Alto Magdalena se observaron aumentos hasta del 20%, valores que no son tan representativos con relación a lo que sucede en el resto de la cuenca, posiblemente debidos a la influencia climática que la zona amazónica tiene sobre la zona oriental del Alto Magdalena.

En resumen, se encontraron aumentos promedio significativos en el trimestre SON con respecto al promedio de años catalogados como normales en las 180 estaciones hidrológicas de análisis para este estudio. Los aumentos son considerables sobre la cuenca del río Cauca, río Patía, río Sumapaz y del río Sogamoso. Asimismo, las zonas hidrológicas del Caribe, Catatumbo y Medio Magdalena resultan ser altamente sensibles durante este trimestre a eventos de La Niña. El significado de estas anomalías promedio resume la posible ocurrencia de fenómenos extremos asociados a altos caudales, por lo que se llama la atención sobre estos resultados para que sean incorporados en la planificación y gestión del riesgo asociado a este tipo de eventos en Colombia.

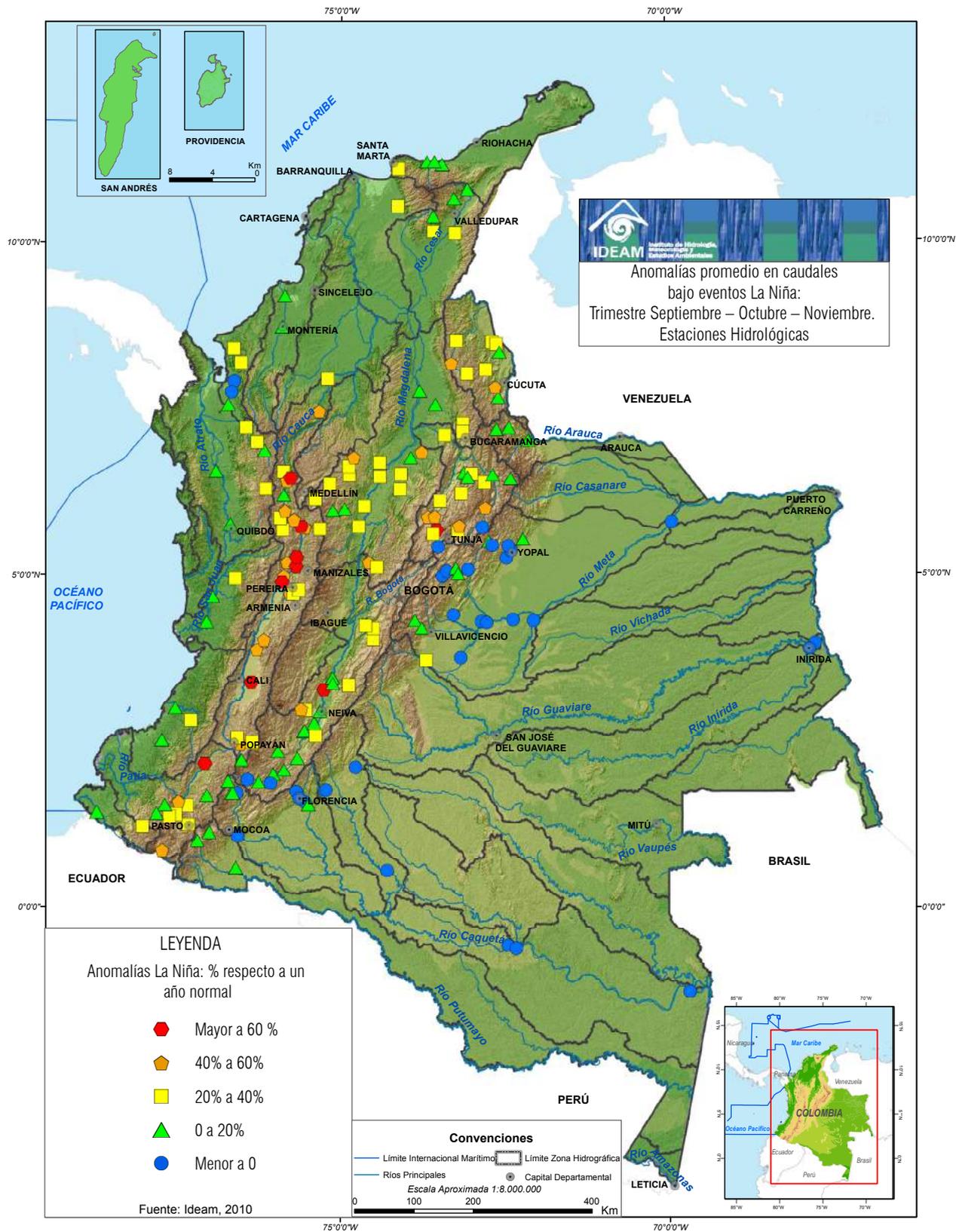


Figura 7.5. Anomalías en caudales para el trimestre septiembre-octubre-noviembre debidas al efecto de La Niña sobre 180 estaciones de la red hidrológica de Ideam en el país (periodo 1974-2008).

7.1.4. Impactos sobre los niveles de los principales ríos de Colombia durante el evento de El Niño 2009-2010

Durante el año hidrológico 2009-2010 se presentó un evento de El Niño, que afectó de manera significativa la dinámica climática promedio del país y generó condiciones secas extremas en algunas regiones. Con el objetivo de estimar los impactos sobre el recurso hídrico debidos a la ocurrencia de este fenómeno, se utilizaron los registros de niveles diarios durante el período 2009-2010 (promediados a escala mensual), en estaciones hidrológicas automáticas operadas por el Ideam sobre las principales cuencas del país: Magdalena, Cauca y Orinoquía, y se contrastaron con relación a niveles promedio mensuales multianuales, medios, mínimos y máximos, calculados para un período mínimo de 20 años.

7.1.4.1. Datos y aspectos metodológicos

La información con la que se realizó este análisis proviene de estaciones hidrológicas automáticas operadas por el Ideam, que registraron valores de nivel para el periodo que va de enero de 2009 a agosto de 2010, y de las series históricas recolectada por el Ideam en las mismas estaciones para extraer promedios mensuales multianuales, de niveles máximos, medios y mínimos.

Como paso inicial, se agregó toda la información que se encontraba a escala diaria disponible desde enero del 2009 hasta agosto del 2010, en promedios mensuales. Se usó el criterio de estimar estos valores para aquellos meses con más de 20 días de registro para todas las estaciones analizadas. Posteriormente, se superpusieron estos datos con los valores promedio máximos, medios y mínimos mensuales, y se graficaron a nivel espacial para evaluar las tendencias de

esta variable en cuencas representativas del país. El tipo de gráfico obtenido se muestra en la Figura 7.6. Los niveles máximos mensuales multianuales son representados con azul; los niveles medios mensuales multianuales, con verde; los mínimos mensuales multianuales, con rojo; y los niveles promedio mensuales desde junio de 2009 hasta mayo de 2010 se representan en color negro.

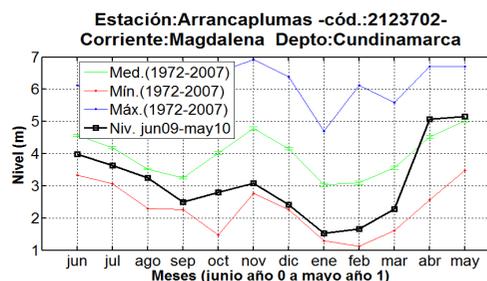


Figura 7.6. Esquema comparativo de niveles promedio máximo (en azul), niveles medio (en verde) y niveles mínimo (en rojo) con relación a niveles promedio mensuales, en el periodo que comprende desde inicios de junio de 2009 hasta finales de 2010 (en negro).

La construcción de estos gráficos permitió espacializar la comparación del comportamiento de los niveles de los ríos afectados por El Niño 2009-2010 con respecto a los ciclos promedio, para estimar diferencias entre ambos e identificar la coherencia de la afectación a nivel regional. Asimismo, se busca contrastar el comportamiento de los niveles 2009-2010 con respecto a niveles medios mensuales mínimos para evaluar qué tan intensa fue la caída de los niveles con relación a las condiciones secas históricas promedio, presentadas en los ríos del análisis.

7.1.4.2. Impacto en los niveles de los ríos por El Niño 2009-2010

La comparación de los niveles promedio mensuales multianuales máximos, medios y mínimos versus los niveles promedio mensuales, desde junio del 2009 hasta mayo del 2010, sobre estaciones en el río

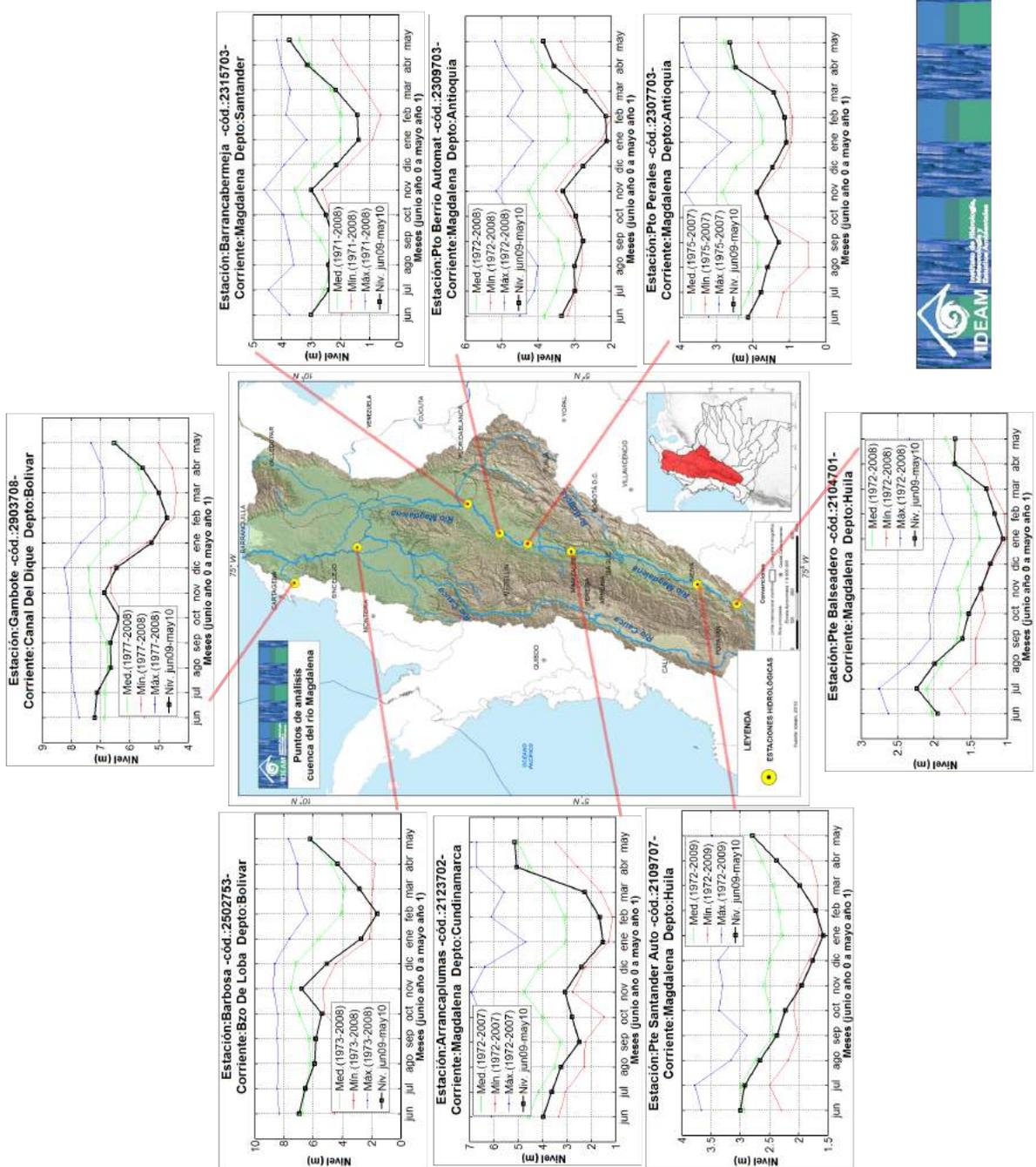


Figura 7.7. Ciclo anual de niveles máximos (en azul), medios (en verde) y mínimos (en rojo) con respecto a caudales mensuales promedio en el año 2009-2010, para estaciones sobre la cuenca del río Magdalena.

Magdalena se encuentran en la Figura 7.7. En general, el ciclo promedio anual en esta cuenca tiene un carácter bimodal, con máximos en los meses de abril-mayo y

octubre-noviembre. Los niveles mínimos se presentan en los meses de enero-febrero-marzo, durante el primer semestre del año; y en los meses de junio-julio, para el



segundo semestre; esto se debe, principalmente, al doble paso de la Zona de Convergencia Intertropical sobre el territorio colombiano.

Sobre la cuenca del río Magdalena, en el trimestre comprendido entre diciembre del 2009 y febrero del 2010, se registraron los valores de nivel más críticos,

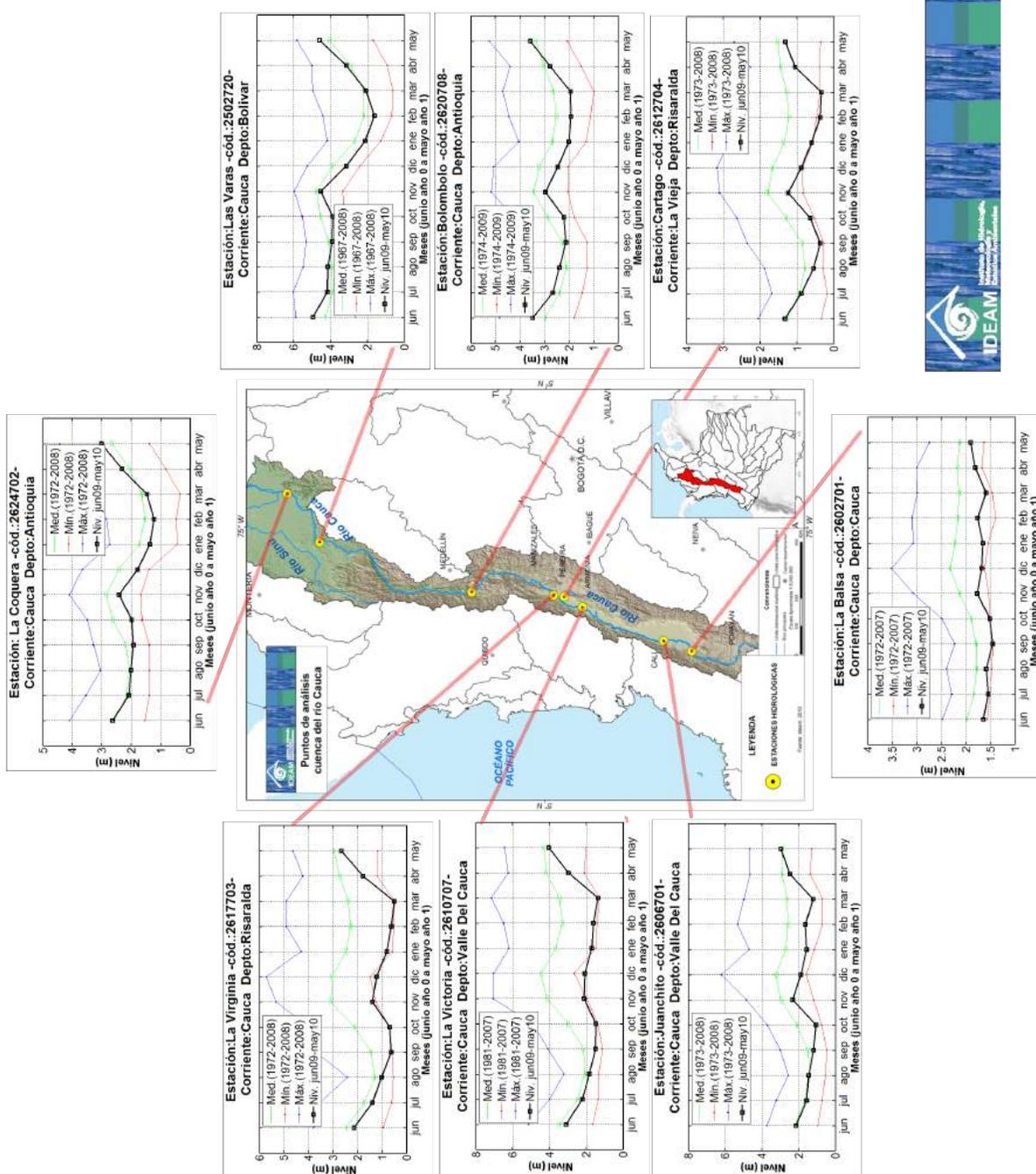


Figura 7.8. Ciclo anual de niveles máximos (en azul), medios (en verde) y mínimos (en rojo) respecto a caudales mensuales promedio en el año 2009-2010, para estaciones sobre la cuenca del río Cauca.

que alcanzaron reducciones hasta del 50% con relación al promedio en las estaciones de Arrancaplumas (municipio de Guaduas) y Barbosa en el municipio de Magangué; y, en general, presentaron valores promedios mensuales al mismo nivel de los mínimos promedio multianuales, en estaciones hidrológicas como Puerto Santander y Puente Balseadero (municipio El Agrado), en el Alto Magdalena. En el mes de enero de 2010, se estimó una reducción media en niveles de $-36\% \pm 3\%$ para las estaciones utilizadas. El mes de enero de 2010 fue el más crítico para los niveles en la cuenca como consecuencia de El Niño y la temporada seca promedio dentro del ciclo anual.

A lo largo de la cuenca del río Magdalena, se observa un comportamiento generalizado y coherente de los registros en el período de evaluación (2009-2010). En los meses de julio y agosto de 2009, la transición hacia el evento de El Niño comenzó a percibirse en los niveles. Asimismo, para los meses de marzo-abril de 2010, los niveles en la cuenca comenzaron a incrementarse hacia los promedios multianuales, dándose finalización al evento y su influencia en los niveles de los principales ríos de Colombia.

En la cuenca del río Cauca, al igual que en la del Magdalena, el ciclo promedio anual es de carácter bimodal, con niveles máximos en abril-mayo y octubre-noviembre. El comportamiento de los niveles 2009-2010 presenta las mismas particularidades exhibidas sobre el río Magdalena: disminuciones de niveles debidas al efecto de El Niño en el trimestre DEF, con reducciones medias en niveles del 33% (Figura 7.8). El segundo modo del ciclo anual de niveles en 2009 se debilitó fuertemente con respecto al promedio. Por ello, a partir del mes de octubre de 2009, los niveles registrados exhibieron la misma magnitud que los niveles mínimos promedio multianuales y, en algunas estaciones, estuvieron por debajo, como en el caso de las estaciones Juanchito y la Balsa en los

municipios de Candelaria y Buenos Aires respectivamente (Figura 7.8).

Se puede afirmar que el comportamiento de los niveles de las estaciones en el río Cauca es coherente y regionalizado durante el intervalo analizado. Gráficamente se observa, en la forma de la curva de niveles mensuales 2009-2010, la tendencia decreciente desde junio del 2009 respecto a niveles promedio y el ligero aumento para los meses octubre-noviembre; la caída de los niveles para el trimestre DEF y la tendencia creciente de los niveles a la altura del promedio a partir del mes de marzo de 2010. Obsérvese que el área incluida entre la curva en verde (niveles medios) y la curva en negro (niveles registrados en el 2009-2010) representa la magnitud de la reducción durante el periodo de análisis y que, en efecto, los meses de inicio y final son junio del 2009 y mayo del 2010, respectivamente (año hidrológico). Estas anomalías son más significativas para estaciones como las de La Virginia, La Victoria y Cartago, sobre el Medio Cauca, respecto a las estaciones ubicadas en el Bajo Cauca. Las reducciones en los niveles sobre la cuenca del río Cauca fueron las más intensas con relación a las demás áreas evaluadas.

7.1.4.3. Efectos de El Niño 2009-2010 sobre los niveles de los ríos colombianos, en relación con eventos anteriores

A partir del ejercicio desarrollado en la sección 7.1.2.2 para diferenciar los eventos de El Niño de acuerdo a sus intensidades, con base en índices macroclimáticos (Tabla 7.1), se superpusieron las curvas de niveles medios mensuales para el evento 2009-2010 (en rojo) con los eventos catalogados como fuertes: 1982-1983 (en verde), 1991-1992 (en negro) y 1997-1998 (en azul). Los eventos se graficaron por año hidrológico, desde inicios de junio del año 0 hasta finales de mayo del año 1, para representar de una

manera más adecuada la época de desarrollo del fenómeno y visualizar impactos en épocas críticas (trimestre DEF).

Para las estaciones Puente Balseadero y Puente Santander (Alto Magdalena), Puerto Berrío (Medio Magdalena) y Calamar (Bajo Magdalena), los niveles 2009-2010 para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (los más críticos) presentan valores muy cercanos a los del periodo 1997-1998 (Figura 7.9).

En las estaciones Puerto Berrío y Puente Santander, los niveles 2009-2010 incluso fueron más bajos comparados con los presentados durante El Niño 1997-1998 para los meses nov.-dic.-ene.-feb., y alcanzaron mínimos históricos. Este comportamiento es particular, dado que se esperaba que, al ser un fenómeno de

menor intensidad, debería tener un menor efecto sobre esta variable. En general, los efectos de los eventos 1982-1983 y 1991-1992 fueron menos pronunciados respecto a los eventos 1997-1998 y 2009-2010.

En la cuenca del río Cauca, los resultados son coherentes con el comportamiento en el río Magdalena. Los niveles alcanzaron mínimos históricos para las estaciones La Victoria y Virginia, sobre el río Cauca, para el mes de diciembre de 2009. En el río La Vieja, estación Cartago, las condiciones son más críticas que las del 1997-1998, para los meses de diciembre a marzo. Sobre el río Cauca, al nivel de la estación Las Varas (departamento de Bolívar), el impacto sobre los niveles del evento 1997-1998 fue mayor que en el 2009-2010; los niveles no presentaron condiciones tan críticas recientemente (Figura 7.10).

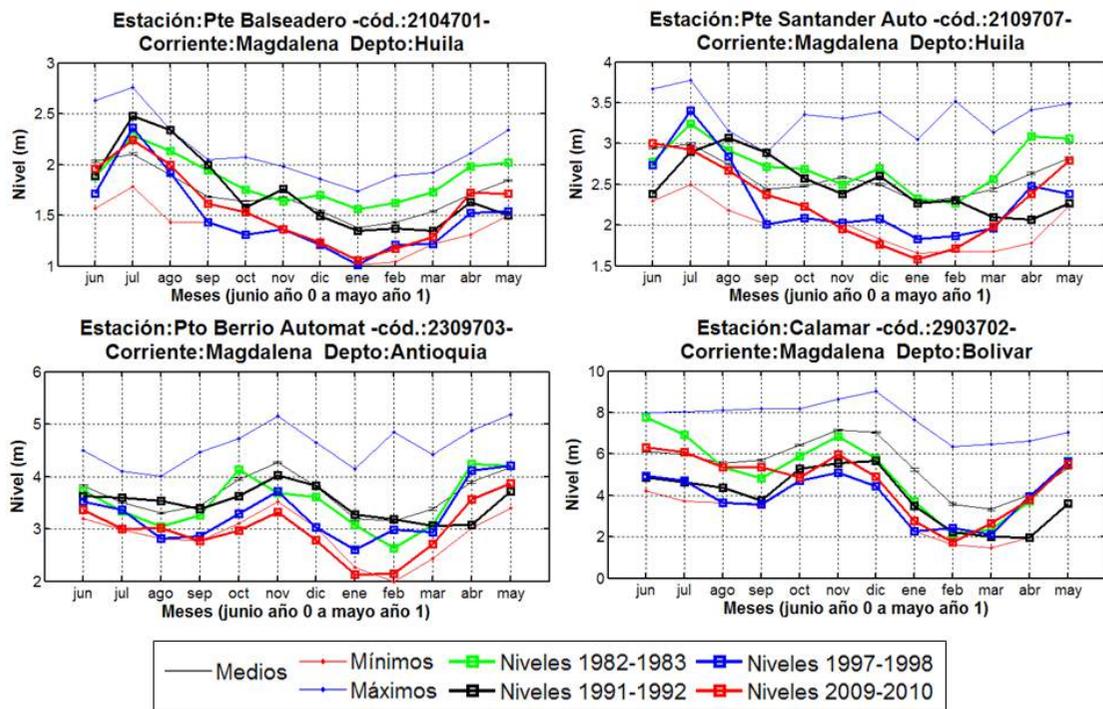


Figura 7.9. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-1983, 1991-1992, 1997-1998 y 2009-2010, en estaciones sobre el río Magdalena.

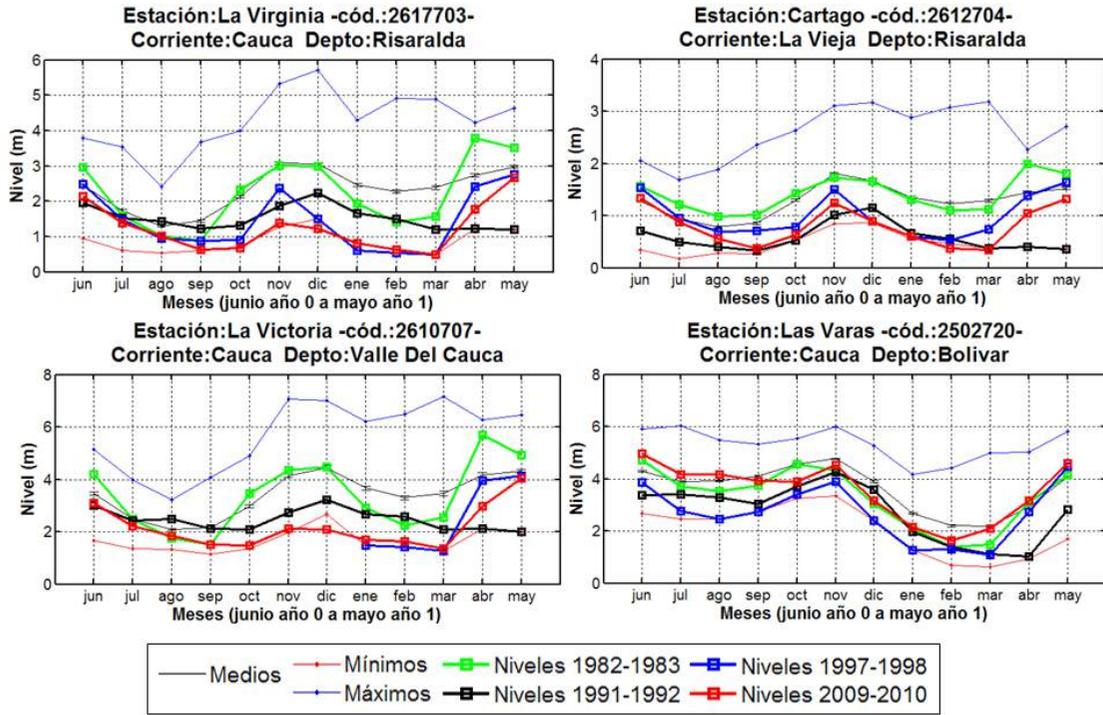


Figura 7.10. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-1983, 1991-1992, 1997-1998 y 2009-2010 en estaciones sobre el río Cauca.

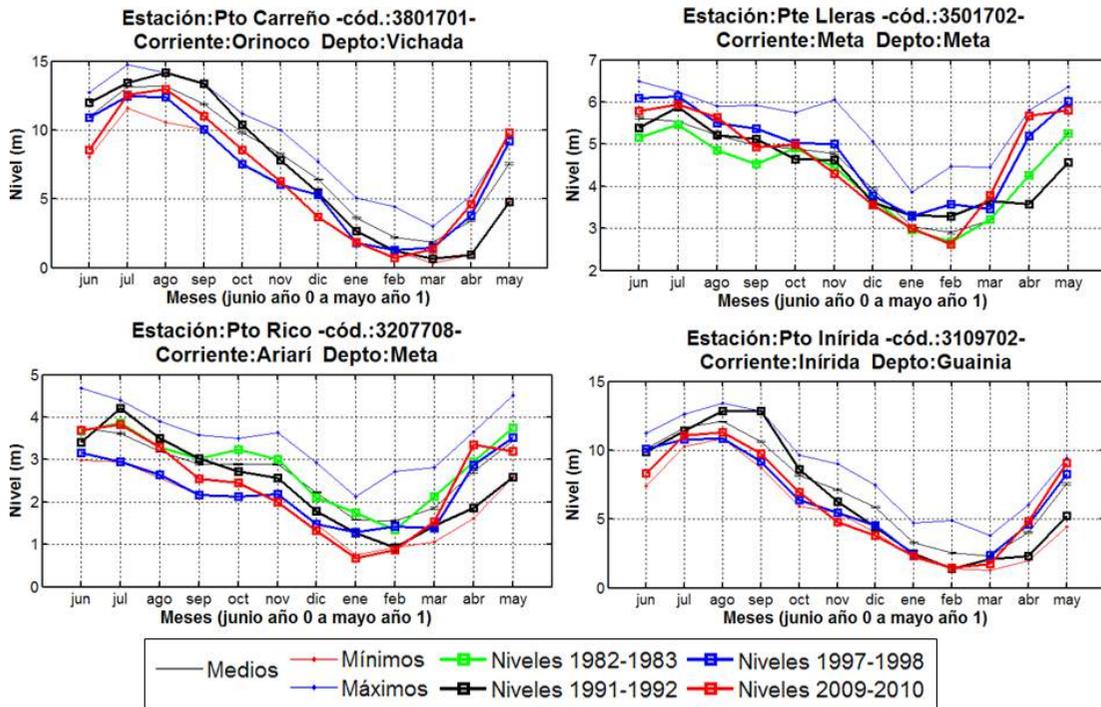


Figura 7.11. Comparación de niveles mensuales promedio para los eventos 1982-1983, 1991-1992, 1997-1998 y 2009-2010 en estaciones sobre el Orinoco.

Para la cuenca de la Orinoquía, los niveles en 2009-2010 son más críticos respecto a los registrados en los eventos anteriores para las estaciones analizadas (Figura 7.11).

Sobre la red de medición del río Meta, en las estaciones Puerto Rico y Puente Lleras, los niveles alcanzaron mínimos significativos para el trimestre diciembre-enero-febrero. Según la información hidrológica analizada, el impacto del evento 2009-2010 sobre la zona Orinoquía fue considerable con relación a otros eventos.

7.1.5. Impactos del evento de La Niña 2010 sobre los niveles de los principales ríos de Colombia

Según el Ministerio del Interior,¹⁵ debido a la influencia de La Niña sobre el clima y los excesos de precipitación asociados, el balance aproximado de los impactos, para finales del año 2010 en Colombia, fue de 267 heridos, 62 desaparecidos, 2.155.386 personas afectadas, 3.173 viviendas destruidas y 310.351 viviendas dañadas. Asimismo, se registró que las regiones en peor situación eran Bolívar, Magdalena, Atlántico, La Guajira, Córdoba, Sucre y Cesar, en el norte; Chocó y Antioquia, en el noroeste; y Valle del Cauca, en el oeste del país.

Dentro del Estudio Nacional del Agua 2010 se realizó una aproximación a los impactos del evento de La Niña durante el año 2010: se estimaron registros de niveles mensuales durante el período enero-noviembre 2010 (simbolizados en línea negra) y se contrastaron con niveles promedios mensuales multianuales medios (línea en verde), mínimos (línea en

rojo) y máximos (línea en azul). Es importante anotar que las oscilaciones climáticas durante el año 2010 resultaron ser severas sobre las zonas del país con mayor influencia del fenómeno ENSO (Andina, Pacífica, Caribe), lo que dinamizó los niveles desde los más mínimos hasta los más altos registrados históricamente en algunos puntos de medición, como en el caso de los registros en la estación hidrológica Cartago sobre el río La Vieja, en la zona del río Cauca. Obsérvese que durante el trascurso del año 2010 se presentó una rápida transición entre un evento de El Niño y un evento de La Niña.

El comportamiento de los niveles sobre la cuenca del río Magdalena durante el año 2010 está reflejado en la Figura 7.12 para las estaciones Puente Balseadero, Puente Santander, Arrancaplumas, Puerto Perales, Puerto Berrío, Barrancabermeja, Barbosa y Gambote, a lo largo del Alto, Medio y Bajo Magdalena. A partir de allí, se generaliza la condición seca para el mes de enero del 2010 (niveles cercanos a los mínimos representados en rojo), relacionada con el impacto del fenómeno de El Niño que presentaba su máximo desarrollo para esta época. Para los meses de febrero y marzo, los niveles registrados en los diferentes puntos en la cuenca transitaron hacia la condición promedio (línea verde) hasta junio, mes a partir del cual se dispararon de manera significativa hacia los máximos (línea en azul), especialmente en las estaciones localizadas en el Medio y Bajo Magdalena, en donde se percibieron los mayores aumentos registrados en los niveles (estaciones Barrancabermeja, Gambote y Barbosa sobre los departamentos de Santander y Bolívar). Mientras tanto, en el Alto Magdalena, sobre estaciones como Puente Balseadero, representativa del río Magdalena en esta zona, el aumento de los niveles no fue tan pronunciado y estos se mantuvieron alrededor de los medios (línea verde), debido a la influencia del régimen climático del piedemonte amazónico. El aumento adquirió significancia a partir de octubre de

15 Consultado en enero de 2011 en la página web del Ministerio del Interior y de Justicia: <http://www.mij.gov.co>.

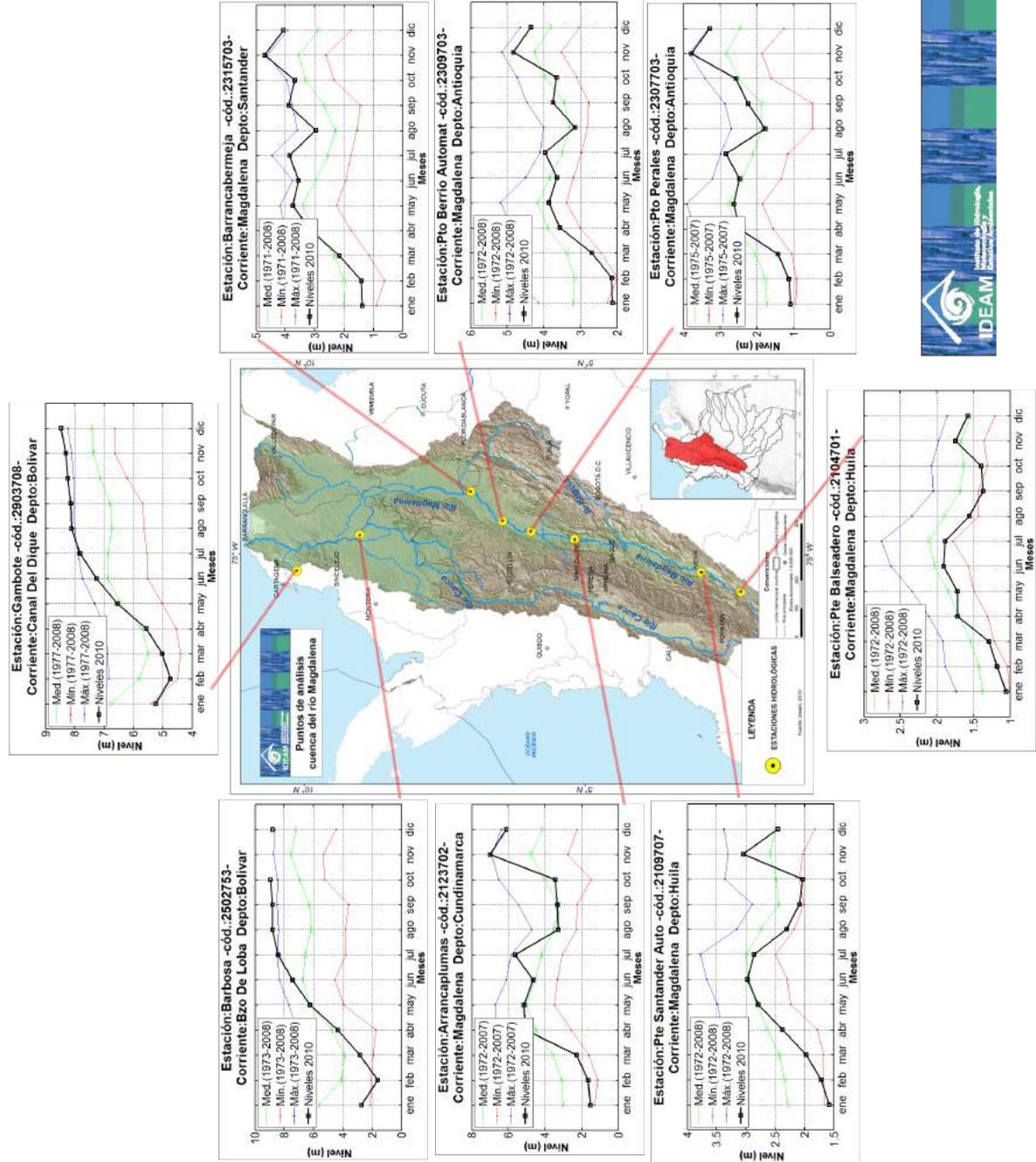


Figura 7.12. Ciclo anual de niveles máximos (en azul), medios (en verde) y mínimos (en rojo), respecto a caudales mensuales promedio en el año 2010 para estaciones sobre la cuenca del río Magdalena.

Santander y Bolívar. El comportamiento exacerbado de los niveles en la zona del Bajo Magdalena podría estar asociado al exceso de escorrentía generado en

las partes alta y media de la cuenca que transitó hasta esta zona y que sobrepasó sus límites de amortiguación, la que posiblemente se ha visto disminuida por

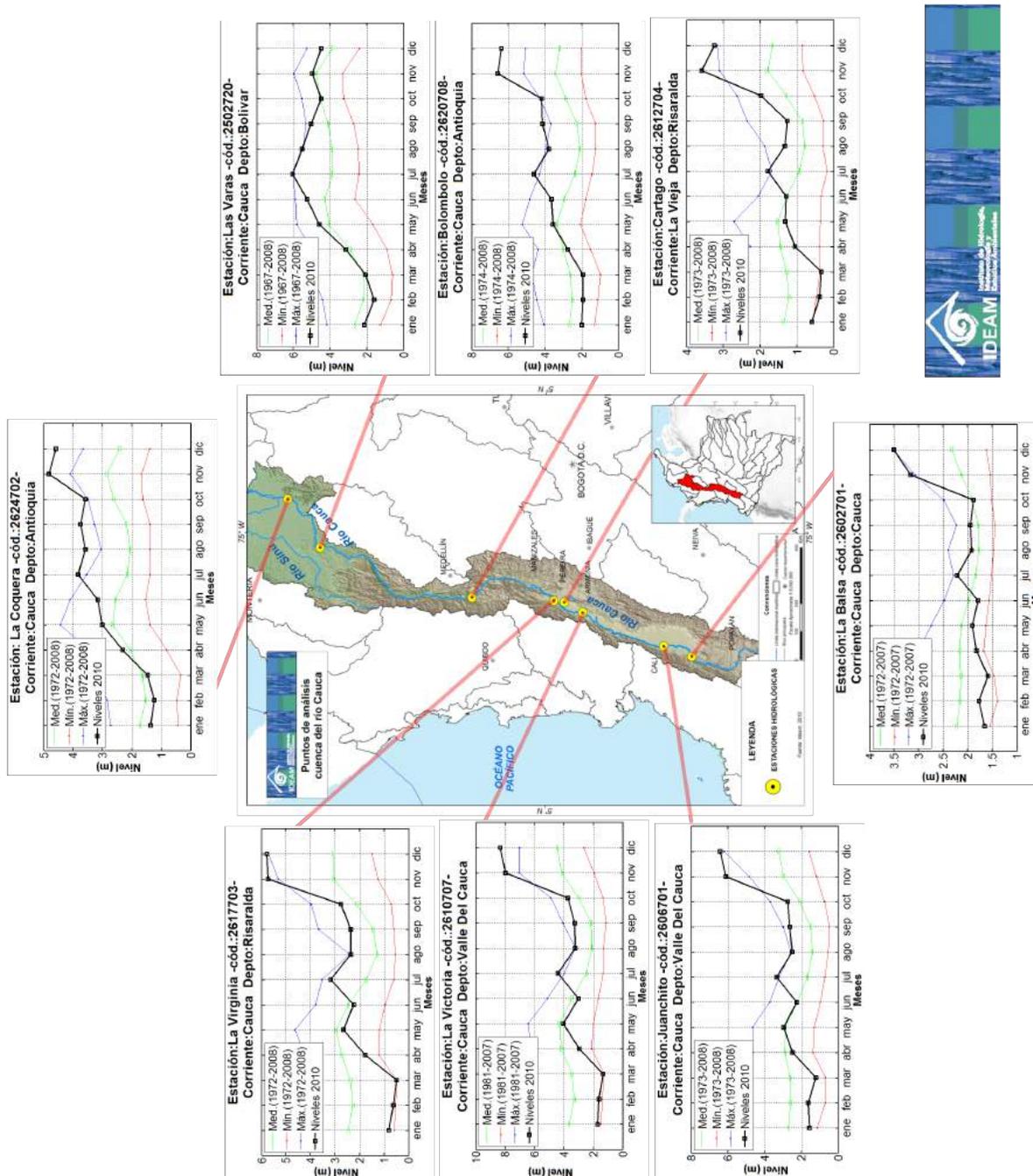


Figura 7.13. Ciclo anual de niveles máximos (en azul), medios (en verde) y mínimos (en rojo), respecto a caudales mensuales promedio en el año 2010 para estaciones sobre la cuenca del río Cauca.

procesos de colmatación¹⁶ de los suelos en los cuales las aguas de exceso solían infiltrarse con mayor facilidad en el pasado. De igual manera, los efectos locales de aumento de precipitación en la zona baja de la cuenca aportan a la saturación del suelo: factor sinérgico para provocar inundaciones, ya que se calcula que las intensidades de las lluvias que se presentaron durante el evento húmedo podrían alcanzar períodos de retorno de entre 40 y 80 años.

Para la cuenca del río Cauca, se presenta un gráfico similar en la *Figura 7.13*, para las estaciones La Balsa, Juanchito, La Victoria, Cartago (sobre el río La Vieja), La Virginia, Bolombolo, La Coquera y Las Varas, sobre el Alto, Medio y Bajo Cauca. Al igual que en la cuenca del Magdalena, según los registros de las estaciones hidrológicas, la condición seca persistió en los meses de enero, febrero y marzo; a partir de allí, se inicia la transición, alcanzando niveles promedio en el mes de junio (es decir, alrededor de la línea verde). Es coherente en los registros de las estaciones un aumento significativo de los niveles en el mes de julio, cercano a los niveles máximos (línea en azul), y un posterior descenso temporal leve, que mantuvo los niveles entre medios y máximos (zona entre línea verde y azul), excepto para las estaciones La Coquera, Las Varas y Bolombolo, ubicadas en el Medio y Bajo Cauca, en donde los niveles oscilaron alrededor de la línea de máximos.

En general, los niveles respondieron en forma brusca al alto aporte de precipitación presentado durante el mes de noviembre y estuvieron por encima de los máximos promedio históricos. Gráficamente, se observa en la fuerte pendiente de la línea en negro, correspondiente a los niveles en el año 2010, entre

los puntos que unen los niveles de octubre y noviembre para todas las estaciones, excepto para la estación Las Varas, en la que el efecto de la Ciénaga La Raya y de los rompederos que desaguan hacia la zona de La Mojana amortiguan el aumento de niveles aguas arriba de dicho punto y, por ende, de sus registros.

Igualmente, vale la pena resaltar la alta variabilidad que registraron en general los niveles a lo largo del año 2010 en las estaciones de análisis: para enero, los niveles se encontraban en valores iguales o por debajo de los mínimos promedio multianuales, mientras que para noviembre, alcanzaron valores iguales o por encima de los máximos promedio multianuales, lo que constituye un hecho bastante particular, dada la baja probabilidad histórica que existe de este suceso.

7.2. Vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el cambio climático

“Los problemas relacionados con el agua desempeñan un papel crucial en el conjunto de las vulnerabilidades regionales y sectoriales clave. Por ello, la relación entre el cambio climático y los recursos hídricos suscita una preocupación y un interés de primer orden” (Bates et ál., 2008: 210). Bajo esta premisa, en el ENA se analiza el impacto sobre el recurso hídrico ante los efectos del cambio climático en el territorio nacional, en las principales zonas hidrológicas del país.¹⁷ Se busca establecer una relación entre los escenarios generados por el Ideam para variables meteorológicas bajo escenarios de cambio climático y los balances hídricos en diferentes unidades hidrológicas.

Análisis previos han sido realizados por el Ideam (2001). Las diferencias en el presente análisis con

¹⁶ Se dice que un suelo está colmatado cuando su permeabilidad original se ha reducido sustancialmente a causa del progresivo entupimiento de los poros existentes entre sus partículas, con materiales finos transportados en suspensión por el agua que se va infiltrando, en las etapas iniciales del proceso.

¹⁷ Zonificación hidrográfica establecida por Ideam (2009).

respecto a este estudio radican en la base climática de análisis prospectivo que se usó y los modelos hidrológicos implementados. Los procedimientos científicos que aportan al análisis del cambio climático están en constante desarrollo, buscando una mejor representación de los impactos a nivel espacial y temporal, al mismo tiempo que se reduce la incertidumbre. Los escenarios implementados para el ENA corresponden a las premisas y productos del Cuarto Informe de Evaluación de IPCC (AR4)¹⁸ consignado en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático ante Naciones Unidas (Ideam, 2010), y sustentado en el trabajo realizado por Ruiz (Ideam-Ruiz, 2010).¹⁹

7.2.1. Los recursos hídricos en el contexto del cambio climático

Se espera que el cambio global y la variabilidad climática afecten la magnitud y los ritmos de la escorrentía superficial y la humedad del suelo (IPCC, 2007). Las implicaciones de este hecho son importantes para el balance hidrológico y los recursos hídricos, así como para el futuro manejo y planificación ambiental. Las estimaciones cuantitativas de los efectos del cambio climático son esenciales para entender y resolver los problemas potenciales del recurso hídrico que podrían ocurrir en el futuro (Guo y Ying, 1997).

Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que

18 AR4 (*Fourth assessment report*, en español,). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Véase en www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.

19 Se recomienda la lectura de estos documentos para la contextualización sobre modelos de circulación global, modelos de circulación regional, escenarios y resultados. Documentos descargables de <http://www.cambioclimatico.gov.co/publicaciones.html>.

los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar afectados de manera grave por el cambio climático, con muy diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas (Bates et ál. 2008). En la *Figura 7.14* se representa el cambio respecto a la escorrentía anual para el período 2090-2099, en comparación con el período 1980-1999 sobre los continentes. Los valores representan la mediana de doce modelos climáticos basados en el escenario A1B, un modelo más bien optimista. Las áreas en las que los modelos coinciden y difieren, respectivamente, en el signo del cambio se denotan mediante áreas punteadas y de color blanco: se observa la amplitud de las áreas en que el signo del cambio es incierto.

Según este reporte, para Colombia los modelos de circulación global apuntan a una reducción fuerte en la escorrentía en la zona Caribe (40% menos que la actual), posibles aumentos de la escorrentía para la zona Pacífico y una alta incertidumbre en los impactos sobre la zona Andina, Orinoquía y Amazonía (zona en blanco), donde más del 66% de los modelos de circulación global no concuerdan en el signo de cambio.

7.2.2. Dinamizantes de la oferta hídrica y cambios futuros

En el contexto de los cambios futuros referidos a la disponibilidad y demanda de agua por efecto del cambio climático, debe tenerse en cuenta que los principales dinamizantes climáticos que establecen la disponibilidad de agua son: la precipitación, la temperatura y la evaporación (determinada por la radiación neta en la superficie del terreno, la humedad atmosférica, la velocidad del viento y la temperatura). El análisis de estas variables bajo el efecto del cambio climático revela que la escorrentía anual total a escala mundial, se manifestaría en un aumento en algunas

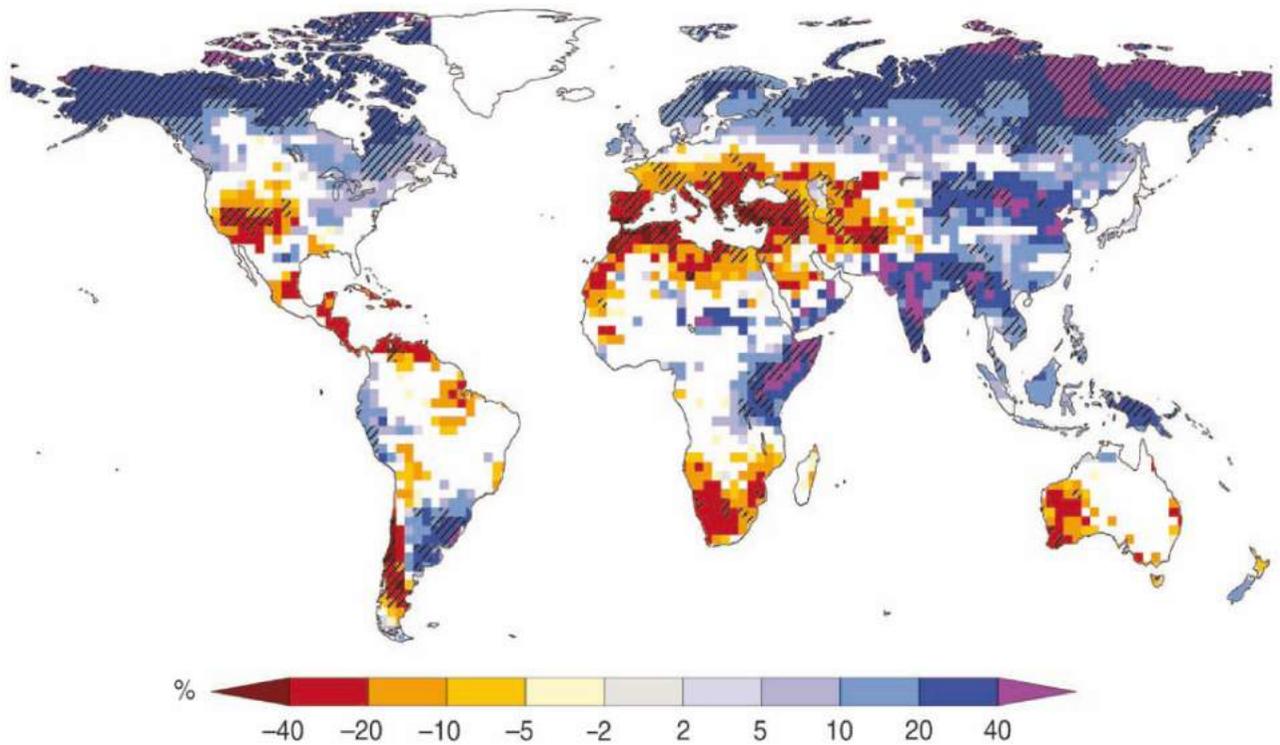


Figura 7.14. Cambios relativos en gran escala de la escorrentía anual para el periodo 2090-2099 respecto de 1980-1999. Las áreas en blanco indican que menos de un 66% del agregado de 12 modelos concuerdan en el signo del cambio, y las áreas en trama sombreada indican que más de un 90% de los modelos concuerdan en el signo del cambio (Milly et ál., 2005, en Bates et ál., 2008).

regiones, en particular, en latitudes superiores; y en otras, en una disminución, por ejemplo, en partes del África occidental, sur de Europa y sur de América Latina (Bates et ál., 2008).

Asimismo, son numerosos los factores no climáticos que influyen tanto en la cantidad como en la calidad de los recursos hídricos a escala mundial (UN, 2003, citado en Bates et ál., 2008): los cambios de uso del suelo, la construcción y operación de embalses, la contaminación y el tratamiento de aguas de desecho, entre otras. Es así como la gestión del agua a nivel nacional e internacional influye en forma directa sobre la vulnerabilidad de los sistemas hídricos, particularmente, al cambio climático. Por ello, la gestión integral del recurso hídrico debe ser un tema preponderante en todo el mundo (UN, 2002; World Bank, 2004a; y World

Water Council, 2006, citados en Bates et ál., 2008; «[...] con ello el agua, como recurso y como ecosistema, sería el centro de atención de los responsables de políticas» (Bates et ál., 2008).

7.2.3. Incertidumbre en los impactos del cambio climático sobre el recurso hídrico

Las incertidumbres relacionadas con los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos se derivan, principalmente, de la incertidumbre existente respecto a los aportes de precipitación; y, en menor medida, de las incertidumbres con relación a las emisiones de gases de efecto invernadero, o respecto a

las sensibilidades climáticas o a la sensibilidad inherente a los propios modelos hidrológicos.²⁰

Una comparación entre diferentes fuentes de incertidumbre en las estadísticas sobre las crecidas de dos cuencas del Reino Unido condujo a la conclusión de que la mayor fuente de incertidumbre era la estructura del *modelo de circulación global* (MCG),²¹ seguida de los escenarios de emisiones y de la modelización hidrológica.²²

La incertidumbre proviene también de la selección de indicadores y de valores de umbral para cuantificar el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, estrechamente relacionados con la línea base definida.

Dado que la escala de los MCG es muy gruesa, hay un desajuste entre las escalas de discretización espacial para realizar análisis de procesos hidrológicos sobre cuencas específicas. Por ello, se han desarrollado técnicas que adaptan la escala de los resultados del MCG a una resolución espacial (y temporal) más fina. «Las técnicas de reducción de escala o *downscaling* podrían permitir a los modelizadores incorporar la variabilidad en los cambios futuros y aplicar un marco de referencia probabilístico para generar información sobre los futuros caudales fluviales en la planificación de los recursos hídricos».²³ Estos planteamientos ayudan a comparar diferentes fuentes de incertidumbre que afectan a las proyecciones de los recursos hídricos.

20 *Ibidem*.

21 Estos modelos resuelven ecuaciones matemáticas complejas basadas en las leyes físicas que definen el comportamiento del clima y tienen resoluciones gruesas (hasta de 250x250 km)

22 Bates et ál., 2008.

23 *Ibidem*.

Para Colombia, el Ideam ha realizado un *downscaling* dinámico²⁴ con el modelo de circulación regional PRECIS, sobre las series de precipitación, temperatura y humedad relativa; estos resultados han sido aprovechados para evaluar el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico.

7.2.4. Aspectos metodológicos

El interés por definir el impacto del cambio climático sobre los procesos hidrológicos en cuencas se reporta con amplitud en la literatura, aunque todavía no hay un consenso general sobre las herramientas óptimas para hacer esta clase de análisis. Básicamente, las metodologías consisten en procesar resultados de escenarios de cambio en las variables climáticas provenientes de *modelos de circulación regional* (MCR) –precipitación, temperatura, humedad relativa, etc.– como entrada en modelos hidrológicos a diferentes escalas temporales (Fowler, 2007; Gardner, 2009; Chiew et ál., 2002; Chiew et ál., 2010, Lavado, 2009; y Guo et ál., 2002, entre otros).

7.2.4.1. Metodología implementada

El efecto del cambio climático sobre la escorrentía media anual en el territorio colombiano se estimó con la metodología propuesta por Gardner (2009), que utiliza el balance hídrico a largo plazo y las salidas para las variables precipitación y temperatura de los modelos climáticos regionales (MCR). La aplicación de la metodología tiene como referencia la disponibilidad de datos como línea base de precipitación, temperatura (Ideam-Ruiz, 2010) y escorrentía del presente estudio (véase el *Capítulo 3*); los cambios proyectados sobre las variables climáticas, según modelos regionales

24 El *downscaling* dinámico implica el uso de modelos numéricos meteorológicos para reflejar cómo los patrones globales afectan las condiciones climáticas locales.

Precis y MR;²⁵ y las zonas y subzonas hidrológicas que conforman las unidades de análisis, definiendo extensiones de cuencas y homogeneidad regional. En la *Figura 7.15* se representa el esquema metodológico resumido, aplicado para el ENA 2010.

Gardner (2009) encontró que los resultados del modelo propuesto en su trabajo, comparados con los resultados de modelos hidrológicos complejos y calibrados a escalas temporales diaria o mensual, en cuencas ubicadas en Australia, China, Irlanda y Estados Unidos, son consistentes en sus estimaciones.

Dado que la mayoría de las formulaciones para la evapotranspiración potencial están altamente correlacionadas con el balance de radiación, así como con la temperatura media anual, es posible estimar la escorrentía media anual en términos de la precipitación y la evapotranspiración potencial (Gardner, 2009; Davies & Simonovic, 2005). El planteamiento se sustenta en la ecuación del balance hídrico y las relaciones empíricas formuladas por Budyko (1977)²⁶ sobre la evapotranspiración real media anual (ETR), para estimarla usando datos de precipitación y evapotranspiración potencial:

$$ETR = ETP * \tanh(P / ETP) \quad (1)$$

$$ETR = P * [1 - \exp(-ETP / P)] \quad (2)$$

donde

ETP es la evapotranspiración potencial y

P es la precipitación media anual.

25 El Ideam ha publicado en la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, los resultados de tres modelos de circulación regional corridos y validados sobre el territorio nacional: Precip, MRI y WRF. Documento descargable de la página web www.cambioclimatico.gov.co.

26 Budyko (1977) derivó una ecuación para la evapotranspiración en términos de funciones hiperbólicas. Los argumentos relacionan la energía total disponible con la energía requerida para evaporar toda la precipitación anual. La ecuación fue probada con una amplia variedad de ríos en Europa, con valores observados de evaporación y de escorrentía al realizar el balance hídrico.

En la ecuación de balance hídrico,²⁷ la escorrentía media anual (*R*) a largo plazo puede ser estimada en función de *P* y *ETP* con alguna de las dos siguientes expresiones:

$$R = P - ETP * \tanh(P / ETP) \quad (3)$$

$$R = P - P * [1 - \exp(-ETP / P)] = P * \exp(-ETP/P) \quad (4)$$

La evapotranspiración potencial se puede estimar con métodos como el de Thornthwaite, basado en la variación anual de las temperaturas medias anuales, o el Malmstrom, cuya fundamentación es la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura usando datos mensuales de temperatura, entre otros. El método propuesto en este ejercicio es el de Holland (1978), que relaciona la *ETP* y la temperatura media anual, y se presenta bajo la siguiente expresión:

$$ETP = 1.2 \times 10^{10} * \exp(-4620 / Tk) \quad (5)$$

donde

ETP es la evapotranspiración potencial y

Tk es la temperatura media en grados Kelvin.

Se utilizó la ecuación de Holland (1978) y luego se transformó en evapotranspiración real por medio de la formulación de Budyko [ecuación (2)].

Finalmente, para evaluar el efecto del cambio climático sobre la escorrentía en las cuencas, se implementó

27 Las principales hipótesis del presente modelo son: a) en el largo plazo los cambios en el almacenamiento de la cuenca son despreciables en comparación con los valores medios de precipitación, evapotranspiración y escorrentía; b) el agua sale de la cuenca solamente como caudal y evapotranspiración, no existe importación o exportación de agua por flujos de agua subterránea y/o por transferencia de flujo entre cuencas.

Dadas estas condiciones, se cumple que:

$$R = P - ETR$$

Además, la evapotranspiración real nunca sobrepasa la evapotranspiración potencial. Si no hay precipitación, entonces *R* y *ETP* deben ser iguales a cero. Similarmente, a medida que *P* alcance valores altos, la evapotranspiración real se aproxima en forma asintótica a la evapotranspiración potencial.

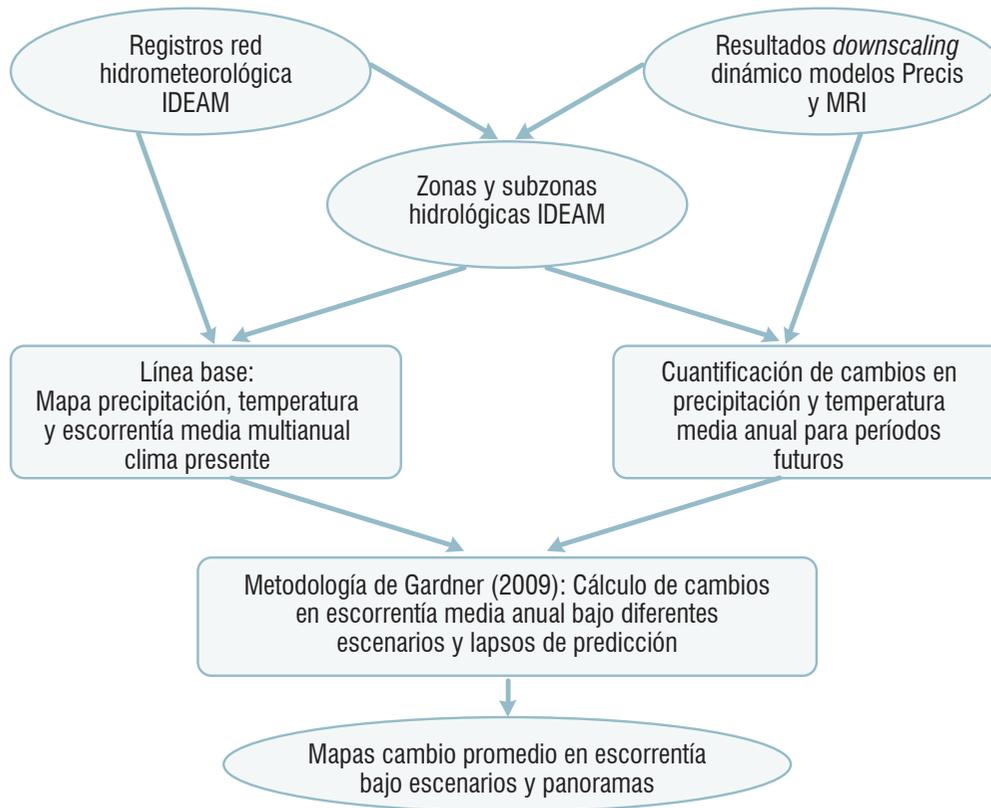


Figura 7.15. Esquema metodológico implementado para estimar el efecto del cambio climático sobre la escorrentía media anual en el territorio colombiano.

la regla del cálculo para diferenciación parcial sobre R en la ecuación (6) (Gardner, 2009):

$$dR = \exp(-ETP/P) * (1 + ETP/P) * dP - dETP \quad (6)$$

donde dP y $dETP$ son los diferenciales totales de precipitación y evapotranspiración potencial.

Al usar el método de Holland [ecuación (4)] para estimar la ETP, entonces el diferencial total de evapotranspiración sería:

$$dETP = 4620 * 1.2 * 10^{10} * T_k^{-2} \exp(-4260/T_k) * dT_k \quad (7)$$

Al substituir la ecuación (12) en la ecuación (11), se obtiene la siguiente ecuación para estimar cambios en R en función de los cambios en P y T:

$$dR = \exp(-ETP/P) * (1 + ETP/P) * dP - [5444 * 10^{10} * \exp(-ETP/P) * \exp(-4620/T_k) * T_k^{-2}] * dT_k \quad (8)$$

Para evaluar la validez de la expresión (5), se comparó la estimación de la evapotranspiración real medio de la ecuación de Holland y de Budyko con respecto a los resultados del método de Turc, usado para estimar valores de evapotranspiración real (ETR), cuyas entradas principales son la media de la temperatura y la precipitación.

Tabla 7.2. Modelos globales y regionales utilizados para la generación de escenarios de cambio climático en Colombia (Ideam-Ruiz, 2010).

Condiciones iniciales modelos de baja resolución	Modelo para <i>downscaling</i> dinámico	Resolución	Escenario	Periodo analizado
HadAM3P (UK)	PRECIS (UK)	25kmx25km	A2	2011-2100
HadAM3P (UK)	PRECIS (UK)	25kmx25km	B2	2011-2100
ECHAM4(Alemania)	PRECIS (UK)	25kmx25km	A2(s) ²⁹	2071-2100
ECHAM4(Alemania)	PRECIS (UK)	25kmx25km	B2(s)	2071-2100
HadCM3Q (UK)	PRECIS (UK)	25kmx25km	A1B(s)	2071-2100
CCM3 (USA)	GSM-MRI (Japón)	20kmx20km	A1B	2080-2099

7.2.4.2. Información utilizada

Como se mencionó anteriormente, el Ideam validó el modelo de circulación regional Precis (*Providing REgional Climates for Impacts Studies*) y MRI (*Meteorological Research Institute*) sobre el territorio colombiano, en el intervalo 1970-2000, lo que generó series de predicciones sobre cambios en patrones de precipitación, temperatura y humedad relativa a lo largo del periodo 2011-2100, con promedios representativos para los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, bajo los escenarios de emisión de gases invernadero A2, B2 y A1B con sulfatos²⁸. Los modelos, escenarios utilizados, condiciones iniciales de cada uno y resolución se presentan en la *Tabla 7.2*.

Las zonas y subzonas hidrológicas (Ideam, 2009) son las unidades de análisis del presente estudio. Los mapas de precipitación y temperatura promedio anual constituyen la línea base de validación de los modelos climáticos regionales corridos (1970-2000) y son comparados con los resultados de los escenarios simulados para 2011-2100 en los diferentes intervalos. Dado

que el presente análisis se está realizando a nivel de las 309 subzonas hidrológicas, se hizo un estimativo de los promedios de precipitación y de temperatura sobre estas unidades, con base a los mapas generados por el Ideam, para la definición de la línea base climática de referencia en la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (*Figura 7.16*).

Las subzonas con precipitaciones promedio más bajas en el país son aquellas ubicadas sobre la Guajira, el Caribe colombiano, Cesar, Bajo y Alto Magdalena, Patía y Sogamoso. La predominancia de temperaturas entre 25 °C y 27 °C se puede observar para la mayoría de las subzonas. Las temperaturas más bajas en promedio se presentan sobre las zonas del Patía, Alto Magdalena, Cauca y Sogamoso.

7.2.5. Resultados

Las premisas y consideraciones metodológicas anteriores permitieron derivar los resultados que se presentan a continuación.

²⁸ El efecto directo principal de los sulfatos en el clima implica la dispersión de la luz, lo que aumenta con eficacia el efecto del albedo sobre la tierra.

²⁹ (s): modelo corrido con sulfatos.

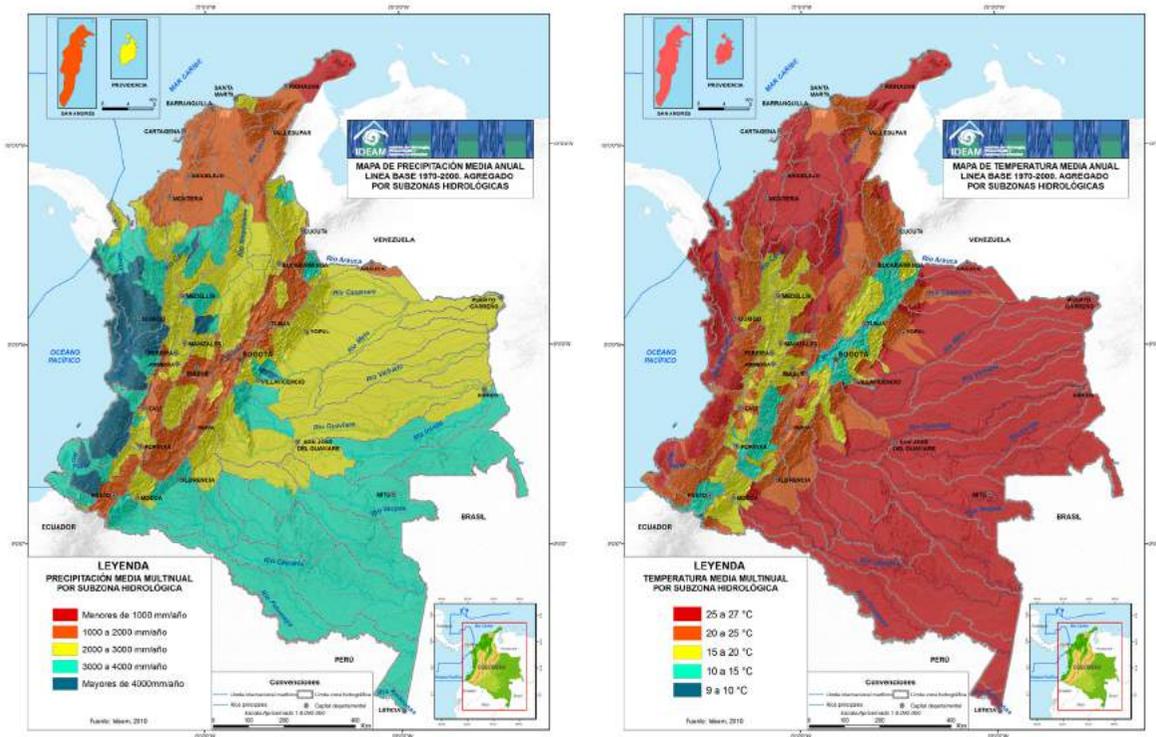


Figura 7.16. Mapas de precipitación y temperatura generados por el Ideam para el periodo 1970-2000 agregados a nivel de subzona hidrológica; constituyen línea base de comparación con los escenarios a futuro. Fuente: Ideam-Ruiz (2010).

7.2.5.1. Cambios promedio en precipitación y temperatura bajo escenarios de cambio climático en Colombia, por subzona hidrológica

Los cambios en porcentaje de la precipitación futura, simulada en los modelos implementados para el análisis de cambio climático con respecto a los promedios presentados para cada una de las 309 subzonas hidrográficas, están consignados en la *Figura 7.17*. Allí, se ilustran los resultados para los escenarios A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. Igualmente, se muestran los resultados de grados centígrados de aumento con respecto a los promedios presentados en el lapso 1970-2000 en estas mismas unidades (*Figura 7.18*).

Los resultados describen las tendencias reportadas en la Segunda Comunicación Nacional (Ideam, 2010), y muestran coincidencia clara –bajo los diferentes escenarios y modelos– en una disminución representativa de la precipitación en la zona Andina y en el Caribe, especialmente en el futuro lejano, cuando las disminuciones pueden ser mayores a un 30%. En las zonas del Orinoco, la Amazonía y el Pacífico, los modelos predicen un mantenimiento de las condiciones actuales o posibles aumentos. Para la temperatura, los modelos coinciden en un aumento general sobre las subzonas hidrológicas, que es mayor para escenarios como el A2 (pesimista) en periodos de futuro lejano, y alcanza aumentos hasta de siete y ocho grados centígrados en el valle del río Magdalena, en el Caribe y en Cesar. Los resultados

proyectados del modelo MRI bajo el escenario A1B en el periodo 2080-2099 son menos críticos respecto al resto de escenarios corridos con el modelo Precis (Figura 7.18).

7.2.5.2. Ensamble multiescenario

Como una estrategia de estudio y generalización de los resultados para los diferentes escenarios, el

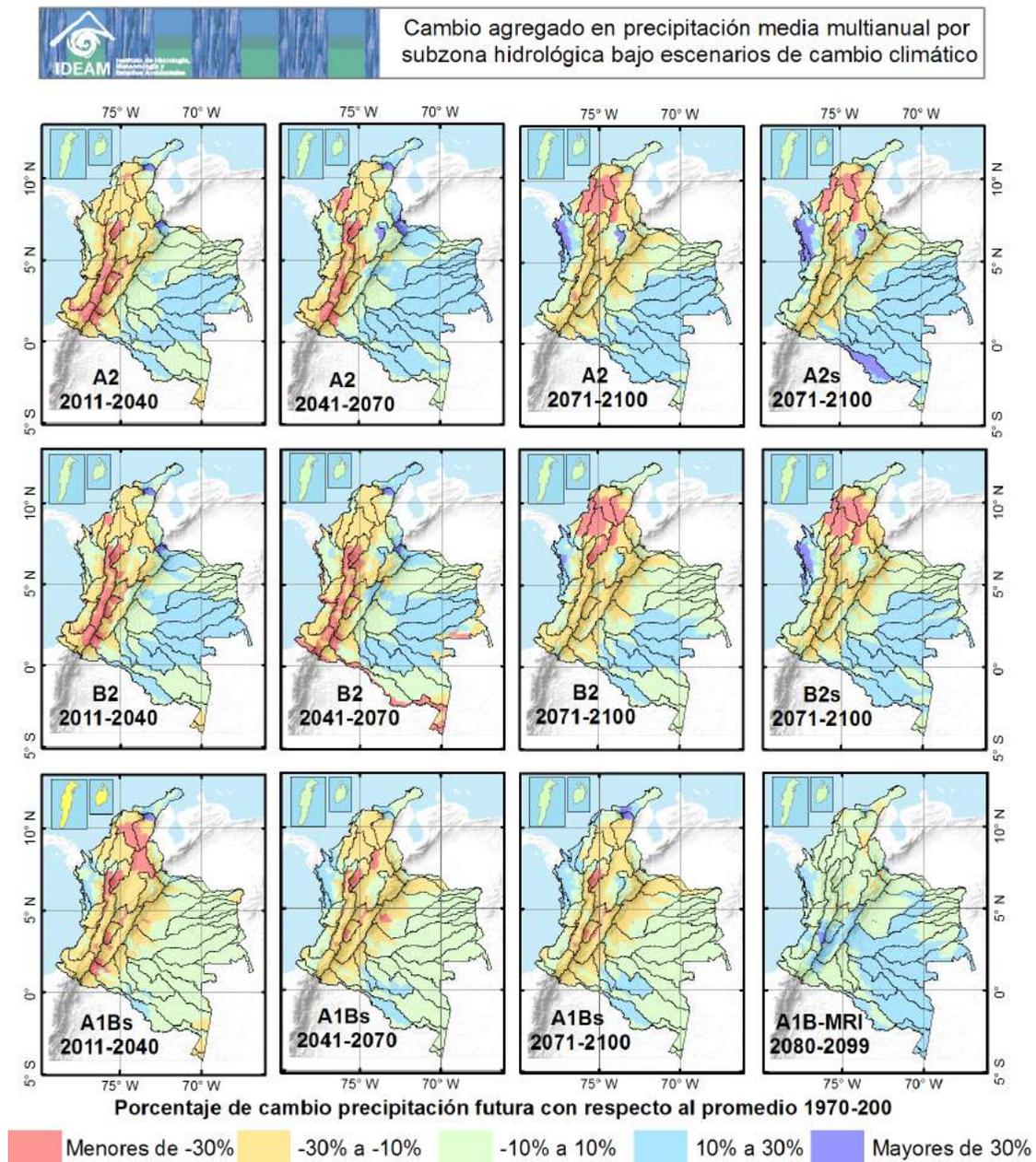


Figura 7.17. Cambio promedio de la precipitación por subzonas hidrológicas en porcentaje, para escenario A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, con respecto al promedio 1970-2000.

ensamble multiexperimento (Ideam-Ruiz, 2010) recoge el promedio de todos los escenarios corridos [A2, A2(s), B2, B2(s), A1B, A1B (s) y tendencial] para cada uno de los modelos (Precis y MRI) y periodos

(2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100). Los datos promedio de cambio en precipitación y temperatura, bajo los periodos de predicción para las subzonas hidrológicas, según el ensamble multiexperimento, se ilustran en la Figura 7.19.

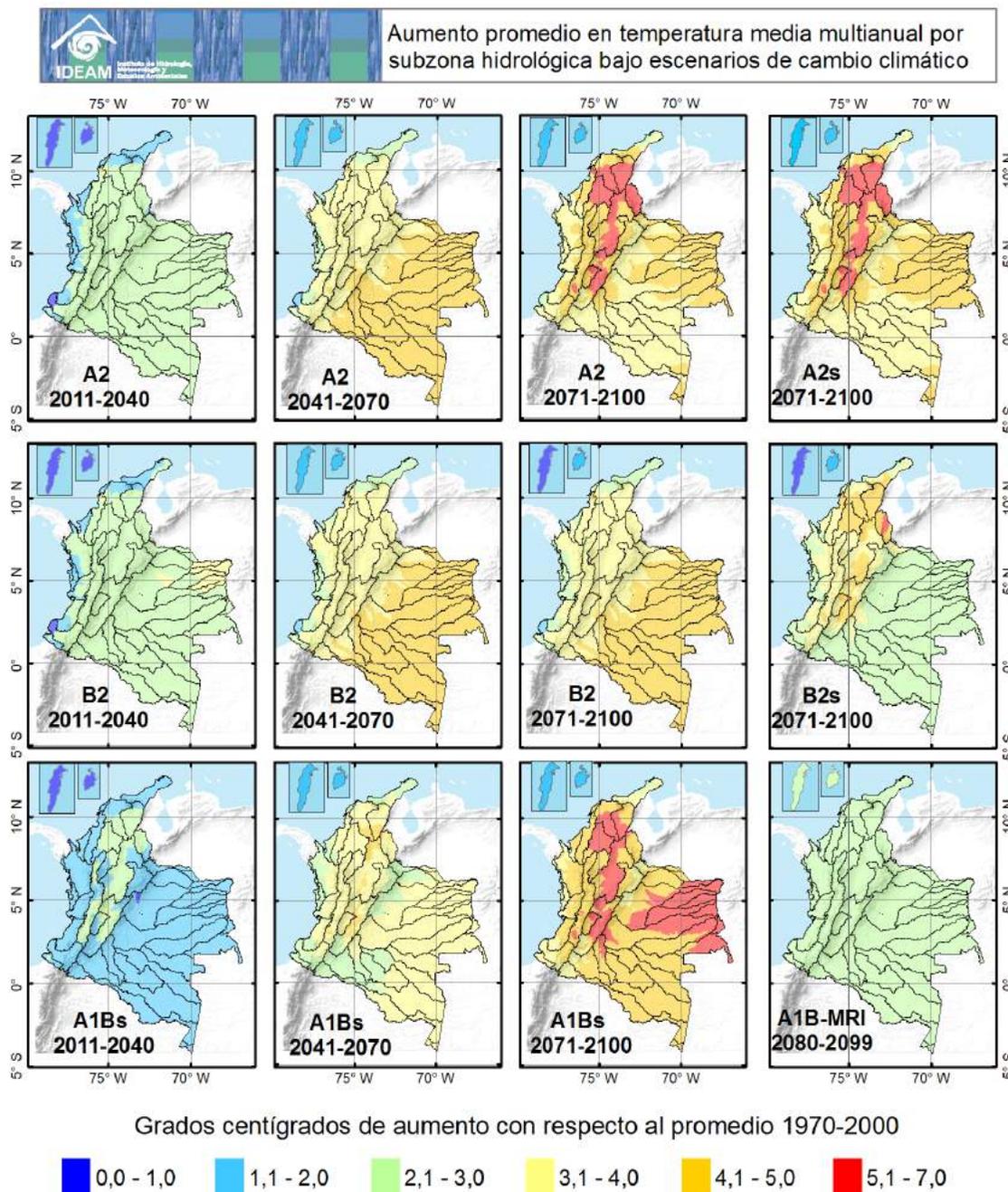


Figura 7.18. Cambio promedio de la temperatura por subzona hidrológica en grados centígrados, para escenario A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, con respecto al promedio 1970-2000.

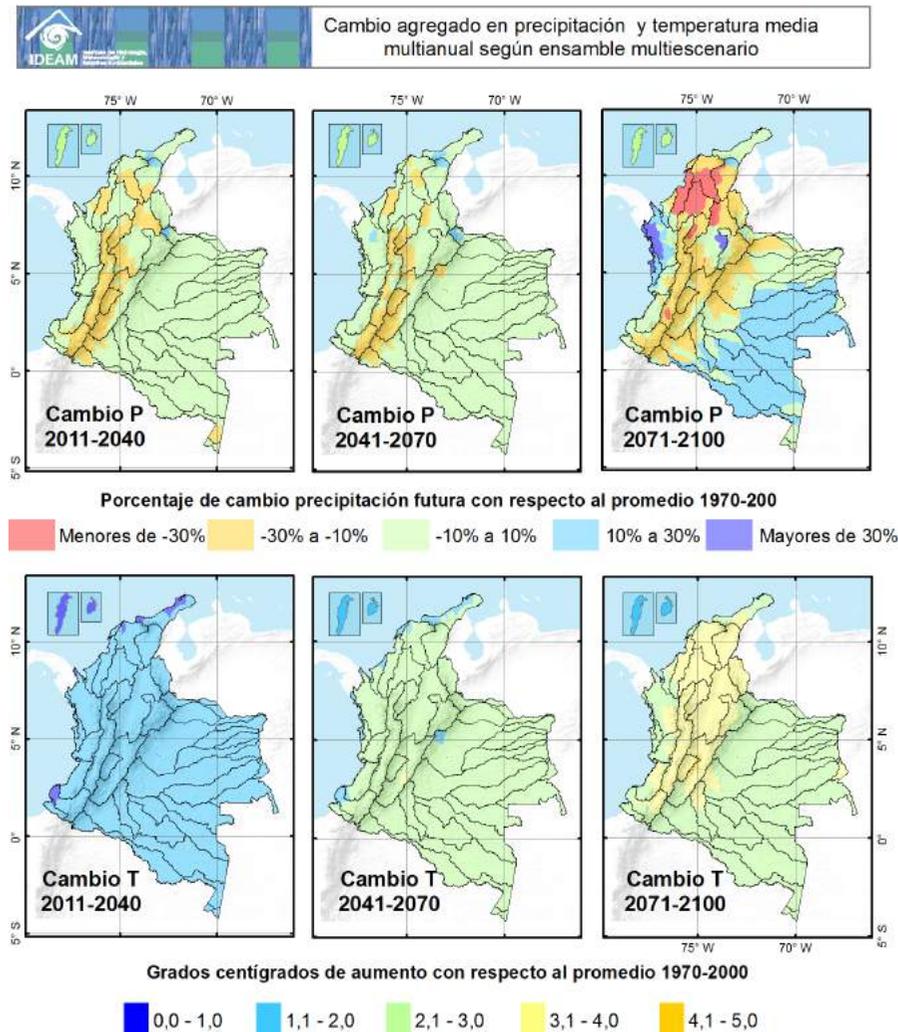


Figura 7.19. Cambio promedio de la precipitación (arriba) y temperatura (abajo) por subzona hidrológica para ensamble multiescenario, intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En general, para los tres intervalos evaluados, predominan disminuciones para la precipitación entre -30% y -10% respecto al promedio 1970-2000 en la zona Andina y, en especial, en el alto Magdalena, Cauca y Patía; y se afectan en este mismo rango, para el periodo 2071-2100, en el Caribe y el Bajo Magdalena. El aumento de temperatura oscila entre uno y dos grados para el intervalo 2011-2040; entre dos y tres grados, para el intervalo 2041-2070; y entre tres y cuatro grados, para el intervalo 2071-2100 para la zona Andina y el Caribe.

7.2.5.3. Afectación sobre la escorrentía promedio anual en las principales subzonas hidrológicas por efectos del cambio climático

La afectación sobre la escorrentía promedio anual en las principales subzonas hidrológicas en Colombia se presenta en la *Figura 7.20* y se estimó utilizando en la ecuación (8) los cambios en precipitación (dP) y temperatura (dT) para cada uno de los escenarios (A2, B2 y A1B con y sin sulfatos) y para los tres intervalos de

predicción. Para la interpretación de los resultados se definieron los siguientes rangos de evaluación de cambio en la escorrentía **media respecto al promedio actual**, estos corresponden a los rangos definidos para la variación de la precipitación (*Tabla 7.3*).

Las estimaciones bajo los diversos escenarios coinciden en una reducción fuerte en la escorrentía para la región Andina y Caribe respecto a las demás áreas hidrológicas del país (disminuciones mayores del 30% respecto al promedio). Igualmente, los escenarios coinciden en una tendencia hacia el mantenimiento de las condiciones actuales en la zona de La Guajira, Pacífico, Orinoquía y Amazonía. (*Figura 7.20*).

Existe concordancia en los modelos para 2070-2100 en disminuciones importantes para las cuencas ubicadas en el piedemonte llanero y aumentos para la zona hidrológica del Bajo Meta. Para el periodo 2080-2099, el escenario más optimista es el A1B(s), con cambios en la zona Andina y Caribe entre -30% y -10%.

En la *Figura 7.21*, se presentan los cambios en la escorrentía por subzona hidrológica asociados a los posibles cambios en precipitación y temperatura de acuerdo al ensamble multiescenario.

Según este análisis, la región Andina y Caribe son las más afectadas durante todos los periodos (entre -30% y -10%). Para 2070-2100, el resultado es más crítico aún para la zona Caribe y la Sabana de Bogotá (cambio menor a -30%). En las zonas del Pacífico, La Guajira, Orinoquía y Amazonía, las condiciones actuales persisten según el modelo (entre -10% y 10%).

Según este análisis, la región Andina y Caribe son las más afectadas durante todos los periodos, con reducciones promedio entre -30% y -10%, con cuencas específicas donde se esperan reducciones mayores.

Específicamente, para el periodo 2011-2040 se esperan impactos representativos sobre la zona hidrológica del Patía, en las cuencas de los ríos Juananbú y Guachicono, con reducciones que alcanzan el 30% (reducción fuerte). Para este mismo intervalo, se esperan las mayores reducciones sobre el territorio nacional en algunas regiones de la zona del río Cauca, en especial sobre el Alto Cauca y en las cuencas de los ríos Ovejas, Piendamó, Quinamayo y Palo. Asimismo, en el Alto Magdalena, sobre las cuencas de los ríos Saldaña, Yaguará, Aipe, Luisa, Bache y Seco, se esperan reducciones cercanas al 35% respecto al promedio actual, en el intervalo 2011-2040. El Bajo Nechí y las cuencas asociadas a drenajes directos al Bajo Magdalena presentan las reducciones más

Tabla 7.3. Rangos de interpretación de los resultados para afectación de la escorrentía en el territorio nacional bajo escenarios de cambio climático.

Descripción	Rango	Interpretación
Disminuciones mayores del 30%	<-30%	Reducción fuerte respecto al promedio actual de escorrentía
Disminuciones entre el 10% y el 30%	-30, -10	Reducción respecto al promedio actual de escorrentía
Disminuciones menores del 10% y aumentos menores del 10%	-10, +10	Similar a la escorrentía promedio
Aumentos entre el 10% y el 30%	+10, +30	Aumento respecto al promedio actual de escorrentía
Aumentos mayores del 30%	>30	Aumento fuerte respecto a la escorrentía actual

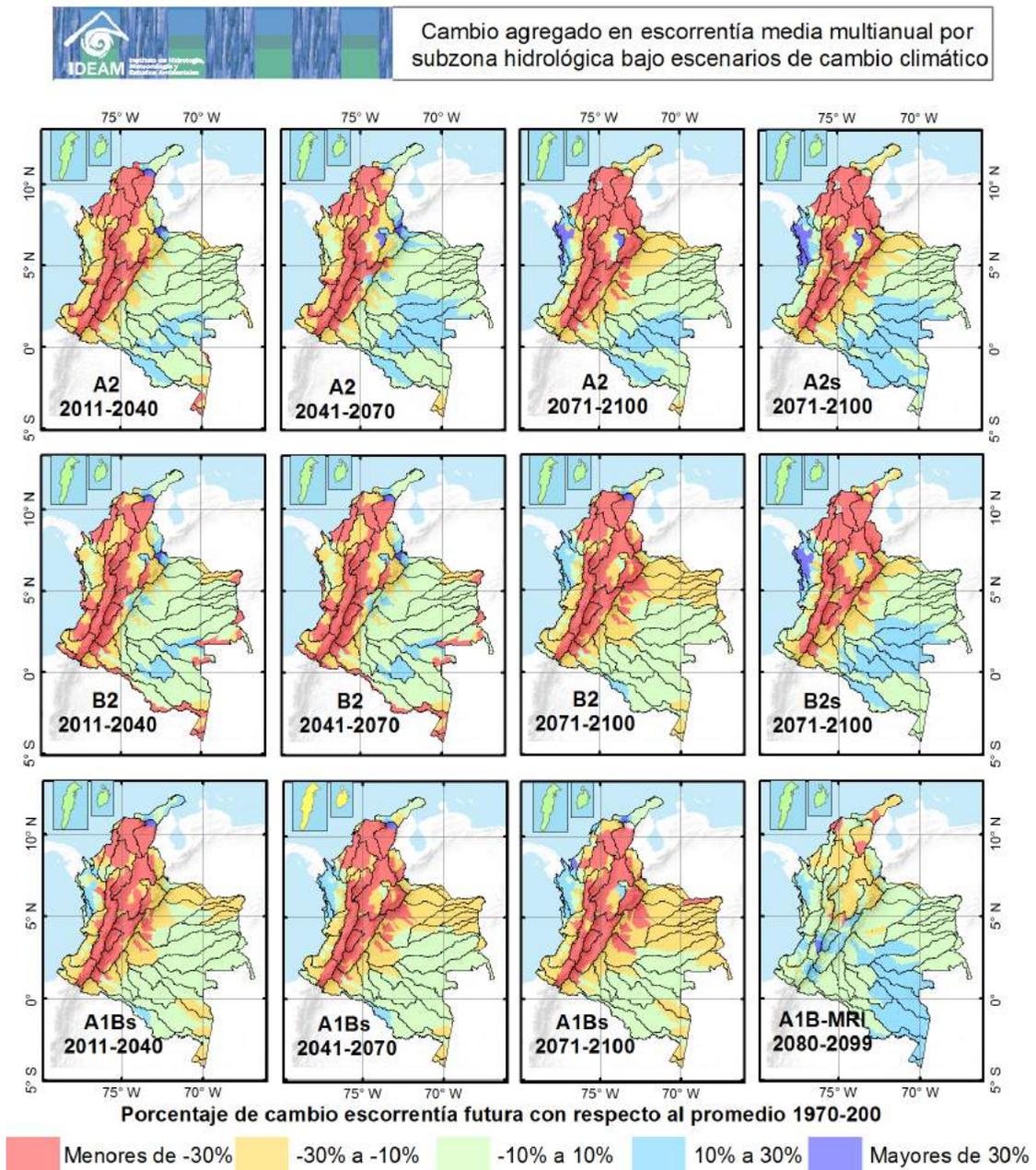


Figura 7.20. Cambio promedio de la escorrentía por subzona hidrológica para escenarios A2, B2 y A1B, en los intervalos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

importantes en la zona norte del país para este mismo intervalo. Aumentos significativos en la escorrentía media anual solo se estiman sobre las cuencas del Alto Cesar y río Ancho, en la zona hidrológica del Caribe. Para el Urabá, cuenca del río San Jorge y Sinú, la reducción con respecto a la escorrentía actual está entre 10% y 30%.

Para 2011-2040, el análisis multiescenario predice condiciones similares a las actuales sobre el recurso hídrico para las zonas hidrológicas del Orinoco, la Amazonía, la mayor parte del Pacífico, de La Guajira y parte de la zona del Catatumbo. La predicción para 2011-2040 sobre las cuencas del piedemonte Amazónico y Llanero no presenta reducciones

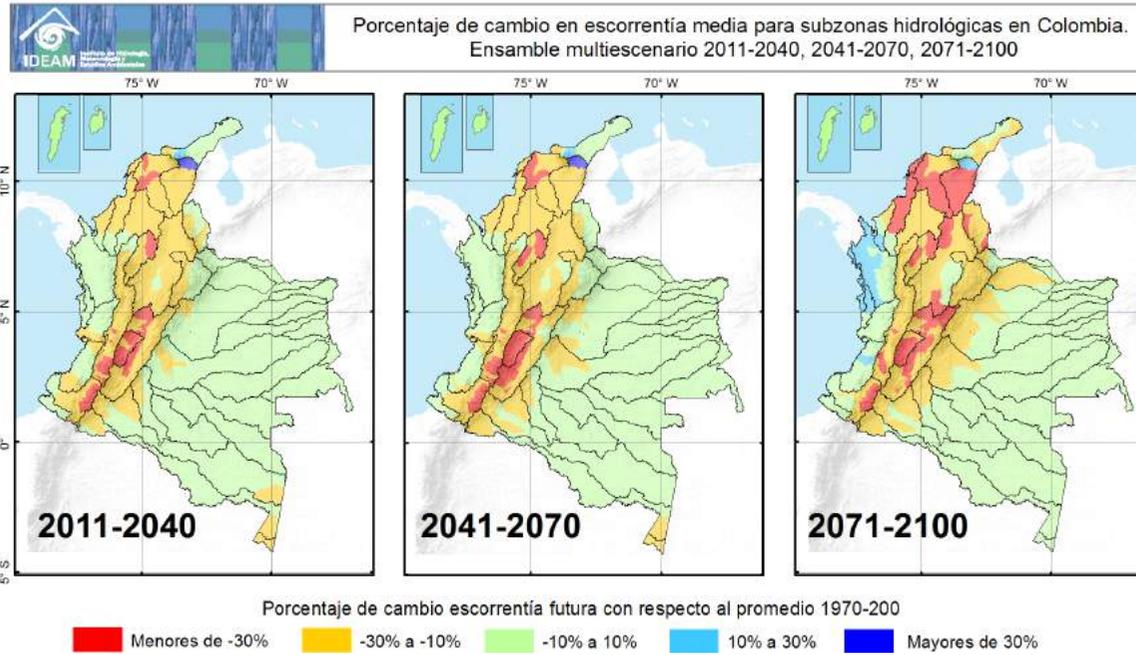


Figura 7.21. Cambio en escorrentía media por subzona hidrológica según ensamble multiescenario.

importantes regionalizadas; se presentan reducciones cercanas al 12% para las cuencas de los ríos Guejar, Guape, Guayas, Orteguala y Pescado.

Para el período 2041-2070, la distribución de las reducciones es bastante similar a la predicha para 2011-2040. La disminución en la escorrentía media anual sobre las cuencas críticas señaladas en el párrafo anterior es en promedio 5% mayor a la del período 2011-2040. Obsérvese que las reducciones al sur del Alto Magdalena se hacen más intensas, y cuencas como las del río Ariari, Metica, Upia, Tunjita, Chivor y embalse de Guavio entran al rango de disminuciones entre 10% y 20% respecto a la media anual.

Para 2070-2100, la distribución de las reducciones se expande, especialmente sobre la zona Caribe y el Bajo Magdalena, y son fuertes en las subzonas hidrológicas del Cesar, arroyo Corozal, Brazo Morales, Bajo Magdalena-Canal del Dique, María la Baja, río Sinú y río Ariguaní. Asimismo, las reducciones son fuertes

para la cuenca del río Nechí y la del río Algodonal en la zona del Catatumbo. En la zona del Alto Magdalena, las reducciones disminuyen al sur con respecto a los intervalos 2011-2040 y 2041-2070, y se tornan de carácter fuerte (mayores del 30%) al norte, en inmediaciones del río Bogotá, Negro y Prado. La reducción en la escorrentía media anual, con relación al promedio actual, se presenta en mayor proporción de cuencas sobre ambos piedemontes con respecto a los intervalos anteriores, de modo que alcanzan disminuciones entre el 10% y el 30%. Aquí se incluyen cuencas como las de los ríos Cravo Norte y Sur, Casanare, Cusiana, Guacavía, Guatiquia, Guayabero y Caguán Alto. Para este mismo periodo, se presentan aumentos importantes sobre las zonas del Darién y Baudó.

Por último, en la *Figura 7.22*, se representan en forma gráfica las relaciones entre los resultados de los modelos climáticos regionales para precipitación y temperatura, y los cambios en escorrentía según la metodología empleada. El gráfico se construyó

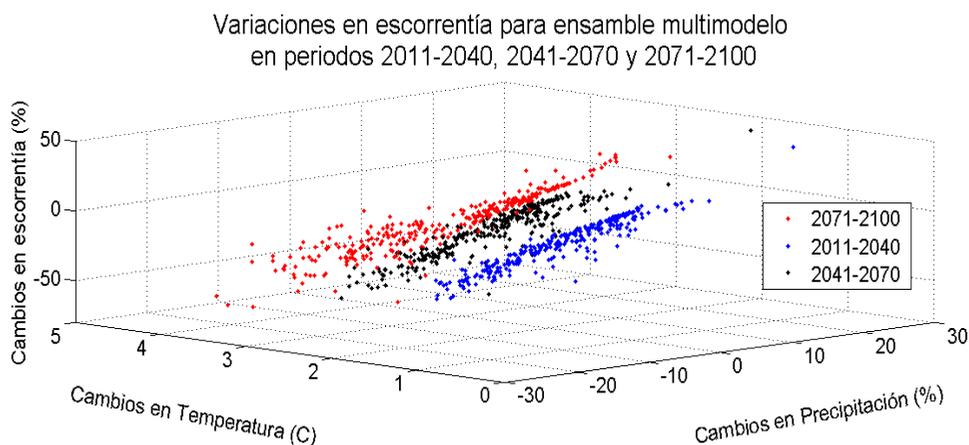


Figura 7.22. Cambios en escorrentía media anual relacionada con cambios en precipitación y aumentos de temperatura sobre las 309 subzonas hidrológicas oficiales del país.

determinando los aumentos en temperatura (que varían desde 0 hasta 5 grados centígrados) y afectaciones en precipitación (entre 30 y -30% respecto al promedio actual) en los ejes X y Y, respectivamente; y los cambios en escorrentía asociados se determinan en el eje Z. Los puntos representan los resultados para cada una de las 309 subzonas hidrológicas. En azul, se simbolizan los resultados para la afectación de la escorrentía en el periodo 2011-2040 con respecto al promedio actual; y se representan en negro y en rojo para los intervalos 2041-2070 y 2071-2100, respectivamente.

Obsérvese el aumento consistente de la temperatura sobre cada intervalo y la clara influencia de los aportes por precipitación en las reducciones o aumentos de la escorrentía media anual sobre las subzonas hidrológicas. Igualmente, es importante anotar que, según los resultados, las anomalías en escorrentía tienen una tendencia clara hacia la disminución y no hacia el aumento. Las mayores disminuciones se observan en el intervalo 2071-2100 (futuro lejano), en cuencas con aumentos proyectados para temperatura de 4 °C a 5 °C y disminuciones en precipitación promedio cercanas al 20% con respecto a la actual. Asimismo, se observa una mayor dispersión de los

resultados en este intervalo respecto a los encontrados para 2011-2040 y 2041-2070.

7.3. Conclusiones

Los resultados y análisis realizados a futuro serán, con toda seguridad, objeto de refinamientos metodológicos y tecnológicos que permitirán reducir la incertidumbre de los resultados. Sin embargo, con las aproximaciones conceptuales y metodológicas realizadas en este Estudio Nacional del Agua, se obtienen resultados que parten del conocimiento y de las posibilidades tecnológicas actuales para la predicción de estos eventos de naturaleza compleja.

7.3.1. Fenómeno ENSO: El Niño y La Niña

El fenómeno ENSO es un sistema de interacciones naturales entre el océano Pacífico ecuatorial y la atmósfera, que trastorna los patrones de precipitación tropical y de circulación atmosférica, que se presenta con una periodicidad de 3 a 7 años. La intensidad del fenómeno en curso es fundamental para relacionar su

efecto sobre los componentes climáticos que afectan el balance hídrico.

En el ENA 2010, se han tipificado las anomalías en caudales debidas a eventos de El Niño y La Niña sobre 180 estaciones hidrológicas distribuidas en el territorio colombiano. La clasificación de los diferentes años se realizó con base en índices macroclimáticos que evalúan el estado y desarrollo del ENSO. De acuerdo a ello, se ha encontrado que el ciclo anual de la hidrología en Colombia está afectado en su magnitud por el fenómeno ENSO y que, en general, ocasiona que se presenten mayores caudales y riesgos de fenómenos extremos durante la fase de La Niña y déficits pronunciados durante El Niño.

Las afectaciones para el recurso hídrico son más críticas para el trimestre diciembre-enero-febrero, cuando se presentan eventos de El Niño, y para el trimestre septiembre-octubre-noviembre, cuando el evento es La Niña; aunque, para este caso, los impactos en el trimestre marzo-abril-mayo también son considerables. Con los resultados del ENA, se considera que en general el recurso hídrico presenta las mayores afectaciones en las zonas Andina y Caribe. Se llama la atención, en especial, sobre las cuencas afluentes del río Cauca, dado que es una de las zonas hidrológicas más vulnerables al fenómeno ENSO, debido sobre todo a la mayor influencia que ejercen las anomalías sobre el océano Pacífico³⁰ y a las características geomorfológicas, que consisten en altos gradientes y áreas de drenaje relativamente pequeñas; esto se traduce en una respuesta rápida a los forzantes climáticos presentes en la zona. Además, es una de las zonas con mayor actividad socioeconómica del país, lo que implica una mayor vulnerabilidad para los usos que se dan al recurso hídrico en esta zona.

30 La cuenca del río Cauca es la cuenca andina más cercana al océano Pacífico y, por ende, la más influenciada por los fenómenos que allí se desarrollan.

Según el análisis realizado con el evento El Niño 2009-2010, los niveles mínimos más extremos se presentaron para la cuenca del río Magdalena en el mes de enero del 2010, alcanzando en promedio, para las estaciones analizadas, una disminución del 36% \pm 3%. Un comportamiento similar se presentó en la cuenca del río Cauca, en donde los mínimos extremos se registraron también en enero de 2010 y alcanzaron una reducción promedio del 33% \pm 6%. Para la Orinoquía, se encontraron disminuciones en el mes de enero de 2010 de 20% \pm 5%, siendo esta la zona menos afectada dentro de las tres evaluadas. Es importante aclarar la incertidumbre asociada a la influencia de la demanda del recurso en estos cálculos, dado que los valores en niveles son afectados por este factor, en especial durante el trimestre diciembre-enero-febrero, cuando los consumos de los múltiples sectores aumentan significativamente por las condiciones secas.

De otro lado, se compararon los niveles 2009-2010 respecto a los niveles en los años 1982-1983, 1991-1992 y 1997-1998, en los cuales la intensidad del fenómeno de El Niño fue caracterizada como fuerte. Se encontró que, en general, el efecto que tuvo el fenómeno de El Niño 2009-2010 sobre los niveles es similar y, para varias estaciones, más crítico que el efecto del evento 97-98, catalogado como uno de los más fuertes del siglo XX. Este último aspecto es destacable, dado que se esperaría que el evento 2009-2010, catalogado como de intensidad media, tuviera un efecto menos significativo sobre los niveles de las principales corrientes del país. Igualmente, a pesar de que las afectaciones sobre la Orinoquía son menores con respecto a las de la zona Andina, están adquiriendo mayor representatividad en los últimos eventos registrados.

Asimismo, se incluyó en el capítulo un análisis de los efectos del evento de La Niña 2010 sobre los niveles de las principales arterias de la zona Andina:

Magdalena y Cauca. En general, los niveles comenzaron a incrementarse a partir del mes de junio debido al efecto de este evento, y desencadenaron un fuerte aumento para los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, siendo este último el mes más crítico, debido a las condiciones de saturación del suelo y a los altos aportes de precipitación, con tormentas que alcanzaron periodos de retorno de entre 40 y 80 años.

También es destacable la frecuencia con que los eventos de El Niño y La Niña se presentaron en la última década, pasando de una fase a otra sin temporada de transición. Esto se refleja claramente en la dinámica de los niveles del año 2010, en el cual ambos eventos fueron relevantes en la respuesta hidrológica de las cuencas analizadas. Según los resultados, el fenómeno ENSO cada vez tiene mayor intensidad en sus efectos sobre el recurso hídrico en el territorio nacional y, por ello, la variabilidad climática debe ser incluida en la ordenación y planificación del territorio.

7.3.2. Cambio climático y recurso hídrico en Colombia

Se han utilizado los resultados de los modelos climáticos regionales Precis y MRI corridos por el Ideam sobre el panorama 2011-2100 para valorar cambios representativos en patrones de temperatura, precipitación y humedad relativa, y así evaluar el impacto del cambio climático bajo diversos escenarios de emisión formulados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en su *Cuarto Informe de Evaluación*. Los resultados a los que se les hace una mayor interpretación en el presente estudio están basados en un ensamble multiescenario que recoge, en cierta medida, el promedio de todos los escenarios de cambio climático obtenidos. Al igual que la distribución de las anomalías presentadas por el régimen hidrológico

debidas al ENSO, las mayores reducciones sobre la escorrentía media anual se esperan para las zonas Andina y Caribe, y se muestran especialmente críticas para el intervalo 2071-2100. Obsérvese que las zonas del Alto Magdalena, Cauca, Caribe Litoral, Saldaña, Patía y Caribe Urabá presentan la mayor afectación para los periodos evaluados. La razón principal para que se obtenga este efecto está vinculada a las reducciones significativas en las precipitaciones sobre estas mismas zonas. Es importante resaltar la alta vulnerabilidad a la luz de estos resultados, dada la concentración de actividades antrópicas en estas zonas. Para el Pacífico, la Guajira, la Orinoquía y la Amazonía, las condiciones actuales persisten según los modelos.

Colombia está caracterizada por una gran variabilidad climática, determinada principalmente por la influencia de los océanos Pacífico y Atlántico, la orografía de la cordillera de los Andes y la dinámica climática del Amazonas. Debido a las relaciones entre estos factores y a las condiciones locales y regionales, los estudios de impacto sobre la respuesta hidrológica en el contexto de la variabilidad y cambio climático adquieren alta complejidad. Actualmente, la variabilidad climática tiene una gran relevancia en el desarrollo de las actividades socioeconómicas del país; por ello, es recomendable desarrollar estrategias de adaptación a la actual variabilidad dentro de los planes de ordenación y gestión del territorio y del recurso hídrico. A su vez, estas estrategias estarían en pro del aumento de la capacidad de adaptación al cambio climático. En resumen, se puede decir que adaptarse a la variabilidad climática es, en cierta medida, adaptarse al cambio climático.

Finalmente, es importante dejar claro que las mayores fuentes de incertidumbre al evaluar el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico son: la incertidumbre asociada con los aportes por precipitación por cuenca; la incertidumbre debida a la

estructura del modelo de circulación global (MCG), que es la base para el *downscaling* dinámico o regionalización efectuada con los modelos Precis y MRI; la incertidumbre en los escenarios de emisiones; y la incertidumbre misma del modelo hidrológico aplicado. Por lo anterior, los impactos sobre el recurso hídrico cuantificados en el presente documento deben ser tomados con precaución debido a las diversas fuentes de incertidumbre mencionadas. Asimismo, es de gran importancia resaltar el esfuerzo del Ideam por

generar resultados sobre los variables climáticos bajo escenarios de cambio global, dada la enorme cantidad de recursos humanos y tecnológicos que implica. Sin embargo, esta es una tarea que debe tener continuidad, especialmente por la constante evolución de la ciencia del cambio climático y sus resultados; además, por la necesidad de involucrar más técnicas de reducción de escala, escenarios y modelos que aseguren un análisis probabilístico del efecto del cambio climático sobre el recurso hídrico en Colombia.

CAPÍTULO 8

ESTADO Y DINÁMICA DEL AGUA EN ÁREAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA

Análisis integrado e indicadores hídricos

Embalse de Tominé-Cundinamarca. / M.García



Autores
MARTHA GARCÍA
OMAR VARGAS
FÉLIX DARÍO SÁNCHEZ
CARMENZA GONZÁLEZ
OMAR JARAMILLO

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 8

ESTADO Y DINÁMICA DEL AGUA EN ÁREAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA

Análisis integrado e indicadores hídricos

En este capítulo se realiza una síntesis del estado y la dinámica de las aguas, con un enfoque sistémico integrando los resultados de este estudio e indicadores hídricos como elementos articuladores de las variables que se deben considerar. Se tienen en cuenta, como parte del análisis, las condiciones de variabilidad y de cambio climático, y la presencia de aguas subterráneas de importancia regional. La calidad del agua está integrada en indicadores específicos definidos en capítulos anteriores, que dan cuenta de las afectaciones potenciales por vertimientos de las actividades económicas a los sistemas hídricos. La unidad de análisis para esta síntesis corresponde a las áreas hidrográficas del país, con énfasis en las subzonas hidrográficas en donde se presentan condiciones críticas.

8.1. Indicadores de referencia

Los indicadores propuestos para el ENA 2010 tienen como propósito responder a las necesidades de seguimiento y de evaluación del estado y la dinámica del recurso hídrico, en cantidad y en calidad. Integra los resultados de talleres y reuniones que se realizan desde noviembre de 2009 con diferentes actores institucionales, para redefinir los indicadores vigentes.

La consolidación de un sistema pertinente y coherente de indicadores del recurso hídrico se enmarca en las necesidades de la Política Nacional para la Gestión Integral del Agua, del Plan Hídrico Nacional y del

Sistema de Información de Recurso Hídrico. Se pretende, en este sentido, utilizar indicadores con un sólido soporte conceptual y metodológico que permita orientar decisiones en el nivel regional y nacional.

Como resultado de este proceso, se definen los siguientes índices: índice de aridez (IA), índice de regulación hídrica (IRH), índice de uso de agua (IUA), índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVHD), índice de calidad del agua (ICA) e índice de alteración potencial de la calidad (IACAL).

El análisis y discusión de los indicadores hídricos nacionales se realiza con base en criterios de pertinencia, funcionalidad, confiabilidad y utilidad. La discusión se desarrolló sobre los siguientes ejes:

- Qué significa
- Soporte conceptual y características del indicador
- Continuidad en el tiempo
- Campo de aplicación (unidad espacial, temporal, resolución)
- Requerimiento de información
- Periodicidad de actualización.

8.1.1. Índice de aridez (IA)

Definición y significado: Es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica

áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial.

Campo de aplicación: La resolución del índice está en función de la densidad de la red de estaciones hidrometeorológicas con series históricas mayores 15 años. Con este índice, se generan mapas que permiten analizar y caracterizar áreas hidrográficas deficitarias o con excedentes de agua a nivel de las 41 cuencas y 327 subcuencas, con definición temporal media mensual multianual. Existe la opción de generar este tipo de mapas temáticos a nivel anual y mensual multianual.

Requerimientos de información: Se requiere información de las variables: precipitación, temperatura y caudal. Adicionalmente, de las variables requeridas para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).

Periodicidad en la actualización: Este índice requiere actualización cada cuatro años, para año base. Además, se pueden revisar actualizaciones cada tres años para eventos extremos, como el fenómeno cálido y frío del Pacífico (El Niño y La Niña). La formulación de este indicador y los resultados se presentaron en el *Capítulo 3*.

8.1.2. Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

Definición y significado: Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación.

Campo de aplicación: Con este índice se generan isolíneas cuya resolución depende de la densidad de

estaciones hidrológicas de referencia. Permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas.

Requerimientos de información: Caudales medios diarios de series históricas mayores de 15 años

Periodicidad en la actualización: Se actualiza cada 4 años. La formulación de este indicador y los resultados se presentaron en el *Capítulo 3*.

8.1.3. Índice de uso del agua (IUA)

Definición y significado: Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

En sentido estricto el indicador debería considerar la oferta hídrica superficial y subterránea en forma unitaria. Sin embargo, mientras se tienen avances en la conceptualización sobre la oferta de agua subterránea, se debe seguir considerando solamente la oferta hídrica superficial.

Fórmula: Relación porcentual de la demanda de agua en relación a la oferta hídrica disponible.

$$IUA = (Dh/Oh) * 100$$

donde

Dh: demanda hídrica sectorial

Oh: oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental, tal como se explicó en el *numeral 3.1.1*)

$Dh = \Sigma$ (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado).

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccs + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

donde

- Dh : demanda hídrica
 Ch : consumo humano o doméstico
 Csp : consumo del sector agrícola
 Csm : consumo del sector industrial
 Ccs : consumo del sector servicios
 Ce : consumo del sector energía
 Ca : consumo del sector acuícola
 $Aenc$: agua extraída no consumida

$$Oh = Oh_{total} - O_{Qamb}$$

donde

- Oh_{total} es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada
 O_{Qamb} es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

Campo de aplicación: Permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas. Adicionalmente, se genera para unidades hídricas fuentes de abastecimiento de acueductos municipales.

El cálculo de la oferta hídrica natural disponible se realiza para condiciones hidrológicas medias y secas con base en las series de caudales medios mensuales y anuales. Las condiciones secas corresponden al año típico seco, construido a partir de los caudales mínimos de las series de los caudales medios mensuales.

Requerimientos de información: Series históricas de caudales diarios y mensuales con longitud temporal

mayor de 15 años. Información de demanda sectorial para los diferentes usos.

Periodicidad en la actualización: El indicador se actualiza cada cuatro años.

Observaciones: Este indicador ha sido conocido en los ENA anteriores como Índice de escasez. En cada ENA, se ha calculado con diferentes refinamientos en los factores de reducción. Asimismo, se ha extendido a unidades de análisis indistintas, lo que ha creado confusiones en la aplicación local y regional para satisfacer requerimientos de la *Tasa por uso del agua*.

La relación demanda-oferta en otros países se reconoce como: *Relative Water Stress Index* (Unesco), índice de presión o índice de explotación de agua (extracción)¹.

El grupo de trabajo lo ha identificado con el nombre de "*índice de uso del agua*", pues el caudal ambiental en esta propuesta se considera una demanda del ecosistema o uso que hacen los ecosistemas del agua; y por ello no es adecuado el nombre de índice de extracción. Tampoco debe seguir llamándose *de escasez*, pues en realidad la escasez es una condición del problema y no el objeto de medición.

Resultados alcanzados en la determinación del Índice de uso del agua. La metodología y determinación de la oferta hídrica superficial y de la demanda de agua sectorial para zonas y subzonas hidrográficas, así como para unidades hídricas fuente de

¹ La European Environment Agency (EEA) y Naciones Unidas utilizan la denominación Water Exploitation Index. Se referencia con su clasificación en el documento Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Agência Nacional de Águas Ministério Do Meio Ambiente, Brasília, DF, mayo de 2005. Véase http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf.

abastecimiento de población, en condiciones hidrológicas medias y secas, se presentan en el *Capítulo 3* y en el *Capítulo 5*, respectivamente.

La categorización de condición de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible se define a partir de cinco rangos: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Se tomó como referente el concepto de Naciones Unidas, utilizado en indicadores del ENA 1998, en el que se considera que cuando la relación de la demanda sobre la oferta, en condiciones hidrológicas de año medio, sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis. En la *Tabla 8.1* se presentan los rangos y categorías aplicados para en el ENA 2010.

Tabla 8.1. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA).

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Los resultados del cálculo del IUA para condiciones hidrológicas de año medio y año típico seco en las 309 subzonas hidrográficas, así como las estimaciones para unidades hídricas fuente de abastecimiento para la población se presentan en las tablas de los *Anexos 1 y 2*.

En la *Figura 8.1* y en la *Figura 8.2*, se espacializan los resultados para las subzonas hidrográficas en año medio y año seco, respectivamente.

Estos resultados muestran cómo las subzonas de áreas hidrográficas del Magdalena-Cauca y del Caribe son las que tienen mayores presiones por el uso de agua. La cantidad de subzonas hidrográficas sometidas a altas presiones se incrementa o pasa a categorías más críticas cuando hay condiciones hidrológicas de año seco o extremas, como en fenómeno de El Niño.

El análisis de este indicador y la identificación de las subzonas más críticas se realizan de manera conjunta con los demás indicadores, en la evaluación por áreas hidrográficas, más adelante, en este capítulo.

En la *Figura 8.3*, se presenta el mapa con los resultados indicativos del IUA para las unidades hídricas que abastecen los acueductos municipales. Es importante anotar que, debido a que la mayoría de estas fuentes corresponden con unidades muy pequeñas, no es posible espacializar a la escala que se presenta el mapa nacional, y a manera de señal se presenta en el mapa municipal.

Coherente con el indicador para las subzonas, las áreas hidrográficas más presionadas por el uso de agua en relación con la oferta disponible corresponden con Magdalena-Cauca y Caribe, con unas pocas del piedemonte llanero en la Orinoquía y con en el Pacífico.

Como se puede observar en la *Figura 8.4*, las categorías media, alta y muy alta del índice del uso del agua para la condición climática de año medio muestran 157 municipios, con una población involucrada de 12'552.470, la cual representa el 35% de la población urbana del país.

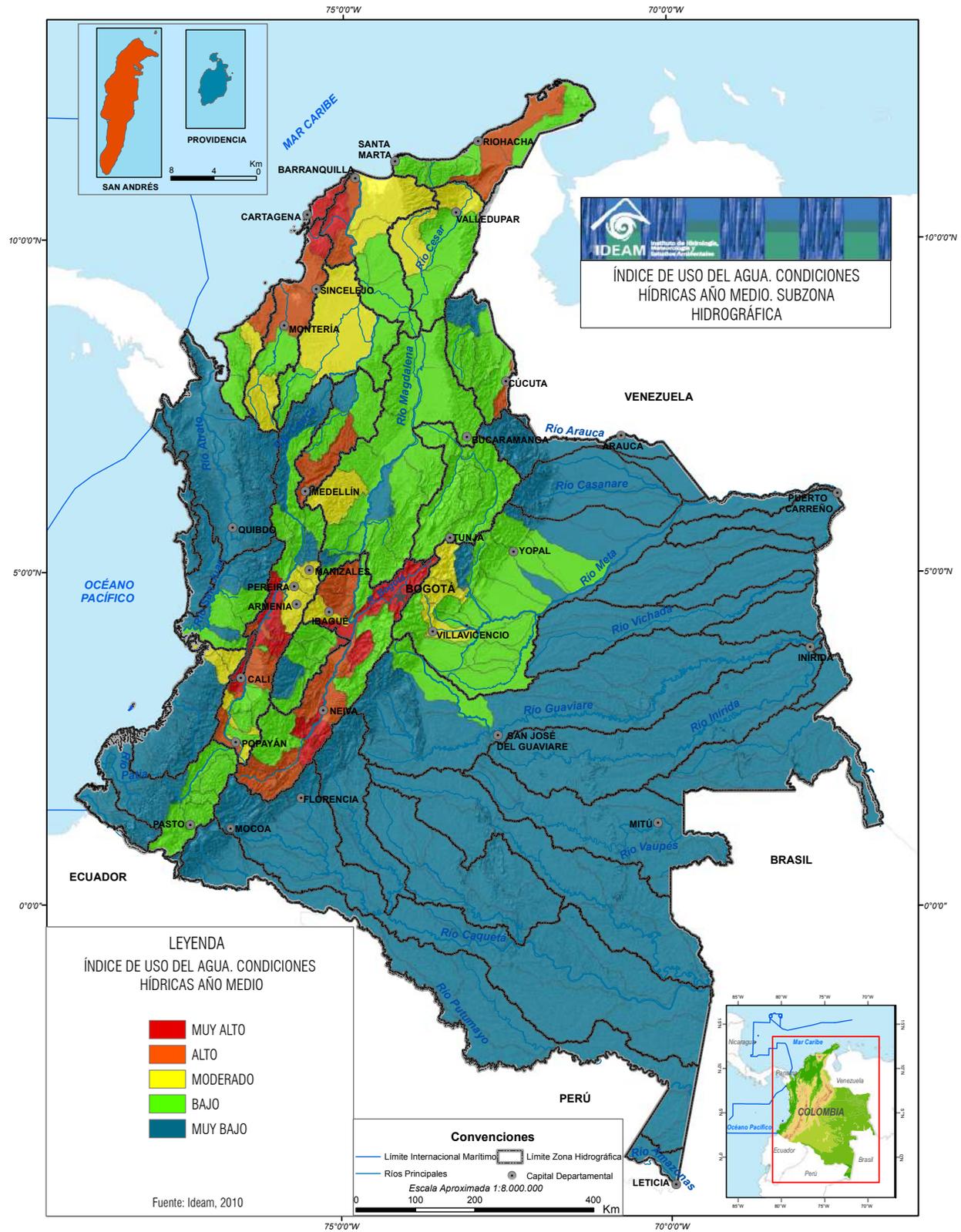


Figura 8.1. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.

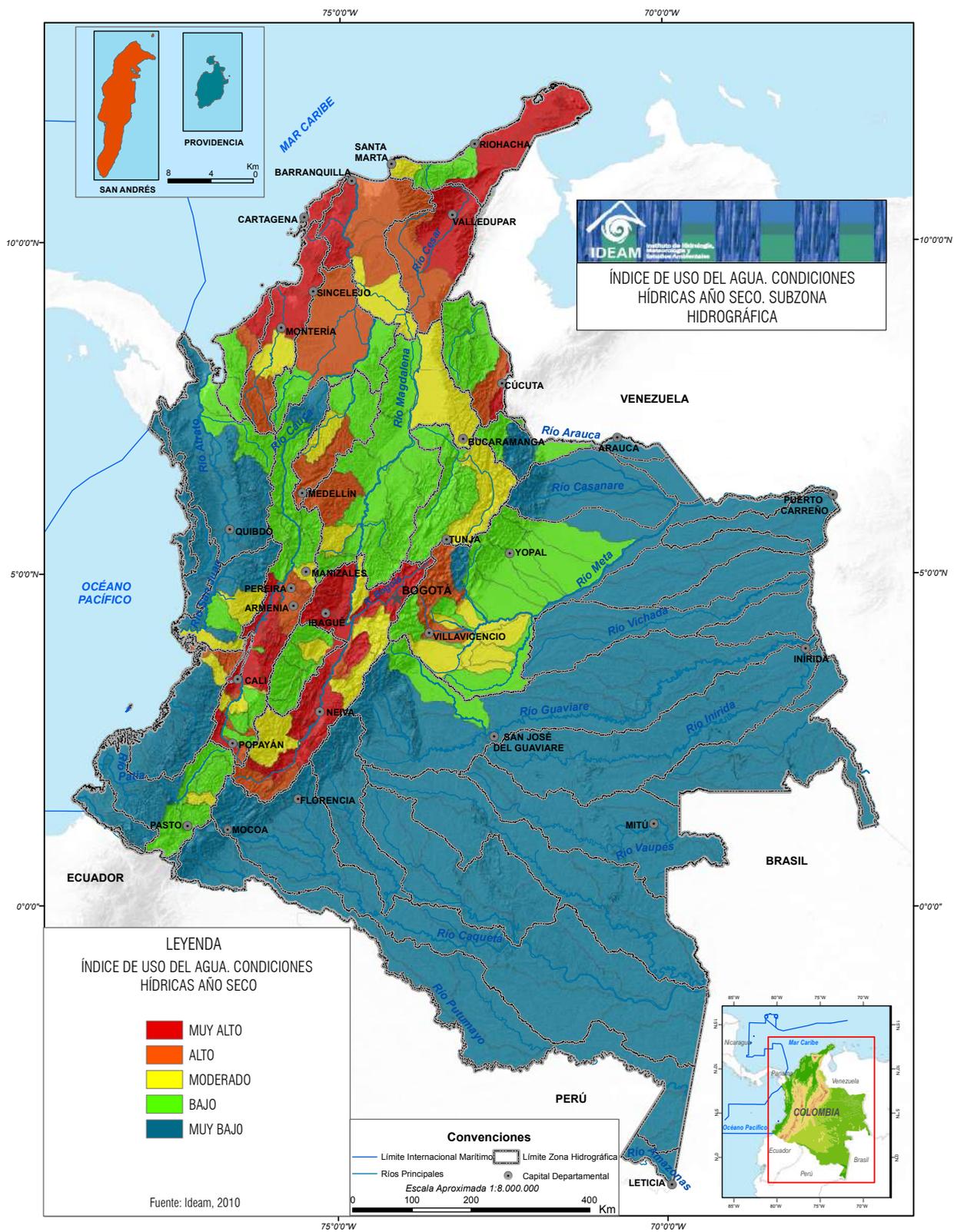


Figura 8.2. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año típico seco.

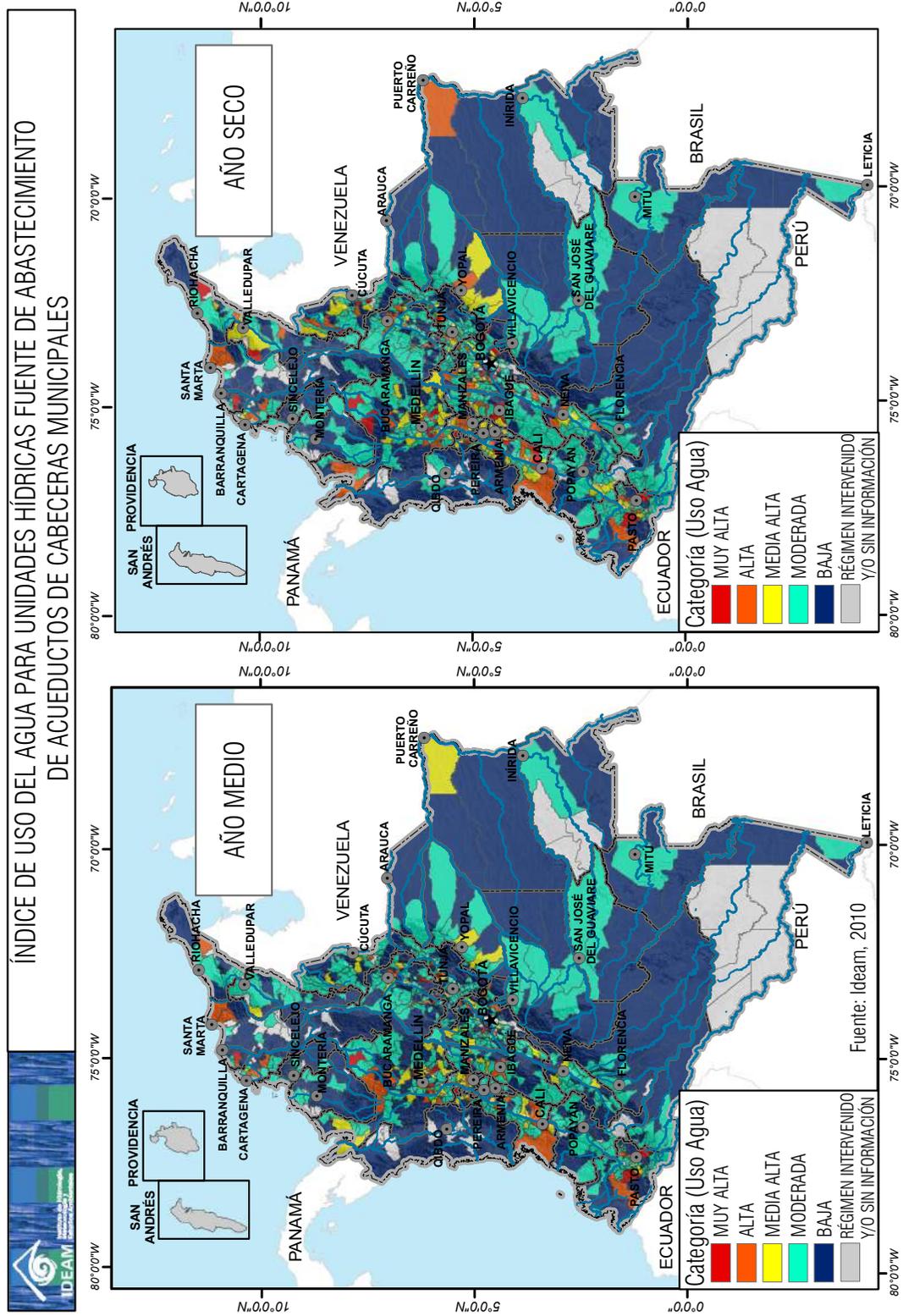


Figura 8.3. Índice de uso del agua para unidades hídricas fuente de abastecimiento de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.

Cabeceras municipales Índice de Uso de Agua - IUA Año Medio			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	504	14.709.412	Blue
Baja	436	8.930.621	Green
Medio	76	4.757.180	Yellow
Alta	57	3.716.395	Orange
Muy alto	24	4.078.895	Red
Sin informacion	47	208.830	White

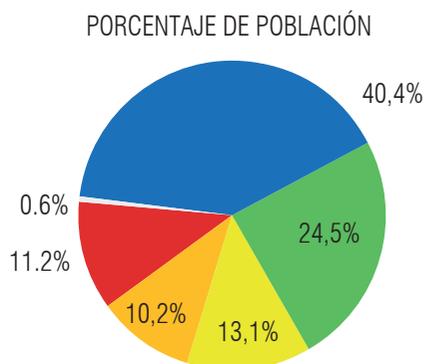


Figura 8.4. Índice de uso del agua en unidades hídras fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales, en condiciones hidrológicas medias.

Cabeceras municipales Índice de Uso de Agua - IUA Año Medio			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	405	13.902.944	Blue
Baja	422	6.416.741	Green
Medio	98	6.198.205	Yellow
Alta	93	3.358.453	Orange
Muy alto	55	6.248.750	Red
Sin informacion	47	276.240	White

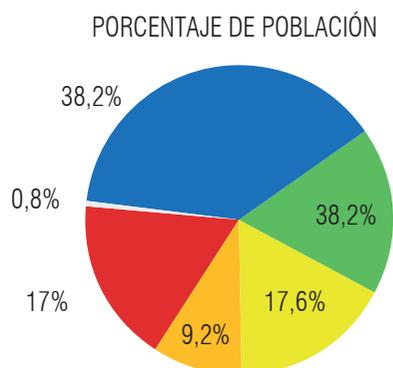


Figura 8.5. Índice de uso del agua en unidades hídras fuente de abastecimiento de la población encabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.

Esta relación de demanda de agua con respecto a la oferta disponible (IUA) para condiciones secas muestra que la población afectada por posibles condiciones críticas alcanzaría a 15'805.408 de habitantes de 246 municipios, es decir, que en dicha condición se incrementaría la población afectada en un 8% con respecto a condiciones hidrológicas medias, como se muestra en la tabla y en el gráfico de la *Figura 8.5*.

8.1.4. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)

Definición y significado: Grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el *Fenómeno cálido del Pacífico* (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento.

Fórmula: El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA). Las categorías de este índice se presentan en la *Tabla 8.2*.

Tabla 8.2. Matriz de relación para categorizar el Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH).

Categorías Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)		
Índice de uso de agua	Índice de regulación	Categoría Vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Campo de aplicación: La generación del índice está asociada con el campo de aplicación de los IRH y el IUA. Por lo tanto, permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas. Además, se genera para unidades hídricas fuentes de abastecimiento de acueductos municipales. El cálculo se realizará cada año para condiciones hidrológicas medias y secas.

Requerimientos de información: La información básica que se requiere para el cálculo del IRH y del IUA.

Periodicidad en la actualización: Se actualiza cada 4 años.

Observaciones: Este indicador se generó en los ENA de 1998 y del 2000 con el cálculo del IRH, con base en un modelo en el que, para la estimación de la retención de humedad, se utilizaron mapas de suelos, cobertura vegetal y variables meteorológicas, como la precipitación.

Resultados alcanzados en la determinación del Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua. Los resultados del IVH para condiciones hidrológicas de año medio y año típico seco en las 309 subzonas hidrográficas, así como las estimaciones para unidades hídricas fuente de abastecimiento para la población se presentan en las tablas de los *Anexos 1 y 2*.

En la *Figura 8.6* y en la *Figura 8.7*, se muestra la espacialización de los resultados por subzonas hidrográficas para un año medio y un año seco, respectivamente.

Más adelante en este capítulo, de manera conjunta con los demás indicadores, en la evaluación por áreas hidrográficas, se realizan el análisis de este indicador y la identificación de las subzonas más críticas.

En la *Figura 8.8*, se presenta el mapa con los resultados indicativos del IVH para las unidades hídricas que abastecen los acueductos municipales. Igual que para el IUA, la espacialización por municipio es indicativa.

El número de municipios que estarían dentro de las categorías media, alta y muy alta del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para un año medio sería de 483, con una población asociada cercana a doce millones de habitantes, concordante con el índice de uso para estas mismas condiciones hidrológicas medias, como lo muestran los valores de la *Figura 8.9*. En

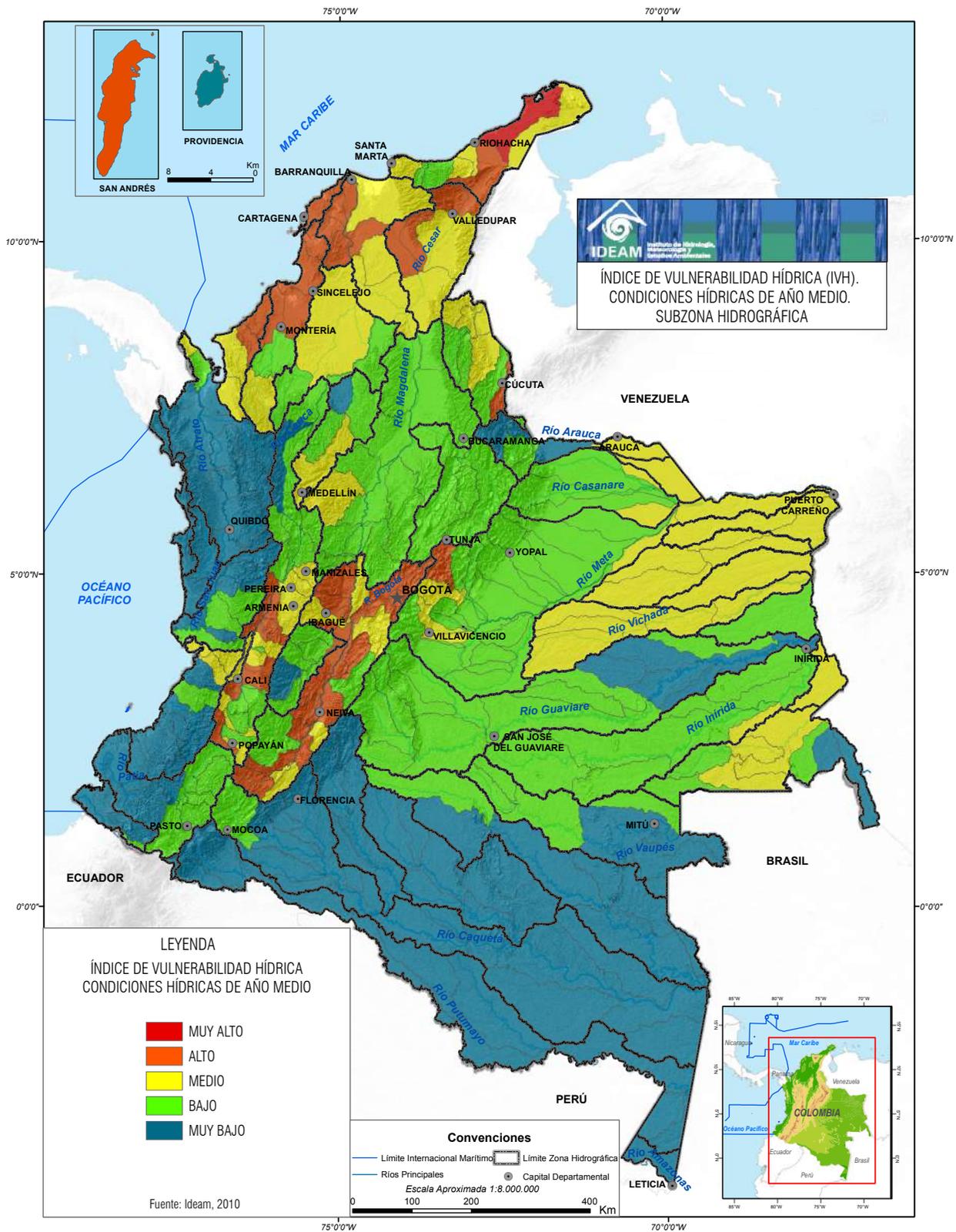


Figura 8.6. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.

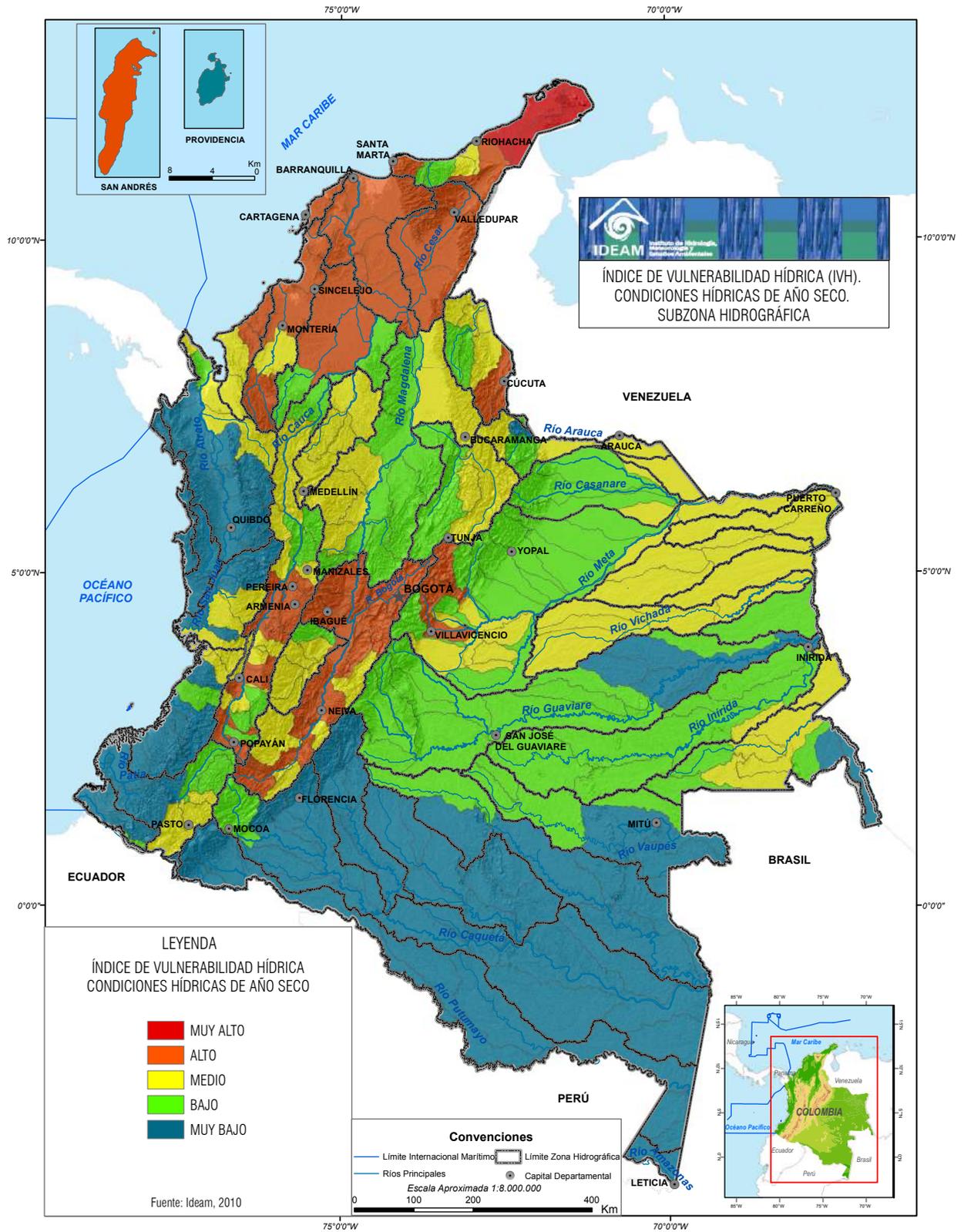


Figura 8.7. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año seco.

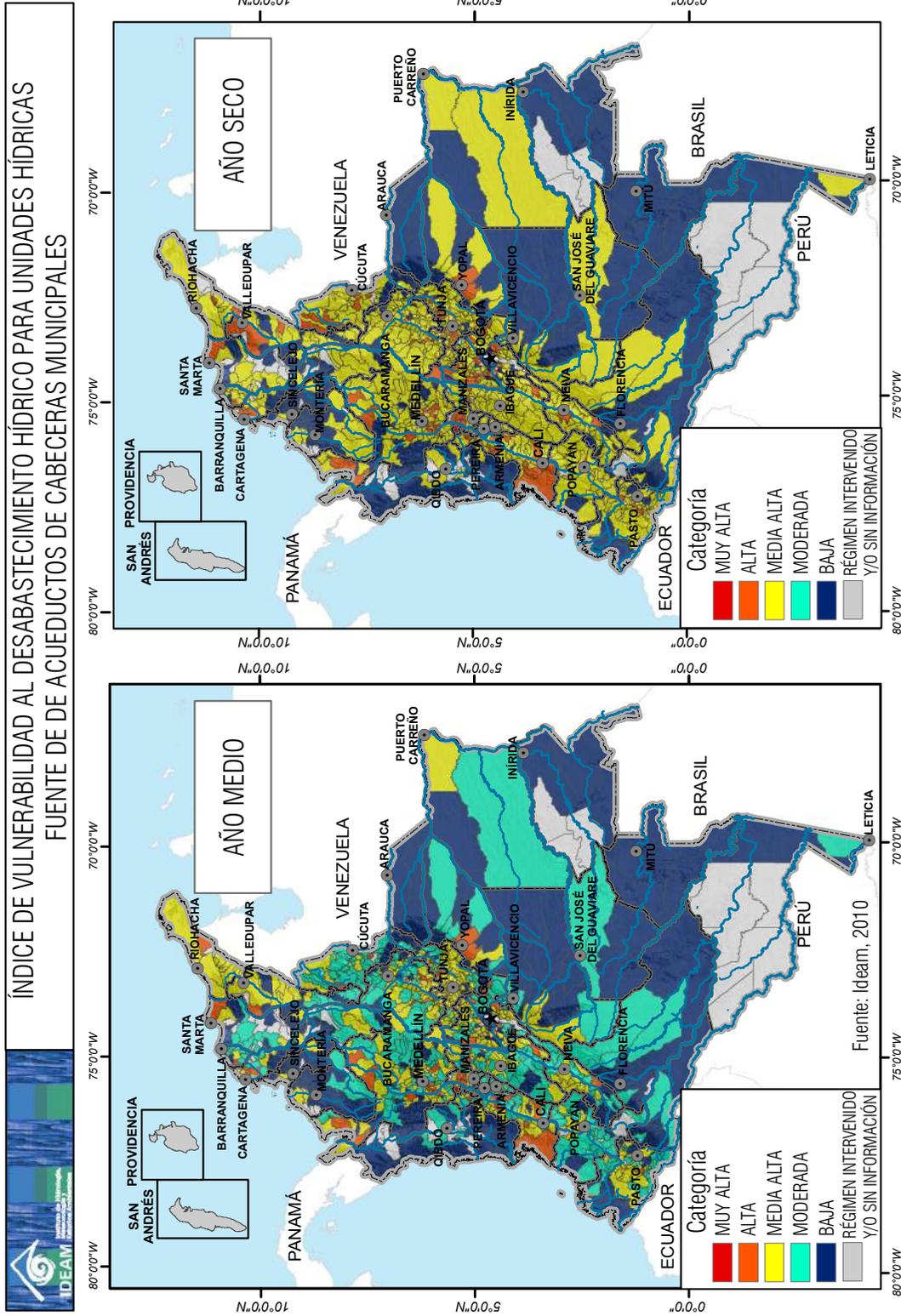


Figura 8.8. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para unidades hídricas fuente de de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.

Cabeceras municipales Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico IVH año medio			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	285	5.405.169	
Baja	352	9.386.654	
Medio	401	7.726.139	
Alta	79	4.315.438	
Muy alto	3	174.356	
Sin informacion		9.393.577	

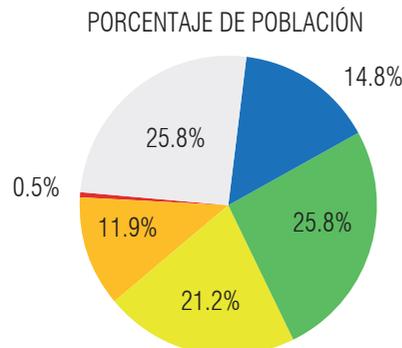


Figura 8.9. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio.

Cabeceras municipales Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico IVH año seco			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	243	5.216.326	
Baja	320	5.440.509	
Medio	352	7.582.759	
Alta	134	8.136.984	
Muy alto	9	348.556	
Sin informacion	62	9.676.199	

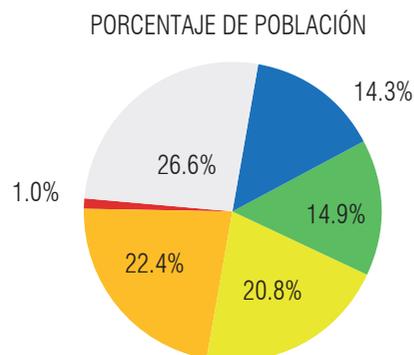


Figura 8.10. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.

la isla de San Andrés, tanto el índice de uso de agua superficial (IUA) como el índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento **presentan condiciones de criticidad**. Esta condición está **relacionada con la dependencia** de aguas subterráneas para suplir los diferentes usos. En Providencia, se presentan bajos valores de vulnerabilidad y condiciones favorables de relación de demanda con respecto a la oferta hídrica superficial.

Para un año seco, la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico **asciende a 495 municipios, para una población que supera los dieciséis millones de habitantes**. Sin embargo, nueve de estos municipios son de alta vulnerabilidad, e incluyen alrededor de 350.000 habitantes. Véase la *Figura 8.10*.

En la tabla del *Anexo 2*, se muestran los valores de oferta hídrica e indicadores para las condiciones de años medio y seco asociados con las unidades de abastecimiento para la población de las cabeceras municipales del país.

8.1.5. Índice de calidad de agua (ICA)

La definición, el significado y la metodología de cálculo de este índice se desarrollaron en el *Capítulo 6*.

Campo de aplicación: De acuerdo con la última ficha metodológica elaborada por el Ideam (agosto 2009),

se identifican seis aplicaciones básicas. La ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de aguas.

Para el ENA, se considera la aplicación de cinco variables y se analizan las condiciones de calidad a través del ICA en los 154 puntos de referencia, ya que un análisis regional requiere considerar la dinámica y la capacidad de asimilación de las corrientes y cuerpos de agua a partir de modelación.

Requerimientos de información: Información de las variables DQO, OD, SST, conductividad y pH.

Periodicidad en la actualización: Se pueden hacer análisis anuales en función de las campañas de monitoreo que se realicen durante el año en la Red de referencia del Ideam (154 puntos).

Observaciones: El índice de calidad de agua, como el de escasez, ha tenido variaciones metodológicas y de alcance del indicador, en relación con el número y tipo de parámetros que lo componen y la forma de ponderarlos para el cálculo.

El Ideam, en la generación de línea base año 2000, utilizó un ICA construido con siete variables. Teniendo en cuenta la incidencia del caudal en la capacidad de asimilación, el Ideam propone incluir esta variable como un elemento más de ponderación para el ICA. Sin embargo, no hay mediciones sistemáticas de caudal en los puntos de medición, Red de referencia (154).

8.1.6. Índice de alteración potencial de la calidad (IACAL)

Este indicador tiene como propósito determinar las amenazas potenciales por alteración de la calidad en

las unidades de análisis. La definición, significado, metodología y estimaciones de este índice se realizan en el *Capítulo 6*.

Campo de aplicación: Se aplica a escala municipal en centros urbanos y agregación para las 309 subzonas hidrográficas.

Requerimientos de información: Cargas estimadas a partir de inventario consistente en la aplicación de factores de vertimiento de la Organización Mundial de la Salud (1993).

- Población 2008 en cabeceras municipales (proyección del DANE, s. f.)
- Cuarenta actividades industriales (DANE, 2008b), incluido el sacrificio de ganado (bovino + porcino).

Variables:

- Materia orgánica: DBO, DQO, DQO-DBO
- Sólidos en suspensión: SST
- Nutrientes: N total, P total
- Oferta hídrica

Periodicidad en la actualización: Los inventarios de contaminantes se pueden actualizar anualmente; la oferta hídrica, cada cuatro años.

Observaciones: Excluye:

- Patógenos
- Plaguicidas
- Microcontaminantes orgánicos tóxicos o persistentes
- Cancerígenos o disruptores del sistema endocrino
- Metales pesados

8.2. Metodología para el análisis integral del estado y la dinámica del agua por área hidrográfica

El análisis integral del estado y la dinámica del agua se hace con base en los indicadores de referencia (IUA, IRH, IVH, IACAL e ICA). Se realiza una síntesis para condiciones hidrológica medias y secas, y se incorporan además las afectaciones por variabilidad y cambio climático, las condiciones de la demanda, las presiones sobre la calidad y la presencia de aguas subterráneas. En la *Figura 8.11*, se ilustra la ruta metodológica utilizada en el proceso de análisis por área, haciendo énfasis en las subzonas hidrográficas con

mayores restricciones en cantidad, vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento y calidad. Igualmente, se identifican las subzonas hidrográficas con menores presiones y condiciones de equilibrio hidrológico.

8.3. Proyecciones de la demanda hídrica sectorial a 2019

La demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019, conforme a los sectores seleccionados, alcanza un orden de magnitud de 70.551 Mm³. En la *Tabla 8.3* y en la *Figura 8.12*, se presentan los estimativos de uso y consumo por sectores y su participación porcentual con respecto al total nacional.

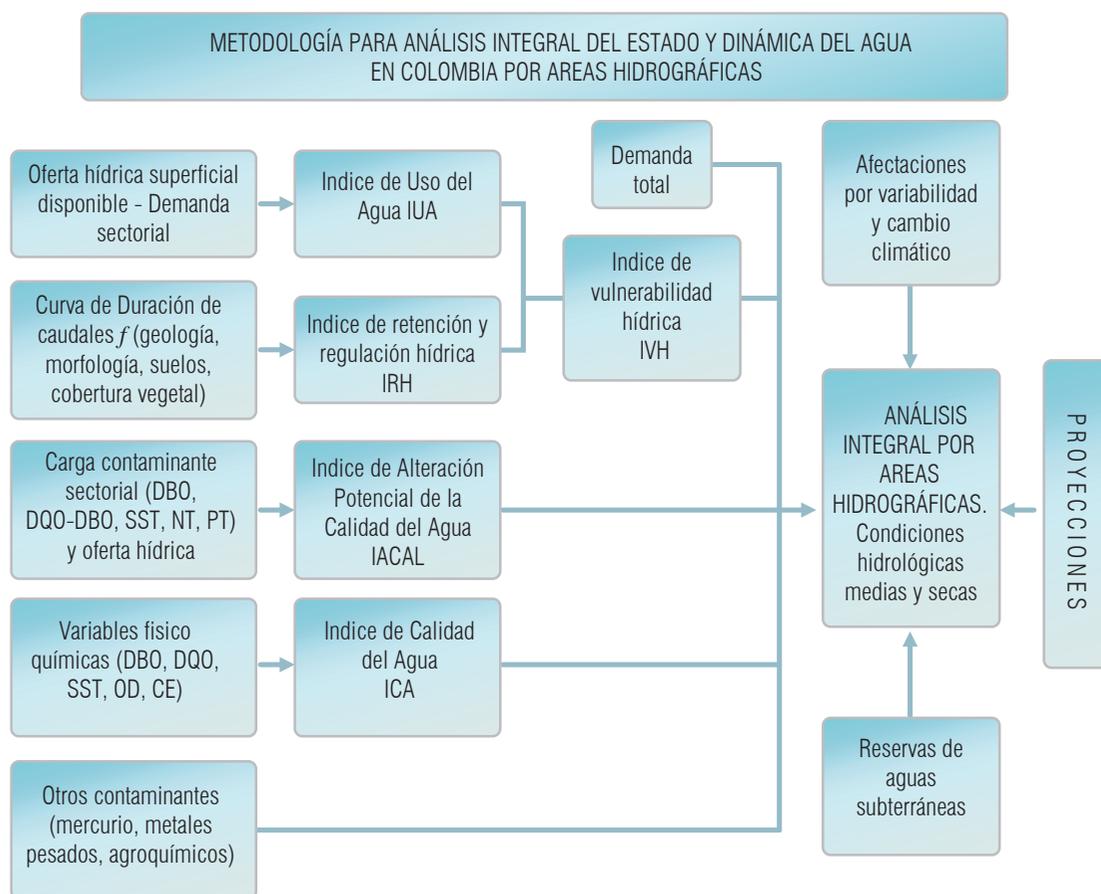


Figura 8.11. Metodología para análisis integral del estado y dinámica del agua en Colombia, por áreas hidrográficas

Tabla 8.3. Demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019.

Cobertura ENA agrícola	Demanda hídrica sectorial 2008 Mm ³ /año	Proyección demanda hídrica sectorial a 2019	Participación sectorial demanda hídrica 2008 Mm ³ /año	Participación sectorial demanda hídrica proyectada 2019	Incremento porcentual demanda hídrica de 2008 a 2019
Pecuario	2.220	6.885	6,19%	9,76%	210%
Acuicultura	2.584	8.316	7,20%	11,79%	222%
Industria	1.557	2.584	4,34%	3,66%	42%
Servicios	528	797	1,47%	1,13%	51%
Doméstico	2.626	2.961	7,32%	4,20%	13%
Energía	6.976	10.893	19,44%	15,44%	56%
Agrícola	19.386	38.115	54,03%	54,02%	97%
Total	35.877	70.551	100,00%	100,00%	

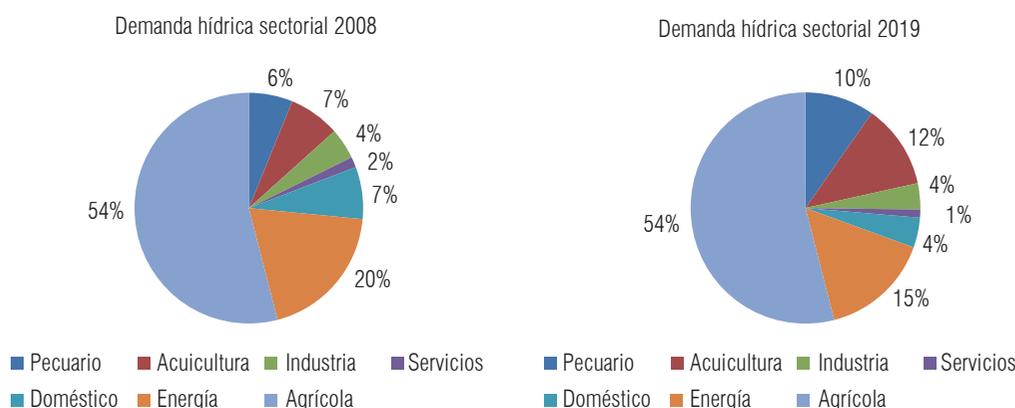


Figura 8.12. Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial para 2008 y 2019.

Las variaciones registradas entre la estimación de 2008 y la proyección a 2019, en el caso del sector pecuario y acuicultura, se explican por:

- En el agregado de la demanda hídrica proyectada a 2019 para el sector pecuario, la medición que explica la mayor utilización del recurso hídrico está concentrada en el subsector de gran ganadería (bovinos). En esta, son en esencia dos factores los que explican el incremento con respecto a la estimación de 2008: a) el tamaño de la población o del inventario ganadero, que presenta una variación a razón de 1:1.79; lo que a su vez se traduce en el uso del recurso hídrico, en la fase de cría, levante y terminación, a razón de 1:2.69. b) el nivel de sacrificio proyectado con

base en la tasa de crecimiento (19%), lo que incide en la variación de población y de utilización del recurso hídrico a razón de 1:3.66. c) por último, la relación de utilización de agua en lugares de estabulación de la población ganadera presenta una variación a razón de 1:1.79.

En el caso de la proyección de la demanda hídrica en las actividades de acuicultura, la variación se explica básicamente por la tendencia de crecimiento en la última década y las expectativas de consolidación de la oferta exportable. La tasa de crecimiento de la producción en este sector es muy superior a la registrada en su conjunto para las ramas de actividad agrícola, pecuaria y de silvicultura.

- En el resto de los sectores, la demanda hídrica proyectada responde al crecimiento, en un escenario moderado, de los volúmenes y cantidades de producto conforme a la tendencia presentada en el periodo 2000-2007, de acuerdo con la síntesis económica que realiza el DANE a través del sistema de Cuentas Nacionales, y de las metas y logros prospectados en el marco del Plan de Desarrollo 2010-2014: «Prosperidad para todos» y del documento de política «Visión Colombia Segundo Centenario: 2019».

8.3.1. Proyección de la demanda hídrica en el sector pecuario y acuícola

La estimación de la demanda hídrica proyectada para el sector pecuario se realiza teniendo en cuenta la información y metas propuestas en el *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019*, publicado por FEDEGAN, y la tendencia observada en el período 2000-2009 de los indicadores macroeconómicos del sector pecuario, como el PIB sectorial, el consumo per cápita y la tasa de extracción o sacrificio, que está determinada por el ciclo ganadero.

PIB sectorial: La actividad ganadera durante el período 2000-2008 presenta una participación del 3,6% con respecto al PIB total nacional; del 27% con respecto al PIB agropecuario; y del 64% del PIB pecuario. En el periodo 2000-2005, la avicultura presentó un crecimiento promedio anual del orden del 36% y del 24% en el caso de la producción de porcinos.

Tasa de extracción: El sistema nacional de sacrificio asociado a la actividad pecuaria (bovinos, porcinos y aves) se caracteriza por: a) **total dispersión, de forma tal que existe un “matadero” en prácticamente cada municipio del país y en muchos corregimientos.**

b) inadecuada ubicación de los centros de beneficio; por lo general, los de mayor capacidad y nivel tecnológico se encuentran también en los grandes centros de consumo, alejados de las zonas de producción. c) persistencia del sacrificio clandestino en algunas regiones del país. d) se estima que 1.298 “mataderos” de gran ganado (90% del total) no realizan tratamiento de aguas servidas y que 616 (43%) **las vierten directamente a los ríos, generando graves problemas de salud pública (CGR, 2008).** e) **la estructura del eslabón industrial es concentrada desde el punto de vista del volumen de sacrificio, pero no de la concentración espacial vista desde el número de plantas.** Estas características explican, a su vez, el nivel de sacrificio no registrado.

Para la población de bovinos, la tasa de sacrificio promedio anual llegó a ser del 15% en el periodo comprendido entre 1997 y 2005, con variaciones importantes entre los años 1997 y 2000, lapso en el que se presentó la mayor tasa de extracción, seguida por una caída hasta 2003 y un nuevo repunte sostenido hasta 2008. La tasa de extracción anual proyectada por Fedegan en el *Plan estratégico de la ganadería colombiana* es del 16%.

Capacidad de carga: Explica la relación entre el área ocupada en gran ganadería (30,4 millones o 38,3 millones, incluyendo malezas y rastrojos) y el tamaño del hato; arroja una carga efectiva de 0,75 animales por hectárea, con base en la menor de las dos cifras, y de 0,60 animales por hectárea (cifra oficial).

El consumo de carne sectorial per cápita muestra: a) para bovinos, una tendencia decreciente, que inicia en la década de los noventa, de 23 kg/hab-año, hasta ubicarse en 16,7 kg/hab-año en 2005. b) durante el mismo lapso, el consumo de pollo presentaba una tendencia con la misma intensidad, pero totalmente opuesta, ya que pasó de 4 kg/hab-año en la década de los

ochenta, a 16 kg por habitante al año durante 2005, lo cual refleja una clara sustitución del consumo de carne de res por carne de pollo. La carne de pollo pasó de representar poco más del 20% del consumo total de las carnes a principios de la década anterior, al 42% en la actualidad. c) el cerdo, por su parte, aunque muestra unos bajos niveles de consumo, no mayor a los tres kilos y medio per cápita desde el año 2002, empieza también a mostrar una tendencia al alza.

Con base en los anteriores hitos, se proyecta la demanda hídrica en el sector pecuario aplicando las siguientes tasas de crecimiento:

Bovinos. a) cifra de población (número de cabezas en pie) proyectada por Fedegan a 2019 (48 millones de reses). b) tasa crecimiento del inventario (15%) aplicable al período 2020-2025. c) **estructuras de población**, por grupos etarios, sexo y propósito, de la producción registradas en el inventario 2008 en la Encuesta Nacional Agropecuaria. d) tasa de sacrificio registrado e informal conforme a la tasa media de extracción considerada por Fedegan (19%).

En la *Tabla 8.4*, se presentan las proyecciones de la demanda hídrica a 2019 para el sector de bovinos.

Porcinos. a) para proyectar el crecimiento de la población de traspatio registrada por CCI en 2008 y llevada a 2019, se utiliza el **15% como tasa de crecimiento**, obtenida como el promedio simple de las tasas de crecimiento del índice de volumen del PIB para el periodo 2001-2007, año base 2005 (3,03%) y la tasa de crecimiento del valor de la producción a precios constantes 2000-2007, del año base 2000, tomado de la matriz de utilización para la rama de actividad 03: animales vivos y productos animales (18%). b) **tasa de sacrificio del 10% de extracción** asumiendo la tasa de sustitución en el consumo de carne del sector pecuario. Los resultados de las proyecciones se presentan en la *Tabla 8.5*.

Tabla 8.4. Proyección de la demanda hídrica a 2019, sector de bovinos.

Proyección demanda hídrica, sector de bovinos, m ³ /año		
Inventario bovinos		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación(m ³ /año)
Total animales 2019	48.000.000	1.947.348.000
Sacrificio registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado(m ³ /año)
Total animales sacrificados 2019	9.120.000	1.664.400.000
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m ³ /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	912.000	166.440.000
Inventario bovinos		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio(m ³ /año)
Total animales 2019	48.000.000	700.800.000
Total (m³) 2019		4.478.988.000

Tabla 8.5. Proyección de la demanda hídrica (m³) a 2019, sector de porcinos.

Proyección demanda hídrica (m ³) a 2019, sector porcinos		
Inventario porcinos		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m ³ /año)
Total animales 2019	10.865.852	43.628.417
Sacrificio registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m ³ /año)
Total animales sacrificados 2019	4.362.640	477.709.054
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m ³ /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	13.087.919	1.433.127.162
Inventario porcinos		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m ³ /año)
Total animales 2019	10.865.852	39.660.361
Total (m³) 2019		1.994.124.994

Aves. a) para proyectar el crecimiento de la población de traspatio registrada por CCI en 2008 se utilizó la misma base y las tasas de crecimiento mencionadas anteriormente en el ordinal (a) de porcinos. b) tasa de sacrificio del 15% de extracción asumiendo la tasa de sustitución en el consumo de carne del sector pecuario. La *Tabla 8.6* resume las proyecciones de la demanda de agua del sector aves para 2019.

Acuicultura. Tasa de crecimiento del valor de la producción a precios constantes 2000-2007, del año base 2000, tomado de la matriz de utilización para la rama de actividad correspondiente (16%). En la *Tabla 8.7*, se resumen los resultados de las proyecciones de la demanda de agua para 2019.

La demanda hídrica agregada para el sector pecuario y de producción avícola, proyectada a 2019, se estima en 15.401 Mm³.

Tabla 8.6. Proyección de la demanda hídrica a 2019 del sector de aves.

Proyección demanda hídrica sector de aves m ³ /año		
Inventario avícola		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m ³ /año)
Total animales 2019	39.806.305	61.023.066
Sacrificio registrado		Demanda Hídrica en fase de sacrificio registrado (m ³ /año)
Total animales sacrificados 2019	793.340.152	46.331.065
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m ³ /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	238.002.046	13.899.319
Inventario avícola		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m ³ /año)
Total animales 2019	39.806.305	290.586.030
Total (m³) 2019		411.839.480

Tabla 8.7. Proyección de la demanda hídrica para 2019 del sector acuícola.

Departamento	Tilapia		Cachama		Trucha		Total departamento
	kg/año 2019	m ³ /rendimiento densidad final	kg/año 2019	m ³ /rendimiento densidad final	kg/año 2019	m ³ /rendimiento densidad final	m ³ /rendimiento densidad final
Antioquia	2.998.717	2.214.962	1.852.450	3.612.277	8.668.646	676.154.418	681.981.657
Boyacá	1.504.476	3.207.542	1.995.733	2.698.231	552.665	31.792.030	37.697.804
Córdoba	1.422.600	3.032.982	6.872.486	9.291.602	0	0	12.324.584
Cundinamarca	7.169.288	15.284.922	2.031.554	2.746.661	7.143.702	209.871	18.241.454
Huila	90.990.083	3.606.934.701	6.330.056	8.558.236	1.310.020	38.486	3.615.531.423
Sistemas en tierra	27.796.982	74.440.317	6.330.056	8.558.236	1.310.020	0	82.998.554
Sistemas de jaula	63.193.102	3.532.494.383	0	0	0	0	3.532.494.383
Meta	24.895.493	24.895.493	11.703.184	15.214.140	51.173	1.503	40.111.136
Santander	6.816.197	4.922.809	11.825.999	15.373.798	1.258.847	41.962	20.338.569
Tolima	9.814.914		5.405.708	7.131.420	2.246.469	44.930	7.176.350
Sistemas en tierra	5.888.948	16.842.392		0	0	0	16.842.392
Sistemas de jaula	3.925.965	196.298.274		0	0	0	196.298.274
Valle del Cauca	7.701.483	19.022.664	2.645.626	4.127.176	322.388	32.239	23.182.079
Otros departamentos	7.143.702	15.230.372	11.631.543	15.725.846	2.072.492	60.887	31.017.104
Total	261.261.949	7.514.821.812	68.704.396	93.037.624	24.936.431	708.376.327	8.316.235.762

8.3.2. Proyección de la demanda hídrica en el sector Industrial

Los siguientes son los parámetros y pasos de cálculo para la estimación de la demanda hídrica industrial, proyectada para 2019:

1. El dato de línea base para la estimación de la demanda hídrica industrial proyectada es el valor de demanda alcanzado en 2007 igual a 1.577 Mm³, reportado en el Estudio Nacional del Agua 2010.

Para mover la cifra registrada en el Estudio Nacional del Agua 2010 y llevarla a 2019, se parte del dato de línea base, que se distribuye a nivel de la estructura de ramas de actividad industrial registrada en la EAM en 2007², tomando como variable de distribución el consumo intermedio (agua como materia prima), reportado en esta encuesta para el mismo año de referencia, multiplicado por el valor promedio del índice de volumen registrado en el periodo 2000-2007 para el conjunto de industrias manufactureras, según la

Tabla 8.8. Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica-industrias manufactureras.

Producto Interno Bruto - Por ramas de actividad económica (clasificación Cuentas Nacionales)
Tasas anuales de crecimiento en volumen
Serie 2000 - 2007, Base 2005 (%)

Clasificación Cuentas Nacionales	Concepto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
C.	Industrias manufactureras	-	2,9	2,1	4,9	7,9	4,5	6,8	7,2
10	Producción, transformación y conservación de carne y pescado	-	-1,1	0,5	5,2	2,4	2,3	5,1	7,0
11	Elaboración de aceites y grasas animales y vegetales	-	-5,0	-0,7	5,3	0,3	2,0	1,0	5,2
12	Elaboración de productos lácteos	-	7,4	-0,2	4,5	4,2	1,4	1,9	2,5
13	Elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, alcuquuz y productos farináceos similares	-	2,1	3,7	2,4	3,5	1,2	3,1	7,4
14	Elaboración de productos de café	-	4,8	3,5	-3,6	0,8	3,3	3,5	-0,7
15	Ingenios, refinerías de azúcar y trapiches	-	-0,4	6,8	4,3	3,6	0,8	9,8	-2,7
16	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	-	9,2	4,0	0,0	5,2	6,8	0,6	3,6
17	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p	-	-5,0	-6,8	-4,3	5,0	3,4	7,6	13,3
18	Elaboración de bebidas	-	7,0	-1,9	6,9	6,0	8,6	4,9	7,8
19	Fabricación de productos de tabaco	-	0,7	15,8	9,5	2,6	-15,8	0,0	7,4
20	Preparación e hilatura de fibras textiles; Tejeduría de productos textiles; acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	-	-3,2	-1,9	10,1	-0,7	-4,4	4,9	-0,3
21	Fabricación de otros productos textiles	-	1,8	5,5	3,6	14,3	-6,3	17,3	9,6
22	Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo; fabricación de prendas de vestir; preparado y tejido de pieles	-	8,9	-2,0	5,9	10,2	0,1	10,3	16,1
23	Curtido y preparado de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y similares; artículos de talabartería y guaracionería	-	-4,4	0,8	2,2	6,2	5,1	5,0	14,2
24	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	-	-0,8	9,5	2,1	10,9	2,2	8,9	10,7
25	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	-	-3,4	9,1	1,2	6,9	5,3	8,0	5,3
26	Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	-	5,1	6,8	5,0	6,1	7,1	4,0	7,2
27	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	-	1,8	2,3	9,3	10,7	4,4	3,0	3,2
28	Fabricación de sustancias y productos químicos	-	3,0	1,9	2,2	7,1	4,3	8,1	6,9
29	Fabricación de productos de caucho y de plástico	-	2,3	2,1	3,3	10,0	2,7	5,0	7,5
30	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	-	1,0	4,7	6,8	11,1	11,0	14,2	9,0
31	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	-	0,7	0,2	9,8	10,1	5,3	7,3	4,4
32	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	-	4,1	2,5	3,1	11,3	4,1	6,7	10,2
33	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática; fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos ncp; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones; fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión	-	6,4	0,6	0,7	15,2	9,0	10,3	5,8
34	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semiremolques; fabricación de otros tipos de equipo de transporte	-	29,8	0,2	-6,5	27,4	18,6	16,8	22,8
35	Fabricación de muebles	-	9,7	6,3	6,0	5,9	6,9	4,1	7,5
36	Industrias manufactureras n.c.p.	-	-2,7	7,0	21,2	3,1	1,1	8,8	5,0
37	Reciclaje (Recuperación)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=84

2 Por ejemplo, elaboración de aceites y grasas animales y vegetales; elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos y productos farináceos similares; etc.

nomenclatura de Cuentas Nacionales (Tabla 8.8): producto interno bruto por ramas de actividad económica-industrias manufactureras.

- El índice de volumen de las diferentes industrias manufactureras es registrado en la actualización de las Cuentas Nacionales año base 2005 y la correspondiente retropolación en el periodo 2000-2007. La adopción de este índice, discriminado para cada una de las subramas de actividad que conforman el sector de industria, evita la utilización de otro ponderador de aplicación generalizada, que no consideraría la especificidad de las diferentes ramas de producción.

Conforme a la operación de estos factores, la demanda hídrica proyectada en el sector industrial para 2019 sería del orden de 2.584 Mm³ (Tabla 8.9).

8.3.3. Proyección de la demanda hídrica en el sector de servicios

Los siguientes son los parámetros y pasos de cálculo para la estimación de la demanda hídrica de servicios proyectada a 2019:

- El dato de línea base para la estimación de la demanda hídrica del sector servicios proyectada es el valor de demanda alcanzado en 2008, igual a 528 Mm³, reportado en el Estudio Nacional del Agua 2010.
- Para llevar a 2019 la cifra registrada en el Estudio Nacional del Agua, se parte del dato de línea base, que se distribuye por la estructura del registro de la SSPD 2008 para suscriptores comerciales

Tabla 8.9. Proyección de demanda hídrica a 2019 para el sector industrial.

Actividad Industrial	Demanda hídrica 2019 (m ³)
Producción, transformación y conservación de carne y pescado	224.981.184
Elaboración de aceites y grasas animales y vegetales	17.104.559
Elaboración de productos lácteos	109.194.623
Elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, alcuizcuz y productos farináceos similares	18.854.026
Ingenios, refinerías de azúcar y trapiches	56.193.269
Elaboración de cacao chocolate y productos de confitería	297.202
Elaboración de otros productos alimenticios n. c. p.	56.124.443
Elaboración de bebidas	309.214.707
Fabricación de productos de tabaco	372.247
Preparación e hilatura de fibras textiles; tejeduría de productos textiles; acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción y fabricación de otros productos textiles	429.303.092
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	599.429.945
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	731.926
Fabricación de sustancias y productos químicos; fabricación de productos de caucho y de plástico	251.167.045
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	195.233.537
Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	315.072.142
Otras industrias manufactureras n. c. p.	339.322
Total	2.584.036.810

y suscriptores oficiales, tomando como variable de distribución el consumo anual por usuario con desagregación municipal.

- La tasa de crecimiento utilizada para proyectar los consumos en el periodo 2009-2019 es el índice de volumen promedio para el período 2000-2007 de las actividades de servicios según la clasificación de actividades económicas de la nomenclatura de Cuentas Nacionales a 4 dígitos: a) sección F: comercio, reparación, restaurantes y hoteles; b) sección I: actividades de servicios sociales, comunales y personales, que cubre tanto

las actividades de mercado como de no mercado, públicas y privadas (Tabla 8.10).

El índice de volumen de las diferentes actividades de servicios es registrado en la actualización de las Cuentas Nacionales año base 2005 y la correspondiente re interpolación en el periodo 2000-2007. La adopción de este índice, discriminado para cada una de las subramas que conforman el sector, evita la utilización de otro ponderador de aplicación generalizada que no consideraría la especificidad de estas o que puede falsear la tasa de crecimiento de la producción física, debido al efecto de los

Tabla 8.10. Producto interno bruto por ramas de actividad económica-actividades de servicios.

Producto Interno Bruto - Por ramas de actividad económica (clasificación Cuentas Nacionales)
Tasas anuales de crecimiento en volumen
Serie 2000 - 2007, Base 2005 (%)

Clasificación Cuentas Nacionales	Concepto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
37	Reciclaje (Recuperación)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	Captación, depuración y distribución de agua	-	3,9	1,0	2,3	1,8	3,1	1,4	1,3
58	Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares	-	5,0	1,3	8,5	2,4	2,4	11,4	4,3
E.	Construcción	-	5,5	12,3	8,3	10,7	6,9	12,1	8,3
41	Construcción de edificaciones completas y de partes de edificaciones; acondicionamiento de edificaciones	-	6,2	19,8	11,1	23,1	2,5	12,1	1,6
42	Construcción de obras de ingeniería civil	-	5,0	7,0	6,1	-0,1	11,7	12,2	15,8
F.	Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	-	2,9	1,5	3,7	7,1	5,0	7,9	8,3
43	Comercio	-	3,7	1,8	3,0	6,8	5,5	8,2	8,8
44	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores; reparación de efectos personales y enseres domésticos	-	1,2	0,3	2,3	4,3	3,0	5,5	5,0
45	Hoteles restaurantes, bares y similares	-	1,2	1,1	6,8	9,3	4,3	7,8	8,0
G.	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	-	3,3	2,8	4,5	7,6	7,8	10,8	10,9
46	Transporte por vía terrestre	-	1,8	1,9	5,2	6,5	7,2	4,3	7,6
47	Transporte por vía acuática	-	-8,0	2,7	0,4	6,7	-0,4	1,6	8,0
48	Transporte por vía aérea	-	0,2	2,8	3,5	8,2	0,8	16,1	1,4
49	Actividades complementarias y auxiliares al transporte; actividades de agencias de viajes	-	2,4	1,9	7,5	9,7	7,1	10,9	6,9
50	Correo y telecomunicaciones	-	6,8	4,1	3,3	8,4	10,2	18,7	17,7
H.	Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas	-	1,2	3,0	3,9	4,6	5,0	6,4	6,8
51	Intermediación financiera	-	-4,1	1,6	5,7	6,5	5,2	10,9	13,5
52	Actividades inmobiliarias y alquiler de vivienda	-	2,5	2,0	3,0	3,9	3,7	4,0	3,7
53	Actividades de servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios	-	2,5	5,4	4,2	4,5	6,6	7,0	6,9
I.	Actividades de servicios sociales, comunales y personales	-	1,3	1,7	2,0	4,1	3,5	4,4	5,0
54	Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria	-	0,4	1,4	-2,2	4,8	2,0	5,2	5,8
55	Educación de mercado	-	-0,1	-0,8	-0,8	-0,6	0,1	2,8	3,9
56	Educación de no mercado	-	2,6	3,2	7,6	6,5	6,4	1,5	5,5
57	Servicios sociales y de salud de mercado	-	6,5	4,1	9,5	5,5	6,2	6,1	2,9
59	Actividades de asociaciones n.c.p.; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de mercado	-	-1,4	2,0	4,9	3,4	6,2	6,3	6,4
60	Actividades de asociaciones n.c.p.; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de no mercado	-	6,8	3,2	-3,3	8,6	4,2	7,5	7,2
61	Hogares privados con servicio doméstico	-	0,9	1,0	2,1	1,6	0,4	2,2	2,7
	Subtotal valor agregado	-	1,6	2,6	3,8	5,4	4,7	6,3	6,4
D.21-D.31	Impuestos menos subvenciones sobre los productos	-	3,2	0,7	5,4	4,7	4,9	11,0	11,6
D.21	Impuestos sobre los productos	-	3,2	0,7	5,4	4,9	4,9	10,9	11,5
D.211	Impuesto al Valor Agregado (IVA) no deducible	-	0,9	0,3	6,4	5,0	4,3	11,8	12,3
D.212	Impuestos y derechos sobre las importaciones, excepto IVA	-	12,5	4,0	8,2	13,1	15,9	22,3	19,0
D.213, D.214	Otros impuestos sobre los productos	-	3,8	0,0	2,4	1,7	2,8	5,0	6,7
D.31	Subvenciones sobre los productos (-)	-	1,8	1,5	3,5	8,8	3,8	3,7	3,8
	Producto interno bruto	-	1,7	2,5	3,9	5,3	4,7	6,7	6,9

Fuente: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=84

precios cuando el estadístico utilizado para proyectar la demanda está dado en unidades monetarias, como es el caso del PIB sectorial.

La demanda hídrica para el sector de servicios proyectada a 2019 se estima en 797 Mm³, cifra que se obtiene operando la tasa de crecimiento conforme al índice de volumen promedio anual 2000-2007 multiplicado por el consumo por suscriptor comercial y oficial, de acuerdo con la estructura registrada en el Estudio Nacional del Agua 2010 para el cálculo de la demanda hídrica en el sector de servicios en el año base 2008 (Tabla 8.11).

Tabla 8.11. Demanda hídrica en actividades de servicios, proyección a 2019.

Demanda hídrica en actividades de servicios		
Agua suministrada por ESP (m ³)	Concesionado (m ³)	Total volumen utilizado (m ³)
536.923.272	259.798.526	796.721.798

8.3.4. Proyección de la demanda hídrica en el sector de uso doméstico

La proyección de la demanda hídrica a 2019 se formula teniendo como estructura de línea base la estimación de la demanda hídrica para uso doméstico en 2008 y las siguientes hipótesis de cálculo:

1. Cobertura universal de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado a 2019.³ Según la SSPD, en la actualidad se registran coberturas del 83% para el total nacional y del 73% en alcantarillado. Estos niveles tienden a aumentar, dadas las políticas y los mecanismos de regulación que

operan en el sector, y conservan la tendencia registrada en el periodo de referencia 1993-2005, durante el cual se alcanzaron avances muy significativos, pasando del 11% al 83% en acueducto. En el caso del alcantarillado, si bien la cobertura es menor, es importante señalar que en el mismo periodo de referencia se multiplicó por 12 (Moncayo, 2007).

2. Consumo básico actual sostenido, teniendo en cuenta la baja probabilidad de alcanzar consumos significativamente inferiores a los que se registran en la actualidad para el conjunto de la población conectada a un sistema por red; y que en esencia reflejan la incidencia de las políticas de ahorro y uso eficiente del agua, y la racionalidad del consumidor frente a la estructura de costos y tarifas asociadas a la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado; en este último caso, han derivado en una reducción importante del consumo registrado en los últimos años (Cadavid, 2008).
3. Las pérdidas o fugas asociadas a los sistemas de distribución se mantienen al nivel establecido por la regulación sectorial.⁴
4. La demanda doméstica para el escenario 2019 se estima en 2.961 Mm³ (2.098 Mm³ sin tener en cuenta pérdidas), cifra que se obtiene como el producto entre la población proyectada (DANE, 2008c) y el consumo per cápita registrado en el Estudio Nacional del Agua 2010 para el cálculo de la demanda hídrica de los hogares en el año

3 Disponible en <http://www.eclac.org/drni/noticias/noticias/0/34110/4SRAUribc.pdf>. Igualmente, se registra esta meta en el documento de política *Visión Colombia Segundo Centenario: 2019*, pp. 46-47.

4 En Colombia, se estimó en 2006 en un promedio del 49%. Este nivel es más alto que el promedio en América Latina, que es aproximadamente del 40%, y de la meta regulatoria que es del 30%. En el pasado, el nivel de agua no contabilizada se había estimado a un promedio del 40% en 2001, casi el mismo nivel que en 1990. En las principales ciudades del país, el nivel de agua no contabilizada está por debajo del promedio (40% en Bogotá, 35% en Medellín y 39% en Cali).

base 2008, conservando la estructura acotada con base en los registros de consumo reportados por la SSPD para este último año y adoptando la hipótesis de cálculo que diferencia el consumo per cápita, en función de la cobertura alcanzada por municipios, y la tendencia del consumo entre urbano y rural.

8.3.5. Proyección de la demanda hídrica en el sector de energía

El desarrollo y dinamismo del sector energético registrado durante la última década denota una tendencia de crecimiento sostenido, explicado en lo fundamental por las transformaciones sectoriales realizadas con base en la prospectiva y potencialidad de los recursos actuales y por la estabilidad alcanzada a partir de la consolidación de los marcos normativos y regulatorios. La conjunción de estos aspectos se ha traducido en un crecimiento de la demanda de energía, a una tasa promedio anual de 3,3% durante el período 2003-2008, y del PIB sectorial, que pasó de 7,1% en 2006 a 7,5% en el 2009. La cobertura de energía proyectada a 2019 se espera cercana a 99,37% en zonas interconectadas y del 75,49% en zonas no interconectadas (DNP, 2005: 41).

La proyección de la demanda hídrica en el sector energético está soportada en el comportamiento esperado de la demanda interna suplida por la capacidad

instalada actualmente, con la cual se cubren las necesidades del mercado interno hasta 2017, y de manera adicional, por los proyectos de expansión en generación previstas hasta 2025, con miras a atender la oferta exportable de energía. Estos hitos, en esencia condicionados por las obligaciones de energía en firme suscritas en desarrollo de los mecanismos de regulación, verbigracia, subasta con cargo por confiabilidad,⁵ y generación con período de planeación superior (GPPS), que desde 2008 determinan el planeamiento técnico sectorial.

Conforme al estudio realizado por la Unidad de planeación minero-energética (UPME, 2009), *la demanda total nacional de energía se prospecta bajo tres escenarios (bajo, medio y alto), dadas unas tasas de crecimiento esperado, como se muestra en la Tabla 8.12.*

De acuerdo con el plan de expansión generación-transmisión para 2009-2023, el país puede atender la demanda interna hasta el año 2017 y la oferta externa hasta el 2013 (hacia Ecuador 500 MW y a Centroamérica 300 MW) a través del sistema interconectado. A partir de 2018, es necesario considerar la expansión del componente de generación con la finalidad de cubrir: a) la proyección de demanda interna en un escenario medio y alto; b) las obligaciones de energía en firme, con cargo por confiabilidad, que a 2019 deben alcanzar 6.495 GWh solo en proyectos hidroenergéticos; y c) el sostenimiento del sistema de interconexión proyectado con miras a atender la demanda externa.

Tabla 8.12. Demanda total nacional de energía.

Año	Demanda en GWh/año			Crecimiento de la demanda %		
	Esc. bajo	Esc. medio	Esc. alto	Esc. bajo	Esc. medio	Esc. Alto
2014	65,274	68,279	71,142	3.2%	3.8%	4.6%
2019	75,693	82,386	89,471	3.0%	3.9%	4.8%
2025	89,016	100,128	111,556	2.6%	3.2%	3.7%

5 Para garantizar la disponibilidad de recursos destinados a abastecer la demanda de energía en condiciones de escasez y asegurar la expansión de generación del sistema.

En la actualidad, el registro de proyectos de generación tiene una capacidad inscrita de 14.383,5 MW, de los cuales 8.500,5 MW corresponden a proyectos hidráulicos con capacidad mayor o igual a 20 MW; 2.884,6 MW, a proyectos de carbón mineral; 2.520,5 MW, a proyectos de gas natural; 305 MW, para proyectos de fueloil; 127,9 MW, a proyectos hidráulicos con capacidad menor de 20 MW; 25 MW para proyectos de cogeneración; y 20 MW, a proyectos eólicos

De la capacidad de generación efectiva actual, las plantas hidráulicas constituyen el 66,92%, incluidas las menores hidráulicas; las plantas térmicas a gas son el 27,54%; y a carbón, el 5,21%; las demás tecnologías (cogeneración y eólica) suman 0,33%. Igualmente, se espera un leve incremento de la participación del sector térmico a lo largo del periodo de proyección. La entrada en operación de la generación con base en proyectos hidráulicos a partir de 2018 se estima en cerca de 9.306 GWh/año adicionales a los ya considerados para atender la demanda interna y exportación hasta el año 2017.

Para el cálculo de la demanda hídrica en el sector energético proyectada a 2019, se siguen los siguientes parámetros de estimación:

1. Se utiliza como valor de referencia de la *demanda total nacional de energía para 2019* el registrado en el *Plan de Expansión Generación-Transmisión 2009-2023*, en el escenario alto, correspondiente a 89.471 GWh/año.
2. Para establecer la contribución de los sistemas hidráulicos y térmicas en el total de la generación de energía esperada a 2019 en el escenario alto, se aplican los siguientes porcentajes: 83% que explica la generación hidráulica y 13%, la generación térmica, en *sindéresis* con la estructura utilizada

para la estimación de la demanda hídrica sectorial en el Estudio Nacional del Agua 2010.

3. Se conservan también los factores de conversión que referencian la utilización del recurso hídrico asociado a cada tipo de sistema. En sistemas de generación hidráulica, se adopta el volumen de agua que permanece constante en los sistemas de almacenamiento. De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua, es del orden de 6.976 Mm³, como entrada en el nivel de generación registrado en 2009 (53.869 GWh/año). Es posible que se registre un incremento de este nivel, dado el inicio de operación en 2018 de nuevos proyectos de generación, con la finalidad de suplir la demanda de cerca de 9.306 GWh/año adicionales a los ya considerados para atender la demanda interna y exportación hasta el 2017. En sistemas de generación térmica (simples y combinados), se adoptan 19 gal/Kwh como factor unitario de utilización del recurso hídrico.

De acuerdo con estos criterios, se tiene que la demanda hídrica proyectada a 2019 en el sector energético llega a ser del orden de 10.893 Mm³; la utilización del recurso hídrico en generación térmica se estima en 1.000 Mm³ usando el mismo factor de conversión del ENA 2010 (19 gal/Kwh); en tanto que la utilización del recurso hídrico en generación hidráulica se aproxima a los 9.893 Mm³ para el mismo año de proyección.

8.3.6. Proyección de la demanda hídrica en el sector de agricultura

De acuerdo con el método de estimación, el uso del recurso hídrico y su crecimiento esperado en el sector

agrícola están determinados esencialmente por tres factores complementarios: a) el crecimiento económico sectorial, reflejo del área ocupada y de los niveles de producción alcanzados; b) la productividad agrícola, que determina los requerimientos de agua por unidad de área; y c) la especialización productiva, que determina el carácter de uso extensivo o intensivo del agua y que explica la presión sobre el recurso hídrico. Conforme a estos factores, es importante observar:

Cultivos permanentes. Caracterizados por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, explicada por el nivel de especialización alcanzado en la cadena de producción, incluido el proceso de poscosecha; así mismo, una participación significativa en la oferta exportadora, incluida la producción de biocombustibles y aumentos en la productividad agrícola. Estas características integradas llevan a calificar estos sistemas de producción como intensivos en el uso del recurso hídrico.

Cultivos transitorios. Al igual que en cultivos permanentes, los cultivos temporales o transitorios se caracterizan por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, aunque se explica por otros factores distintos a los permanentes: a) rotación de cultivos y "rotación" de las áreas ocupadas; b) menor tamaño de las explotaciones agrícolas y menor nivel de especialización; c) mayor ineficiencia en los sistemas de riego. Estas características integradas llevan a calificar estos sistemas de producción como extensivos en el uso del recurso hídrico.

El diagnóstico presentado en el *Plan de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos* (DNP, 2010) señala:

"[...] es importante resaltar, en todo caso, que durante la última década el sector agropecuario viene experimentando un proceso importante de recuperación y de recomposición de su estructura productiva.

Este cambio se expresa principalmente en la recuperación de áreas cultivadas (20,2%), en el incremento del volumen de producción (20,7%) y en la aparición de nuevos productos de importancia comercial, como los frutales, los cafés especiales, los biocombustibles y las hortalizas, entre otros. Lo anterior ha significado incrementos cercanos al 3,7% en áreas y el 21,7% en producción en los cultivos transitorios,⁶ y del 16,6% y el 20,7% en los cultivos permanentes, respectivamente".⁷

Conforme a la estructura que define el *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos*, se espera una reconversión del sector agrícola basada en la puesta en marcha de los siguientes objetivos y lineamientos estratégicos: a) **expansión de la ocupación y uso del suelo**, como resultado de las políticas de acceso a activos productivos, agua y tierra, desarrollo alternativo y mejoramiento de la infraestructura de riego⁸; b) **apalancamiento de la oferta exportable**, concentrada en la producción de café, flores, frutas, azúcar y otros productos base para la obtención de aceites y grasas; c) **proyección de la oferta de biocombustibles**; en esta última, de acuerdo con cifras actuales, la capacidad instalada de producción es del orden de 1.100.000 (litros/día) de etanol y de 1.297.205 (litros/día) de biodiesel; d) **consolidación de otras producciones de carácter agroindustrial y forestal**. En conjunto, se espera para el año 2019 el logro de las siguientes metas:

- 6 Cultivos transitorios: ajonjolí, algodón, arroz, cebada, frijol, hortalizas, maíz, papa, sorgo, soya, tabaco, trigo.
- 7 Cultivos permanentes: arracacha, banano exportación, cacao, café, caña de azúcar, caña miel, caña panela, cocotero, fique, flores, frutales, ñame, palma africana, plátano, plátano exportación, tabaco, yuca.
- 8 Existe una subutilización de tierras óptimas para la agricultura y una baja cobertura de la infraestructura para riego, lo que se evidencia en que del total de la superficie con vocación agrícola y silvoagrícola (21.500.000 de hectáreas), sólo se utilizan 4.900.000 de hectáreas; y del total de la superficie regable solo el 15% cuenta con riego (este último solo hace referencia a hectáreas construidas, no se incluyen las rehabilitadas ni los proyectos en construcción).

Sector agrícola: a) Cobertura de 5.670.864 ha. b) Mejorar la capacidad para generar ingresos por parte de la población pobre rural. c) Un mayor acceso a la tierra por parte de la población rural pobre. d) Política Integral de Tierras: de las 1.500.000 ha de tierras baldías, 1.000.000 para campesinos y 500.000 para comunidades étnicas.

Estas metas encuentran refuerzo, a su vez, en el documento *Visión Colombia Segundo Centenario 2019*, que en su momento proyectó a 2019 las siguientes metas: a) cobertura cercana a 4.987.512 ha cosechadas; b) un millón de hectáreas distribuidas por extinción de dominio; c) 300.000 ha nuevas adecuadas con distritos de riego de pequeña, mediana y gran escala, producto en su mayoría de inversión de capital privado.

La producción de etanol en Colombia representó el 0,7% de la oferta mundial de 2006, con 1,72 mmba (274 millones de litros), producidos por cinco ingenios azucareros del valle geográfico del río Cauca,⁹ cuya capacidad instalada es de 2,4 mmba (1.050.000 l/día). Estas plantas son abastecidas con 3,8 millones de toneladas de caña de azúcar, equivalentes al 16% de la producción del país.¹⁰ El valle geográfico del río Cauca ofrece condiciones excepcionales¹¹ para este cultivo, que han permitido obtener un rendimiento de conversión a etanol de cerca de 56,61 bb/ha-año (9.000 l/ha-año),¹² que la hacen posiblemente la región más productiva del mundo (DNP, 2008).

9 Incauca, Providencia, Manuelita, Mayagüez y Risaralda.

10 Se estima que la superficie cultivada con caña de azúcar para la producción de etanol fue de 35.300 hectáreas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2007).

11 En lo referente a las condiciones del suelo y climatológicas, permite tener cosecha a lo largo de todo el año. Además de la cercanía a un puerto y la disponibilidad de mano de obra no calificada para corte y alce de la cosecha todo el año.

12 MADR, a partir de cálculos de Asocaña: una tonelada de caña de azúcar produce 72 litros de etanol.

En Colombia, la producción industrial de biodiesel inició en enero de 2008. En la actualidad, se encuentra terminada una planta con una capacidad de 0,33 mmba, y se están construyendo seis con una capacidad total de 2,9 mmba, las cuales emplearán aceite de palma como materia prima. Se espera que los rendimientos de conversión a biodiesel a partir de palma de aceite sean de 4.600 l/ha de biodiesel.¹³ La demanda nacional de biocombustibles proyectada al 2019 se registra en el documento CONPES 3510: a) en **etanol 1.487.207 litros/día, con un área ocupada** en cultivos de azúcar del orden de 68.379 ha y un consumo de agua virtual¹⁴ de 90 l/megajulio (MJ); b) en **biodiesel 3.267.724 l/día, con una área ocupada** en cultivos de palma del orden de 214.058 ha y un consumo de agua virtual de 100 l/MJ (CEPAL, 2008).

Pastos manejados: En el mediano plazo, es de esperar que se presenten aumentos importantes en el uso del recurso hídrico, explicados en esencia por el aumento total de la biomasa producida, consecuente con la capacidad de carga asociada a gran ganadería, y acorde con las proyecciones de crecimiento del hato ganadero: 48 millones de reses a 2019.

Bosques plantados: Las siguientes son las metas e indicadores estratégicos del Gobierno, propuestas en el marco del *Plan de Desarrollo 2010-2014*, con proyección al año 2019: la ocupación en plantaciones forestales a 2014 es de 601.453 ha; y a 2019, la cobertura forestal es de 1.394.343 ha. Esta cifra es superior a la proyectada en el documento de *Visión Colombia II centenario: 2019*, en el que se plantea alcanzar una

13 Este cálculo se basa en el rendimiento promedio del cultivo de palma de aceite en Colombia, equivalente a 3,93 ton/ha en 2006.

14 *Agua virtual* se define como el volumen de agua requerido para producir un bien o servicio. El contenido de agua virtual de productos agrícolas se calcula con base en los requerimientos de agua y en los rendimientos de los cultivos (Chapagain y Hoekstra, 2010).

cobertura del orden de 1.200.000 ha de plantaciones forestales productivas.

Para el cálculo de la demanda hídrica proyectada en el sector agrícola, pastos y forestal, se consideran los hitos antes enunciados, y los siguientes criterios y parámetros de medición:

Sector agrícola: a) se utiliza como dato de línea base el área ocupada en la producción de bienes agrícolas propuesta en el *Plan de Desarrollo 2010-2014: prosperidad para todos*, fijada en 5.670.864 ha a 2019, con una variación porcentual en el periodo 2008-2019 del orden del 28%. b) ajuste al 2019 del crecimiento del área utilizada en producción de energéticos en los cultivos de caña de azúcar (equivalentes a 68.379 ha) y palma (equivalentes a 214.058 ha); y c) ajuste del área ocupada en sistemas de riego por la adición de nuevas áreas en distritos de riego (300.000 ha).

Pastos manejados: Según el *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana a 2019*, publicado por Fedegan, las hectáreas dedicadas a la ganadería son del orden de 30,4 millones a 38,3 millones, incluidas malezas y rastrojos, con una capacidad de carga de 0,75 animales por hectárea. Según la *Encuesta Nacional Agropecuaria 2008* (CCI, 2009), el área en pastos manejados para el mismo año de referencia

es del orden de 3.396.700 ha, equivalentes al 9,48% del total de hectáreas ocupadas en ganadería, que representan una carga efectiva de 2.547.525 animales. Considerando el crecimiento de la población de ganado a 2019, proyectada en el *Plan Estratégico* en 48.000.000 de cabezas, y conservando la misma estructura entre área ocupada y capacidad de carga, se acota el área en pastos con manejo requerida en 2019, la cual estaría en el orden de 6.824.280 ha, con una suplencia de agua no cubierta por los niveles acumulados de precipitación y escorrentía natural.

Forestal: Se utiliza como dato de línea base el área ocupada de plantaciones forestales productivas propuesta en el documento *Plan de Desarrollo*, fijada en 601.453 ha a 2014. Con base en este y con el objeto de proyectar el crecimiento a 2019, se utiliza la tasa anual promedio de crecimiento en volumen (3,5%) de la actividad de silvicultura, extracción de madera y actividades conexas, según el Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica (Clasificación Cuentas Nacionales. DANE, 2010).

De acuerdo con estos criterios, se tiene que la demanda hídrica proyectada para 2019 en el sector primario llega a ser del orden de 38.124 Mm³, con las siguientes participaciones: a) **pastos manejados, 41,83%**; permanentes, 23,01%; transitorios, 29,30% (Tabla 8.13).

Tabla 8.13. Demanda hídrica en el sector agrícola, pastos con manejo y forestales comerciales. Proyección a 2019 (Mm³).

Demanda hídrica en el sector agrícola, pastos con manejo y forestales comerciales. Proyección a 2019 (Mm ³)			
Coberturas	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Volumen de agua extraída no consumida
Pastos manejados	15.947	10.366	5.582
Forestales con manejo	2.197	1.428	769
Cultivos permanentes	8.539	4.735	3.804
Cultivos transitorios	11.169	3.953	7.216
Flores permanentes	234		
Beneficios poscosecha de café	5,43		
Beneficios poscosecha de banano	14		
Cultivos ilícitos	18		
Total	38.124	20.482	17.370

8.4. Análisis de resultados del ENA 2010 por área hidrográfica

8.4.1. Área hidrográfica del Caribe

En esta área hidrográfica, las subzonas con mayores restricciones y presiones en condiciones de año medio corresponden a María La Baja, arroyos directos al Caribe-Guajira, arroyos directos al Caribe litoral, Bajo Sinú, río Canalete, Ranchería, arroyos directos al Urabá y Pamplonita. En estas subzonas, se identifican con valores altos, condiciones bajas de regulación y altas vulnerabilidades por desabastecimiento. Estas condiciones se agudizan para año seco. Además, estos ríos tienen presiones de altas a muy altas de contaminantes de carga orgánica y química (DQO-DBO); se destacan los arroyos directos al Caribe litoral, río Pamplonita, Sinú, Ranchería, Guachaca, río Piedras, río Manzanares, río León y arroyo Sharimajana. En este último, la carga contaminante no es alta, pero la oferta es mínima para soportar cualquier carga.

Asimismo, se identifica alta presión por nitrógeno y fósforo total en los arroyos directos al Caribe y en el río Pamplonita. En la cuenca del Catatumbo, municipio de Tibú, las condiciones de mala calidad del agua, determinadas por el ICA, se asocian con los vertimientos domésticos de Cúcuta y Chinacate sobre los ríos Pamplonita y Zulia.

Por otro lado, las cuencas con menores restricciones son las de subzonas en las que el IUA es de relativamente moderado a bajo, las condiciones de regulación son altas y, en consecuencia, los valores de vulnerabilidad son bajos. A estas condiciones corresponden el Atrato-Darién, Bojayá, Napipí-Opogadó, directos al Atrato, Salaquí, Cacarica, Quito y Andágueda, entre otros. Las cargas de

contaminantes más bajas corresponden a las subzonas ubicadas dentro del Atrato-Darién.

Estas subzonas del Caribe alojan acuíferos de importancia regional en La Guajira, Bolívar, Magdalena, Sucre, Córdoba y el Urabá antioqueño. Estos sistemas acuíferos son aprovechados más que todo para el abastecimiento de la población y para fines agrícolas. Se destacan los acuíferos de Morroa, que abastecen municipios, incluido Sincelejo, con altas restricciones de oferta hídrica superficial. Asimismo, La Guajira se suple de aguas subterráneas para abastecimiento doméstico, tanto en la zona urbana como en las rancherías de la zona rural. En la zona del Urabá se explotan acuíferos para abastecer a municipios como Turbo y Chigorodó, y para suplir las necesidades agrícolas relacionadas con las plantaciones de banano. De esta manera, el agua subterránea constituye una importante alternativa para suplir las restricciones por cantidad y calidad del agua superficial.

La demanda de agua en la zona hidrográfica de las Islas de San Andrés y Providencia, estimada para los diferentes usos en 8,6 Mm³, tiene como fuente de abastecimiento agua subterránea, en particular en San Andrés. En Providencia, se presentan bajos valores de vulnerabilidad y condiciones favorables de relación de demanda con respecto a la oferta hídrica superficial.

“La isla de San Andrés está constituida principalmente por calizas y en su origen debió ser un atolón, hace veinte millones de años.”¹⁵ El espesor total de estas rocas no se conoce con precisión. Una reciente exploración sísmica sugiere que las antiguas rocas volcánicas podrían situarse a 200 m de

15 Gravini, H., 1996. Refracción sísmica en el sector Loma Naranja (Orange Hill) parte central de la isla de San Andrés. Reporte interno de Ingeominas.

profundidad.¹⁶ No obstante, hasta ahora se cree que sólo las rocas calcáreas juegan un papel importante en la naturaleza de las aguas subterráneas de la Isla.

Dos formaciones geológicas sobresalen: Formación San Andrés y Formación San Luis. Ambas están constituidas por corales in situ y por una secuencia de rocas sedimentarias (conglomerados a arcillolitas) formadas por granos de composición calcárea y fragmentos de corales. La Formación San Andrés es de edad Miocena, aflora en la parte central del territorio insular, ocupa el 57% de la superficie y conforma el sistema de colinas de la Isla. Las principales reservas de agua dulce subterránea (conductividades eléctricas menores de 1000 mS/cm) se hallan allí, principalmente bajo la Cuenca del Cove. Del acuífero de esta formación se abastecen los pozos del acueducto y algunos pozos privados de índole comercial; en esta zona normalmente no se encuentran pozos domésticos. La recarga está representada principalmente por el agua lluvia, y la zona de mayor interés es el Valle del Cove. La Formación San Luis tiene una edad de 1 a 5 millones de años. Conforman los terrenos topográficamente más bajos de la Isla. Esta constituida por calizas coralinas arrecifales. Su espesor máximo se calcula en 20 m. Estas rocas representan el 37% del área emergida. Los mayores asentamientos humanos se han desarrollado sobre esta formación, especialmente hacia el norte de la Isla. El acuífero de la Formación San Luis se caracteriza por presentar predominantemente agua salobre. La mayoría de los pozos hoteleros y casi todos los pozos domésticos captan agua de este acuífero. Su recarga proviene de tres fuentes: el agua lluvia que directamente se infiltra en estas rocas, agua subterránea proveniente del acuífero de la Formación San Andrés, y aguas residuales

procedentes de los pozos sépticos y otras actividades domésticas" (Toro et ál., 1999).

La isla de Providencia se comporta como un acuitarado, por la naturaleza cristalina de las rocas volcánicas que la conforman.

Los efectos de fenómenos extremos, como El Niño, se expresan en las subzonas del Caribe con disminuciones de caudal entre el 10% y el 55%, de modo que resultan particularmente severas las anomalías en el río León, directos río Mulatos, río Algodonal y el río Sardinata, en el Catatumbo. En eventos del fenómeno de La Niña, se observa la situación inversa, con mayores afectaciones por aumento de caudal en los ríos Algodonal (58%), río Zulia (43%) y Sardinata (30%) en la zona del Catatumbo, y ríos directos Mulatos en la zona de Caribe-Urabá. La criticidad de los efectos puede ser aún mayor con la variabilidad climática interanual.

En las subzonas del Caribe, los cambios de la escurrida (proyección 2011-2040) respecto al periodo de referencia corresponden a una disminución entre 10% y 30%; las subzonas más afectadas son el río San Juan (30%), María La Baja (26%) corrientes directas al Golfo de Morrosquillo (17%), Bajo Sinú (25%), río Mulatos (24%) y Medio Sinú (22%).

8.4.2. Área hidrográfica Magdalena-Cauca

En esta área hidrográfica, se analizan las subzonas hidrográficas de la cuenca alta y media del río Magdalena, río Cauca y cuenca baja del río Magdalena.

Cuenca alta del río Magdalena. Las subzonas con mayores restricciones y presiones por el uso de agua, y de mayor vulnerabilidad al desabastecimiento

16 Ibid.

en condiciones de año medio corresponden al río Yaguará, Caño Juncal, río Prado, río Luisa, río Bogotá, Bajo Saldaña y río Neiva. En condiciones de año seco, se agudizan las condiciones de estas mismas subzonas y, además, las de los ríos Fortalecillas, Baché, Aipe, Opía, Totare, Timaná, Lagunilla y Coello.

Las condiciones favorables de demanda-oferta y bajas vulnerabilidades al desabastecimiento corresponden a los ríos Páez, Cabrera, Tetuán, Sumapaz, Seco, Atá, Medio y Alto Saldaña, Amoya y Cucuana. Esta condición no cambia significativamente para un año seco, lo cual se corrobora con los resultados de alta retención y regulación hídrica que muestra el índice correspondiente. La baja regulación es propia de los ríos Yaguará y Opía.

Las más altas cargas contaminantes estimadas se vierten a los sistemas hídricos de las subzonas hidrográficas de los ríos Bogotá, Luisa, Totaré y Fortalecillas. De estos, el Bogotá se considera la mayor fuente sumidero de vertimientos; de igual manera, los ríos Virgen, la Chicha y el Papayo, del municipio de Ibagué, y los ríos Neiva, Baché y Ceibas, del municipio de Neiva. Estas consideraciones corresponden a las estimaciones del índice de alteración potencial de la calidad del agua, que muestran muy alta criticidad en los ríos Bogotá, Fortalecillas, Totaré, **sobre todo, en condiciones medias. En condiciones secas**, se adicionan a esta categoría de muy alta criticidad los ríos Luisa, Sumapaz y Bajo Saldaña. En esta última condición, los valores altos de alteración potencial se asocian a los ríos Lagunilla, Yaguará, Bache, Aipe, Timaná, Tetuán. Las condiciones más favorables del IACAL, categoría baja, están relacionadas con los ríos Juncal, Opía, Cabrera, Amaya y Alto Saldaña. Se destaca la alta carga contaminante por nitrógeno y fósforo total en el río Bogotá.

Estas presiones se registran en los niveles de Índice de calidad de agua, que reflejan deterioro en el río Neiva,

municipio de Campoalegre; el río Páez, en el municipio de Páez y Tesalia; los ríos Coello y Combeima, en vecindades de Ibagué, y el río de Sumapaz, en el municipio de Melgar. De la misma manera, es reconocida la afectación a la calidad en los tramos del río Bogotá desde Villapinzón, en sus pasos por Cota, Distrito Capital, El Colegio, Tocaima, Ricaurte, Girardot y Nariño.

En las subzonas del Alto Magdalena, se reconocen acuíferos de importancia regional asociados a rocas terciarias y depósitos recientes de origen aluvial del río Magdalena, que deben ser considerados para uso conjunto y oportunidad para hacer frente a la variabilidad y eventualidades climáticas. Estos acuíferos se utilizan en la actualidad para el consumo doméstico, la agricultura e industria petrolera. En la Sabana de Bogotá, se explotan más que todo acuíferos cretácicos y recientes para uso industrial y de servicios. Hacia el sur y en vecindades de Neiva, es de gran importancia hidrogeológica el acuífero constituido por la Formación Gigante Inferior, que alcanza hasta 680 metros y que se explota conjuntamente con los depósitos aluviales y de terrazas recientes, y el Grupo Honda, que alcanza hasta 800 metros de profundidad.

Cuando se presentan eventos hidrológicos extremos asociados a fenómenos como El Niño, **se generan disminuciones de caudal con respecto al periodo de referencia entre 1% y 42%, de modo que resultan mayores los efectos sobre los caudales de los ríos Yaguará, Sumapaz, Cabrera, Baché, río Magdalena a la altura de Salado Blanco.** Para eventos del fenómeno de La Niña, se estiman incrementos de caudal mayores al 30% en los ríos Baché, Neiva y Sumapaz.

En el escenario de Cambio Climático 2011-2040, se esperan reducciones cercanas al 35% en relación con el promedio actual sobre las cuencas de los ríos Saldaña, Yaguará, Aipe, Luisa, Baché y Seco.

Cuenca media del río Magdalena. En relación con el uso de agua, el indicador (IUA) permite reconocer que para esta parte de la cuenca, en general la presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta hídrica superficial disponible. Se identifica que, para la mayoría de las subzonas y en condiciones hidrológicas medias y secas, esta presión de uso es baja o muy baja, así como la vulnerabilidad al desabastecimiento. El río Nare es la excepción, pues el IUA es alto en condiciones secas y de valor medio o moderado en las cuencas de los ríos Samaná, Lebrija, quebrada El Carmen y Chicamocha. Aunque la relación de uso-oferta disponible es baja, estos ríos más el Fonce, algunas corrientes directas al río Magdalena y el San Bartolo presentan una vulnerabilidad media. Estas condiciones son coherentes con los valores de regulación hídrica.

La mayores presiones sobre la calidad por cargas contaminantes y posible alteración potencial de sus sistemas hídrico están asociadas con las subzonas de los ríos Lebrija, Chicamocha, Opón, Nare, Suárez, Negro, quebrada El Carmen y algunos directos al río Magdalena, en la cuenca media. En condiciones secas, se suman los ríos Gualí, San Bartolo y Fonce. Las subzonas más presionadas por nitrógeno y fósforo son las correspondientes a los ríos Suárez, Lebrija, Sogamoso y Chicamocha. El 85% de las más de 50.000 toneladas de químico que potencialmente se vierten a los ríos del Medio Magdalena, provenientes de cultivo de coca y procesamiento de pasta, se concentran en las subzonas del Brazo Morales, y de los ríos Cimitarra y Carare.

El indicador de calidad registra valores altos en los ríos Carare, en Cimitarra; Minero, en Borbur; y Negro, en Puerto Boyacá. Las mediciones de las variables de calidad del ICA sobre los ríos Chicamocha y Suárez permiten observar una calidad entre regular y mala asociada con los municipios de Tuta, Tibasosa, Nobsa, Covarachia, Jordán y Puerto Wilches.

Se reconocen almacenamientos de aguas subterráneas en esta cuenca que se alojan en los depósitos aluviales recientes y de terraza, que conforman acuíferos libres, pero que son poco explotados por su reducido espesor y altos contenidos de hierro. Estos depósitos son discontinuos e interdigitados, con facies arcillosas de tipo lacustre. Los sedimentos detríticos poco consolidados (areniscas, conglomerados) de la Formación Mesa y el Grupo Real, correlacionable con el Grupo Honda, presentan horizontes acuíferos multicapas con un espesor total productivo mayor de 150 metros, que ha sido explotado por la industria petrolera y privada en general para consumo doméstico e industrial. Estas formaciones constituyen acuíferos de tipo semiconfinado y confinado, de extensión regional.

En condiciones climáticas de evento de El Niño, el régimen de caudales de los ríos en la cuenca media del Magdalena presenta disminuciones que oscilan entre **1% y 35% con respecto al período de referencia**. Los mayores porcentajes se registran en la subzona del río Samaná Sur (35%), río Negro (27%) y ríos Carare, Samaná Norte y Opón, con alrededor del 20%. Cuando se presenta el fenómeno de La Niña, se registran incrementos que varían entre el 7% y el 60%. Las subzonas de mayores incrementos, en su orden, son las cuencas de los ríos: Suárez, Negro, Opón, Carare, La Regla y Chicamocha. En un escenario de Cambio Climático 2011-2040 para las subzonas de esta área del país, se estiman efectos de disminución en la esorrentía, que en promedio puede alcanzar el 20% con respecto al periodo de referencia.

Cuenca del río Cauca. Las presiones altas o muy altas por el uso del agua, con respecto a la oferta hídrica superficial disponible en esta cuenca, se concentran en los ríos que drenan directamente al río Cauca por la margen derecha, en las subzonas de los ríos Pance, Paila, Bugalagrande y Tuluá. En estas subzonas, aun en condiciones hidrológicas de año medio, la presión de la

demanda por el uso de agua es muy alta con respecto a la oferta superficial. La misma relación se presenta para la vulnerabilidad al desabastecimiento, la cual es alta en condiciones medias, con tendencia a muy alta en un año seco en las cuencas de los ríos Cerrito, Amaime, Salado, Morales, Frío, Porce, Claro y Fraile.

Las mayores cargas de contaminantes de materia orgánica y de químicos que alteran la disponibilidad hídrica y las condiciones de calidad del agua de las corrientes, fuente de sumidero de estos vertimientos, se centra en las subzonas de los ríos La Vieja, Pance, Porce, alto río Cauca, Palo, Fraile, Amaime, Tuluá, Otún, Chinchiná y los ríos directos al Cauca, margen izquierda. En las subzonas de los ríos Risaralda, Frío, Tapias, Cerrito, San Juan, aunque la carga es menor, la magnitud de los caudales, en condiciones de año seco, determinan una alteración potencial de la calidad alta. Los ríos Pance, Tuluá, **La Vieja y Amaime reciben presión** por nitrógeno y fósforo total, del sector agrícola.

En relación con los posibles efectos del cambio climático sobre la esorrentía de la cuenca del río Cauca (periodo 2011-2040), se esperan los mayores impactos de reducciones sobre el territorio nacional en particular en algunas regiones de la zona del río Cauca, en especial, sobre el Alto Cauca y en las cuencas de los ríos Ovejas, Piendamó, Quinamayó y Palo.

Cuando se presenta el fenómeno de El Niño, el efecto sobre los caudales de los ríos se expresa en reducciones de caudales de los ríos que, en subzonas como el río La Vieja, Alto Cauca, río Frío, Risaralda, Chinchiná, Arma y San Juan, superan el **30% con respecto al** período de referencia. Cuando sucede el fenómeno de enfriamiento del Pacífico, La Niña, los efectos son contrarios, y se presentan excedentes de caudales que varían desde un incremento del **12% hasta valores** mayores del **60% con respecto al período de** referencia; las mayores afectaciones se presentan sobre

las subzonas de los ríos Chinchiná, Risaralda, Arma, La Vieja y Alto Cauca.

En el Valle del Cauca se encuentra el acuífero con mayor rendimiento en el país. El sector más beneficiado con el agua subterránea en el Valle del Cauca es el agrícola, que emplea el **80% de todos los pozos** construidos y aprovecha el **93% del total de agua** bombeada, utilizada principalmente en el riego de cultivos de caña de azúcar. Los pozos de abastecimiento público (urbanos y domésticos) corresponden al 8% y los de uso industrial, al 12.6%.¹⁷

La capacidad instalada de los pozos en funcionamiento es del orden de 92.540 lps, y producen al año un volumen total de agua de 467.556.615 m³. Los pozos de riego trabajan en promedio unas 4.000 horas al año y los de abastecimiento público e industrial operan un tiempo mayor, cerca de 6.000 horas al año. Más del **95% de los pozos** construidos en la actualidad están aprovechando los acuíferos de la Unidad A, que corresponde a la parte superior de este acuífero regional. Se identifican zonas con descensos progresivos del nivel freático, como Candelaria, Palmira, El Cerrito y Guacarí.

Cuenca baja del río Magdalena. Las mayores presiones de la demanda con respecto a la oferta hídrica natural disponible, baja capacidad de retención y regulación, y consecuente alta vulnerabilidad al desabastecimiento se identifican en las subzonas Alto Cesar, río Ariguaní, algunas corrientes que drenan directamente al río Magdalena en esta parte de la cuenca, y en la subzona del Canal del Dique. Esta condición se hace más crítica en estas mismas corrientes en condiciones hidrológicas de año seco, a lo que se adiciona el incremento de la relación demanda-oferta en el río San Jorge-La Mojana, Medio y

17 Véase página web de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, en www.cvc.gov.co.

Bajo Cesar, Ciénaga Grande de Santa Marta y arroyo Corozal, donde se generan en esta condición de año seco altas presiones por el uso de agua.

Las mayores presiones por carga contaminante de materia orgánica, químicos, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo total se concentran en las subzonas del Bajo San Jorge-La Mojana, drenajes directos al río Magdalena por su margen izquierda, el Medio Cesar y en la Ciénaga Grande de Santa Marta, tanto en condiciones hidrológicas medias como secas. En esta última, se incrementan las corrientes con índice de alteración potencial de la calidad alto en el Canal del Dique, río Ariguani y río Cesar. Los resultados del monitoreo en puntos de referencia de la Red de Estaciones del Ideam, sintetizado en el índice de calidad de agua, evidencian en sus descriptores de mala calidad los aportes de sólidos y químicos en los Brazos de Loba y Mompós, **Canal del Dique y desembocadura del río Cauca**. En este último, se evidencia un arrastre significativo de sólidos proveniente de la minería del oro en las cuencas media y baja.

La zona hidrográfica del río Nechí presenta afectación potencial sobre la calidad de agua debido a los insuquímicos empleados en el procesamiento de la coca. Los sistemas hídricos reciben el **6% del total** utilizado a nivel nacional, 46% de estos en el Bajo Nechí y 36% en el Alto Nechí.

En las subzonas de los ríos Guatapurí, Ariguani, Ciénaga Grande de Santa Marta y Cesar hasta la desembocadura del río Guatapurí, se presentan reducciones de caudales del **20% y hasta del 46%** con respecto al período de referencia. En un fenómeno de La Niña, la **escorrentía se aumenta en menor proporción** y alcanza en promedio 20%.

De acuerdo con los escenarios de Cambio Climático 2011-2040, para este período la escorrentía puede

tener reducciones entre el 10% y el 30% en esta zona del país. El Bajo Nechí y las cuencas asociadas a drenajes directos al Bajo Magdalena presentan las reducciones más importantes en la zona norte del país para este mismo intervalo. Incrementos significativos en la escorrentía media anual solo se estiman sobre las cuencas del Alto Cesar.

Se identifican almacenamientos de aguas subterráneas en los sedimentos arenosos y de gravas de la Formación Betulia, que localmente también se comporta como acuitado por las interdigitaciones de arcillas. Además se identifican sedimentos de terraza, aluviales recientes, de cauce aluvial y de ciénaga que conforman acuíferos libres a semiconfinados, y los depósitos arenoso del Grupo Tubará-Porquero.

En el valle del río Cesar, se reconocen acuíferos continuos de extensión regional limitada, y de extensión regional y local. Los acuíferos son de tipo libre, semiconfinado y confinado, y están constituidos por sedimentos no consolidados de origen aluvial, con alta a media conductividad hidráulica. Localmente, varían de calidad regular a inadecuada para riego. Se aprovecha mediante pozos y aljibes. Además, se conforman acuíferos discontinuos de extensión variable de tipo libre a semiconfinado. Estos acuíferos están constituidos por sedimentos no consolidados de terraza, con agua de buena calidad, excepto por sectores restringidos con problemas de hierro y manganeso para consumo humano y aguas de regular calidad para riego. La conductividad hidráulica de estos acuíferos es de media a alta, y el aprovechamiento de estas unidades se realiza a través de pozos y aljibes.

8.4.3. Área hidrográfica del Pacífico

Las zonas hidrográficas que integran el área del Pacífico aportan el 13% de la oferta hídrica

nacional y cuentan con los mayores rendimientos hídricos, del orden de 124 l/s-km²; el 75% del área tiene rendimientos superiores a los 100 l/s-km². Además, es el área hidrográfica con menores presiones por el uso, y con una capacidad alta para retener humedad y mantener condiciones de regulación.

Las subzonas de Anchicayá y Dagua son las únicas que en esta área tienen una presión de la demanda moderada con respecto a la oferta disponible en condiciones de año medio. Estas pasan a ser altas en el Dagua, en condiciones hidrológicas secas y moderadas para los ríos Anchicayá, Calima, Sipí y el río Mayo en la zona del Patía. En el resto de la subzona, en relación con el uso y capacidad de regulación, la vulnerabilidad al desabastecimiento es muy baja.

La carga contaminante de materia orgánica, químicos, nitrógeno y fósforo se concentra en los ríos Juanambú, Guaitara y Dagua, en los que, a pesar de la oferta, el indicador de alteración potencial de la calidad es alto, y llega a ser muy alto en condiciones secas, incluido el río Mayo. En menor escala, con categoría media alta, se identifican el Alto Patía y el río Guachicono.

Es importante resaltar la presión sobre la calidad del agua por vertimientos de contaminantes, provenientes de insumos químicos, empleados en el procesamiento de la coca en la zona hidrográfica del río Patía, en particular, en los ríos Telembí y Patía, que reciben el 8% de la carga contaminante estimada por este concepto en el país.

En la zona norte del Chocó no se ha realizado una etapa de prospección que permita hacer un diagnóstico y evaluación, en cantidad y en calidad, del recurso hídrico subterráneo. Sin embargo, se conoce de la existencia de un acuífero libre,

conformado por aluviones cuaternarios en el valle del bajo río Atrato. En este acuífero, se han perforado pozos entre 40 m y 100 m. El nivel estático se encuentra a 10 m de profundidad y la producción es de 10 a 50 litros por segundo, con capacidad específica promedio de 1 l/s-m; se desconoce la calidad química del agua subterránea (Huguett et ál., 1989). Se presume que el acuífero es continuo, de extensión regional en sedimentos no consolidados, con permeabilidad alta a moderada.

8.4.4. Área hidrográfica de la Orinoquía

Al Orinoco tributan ríos con aportes del 56% de la oferta hídrica del país; las zonas de Guaviare y Meta se constituyen en los mayores aportantes. El 65% del área de la Orinoquía tiene rendimientos hídricos moderados y mayores presiones de uso con respecto a la oferta hídrica superficial disponible en las subzonas de los ríos Guatiquía, Chivor y Negro. De estos ríos, el Guatiquía es la subzona de mayor vulnerabilidad al desabastecimiento y, además, tiene altas presiones por vertimientos sobre la calidad del agua.

La zona hidrográfica del río Guaviare, subzonas Alto y Medio Guaviare, el bajo río Uvá y el río Siare reciben el 13% de los vertimientos asociados con los insumos químicos que se emplean en el procesamiento de la coca.

En las zonas de la Orinoquía, en escenario de Cambio Climático 2011-2040, las condiciones hidrológicas actuales persisten de acuerdo con el modelo de predicción (entre -10% y 10%). En escenarios de más largo plazo, se estima reducción en la escorrentía media anual con relación al promedio actual, entre el 10% y el 30% para las cuencas de los ríos Cravo Norte y Sur, Casanare, Cusiana, Guacavía, Guatiquía, Guayabero y Caguán Alto.

En eventos extremos como el fenómeno de El Niño, los caudales de los ríos en general disminuyen en promedio hasta 30%; estas reducciones son mayores en los ríos Meta, Cabuyarito, río Batá y río Camoa en la cabecera del río Metica. Durante el evento de La Niña se presentan variaciones de aumento y disminución de caudales en las diferentes corrientes, con valores cercanos a la media del periodo de referencia.

En cuanto al potencial de aguas subterráneas en esta zona, se reconoce que las unidades superficiales en toda la cuenca están representadas por secuencias clásticas, con el predominio de arenas, limos y arcillas, en las que existen potentes niveles grueso granulares que se constituyen en acuíferos de considerable capacidad. Cabe esperarse una buena respuesta hidrogeológica en los sedimentos y formaciones plioleistocenas y más recientes que conforman los depósitos de origen aluvial, aunque su permeabilidad puede estar limitada por la presencia de arcillas.

Las terrazas aluviales y aluviones de los ríos son potencialmente buenos acuíferos por su porosidad, y se pueden esperar altas permeabilidades, en especial en los paleocanales que se reconocen en la cuenca. De hecho, se han excavado aljibes para abrevaderos y uso doméstico en sectores aledaños al campo.

8.4.5. Área hidrográfica de la Amazonía

La Amazonía cuenta con altos rendimientos hídricos promedio, del orden de 81 l/s-km² en más del 80% del área. En este contexto, la presión de la demanda con respecto a la oferta disponible es muy baja. Las mayores demandas de agua se presentan

en los ríos Orteguzza, Alto Caquetá, río Caguán, río Putumayo y río Guayas.

En el marco de estos excedentes de oferta, es importante resaltar las altas presiones sobre la calidad del agua de centros urbanos como Florencia, así como las alteraciones potenciales de la calidad del agua por vertimientos a los sistemas hídricos de contaminantes químicos, provenientes de insumos empleados para el procesamiento de coca en las zonas hidrográficas de los ríos Putumayo, Caquetá y Vaupés. Estas zonas reciben cerca del 25% del total estimado a nivel nacional. Los análisis multiescenario de Cambio Climático para 2011-2040 indican que se tendrán condiciones similares a las actuales sobre el recurso hídrico para las zonas hidrológicas de la Amazonía; de igual manera, en escenarios 2070-2100, con variaciones entre -10% y 10%.

En relación con los efectos sobre el régimen hidrológico y la escorrentía en eventos extremos como El Niño y La Niña, en general las condiciones son de no cambio, o posibles disminuciones o aumentos que en ningún caso sobrepasaron el 10%.

En relación con el potencial de aguas subterráneas, las unidades superficiales en toda la cuenca están representadas por secuencias clásticas, con el predominio de arenas, limos y arcillas en los que existen niveles grueso granulares que se constituyen en acuíferos de considerable capacidad. Cabe esperarse una buena respuesta hidrogeológica en márgenes de grandes ríos y terrazas más recientes, aunque su permeabilidad puede estar limitada por la presencia de arcillas.

Las terrazas aluviales y aluviones del río son potencialmente buenos acuíferos por su porosidad, y de ellos se pueden esperar altas permeabilidades, en especial en los paleocanales que se reconocen en la

cuenca. Los acuíferos deben ser de baja continuidad lateral y de tipo libre a confinado.

8.5. Consideraciones finales

Teniendo como referente los objetivos de la *Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico*, se presentan las consideraciones finales basadas en los resultados del Estudio, con énfasis en temas que se consideran importantes en los procesos de planificación, toma de decisiones, coherencia e interacción entre lo nacional y lo regional.

El ENA 2010 aporta información de referencia, de carácter relevante, a partir de un análisis integral por unidades hidrográficas, concordantes con las unidades definidas en la política para la planificación, ordenamiento y gestión del agua. El Estudio considera los tres niveles de zonificación hidrográfica: 5 áreas, 41 zonas y 309 subzonas. En estas unidades, se evalúan las características y la dinámica hídrica, la interacción del agua con el medio natural, las presiones por el uso y las presiones por vertimiento de cargas contaminantes y sus posibles efectos sobre la calidad. Igualmente, se integra en el análisis el componente de riesgo basado en los efectos de la variabilidad y del cambio climático en la hidrología, también en estas mismas unidades espaciales de análisis.

Estos resultados son un insumo técnico de diagnóstico, esencial en el proceso de construcción del Plan Hídrico Nacional. El estudio aporta en los temas básicos considerados en la Política, como son: la oferta hídrica superficial y subterránea, la demanda de agua para los diferentes usos, la calidad del agua y el riesgo hidrológico. Se identifican zonas y subzonas hidrográficas críticas en relación con: deficiencias en condiciones de retención y regulación hídrica; disponibilidad de agua; alta vulnerabilidad al desabastecimiento; y

posibilidad de alteración potencial de la calidad del agua debido a altas cargas contaminantes de materia orgánica, químicos, agroquímicos y metales pesados. Igualmente, se identifican las cuencas de ríos con mayores alteraciones del régimen hidrológico y oferta hídrica por variabilidad climática y afectación de la escorrentía cuando se presentan fenómenos hidrológicos extremos, como El Niño y La Niña, y los posibles efectos ante escenarios de cambio climático.

El ENA 2010 contribuye de igual manera con la identificación de necesidades de fortalecimiento temático y de capacidades técnicas, para mejorar la toma de decisiones en el orden nacional y regional; esto también se constituye en insumo importante para la planificación y gestión del agua en Colombia.

En estas consideraciones finales, se relacionan algunos aspectos identificados para: a) la planificación hídrica, ordenamiento territorial y uso del recurso; b) sistemas de observación y monitoreo de las principales variables hidrológicas y ambientales; c) sistemas de información; d) investigación; y e) riesgo asociado con hidrología y recurso hídrico.

a) Planificación hídrica y ordenamiento del uso del recurso

La base de la planificación es la evaluación y, en este sentido, el ENA 2010 aporta resultados y un conjunto de indicadores hídricos, generados para unidades de análisis coherentes con las propuestas por el MAVDT en la política para la GIRH, tales como:

- Las 5 áreas hidrográficas como cuencas objeto de Planificación Estratégica.

- Las 41 zonas hidrográficas como cuencas objeto de instrumentación y monitoreo de referencia nacional.
- Las 309 subzonas hidrográficas como nivel de las cuencas objeto de ordenación y manejo, POMCAS (planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas). Identifica dentro de estas subzonas algunas cuencas de menor nivel, en las que se dan las mayores presiones y donde los indicadores hídricos son desfavorables.
- Señala algunos elementos y estimaciones temáticas para la priorización de ecosistemas específicos, objeto de planes de manejo.

b) Sistemas de observación y monitoreo de las principales variables hidrológicas y ambientales

La generación de información pertinente para la toma de decisiones tiene como pilar el monitoreo permanente de las variables hidrológicas, climáticas y ambientales en redes de estaciones de observación y medición, diseñadas en función de los objetivos nacionales, regionales y locales específicos.

En este aspecto, el ENA contribuye con insumos técnicos de diagnóstico para considerar en el proceso de optimización y reingeniería de la Red de Referencia Nacional a partir de la caracterización y análisis integral del agua en Colombia. Permite además identificar elementos para la complementación de esta red con las redes regionales y locales, para que se genere información con la resolución requerida para conocimiento y gestión del agua en esta escala. El Estudio también muestra aspectos temáticos que contribuyen en la definición de criterios e identificación de unidades hídricas, donde es necesario avanzar en programas de monitoreo sistemático con redes específicas que suplan las deficiencias de conocimiento

e información: a) ecosistemas determinantes en la conservación de la dinámica y oferta hídrica, como páramos, alta montaña, humedales, ecosistemas boscosos y sistemas acuíferos; b) cuencas y microcuencas, fuente de abastecimiento de agua potable para la población, dinámica de producción y transporte de sedimentos; y c) condiciones de calidad del agua, entre otros.

c) Sistema de información

La información actualizada en el ENA sobre el estado del agua en Colombia contribuye con la consolidación del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), componente agua del Sistema de información ambiental (SIA), y en la construcción del sistema de información del recurso hídrico (SIRH). Además de información hidrológica, integra de una manera sistemática información sectorial y pública de entidades del SINA y de otras instituciones. Las estadísticas, datos, bases de datos –con los metadatos correspondientes–, documentos, gráficas e información son el soporte de las estimaciones y el análisis. Lo anterior, unido a los resultados de características hidrológicas, cantidad, disponibilidad, calidad y uso del agua en diferentes unidades de análisis espaciales y temporales, se constituye en información que estará disponible en el Sistema de Información Ambiental y en el SIRH.

Una fase fundamental del flujo adecuado de la información es el fortalecimiento de los sistemas con información de acceso fácil, oportuno y adecuado, que soporten la generación de conocimiento, planificación, gestión de agua y toma de decisiones en el país y sus regiones. La actualización periódica y sistemática del Estudio Nacional del Agua y del sistema de indicadores hídricos del ENA fortalecerá el desarrollo del sistema de información ambiental.

Este proceso de fortalecimiento requiere ser complementado con estrategias de generación de información estadística válida, en temas en los que se identificó que hay deficiencias en la obtención sistemática de información y de calidad, como es el caso del agua subterránea y de los temas mencionados en monitoreo.

La demanda hídrica es uno de los principales resultados del Estudio Nacional del Agua 2010 para la cual es determinante el acceso a información sectorial básica que, en muchas ocasiones, tiene restricciones de uso y accesibilidad. Igualmente, en este tema se requiere un registro confiable de concesiones, que sería el instrumento apropiado para obtener información de uso y demanda. En ambos casos, implica avanzar en la adopción de un instrumento efectivo de gestión de información oficial para fines públicos.

Los temas básicos en los que se identificó que hay que definir estrategias de generación sistemática de información, evaluación y análisis a nivel nacional, entre otros, son los siguientes:

- Páramos, humedales y ecosistemas estratégicos para la seguridad del abastecimiento de agua de los diferentes sectores, en particular, abastecimiento de agua potable.
- Disponibilidad y uso de agua subterránea.
- Microcuencas fuente de abastecimiento de acueductos.
- Erosión y transporte de sedimentos
- Información de uso de agua en sectores no considerados en ENA 2010 y definidos en el Decreto 3930 de 2010; uso del agua, en particular, en minería, hidrocarburos y transporte.
- Calidad de agua.

Este fortalecimiento requiere obtener información regional sistemática en los temas de la Política también

considerados en este estudio, con conceptualización y desarrollo de metodologías para estudios regionales de agua que generen información e indicadores, a escalas más detalladas, para la planificación y gestión del agua en la región, en coherencia con los estudios nacionales y en forma articulada, de tal manera que se avance en el acceso a mayor información actualizada sobre el agua, y cada vez con mayor resolución. Esto implica un proceso de articulación institucional, para mejorar la capacidad de transferencia y la divulgación de la información.

d) Investigación

En el desarrollo de los componentes del Estudio, se identifican los temas en los que hay incertidumbres o sobre los que no se tiene el conocimiento adecuado y que deben ser objeto de investigación.

Es importante abordar la investigación en el marco del Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental PENIA y las directrices del Sistema Nacional Ambiental (SINA) proponiendo una agenda de investigación pertinente en el tema del agua, acorde con las necesidades de conocimiento e información a nivel nacional, regional y local.

Algunos de los temas identificados se orientan a:

- Generación de escenarios a partir de modelación hidrológica de variabilidad y cambio climático; hidrogeológica, de condiciones de calidad del agua y de dinámica del ciclo del agua; e interacción con actividades sectoriales.
- Evaluación de la degradación de cuencas, con énfasis en los procesos de pérdida de suelo y su relación con el transporte de sedimentos en corrientes hídricas.

- Conocer la dinámica hídrica, funciones hidrológicas y ecosistémicas de humedales, páramos y ecosistemas alto-andinos asociados.
- Interacción de agua superficial y subterránea.
- Investigación sobre la sostenibilidad de la actividad minera en zonas donde la oferta hídrica disponible evidencia crecientes conflictos entre sectores productivos y demanda para el consumo humano.

Lo anterior implica fortalecer la capacidad para desarrollar investigación pertinente en un proceso de articulación institucional que se oriente a dar respuesta a las necesidades de conocimiento e información y a optimizar recursos.

e) **Riesgo asociado con la hidrológica y recurso hídrico**

En este tema, el ENA 2010 aporta análisis de fenómenos extremos hidrológicos ante eventos como

El Niño y La Niña, y sobre los posibles efectos sobre la hidrología del país ante escenarios de cambio climático. Así mismo, identifica la necesidad de avanzar en la evaluación de amenazas hidrológicas, en el entendido de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. En particular, muestra la necesidad de profundizar en el desarrollo conceptual y metodológico para la evaluación de amenazas de origen natural: inundaciones, avenidas torrenciales, avalanchas y sequías; y de origen antrópico, como la contaminación y los procesos de erosión.

La evaluación de la probabilidad de ocurrencia de eventos hidrológicos o de contaminación potencialmente desastrosos en un cierto período de tiempo, en sitios específicos, será la base para evaluar la vulnerabilidad, de manera que permita la gestión adecuada del riesgo asociado a estos fenómenos.

ANEXO 1
OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS EN 309
SUBZONAS HIDROGRÁFICAS PARA CONDICIONES
HIDROLÓGICAS MEDIAS Y SECAS

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
ALTO MAGDALENA													
Río Bogotá	2001	597	1241,41	62,03	Muy Alto	207,97	Muy Alto	0,66	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Alto Magdalena	1489	970	369,64	24,83	Alto	38,11	Alto	0,74	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Río Timaná y otros directos al Magdalena	193	119	67,36	34,98	Alto	56,71	Muy Alto	0,77	Alto	Medio	Medio	Medio Alto	Alto
Río Suaza	772	579	210,07	27,22	Alto	36,27	Alto	0,77	Alto	Medio	Medio	Moderado	Medio Alto
Ríos directos al Magdalena (mi)	810	499	276,46	34,13	Alto	55,39	Muy Alto	0,74	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Medio Alto
Río Páez	2891	1760	216,73	7,50	Bajo	12,31	Moderado	0,72	Moderado	Bajo	Medio	Moderado	Moderado
Ríos directos al Magdalena (md)	501	326	1309,42	261,14	Muy Alto	401,15	Muy Alto	0,72	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto
Río Yaguará	427	215	866,32	202,80	Muy Alto	402,38	Muy Alto	0,60	Bajo	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Juncal y otros ríos directos al Magdalena	179	52	113,88	63,48	Muy Alto	218,43	Muy Alto	0,67	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Río Neiva	433	245	529,47	122,39	Muy Alto	215,76	Muy Alto	0,76	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto
Río Fortalecillas y otros	839	357	298,20	35,53	Alto	83,61	Muy Alto	0,74	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Directos Magdalena	440	217	95,52	21,70	Alto	44,03	Alto	0,69	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Prado	749	420	823,99	109,99	Muy Alto	196,04	Muy Alto	0,67	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Luisa y otros directos al Magdalena	485	198	400,28	82,52	Muy Alto	202,18	Muy Alto	0,66	Moderado	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Río Sumapaz	1284	568	82,93	6,46	Bajo	14,60	Moderado	0,64	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Río Opía	248	82	62,91	25,37	Alto	76,60	Muy Alto	0,58	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Río Seco y otros directos al Magdalena	764	256	28,52	3,74	Bajo	11,15	Moderado	0,55	Bajo	Medio	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Totaré	662	262	174,32	26,32	Alto	66,50	Muy Alto	0,72	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	1326	613	386,27	29,14	Alto	63,05	Muy Alto	0,69	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Alto Saldaña	1423	895	10,82	0,76	Muy bajo	1,21	Bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Baché	519	261	217,16	41,88	Alto	83,32	Muy Alto	0,65	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Medio Saldaña	354	218	16,82	4,75	Bajo	7,73	Bajo	0,75	Alto	Bajo	Medio	Moderado	Medio Alto
Río Tetuán	668	335	49,92	7,47	Bajo	14,92	Moderado	0,70	Moderado	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Río Aipe y otros directos al Magdalena	1135	500	348,02	30,66	Alto	69,54	Muy Alto	0,70	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Bajo Saldaña	164	76	167,13	101,61	Muy Alto	219,61	Muy Alto	0,68	Moderado	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Río Amoyá	736	453	17,70	2,40	Bajo	3,90	Bajo	0,78	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Atá	823	496	28,22	3,43	Bajo	5,69	Bajo	0,79	Alto	Bajo	Medio	Moderado	Moderado
Río Cabrera	1290	918	119,98	9,30	Bajo	13,07	Moderado	0,71	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Coello	1170	388	197,55	16,88	Moderado	50,94	Muy Alto	0,74	Moderado	Medio	Alto	Bajo	Moderado
Río Cucuana	882	409	36,11	4,09	Bajo	8,83	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
MEDIO MAGDALENA													
Río Gualí	938	399	21,80	2,32	Bajo	5,46	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
Río Guarinó	1008	467	7,46	0,74	Muy bajo	1,60	Bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Directos al Magdalena (md)	495	265	20,17	4,08	Bajo	7,61	Bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Directos Magdalena (mi)	1190	662	35,91	3,02	Bajo	5,42	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Alto	Alto

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Río Samaná	3395	2081	285,17	8,40	Bajo	13,70	Moderado	0,74	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Moderado
Río Negro	3648	1636	52,08	1,43	Bajo	3,18	Bajo	0,68	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Directos Magdalena Medio (mi)	1879	1201	33,99	1,81	Bajo	2,83	Bajo	0,77	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Nare	6934	4434	1188,46	17,14	Moderado	26,80	Alto	0,77	Alto	Medio	Medio	Medio Alto	Medio Alto
Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	2751	1513	68,96	2,51	Bajo	4,56	Bajo	0,78	Alto	Bajo	Medio	Moderado	Medio Alto
Directos al Magdalena Medio	2818	1455	26,26	0,93	Muy bajo	1,80	Bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Opón	4472	2531	112,95	2,53	Bajo	4,46	Bajo	0,68	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
Río Lebrija	10832	4165	681,28	6,29	Bajo	16,36	Moderado	0,72	Moderado	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Brazo Morales	4950	2839	190,10	3,84	Bajo	6,70	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	2748	956	180,81	6,58	Bajo	18,90	Moderado	0,68	Moderado	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Río Suárez	4772	2664	138,00	2,89	Bajo	5,18	Bajo	0,65	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
Río Fonce	1693	951	73,01	4,31	Bajo	7,68	Bajo	0,75	Alto	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Río Sogamoso	3297	1741	95,68	2,90	Bajo	5,49	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Chicamocha	5219	1461	182,35	3,49	Bajo	12,48	Moderado	0,70	Moderado	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Río Cimitarra	3860	2267	112,44	2,91	Bajo	4,96	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Carare (Minero)	6709	3405	70,09	1,04	Bajo	2,06	Bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
BAJO MAGDALENA													
Alto San Jorge	4593	2503	94,59	2,06	Bajo	3,78	Bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Bajo San Jorge - La Mojana	11594	5078	2264,96	19,54	Moderado	44,60	Alto	0,68	Moderado	Medio	Alto	Medio Alto	Alto
Directos Bajo Cauca - Cga La Raya	4487	1984	86,37	1,93	Bajo	4,35	Bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto Cesar	1365	461	230,91	16,92	Moderado	50,07	Muy Alto	0,60	Bajo	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Medio Cesar	3126	549	282,94	9,05	Bajo	51,53	Muy Alto	0,56	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Bajo Cesar	2718	527	209,55	7,71	Bajo	39,78	Alto	0,52	Bajo	Medio	Alto	Moderado	Medio Alto
Directos al Bajo Magdalena (mi)	269	139	86,40	32,17	Alto	61,97	Muy Alto	0,62	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Directos al Bajo Magdalena (md)	662	262	100,53	15,19	Moderado	38,35	Alto	0,63	Bajo	Alto	Alto	Moderado	Moderado
Bajo Magdalena - Canal del Dique	634	295	475,02	74,92	Muy Alto	160,95	Muy Alto	0,60	Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Directos al Bajo Magdalena (mi)	654	347	293,25	44,82	Alto	84,53	Muy Alto	0,61	Bajo	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Cga Grande de Santa Marta	4262	1829	512,38	12,02	Moderado	28,02	Alto	0,66	Moderado	Medio	Alto	Medio Alto	Alto
Directos Bajo Magdalena	3638	1111	165,88	4,56	Bajo	14,94	Moderado	0,60	Bajo	Medio	Alto	Moderado	Medio Alto
Arroyo Corozal	1432	367	132,27	9,24	Bajo	36,02	Alto	0,65	Bajo	Medio	Alto	Moderado	Moderado
CARIBE													
Río Ariguani	2162	517	250,91	11,60	Moderado	48,49	Alto	0,64	Bajo	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Alto Atrato	4044	2268	4,50	0,11	Muy bajo	0,20	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Quito	5384	3401	2,15	0,04	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Atrato (mi)	6525	3865	0,96	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,84	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Directos Atrato (md)	2592	1502	1,98	0,08	Muy bajo	0,13	Muy bajo	0,83	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Murrí	4469	2451	12,34	0,28	Muy bajo	0,50	Muy bajo	0,81	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Napipí - Río Opopadó	1703	920	0,06	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,83	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Murindó - Directos al Atrato	3443	1990	0,54	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Sucio	6139	3520	52,35	0,85	Muy bajo	1,49	Bajo	0,81	Alto	Muy bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	6927	3368	0,69	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Bajo Atrato	2000	1003	13,49	0,67	Muy bajo	1,35	Bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Tanela y otros directos al Caribe	1237	571	1,04	0,08	Muy bajo	0,18	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Tolo y otros directos al Caribe	585	264	0,71	0,12	Muy bajo	0,27	Muy bajo	0,62	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río León	2911	1177	53,24	1,83	Bajo	4,52	Bajo	0,57	Bajo	Medio	Medio	Medio Alto	Alto
Río Mulatos	1836	411	35,69	1,94	Bajo	8,68	Bajo	0,54	Bajo	Medio	Medio	Moderado	Alto
Río San Juan	510	189	70,59	13,84	Moderado	37,31	Alto	0,56	Bajo	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Alto Sinú - Urrá	5873	3107	1002,12	17,06	Moderado	32,25	Alto	0,74	Moderado	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Medio Sinú	1927	1200	192,36	9,98	Bajo	16,02	Moderado	0,73	Moderado	Bajo	Medio	Moderado	Moderado
Bajo Sinú	2240	833	507,39	22,65	Alto	60,94	Muy Alto	0,63	Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	949	258	292,78	30,87	Alto	113,45	Muy Alto	0,62	Bajo	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
María La Baja	646	169	350,63	54,30	Muy Alto	207,83	Muy Alto	0,61	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Arroyos directos al Caribe	496	271	276,26	55,65	Muy Alto	102,02	Muy Alto	0,60	Bajo	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Río Guachaca - Río Piedras - Río Manzanares	1621	520	85,10	5,25	Bajo	16,37	Moderado	0,60	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Río Don Diego	456	183	10,24	2,25	Bajo	5,59	Bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Andágueda	2495	1435	2,03	0,08	Muy bajo	0,14	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Tapias	467	156	8,94	1,91	Bajo	5,73	Bajo	0,55	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Ranchería	793	260	190,45	24,02	Alto	73,23	Muy Alto	0,50	Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Directos Caribe - Arroyo Sharimahana Alta Guajira	125	45	33,18	26,63	Alto	74,49	Muy Alto	0,45	Muy bajo	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto
Río Cacarica	1114	532	0,15	0,01	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,84	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Carraipia - Paraguachón, directos al Golfo Maracaibo	258	25	22,59	8,74	Bajo	88,87	Muy Alto	0,45	Muy bajo	Medio	Muy Alto	Alto	Muy Alto
Río Bojayá	3323	1874	0,13	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,84	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	745	206	201,29	27,03	Alto	97,65	Muy Alto	0,58	Bajo	Alto	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Ancho y otros directos al Caribe	1259	544	45,05	3,58	Bajo	8,28	Bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Camarones y otros directos Caribe	196	93	4,53	2,31	Bajo	4,87	Bajo	0,51	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Bebaramá y otros directos Atrato	6647	3860	17,14	0,26	Muy bajo	0,44	Muy bajo	0,83	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Moderado
CAUCA													
Río Bugalagrande	489	212	326,22	66,76	Muy Alto	153,89	Muy Alto	0,75	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Río Amaime	536	246	244,40	45,57	Alto	99,19	Muy Alto	0,75	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS

SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Río Chinchiná	821	433	84,84	10,33	Moderado	19,60	Moderado	0,75	Moderado	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Alto Río Cauca	603	314	69,29	11,50	Moderado	22,10	Alto	0,71	Moderado	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Río Puracé	626	329	11,95	1,91	Bajo	3,63	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Salado y otros directos Cauca	1004	624	423,44	42,16	Alto	67,87	Muy Alto	0,71	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Moderado
Río Palo	998	500	34,26	3,43	Bajo	6,86	Bajo	0,70	Moderado	Bajo	Bajo	Alto	Muy Alto
Río Timba	403	247	41,79	10,36	Moderado	16,95	Moderado	0,73	Moderado	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Ovejas	600	304	20,56	3,43	Bajo	6,76	Bajo	0,68	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Río Fraile y otros directos al Cauca	809	337	174,40	21,57	Alto	51,71	Muy Alto	0,70	Moderado	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Directos Río Cauca (mi)	1024	532	743,50	72,62	Muy Alto	139,76	Muy Alto	0,64	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Río Tuluá	718	316	478,15	66,61	Muy Alto	151,17	Muy Alto	0,76	Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Río Frío	274	126	104,60	38,12	Alto	82,90	Muy Alto	0,73	Moderado	Alto	Alto	Medio Alto	Alto
Río La Vieja	2165	965	301,62	13,93	Moderado	31,26	Alto	0,73	Moderado	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Río Otún	995	494	124,05	12,47	Moderado	25,11	Alto	0,74	Moderado	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Río Risaralda	986	582	15,47	1,57	Bajo	2,66	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto
Río Tapias y otros directos al Cauca	1099	565	10,70	0,97	Muy bajo	1,89	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
Río Frío y otros directos al Cauca	1280	629	48,07	3,76	Bajo	7,65	Bajo	0,75	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
Río San Juan	1074	605	39,10	3,64	Bajo	6,46	Bajo	0,78	Alto	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Directos Río Cauca (md)	2635	1357	65,16	2,47	Bajo	4,80	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Moderado	Medio Alto
Directos Río Cauca (mi)	2723	1445	16,83	0,62	Muy bajo	1,16	Bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Medio	Moderado	Medio Alto
Río Desbaratado	115	54	5,56	4,84	Bajo	10,30	Moderado	0,70	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Tarazá - Río Man	3002	1482	7,24	0,24	Muy bajo	0,49	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Directos al Cauca (md)	1121	507	3,24	0,29	Muy bajo	0,64	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Piendamó	382	198	72,20	18,89	Moderado	36,46	Alto	0,68	Moderado	Medio	Alto	Medio Alto	Medio Alto
Río Quinamayó y otros directos al Cauca	553	261	30,36	5,49	Bajo	11,64	Moderado	0,68	Moderado	Bajo	Medio	Alto	Alto
Río Pance	443	196	540,73	121,96	Muy Alto	275,82	Muy Alto	0,71	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Directos al Río Cauca (mi)	670	262	467,88	69,81	Muy Alto	178,38	Muy Alto	0,75	Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Río Guadalupe	103	45	2,38	2,30	Bajo	5,30	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Morales	178	77	78,61	44,07	Alto	102,41	Muy Alto	0,74	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Río Paila	328	141	357,19	108,79	Muy Alto	253,40	Muy Alto	0,71	Moderado	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Directos Río Cauca (md)	579	256	466,84	80,70	Muy Alto	182,35	Muy Alto	0,64	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Río Porce	2865	2026	962,99	33,61	Alto	47,52	Alto	0,78	Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Alto Nechí	1288	779	96,98	7,53	Bajo	12,46	Moderado	0,78	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Moderado
Bajo Nechí	1962	1338	23,93	1,22	Bajo	1,79	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Moderado
Directos al Bajo Nechí	831	430	6,53	0,79	Muy bajo	1,52	Bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Arma	1464	821	51,07	3,49	Bajo	6,22	Bajo	0,75	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Río Cerrito y otros directos al Cauca	493	200	241,86	49,02	Alto	120,66	Muy Alto	0,76	Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Río Claro	185	99	49,34	26,61	Alto	49,80	Alto	0,69	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Bajo
CATATUMBO													
Río Pamplonita	745	218	168,49	22,62	Alto	77,46	Muy Alto	0,67	Moderado	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Río Zulia	2293	805	182,19	7,95	Bajo	22,64	Alto	0,69	Moderado	Bajo	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	3657	1300	101,65	2,78	Bajo	7,82	Bajo	0,64	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Moderado
Río Tarra	1338	513	17,34	1,30	Bajo	3,38	Bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur	1602	342	26,03	1,62	Bajo	7,62	Bajo	0,64	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Bajo Catatumbo	2234	371	18,75	0,84	Muy bajo	5,05	Bajo	0,63	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río del Suroeste y directos Río de Oro	3257	378	25,35	0,78	Muy bajo	6,71	Bajo	0,56	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Algodonal (Alto Catatumbo)	1912	600	42,66	2,23	Bajo	7,11	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Medio Alto	Alto
PACÍFICO													
Río Anchicayá	2498	1671	260,38	10,42	Moderado	15,59	Moderado	0,77	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Baudó	10563	6592	2,81	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Capoma y otros directos al San Juan	5198	3144	60,99	1,17	Bajo	1,94	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Cajón	1858	1209	0,25	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,81	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río San Juan (Frontera Ecuador)	759	516	1,38	0,18	Muy bajo	0,27	Muy bajo	0,75	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Mira	10397	7595	11,06	0,11	Muy bajo	0,15	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Moderado
Río Rosario	2276	1787	1,39	0,06	Muy bajo	0,08	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Tola	1646	1265	1,01	0,06	Muy bajo	0,08	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Patía Alto	3634	1133	38,64	1,06	Bajo	3,41	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Río Guachicono	2108	780	41,09	1,95	Bajo	5,27	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto
Río Mayo	542	313	32,96	6,08	Bajo	10,55	Moderado	0,76	Alto	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Río Juananbú	1300	659	56,06	4,31	Bajo	8,51	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Muy Alto	Muy Alto
Río Guáitara	2396	1149	70,05	2,92	Bajo	6,10	Bajo	0,76	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto
Río Telembí	13176	8015	5,36	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Patía Medio	4333	2155	4,31	0,10	Muy bajo	0,20	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Patía Bajo	11857	6685	4,71	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Tapaje	4119	3315	1,21	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Iscuandé	4820	3724	1,17	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Guapi	6616	5378	2,54	0,04	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Timbiquí	2195	1770	0,73	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Saija	3015	2410	0,62	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río San Juan del Micay	10612	7838	18,07	0,17	Muy bajo	0,23	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Naya	7423	5797	2,83	0,04	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,75	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Timba y otros directos al Pacífico	5144	3790	3,27	0,06	Muy bajo	0,09	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Río Dagua	4114	2456	516,01	12,54	Moderado	21,01	Alto	0,76	Alto	Medio	Medio	Medio Alto	Alto
Río San Juan	5520	3316	4,31	0,08	Muy bajo	0,13	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Tamaná y otros directos San Juan	7324	4711	6,94	0,09	Muy bajo	0,15	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Sipí	6130	3617	505,86	8,25	Bajo	13,99	Moderado	0,69	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Calima	4904	2998	459,02	9,36	Bajo	15,31	Moderado	0,76	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Munguidó	1786	1050	0,56	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río San Juan	2357	1490	0,15	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos San Juan y Pacífico	3133	2045	0,24	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Docampadó y directos Pacífico	4641	2926	0,26	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Pacífico frontera Panamá	8240	4672	3,36	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
ORINOCO													
Río Casanare	8347	4800	35,85	0,43	Muy bajo	0,75	Muy bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Banadia y otros directos al Río Arauca	2968	1562	20,57	0,69	Muy bajo	1,32	Bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Medio	Moderado	Moderado
Río Bojabá	1611	876	2,64	0,16	Muy bajo	0,30	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Cinaruco y directos Río Orinoco	5362	2753	4,46	0,08	Muy bajo	0,16	Muy bajo	0,60	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Cobugón - Río Cobaría	3474	1749	3,09	0,09	Muy bajo	0,18	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Ariporo	6675	3746	18,38	0,28	Muy bajo	0,49	Muy bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Inírida Alto	16077	8740	2,59	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Inírida Medio	24012	14269	2,34	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Papunaya	9713	5608	0,49	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Caño Nabuquén	2594	1442	0,82	0,03	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,62	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Inírida (mi), hasta Caño Bocón y Río Las Viñas	11707	6829	3,69	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Caño Bocón	10289	6382	1,96	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,67	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Guayabero	9144	4612	3,45	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Guape	5518	2720	5,18	0,09	Muy bajo	0,19	Muy bajo	0,70	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Losada	5574	2926	1,70	0,03	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto Guaviare	14838	7802	34,64	0,23	Muy bajo	0,44	Muy bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Guejar	4974	2295	12,50	0,25	Muy bajo	0,54	Muy bajo	0,71	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Medio Guaviare	17356	10057	11,63	0,07	Muy bajo	0,12	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Siare	5238	3139	2,67	0,05	Muy bajo	0,08	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Iteviare	5601	3352	4,66	0,08	Muy bajo	0,14	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo Guaviare	11887	7454	2,95	0,02	Muy bajo	0,04	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Caño Minisiare	3093	1811	0,11	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Alto Río Uvá	4982	3039	3,58	0,07	Muy bajo	0,12	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Bajo Río Uvá	5912	3792	2,90	0,05	Muy bajo	0,08	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Caño Chupabe	5970	3729	2,50	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto Vichada	9654	4889	14,59	0,15	Muy bajo	0,30	Muy bajo	0,65	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Guarrojo	4334	2208	4,41	0,10	Muy bajo	0,20	Muy bajo	0,64	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Muco	5349	2811	6,62	0,12	Muy bajo	0,24	Muy bajo	0,64	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Directos Vichada Medio	5842	2743	2,54	0,04	Muy bajo	0,09	Muy bajo	0,62	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Bajo Vichada	5901	2740	2,57	0,04	Muy bajo	0,09	Muy bajo	0,63	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Alto Río Tomo	9347	4522	6,70	0,07	Muy bajo	0,15	Muy bajo	0,62	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Elvita	6433	2992	6,21	0,10	Muy bajo	0,21	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Bajo Río Tomo	4576	2144	3,32	0,07	Muy bajo	0,15	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Caño Lioni o Terecay	2765	1303	2,53	0,09	Muy bajo	0,19	Muy bajo	0,60	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Metica (Guamal - Humadea)	5742	2827	520,01	9,06	Bajo	18,39	Moderado	0,70	Moderado	Bajo	Medio	Moderado	Medio Alto
Río Guayuriba	3571	1845	160,14	4,49	Bajo	8,68	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Guatiquía	3120	1418	453,22	14,52	Moderado	31,97	Alto	0,68	Moderado	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Río Guacavía	1713	726	123,79	7,23	Bajo	17,05	Moderado	0,68	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Humea	2695	1374	68,49	2,54	Bajo	4,98	Bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Embalse del Guavio	3573	1528	529,12	14,81	Moderado	34,63	Alto	0,67	Moderado	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Chivor	2524	1200	382,56	15,15	Moderado	31,89	Alto	0,63	Bajo	Alto	Alto	Moderado	Medio Alto
Río Tunjita	2646	1178	9,02	0,34	Muy bajo	0,77	Muy bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Upía	2723	1309	87,59	3,22	Bajo	6,69	Bajo	0,67	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Negro	1395	701	216,45	15,52	Moderado	30,89	Alto	0,70	Moderado	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Directos Río Metica (md)	2682	1353	157,38	5,87	Bajo	11,63	Moderado	0,68	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Moderado
Río Yucao	2902	1529	185,23	6,38	Bajo	12,11	Moderado	0,66	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Melúa	2220	1087	132,60	5,97	Bajo	12,20	Moderado	0,68	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Caño Cumaral	1394	616	65,01	4,66	Bajo	10,55	Moderado	0,69	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Manacacías	9114	4358	212,44	2,33	Bajo	4,87	Bajo	0,70	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Directos al Meta (md)	1401	779	2,63	0,19	Muy bajo	0,34	Muy bajo	0,67	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Túa	7088	3582	204,95	2,89	Bajo	5,72	Bajo	0,70	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Río Cusiana	7057	3816	132,63	1,88	Bajo	3,48	Bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado
Directos al Meta (mi)	2016	1170	16,44	0,82	Muy bajo	1,40	Bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Caño Guanápalo y otros directos al Meta	7584	4495	127,84	1,69	Bajo	2,84	Bajo	0,68	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Pauto	10141	5835	64,75	0,64	Muy bajo	1,11	Bajo	0,68	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Directos al Río Meta (mi)	6606	3685	11,23	0,17	Muy bajo	0,30	Muy bajo	0,65	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Directos Bajo Meta	6792	3251	7,24	0,11	Muy bajo	0,22	Muy bajo	0,60	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Directos al Río Meta (md)	2650	1329	3,26	0,12	Muy bajo	0,25	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Directos al Río Meta	1834	958	147,00	8,02	Bajo	15,35	Moderado	0,67	Moderado	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Río Cravo Sur	7240	4239	276,77	3,82	Bajo	6,53	Bajo	0,66	Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Medio Alto

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	IACAL
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Caño Samuco	1210	650	0,99	0,08	Muy bajo	0,15	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Caño Aguaclarita	2939	1529	5,13	0,17	Muy bajo	0,34	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Margua	858	461	4,55	0,53	Muy bajo	0,99	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Río Arauca	3541	1848	10,91	0,31	Muy bajo	0,59	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Moderado	Moderado
Río Vita	8885	4206	8,43	0,09	Muy bajo	0,20	Muy bajo	0,60	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Río Tuparro	13494	6268	6,29	0,05	Muy bajo	0,10	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Caño Matavén	12442	5930	5,29	0,04	Muy bajo	0,09	Muy bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Directos Río Atabapo (mi)	5647	2788	3,31	0,06	Muy bajo	0,12	Muy bajo	0,63	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Directos Orinoco	4549	2152	4,58	0,10	Muy bajo	0,21	Muy bajo	0,60	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Alto Río Apure	284	152	1,61	0,57	Muy bajo	1,06	Bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Ariari	12148	6593	132,78	1,09	Bajo	2,01	Bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Cravo Norte	10493	5584	19,92	0,19	Muy bajo	0,36	Muy bajo	0,72	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Chitaga	1995	1028	15,06	0,75	Muy bajo	1,47	Bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Medio	Bajo	Moderado
AMAZONAS													
Río Aquió o Caño Aque	4558	2551	1,45	0,03	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,67	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Caguán Alto	9658	4886	19,98	0,21	Muy bajo	0,41	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cananari	5992	3477	0,12	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Camuya	4614	2380	0,93	0,02	Muy bajo	0,04	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Ajajú	12582	6254	0,88	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,75	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cotuhé	4790	3516	0,35	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Chingual	479	325	2,39	0,50	Muy bajo	0,73	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cuaiari	6507	3720	1,86	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,64	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Alto Río Guainía	5181	3065	0,83	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,69	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Medio Río Guainía	4200	2323	1,31	0,03	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,61	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Bajo Río Guainía	12080	6662	3,77	0,03	Muy bajo	0,06	Muy bajo	0,62	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Directos Río Negro (md)	5417	3138	0,23	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cuemaní	3993	2045	0,12	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Isana	5174	3018	0,85	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,70	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Tomo	3693	2108	0,71	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Itilla	3841	1992	0,10	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Unilla	3149	1648	0,57	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto Vaupés	12469	6471	0,81	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo Vaupés	22722	12663	2,20	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Querary	7072	3955	0,12	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,74	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Papurí	9196	5210	0,99	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Tiquié	1634	985	0,04	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

(Mmc) Millones de metros cúbicos

OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS DE LAS 309 SUBZONAS HIDROGRÁFICAS													
SUBZONA HIDROGRÁFICA	OFERTA DISPONIBLE		DEMANDA (Mmc)	ÍNDICE DE USO AGUA				ÍNDICE REGULACIÓN		ÍNDICE VULNERABILIDAD		IACAL	IACAL
	OFERTA MEDIA (Mmc)	OFERTA SECA (Mmc)		IUA AÑO MEDIO	CATEG. IUA	IUA AÑO SECO	CATEG. IUA	ÍNDICE	CATEG.	AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO SECO
Río Tunia o Macayá	14610	7589	1,83	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto Río Apaporis	18498	10032	0,58	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Bajo Río Apaporis	17939	13074	0,16	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Pira Paraná	8797	5550	0,20	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Río Taraira	2407	1871	0,02	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Alto Caquetá	8596	5939	48,06	0,56	Muy bajo	0,81	Muy bajo	0,73	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Río Cará-Paraná	11770	6432	0,12	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Orteguaza	15513	8645	51,40	0,33	Muy bajo	0,59	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Moderado
Río Pescado	3862	2251	8,23	0,21	Muy bajo	0,37	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Rutuya	2023	1125	0,06	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Mecaya	7973	4845	2,30	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Sencella	3029	1825	0,39	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Peneya	2831	1564	0,18	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Caquetá Medio	27121	15368	8,24	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Mirití-Paraná	12774	8877	0,06	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Puré	11664	9264	0,16	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Alto Yarí	12981	6802	2,32	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Medio Yarí	8787	4334	0,69	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Luisa	5878	3028	0,57	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Bajo Yarí	6254	3079	0,19	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cuñare	8617	4379	0,28	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Mesay	13660	7030	0,44	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Caguán Bajo	12400	6537	2,20	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Guayas	10023	5641	14,06	0,14	Muy bajo	0,25	Muy bajo	0,76	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Cahuinarí	23171	14315	0,37	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Sunsiya	4527	2438	0,47	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,77	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Alto Río Putumayo	11210	8095	29,91	0,27	Muy bajo	0,37	Muy bajo	0,78	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Moderado
Río San Miguel	3388	2550	12,56	0,37	Muy bajo	0,49	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Putumayo Medio	9018	5475	2,48	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	0,79	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Putumayo directos (mi)	5838	3308	0,76	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Putumayo Bajo	20360	14069	0,51	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Igara Paraná	18918	11312	0,23	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Pureté (Purite)	2551	1855	0,28	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Directos Río Amazonas	4134	2991	2,29	0,06	Muy bajo	0,08	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Río Caquetá Bajo	39263	24961	0,41	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	0,80	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

(Mmc) Millones de metros cúbicos

ANEXO 2
OFERTA E INDICADORES HÍDRICOS PARA UNIDADES
HÍDRICAS FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE
CABECERAS MUNICIPALES PARA CONDICIONES
HIDROLÓGICAS MEDIAS Y SECAS

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
ANTIOQUIA												
MEDELLÍN		EPM (Sistema de acueducto regulado)	153,79									
ABEJORRAL	Río Arma	Q. La Angostura	0,27	Alto	6073,87	3092,53	Bajo	Bajo	2418,9	1450,1	Medio	Bajo
ABEJORRAL	Río Sucio	Q. San Antonio	0,27	Alto	11724,63	6055,62	Bajo	Bajo	4705,3	2984,7	Bajo	Bajo
ALEJANDRÍA	Río Nare	Q. San Pedro-Concepción	0,14	Alto	264*	158,4*	Muy bajo	Muy bajo	234,96*	140,98*	Muy bajo	Muy bajo
AMAGÁ	Directos Río Cauca (md)	Q. La Paja	0,56	Bajo	27,5*	16,5*	Bajo	Medio	13,48*	8,09*	Bajo	Medio
AMALFI	Río Porce	Q. San Ignacio	0,72	Alto	25*	15*	Bajo	Bajo	19,75*	11,85*	Bajo	Bajo
ANDES	Río San Juan	Q. La Chaparrala	1,40	Bajo	62,5*	37,5*	Bajo	Medio	37,5*	22,5*	Bajo	Medio
ANGELÓPOLIS	Directos Río Cauca (md)	Q. La Bramadora	0,33	Medio	1697,41	1421,49	Alto	Alto	1103,0	638,5	Muy alto	Alto
ANGOSTURA	Alto Nechí	Q. La Culebra	0,13	Bajo	65*	39*	Muy bajo	Medio	36,4*	21,84*	Muy bajo	Medio
ANORÍ	Alto Nechí	Q. La Serrana	0,25	Bajo	135*	81*	Muy bajo	Medio	51,3*	30,78*	Muy bajo	Medio
SANTA FÉ DE ANTIOQUIA	Directos Río Cauca (mi)	Q. La Pena	1,12	Bajo	15*	9*	Medio	Alto	12,15*	7,29*	Medio	Alto
ANZA	Directos Río Cauca (mi)	Q. La Puria	0,09	Alto	16860,39	9374,46	Muy bajo	Muy bajo	7693,3	4698,6	Bajo	Bajo
APARTADÓ	Río León	Río Apartadó - Pozos	7,67	Bajo	117949,81	87604,84	Bajo	Medio	43178,1	28818,4	Alto	Alto
ARBOLETES	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Emb. Río Bote	0,58	Alto	15	9	Bajo	Bajo	12,2	7,3	Bajo	Bajo
ARGELIA	Río Samaná	Q. Llanadas	0,20	Alto	20972,40	11003,67	Bajo	Bajo	12012,2	7533,4	Bajo	Bajo
ARMENIA	Directos Río Cauca (md)	Q. Chaparrala	0,09	Bajo	22,5*	13,5*	Muy bajo	Medio	14,18*	8,51*	Bajo	Medio
BARBOSA	Río Porce	Q. El Viento	1,40	Alto	13903,78	5863,13	Alto	Medio	6809,6	4439,7	Alto	Medio
BELMIRA	Río Porce	Q. Mogotes - Las Azucenas	0,15	Bajo	61,75*	37,05*	Muy bajo	Medio	23,47*	14,08*	Muy bajo	Medio
BELLO	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	24,29									
BETANIA	Río San Juan	Río Pedral	0,28	Alto	53850,08	24217,12	Bajo	Bajo	23951,8	16859,1	Bajo	Bajo
BETULIA	Directos Río Cauca (mi)	Q. Buenavista	0,39	Alto	4080,65	1862,98	Alto	Medio	1288,4	1066,7	Alto	Medio
CIUDAD BOLÍVAR	Río San Juan	Q. Los Monos	1,32	Alto	13784,15	6234,22	Alto	Medio	5943,0	4524,2	Alto	Medio
BRICEÑO	Directos Río Cauca (md)	Q. Los Arados	0,17	Bajo	75*	45*	Muy bajo	Medio	42,75*	25,65*	Muy bajo	Medio
BURITICÁ	Directos Río Cauca (mi)	Q. Los Arados	0,11	Alto	4923,62	3226,24	Bajo	Bajo	2526,2	1809,0	Bajo	Bajo
CÁCERES	Directos al Cauca (md)	Q. Nicapá	0,50	Bajo	65*	39*	Bajo	Medio	39*	23,4*	Bajo	Medio
CAICEDO	Directos Río Cauca (mi)	Q. Asesi	0,11	Bajo	22,5*	13,5*	Muy bajo	Medio	14,18*	8,51*	Bajo	Medio
CALDAS	Río Porce	Q. Valeria	4,76	Medio	10721,18	5431,73	Muy alto	Alto	4128,4	3329,8	Muy alto	Alto
CAMPAMENTO	Alto Nechí	Q. Los Chorros	0,12	Alto	4130,50	913,42	Medio	Medio	2284,5	544,5	Alto	Medio
CAÑASGORDAS	Río Sucio	Q. Cañasgordas	0,22	Alto	276*	165,6*	Muy bajo	Muy bajo	209,76*	125,86*	Muy bajo	Muy bajo
CARACOLÍ	Río Nare	Q. Sta. Ana	0,23	Alto	57,5*	34,5*	Muy bajo	Muy bajo	47,15*	28,29*	Muy bajo	Muy bajo
CARAMANTA	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. El Molino	0,19	Bajo	6,25*	3,75*	Bajo	Medio	3,06*	1,84*	Medio	Alto
CAREPA	Río León	Pozos	2,29									
CARMEN DE VIBORAL	Río Nare	Q. Cimarrona - Q. Madera	1,41	Medio	3236,08	1816,01	Muy alto	Alto	1910,3	1205,6	Muy alto	Alto

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Correimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
CAROLINA	Río Porce	Q. Sta. Isabel	0,18	Alto	9435,48	2630,65	Bajo	Bajo	4459,7	1864,0	Bajo	Bajo
CAUCASIA	Bajo San Jorge - La Mojana	Lag. Colombia	5,06	Medio	8,75*	5,25*	Muy alto	Alto	6,3*	3,78*	Muy alto	Alto
CHIGORODÓ	Río León	Río León	3,78	Bajo	482*	289,2*	Bajo	Medio	245,82*	147,49*	Bajo	Medio
CISNEROS	Río Nare	Q. Sta. Gertrudis	0,56	Alto	130*	78*	Muy bajo	Muy bajo	115,7*	69,42*	Muy bajo	Muy bajo
COCORNÁ	Río Nare	Q. Guayabal	0,30	Alto	37285,07	20360,42	Bajo	Bajo	21242,0	13538,9	Bajo	Bajo
CONCEPCIÓN	Río Nare	Río Concepción	0,10	Alto	25803,20	11475,04	Muy bajo	Muy bajo	13300,6	8546,1	Bajo	Bajo
CONCORDIA	Directos Río Cauca (mi)	Q. La Nitrera	0,41	Bajo	21,25*	12,75*	Bajo	Medio	13,39*	8,03*	Bajo	Medio
COPACABANA	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	4,06									
DABEIBA	Río Sucio	Q. Antadó	0,62	Alto	30*	18*	Bajo	Bajo	22,8*	13,68*	Bajo	Bajo
DON MATÍAS	Río Porce	Río Grande	0,89	Alto	1120*	672*	Muy bajo	Muy bajo	884,8*	530,88*	Muy bajo	Muy bajo
EBÉJICO	Directos Río Cauca (md)	Q. Miraflores	0,16	Medio	4129,86	2277,60	Bajo	Bajo	1778,1	1154,3	Medio	Medio
EL BAGRE	Bajo Nechí	Q. Villa	1,75	Alto	288051,70	73274,14	Bajo	Bajo	137889,5	51062	Bajo	Bajo
ENTRERRÍOS	Río Porce	Q. La Turura	0,25	Bajo	55*	33*	Muy bajo	Medio	20,9*	12,54*	Bajo	Medio
ENVIGADO	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	14,33									
FREDONIA	Directos Río Cauca (md)	Q. Las Frías	0,63	Bajo	11*	6,6*	Bajo	Medio	5,39*	3,23*	Medio	Alto
FRONTINO	Río Sucio	Río Murri	0,54	Alto	165*	99*	Muy bajo	Muy bajo	125,4*	75,24*	Muy bajo	Muy bajo
GIRALDO	Directos Río Cauca (mi)	Q. El Tambo	0,09	Bajo	23,75*	14,25*	Muy bajo	Medio	14,96*	8,98*	Bajo	Medio
GIRARDOTA	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	1,97									
GÓMEZ PLATA	Río Porce	Q. Guadalupe	0,39	Alto	147*	88,2*	Muy bajo	Muy bajo	116,13*	69,68*	Muy bajo	Muy bajo
GRANADA	Río Nare	Q. Minitas	0,31	Alto	37353,55	19767,59	Bajo	Bajo	20498,2	12942,3	Bajo	Bajo
GUADALUPE	Río Porce	Q. Santa Gertrudis	0,12	Alto	3653,35	958,03	Medio	Medio	1824,7	654,0	Medio	Medio
GUARNE	Río Nare	Q. La Brizuela	0,92	Medio	9725,49	4706,74	Medio	Medio	4090,4	3686,6	Alto	Alto
GUATAPÉ	Río Nare	Q. La Floresta	0,30	Bajo	50*	30*	Bajo	Medio	29,5*	17,7*	Bajo	Medio
HELICONIA	Directos Río Cauca (md)	Q. La Aburreña	0,21	Medio	8780,99	4307,92	Bajo	Bajo	3234,3	2405,5	Bajo	Bajo
HISPANIA	Río San Juan	Río Pedral	0,20	Alto	88205,18	40642,78	Muy bajo	Muy bajo	39065,3	26323,2	Muy bajo	Muy bajo
ITAGÚÍ	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	15,76									
ITUANGO	Directos Río Cauca (mi)	Río Ituango - Media Falda	0,30	Alto	462924,89	270959,82	Alto	Medio	214402,5	149835,7	Bajo	Medio
LA CEJA	Río San Juan	Río Pantanillo	0,48	Medio	10307,80	5592,40	Bajo	Bajo	4253,1	2720,0	Medio	Medio
JERICÓ	Río Frio y otros directos al Cauca	Río Piedras	7,90	Medio	5368	10	Bajo	Bajo	5,9	4,9	Bajo	Bajo
PEQUE	Río Nare	Q. Peque	2,27	Medio	21408,05	12909,21	Medio	Medio	11177,8	6826,7	Alto	Alto
REMEDIOS	Río Porce	Q. San Pedro	2,31	Medio	3467,90	1748,16	Muy alto	Alto	1320,6	1087,4	Muy alto	Alto
LIBORINA	Directos Río Cauca (md)	Q. El Roblal	4,70	Medio	5411	54	Medio	Medio	26,7	20,5	Medio	Medio
LA PINTADA	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Río Nechí	0,13	Bajo	54*	32,4*	Muy bajo	Medio	20,52*	12,31*	Muy bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
MARINILLA	Río Nare	Q. Marinilla	2,86	Alto	9920	5860	Medio	Medio	9920	3139	Alto	Medio
MONTEBELLO	Río Arma	Q. Palocoposo	0,14	Bajo	140*	84*	Muy bajo	Medio	68,6*	41,16*	Muy bajo	Medio
MURINDÓ	Río Murindó - Directos al Atrato	Río Murindó	0,08	Alto	759456,78	334524,73	Muy bajo	Muy bajo	548401,7	200986,1	Muy bajo	Muy bajo
MUTATÁ	Río Sucio	Río Mutatá	0,33	Alto	350*	210*	Muy bajo	Muy bajo	266*	159,6*	Muy bajo	Muy bajo
NARIÑO	Río Samaná	Q. Sta. Clara	0,19	Bajo	200*	120*	Muy bajo	Medio	118*	70,8*	Muy bajo	Medio
NECOCLÍ	Río Mulatos	Lag. Salado	0,47	Bajo	3790	3790	Muy bajo	Medio	3790	3790	Muy bajo	Medio
NECHÍ	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,83									
OLAYA	Directos Río Cauca (md)	Q. La Barbuda	0,02	Alto	14573,80	9444,92	Muy bajo	Muy bajo	7985,4	5090,1	Muy bajo	Muy bajo
EL PEÑOL	Río Nare	Q. Pozos - El Carmen	0,53	Alto	7518,66	3958,38	Medio	Medio	4193,2	2757,2	Medio	Medio
PEQUE	Directos Río Cauca (mi)	Q. Peque - El Tambor	0,17	Alto	4053,25	2416,62	Bajo	Bajo	1885,2	1354,8	Medio	Medio
PUEBLO RICO	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. La leona	0,25	Alto	4611,63	2416,89	Medio	Medio	1881,4	1164,4	Alto	Medio
PUERTO BERRÍO	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Río Magdalena	2,53	Medio	75526,15*	45315,69*	Muy bajo	Bajo	50602,52*	30361,51*	Muy bajo	Bajo
PUERTO NARE	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Q. La Zoná	0,51	Alto	6824,48	4774,46	Medio	Medio	4058,4	2614,7	Medio	Medio
PUERTO TRIUNFO	Directos Magdalena Medio (mi)	Pozos	0,30									
REMEDIOS	Río Cimitarra	Q. La Concha	0,64	Alto	50*	26,46*	Bajo	Bajo	27,44*	17,32*	Bajo	Bajo
EL RETIRO	Río Nare	Río Pantanillo	0,63	Medio	71780,08	40847,32	Bajo	Bajo	37978,8	23819,9	Bajo	Bajo
RIONEGRO	Río Nare	Q. Malpaso	4,34	Medio	834621,75	446455,33	Bajo	Bajo	441527,1	309503,3	Bajo	Bajo
SABANALARGA	Directos Río Cauca (md)	Q. San Pedro	0,15	Alto	4842,96	2959,87	Bajo	Bajo	2512,4	1609,9	Bajo	Bajo
SABANETA	Río Porce	EPM (Sistema de acueducto regulado)	3,09									
SALGAR	Río San Juan	Q. La Sucre	0,41	Alto	5340,35	2630,96	Medio	Medio	2133,2	1678,2	Alto	Medio
SAN ANDRÉS	Directos Río Cauca (md)	Q. El Mico	0,18	Alto	363*	283,14*	Muy bajo	Muy bajo	217,8*	169,88*	Muy bajo	Muy bajo
SAN CARLOS	Río Nare	Q. El Tambor	0,47	Alto	163023,06	88209,26	Muy bajo	Muy bajo	88387,8	53548,4	Muy bajo	Muy bajo
SAN FRANCISCO	Río Nare	Q. San Francisco	0,17	Medio	55*	33*	Muy bajo	Bajo	36,85*	22,11*	Muy bajo	Bajo
SAN JERÓNIMO	Directos Río Cauca (md)	Q. La Muñoz	0,27	Bajo	27*	16,2*	Bajo	Medio	10,26*	6,16*	Bajo	Medio
SAN JOSÉ DE LA MONTA	Directos Río Cauca (md)	Q. Montenegro	0,13	Alto	4,5*	2,7*	Bajo	Bajo	3,51*	2,11*	Bajo	Bajo
SAN JUAN DE URABÁ	Río San Juan	Emb. Volcanes	0,52	Bajo	681,41	408,85	Muy bajo	Medio	245,3	147,2	Muy bajo	Medio
SAN LUIS	Río Nare	Q. La Risaralda	0,35	Alto	10000,07	5433,21	Bajo	Bajo	5836,7	3554,0	Bajo	Bajo
SAN PEDRO	Río Porce	Río Chico	0,78	Medio	27235,73	12338,74	Bajo	Bajo	10153,8	9432,8	Bajo	Bajo
SAN PEDRO DE URABÁ	Río San Juan	Q. Aguas Claras	0,60	Medio	90*	54*	Bajo	Bajo	69,3*	41,58*	Bajo	Bajo
SAN RAFAEL	Río Nare	Q. Los Cuervos	0,48	Alto	9829,94	4890,74	Bajo	Bajo	5012,1	2973,9	Medio	Medio
SAN ROQUE	Río Nare	Q. San Javier	0,44	Medio	13*	7,8*	Bajo	Bajo	8,71*	5,23*	Bajo	Bajo
SAN VICENTE	Río Nare	Q. La Palma	0,28	Alto	4565,09	2185,20	Medio	Medio	4565,1	1689,1	Medio	Medio
SANTA BÁRBARA - LA PINTADA	Río Arma	Q. La Loma	0,59	Medio	38313,07	19784,88	Bajo	Bajo	15986,6	10074,8	Bajo	Bajo
SANTA ROSA DE OSOS	Río Porce	Q. Las Cruces	1,07	Alto	32328,92	10473,45	Medio	Medio	16160,5	7708,5	Medio	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
SANTO DOMINGO	Río Nare	Q. Los Moros	0,10	Alto	19177,79	8014,80	Bajo	Bajo	9731,7	5624,1	Bajo	Bajo
SANTUARIO	Río Nare	Q. El Salto - Bodegas	0,91	Alto	6821,86	3668,96	Alto	Medio	3864,9	2530,1	Alto	Medio
SEGOVIA	Bajo Nechí	Río Pomales	1,11	Bajo	54*	32,4*	Bajo	Medio	29,7*	17,82*	Bajo	Medio
SONSÓN	Río Arma	Río Sonsón - Chaverras	1,07	Alto	26579,52	9821,48	Medio	Medio	13144,0	7502,4	Medio	Medio
SOPETRÁN	Directos Río Cauca (md)	Q. La Sopetrana	0,46	Medio	29921,26	15887,88	Bajo	Bajo	13346,1	9038,3	Bajo	Bajo
TÁMESIS	Río Frio y otros directos al Cauca	Río San Antonio	0,65	Alto	10,56*	5,75*	Bajo	Bajo	10,56*	2,76*	Bajo	Bajo
TARAZÁ	Río Tarazá - Río Man	Q. Pozo Hondo	1,40	Medio	10044,60	5018,63	Alto	Alto	4325,6	2436,2	Muy alto	Alto
TARSO	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. La Capota	0,29	Bajo	1966,63	2157,81	Medio	Alto	1278,0	884,4	Alto	Alto
TITIRIBÍ	Directos Río Cauca (md)	Q. El Medio - La Zuli	0,35	Medio	2845,90	1464,66	Alto	Alto	1152,6	692,2	Muy alto	Alto
TOLEDO	Directos Río Cauca (md)	Q. El Roque	0,10	Medio	60*	36*	Muy bajo	Bajo	46,8*	28,08*	Muy bajo	Bajo
TURBO	Río Mulatos	Río Turbo - Pozos	6,89	Bajo	87*	52,2*	Medio	Alto	31,32*	18,79*	Alto	Alto
URAMITA	Río Sucio	Q. La encalichada	0,18	Medio	180*	108*	Muy bajo	Bajo	136,8*	82,08*	Muy bajo	Bajo
URRAO	Río Murri	Río Urrao	0,80	Alto	240197,79	175046,23	Muy bajo	Muy bajo	156128,0	82797,7	Muy bajo	Muy bajo
VALDIVIA	Directos al Cauca (md)	Q. Frisolera - Arresi	0,38	Medio	420*	252*	Muy bajo	Bajo	235,2*	141,12*	Muy bajo	Bajo
VALPARAÍSO	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. El Obispo	0,21	Medio	6840,95	3758,30	Bajo	Bajo	2917,5	1809,2	Medio	Medio
VEGACHÍ	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Q. La Gallinera	0,45	Alto	15774,59	6711,75	Bajo	Bajo	8372,8	4089,0	Medio	Medio
VENECIA	Directos Río Cauca (md)	Q. La Tigre	0,88	Medio	2695,86	1387,54	Muy alto	Alto	2695,9	650,6	Muy alto	Alto
VIGÍA DEL FUERTE	Río Murindó - Directos al Atrato	Río Atrato	0,16	Alto	79155,5*	47493,3*	Muy bajo	Muy bajo	59366,63*	35619,98*	Muy bajo	Muy bajo
YALÍ	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Q. San Bartolomé	0,18	Medio	405*	243*	Muy bajo	Bajo	271,35*	162,81*	Muy bajo	Bajo
YARUMAL	Alto Nechí	Río Nechí	1,93	Alto	237037,48	68856,08	Alto	Medio	62,14	37,29	Alto	Medio
YOLOMBÓ	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	Río Nechi	1,93	Alto	237037,48	68856,08	Bajo	Bajo	125588,1	43974,6	Bajo	Bajo
YONDÓ (Casabe)	Río Cimitarra	Pozos	0,57									
ZARAGOZA	Bajo Nechí	Pozos	0,57									
ATLÁNTICO												
BARRANQUILLA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	72,38	Medio	227940	136764	Muy bajo	Bajo	164116,8	98470,1	Muy bajo	Bajo
BARANOA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	1,45	Medio	227070	136242	Muy bajo	Bajo	163490,4	98094,2	Muy bajo	Bajo
CAMPO DE LA CRUZ	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	1,09	Medio	224025	134415	Muy bajo	Bajo	161298	96778,8	Muy bajo	Bajo
CANDELARIA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,66	Medio	224460	134676	Muy bajo	Bajo	161611,2	96966,7	Muy bajo	Bajo
GALAPA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	1,49	Medio	227070	136242	Muy bajo	Bajo	163490,4	98094,2	Muy bajo	Bajo
JUAN DE ACOSTA	Arroyos directos al Caribe	Pozos	0,71									
LURUACO	Arroyos directos al Caribe	Cga. Luruaco	0,85	Bajo	2730,36	1920,98	Alto	Alto	1526,2	1273,7	Muy alto	Muy alto
MALAMBO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Cga. Mesol	3,28	Medio	17,93*	10,76*	Alto	Alto	12,91*	7,75*	Alto	Alto
MANATÍ	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Río Magdalena	0,90	Medio	224460	134676	Muy bajo	Bajo	161611,2	96966,7	Muy bajo	Bajo

(* Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Correojimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m ³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m ³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m ³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m ³)	I UA CAT.	IVH CAT.
PALMAR DE VARELA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	1,62	Medio	225765	135459	Muy bajo	Bajo	162550,8	97530,5	Muy bajo	Bajo
PIOJÓ	Arroyos directos al Caribe	Pozos	0,19									
POLONUEVO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,85	Medio	226200	135720	Muy bajo	Bajo	162864	97718,4	Muy bajo	Bajo
PONEDERA	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,74	Medio	225330	135198	Muy bajo	Bajo	162237,6	97342,6	Muy bajo	Bajo
PUERTO COLOMBIA	Arroyos directos al Caribe	Río Magdalena	1,53	Medio	227940	136764	Muy bajo	Bajo	164116,8	98470,1	Muy bajo	Bajo
REPELÓN	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Emb. Guájaro	1,11	Medio	18921,60	11352,96	Muy bajo	Bajo	13623,6	8174,1	Muy bajo	Bajo
SABANAGRANDE	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,90	Medio	226200	135720	Muy bajo	Bajo	162864	97718,4	Muy bajo	Bajo
SABANALARGA	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Pozos	4,72									
SANTA LUCÍA	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Canal del dique	0,80	Bajo	38051,46	29189,85	Bajo	Medio	24478,2	13517,7	Bajo	Medio
SANTO TOMÁS	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,78	Medio	225765	135459	Muy bajo	Bajo	162550,8	97530,5	Muy bajo	Bajo
SOLEDAD	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	21,66	Medio	227070	136242	Muy bajo	Bajo	163490,4	98094,2	Muy bajo	Bajo
SUAN	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,65	Medio	223590	134154	Muy bajo	Bajo	160984,8	96590,9	Muy bajo	Bajo
TUBARÁ	Arroyos directos al Caribe	Pozos	0,45									
USIACURÍ	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Pozos	0,59									
BOLÍVAR												
CARTAGENA	Arroyos directos al Caribe	Canal del Dique	50,06	Medio	18921,60	11352,96	Muy bajo	Bajo	13623,6	8174,1	Muy bajo	Bajo
ACHÍ - SAN JACINTO DEL CAUCA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,26									
ALTOS DEL ROSARIO	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya	Pozos	0,45									
ARENAL	Brazo Morales	Q. Arenal	0,31	Medio	382,89*	180,95*	Muy bajo	Bajo	169,96*	99,92*	Muy bajo	Bajo
ARJONA	Maria La Baja	Canal del Dique	3,13	Medio	18921,60	11352,96	Alto	Alto	13623,6	8174,1	Alto	Alto
ARROYO HONDO	Bajo Magdalena - Canal del Dique	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,41									
BARRANCO DE LOBA	Directos Bajo Magdalena	Río Magdalena	0,38	Alto	140592	84355,20	Muy bajo	Muy bajo	109661,8	65797,1	Muy bajo	Muy bajo
CALAMAR	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Río Magdalena	0,85	Medio	223590	134154	Muy bajo	Bajo	160984,8	96590,9	Muy bajo	Bajo
CANTAGALLO	Río Cimitarra	Pozos	0,26									
CICUCO	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,51									
CÓRDOBA	Bajo San Jorge - La Mojana	Cga. Grande	0,24	Alto	220545*	132327*	Muy bajo	Muy bajo	172025,1*	103215,06*	Muy bajo	Muy bajo
CLEMENCIA	Arroyos directos al Caribe	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,67									
EL CARMEN DE BOLÍVAR	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Pozos	3,65									
EL GUAMO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,30	Medio	222720	133632	Muy bajo	Bajo	160358,4	96215,0	Muy bajo	Bajo
EL PEÑÓN	Directos Bajo Magdalena	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,22									
HATILLO DE LOBA	Directos Bajo Magdalena	Río Magdalena	0,22	Bajo	139200	83520	Muy bajo	Medio	82128	49276,8	Muy bajo	Medio
MAGANGUÉ	Bajo San Jorge - La Mojana	Río Magdalena	5,42	Alto	215760	129456	Muy bajo	Muy bajo	166135,2	99681,1	Muy bajo	Muy bajo
MAHATES	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Río Magdalena	0,65	Medio	223590	134154	Muy bajo	Bajo	160984,8	96590,9	Muy bajo	Bajo

(* Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
MARGARITA	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,12									
MARÍA LA BAJA	María La Baja	Emb. Matuya	1,29	Medio	32,64	19,58	Bajo	Bajo	23,5	14,1	Bajo	Bajo
MONTECRISTO	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya	Río Caribona	0,60	Medio	2220*	855,78*	Muy bajo	Bajo	665,47*	399,53*	Muy bajo	Bajo
MOMPÓS	Directos Bajo Magdalena	Río Magdalena	1,63	Bajo	1143458,52	779654,64	Muy bajo	Medio	530878,3	213087,4	Muy bajo	Medio
MORALES - ARENAL	Brazo Morales	Río Magdalena	0,37	Medio	1428945,19	864119,20	Muy bajo	Bajo	671547,8	504781,7	Muy bajo	Bajo
PINILLOS	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,18									
RÍO VIEJO - REGIDOR	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,25									
RÍO VIEJO	Brazo Morales	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,49									
SAN CRISTÓBAL	Bajo Magdalena - Canal del Dique	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,37									
SAN ESTANISLAO	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Canal del Dique	0,81	Medio	18921,60	11352,96	Bajo	Bajo	13623,6	8174,1	Bajo	Bajo
SAN FERNANDO	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,20									
SAN JACINTO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Pozos	1,38									
SAN JACINTO DEL CAUCA	Bajo San Jorge - La Mojana	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,21									
SAN JUAN NEPOMUCENO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Pozos	1,71									
SAN MARTÍN DE LOBA - EL PEÑOL	Directos Bajo Magdalena	Río Magdalena	0,45	Medio	140070	84042	Muy bajo	Bajo	79839,9	47903,9	Muy bajo	Bajo
SAN PABLO	Brazo Morales	Río Magdalena	1,87	Medio	103358,60	62015,16	Muy bajo	Bajo	69250,3	41550,2	Muy bajo	Bajo
SANTA CATALINA - CLEMENCIA	Arroyos directos al Caribe	Pozos	0,32									
SANTA ROSA	Arroyos directos al Caribe	Canal del Dique	0,90	Bajo	18921,60	11352,96	Bajo	Medio	13623,6	8174,1	Medio	Alto
SANTA ROSA DEL SUR	Brazo Morales	Qda. Las Delicias	1,14	Bajo	247*	148,2*	Muy bajo	Medio	165,49*	99,29*	Bajo	Medio
SIMITÍ	Brazo Morales	Río Inanea	0,27	Bajo	660*	396*	Muy bajo	Medio	442,2*	265,32*	Muy bajo	Medio
SOPLAVIENTO - SAN CRISTÓBAL	Bajo Magdalena - Canal del Dique	Canal del Dique	0,58	Bajo	18921,60	11352,96	Bajo	Medio	13623,6	8174,1	Bajo	Medio
TALAIGUA NUEVO	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,37									
TIQUISIO	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya	Río Magdalena	0,35	Alto	117450	70470	Muy bajo	Muy bajo	89262	53557,2	Muy bajo	Muy bajo
TURBACO	María La Baja	Canal del Dique	3,55	Bajo	18921,60	11352,96	Alto	Alto	13623,6	8174,1	Alto	Alto
TURBANÁ	María La Baja	Canal del Dique	0,94	Bajo	18921,60	11352,96	Bajo	Medio	13623,6	8174,1	Medio	Alto
VILLANUEVA	Arroyos directos al Caribe	Canal del Dique	1,14	Bajo	18921,60	11352,96	Medio	Alto	13623,6	8174,1	Medio	Alto
ZAMBRANO	Directos al Bajo Magdalena (mi)	Río Magdalena	0,72	Bajo	220980	132588	Muy bajo	Medio	159105,6	95463,4	Muy bajo	Medio
BOYACÁ												
TUNJA	Río Chicamocha	Río Teatinos - Pozos	9,21	Bajo	18*	10,8*	Muy alto	Muy alto	4,14*	2,48*	Muy alto	Muy alto
ALMEIDA	Chivor	Q. El Chital - La Salvia	0,02	Medio	3811,18	3310,83	Muy bajo	Bajo	2172,7	1531,3	Bajo	Bajo
AQUITANIA	Río Upía	Lag. Tota	0,44	Bajo	2000*	1200*	Muy bajo	Medio	880*	528*	Muy bajo	Medio
ARCABUCO	Río Suárez	Nacimiento	0,13	Bajo	3*	1,8*	Bajo	Medio	1,29*	0,77*	Medio	Alto

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m ³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m ³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m ³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m ³)	I UA CAT.	IVH CAT.
BELÉN	Río Chicamocha	Río Salguero	0,30	Medio	35525,35*	21510,21*	Muy bajo	Bajo	14724,1*	12252,53*	Muy bajo	Bajo
BERBEO	Río Tunjita	Q. Potrerana	0,03	Bajo	18*	10,8*	Muy bajo	Medio	9,72*	5,83*	Muy bajo	Medio
BETÉITIVA	Río Chicamocha	Q. Arenal	0,03	Bajo	3,6*	2,16*	Bajo	Medio	1,58*	0,95*	Bajo	Medio
BOAVITA	Río Chicamocha	Q. Las Cabrillas	0,23	Bajo	12,6*	7,56*	Bajo	Medio	6,55*	3,93*	Bajo	Medio
BOYACÁ	Chivor	Q. Peñanegra	0,03	Alto	5,5*	3,3*	Bajo	Medio	5,17*	3,1*	Muy alto	Medio
BRICEÑO	Río Carare (Minero)	Q. La Hoya , Q.Salitreña	0,04	Medio	23003,50	13634,28	Muy bajo	Bajo	8278,9	6709,9	Muy bajo	Bajo
BUENAVISTA	Río Carare (Minero)	Quebrada	0,06	Bajo	13,2*	7,92*	Muy bajo	Medio	7*	4,2*	Bajo	Medio
BUSBANZÁ	Río Chicamocha	Q. Numa	0,01	Bajo	2,8*	1,68*	Muy bajo	Medio	1,23*	0,74*	Bajo	Medio
CALDAS	Río Suárez	Río	0,02	Bajo	33*	19,8*	Muy bajo	Medio	15,18*	9,11*	Muy bajo	Medio
CAMPOHERMOSO	Río Tunjita	Q. Colorada	0,05	Medio	21491,95	14947,17	Muy bajo	Bajo	11241,4	6209,6	Muy bajo	Bajo
CERINZA	Río Chicamocha	Q. Pozo Bravo	0,11	Bajo	5,5*	3,3*	Bajo	Medio	2,42*	1,45*	Bajo	Medio
CHINAVITA	Chivor	Nac . Agua Blanca	0,09	Alto	12*	7,2*	Muy bajo	Muy bajo	11,28*	6,77*	Muy bajo	Muy bajo
CHIQUINQUIRÁ	Río Suárez	Laguna Fúquene	3,58	Bajo	90*	54*	Bajo	Medio	41,4*	24,84*	Medio	Alto
CHISCAS	Río Chicamocha	Q. Polo La Cueva	0,07	Medio	13603,37	10797,36	Muy bajo	Bajo	8842,0	5591,0	Bajo	Bajo
CHITA	Río Chicamocha	Río San Antonio	0,19	Medio	24*	11,98*	Bajo	Bajo	24*	9,23*	Bajo	Bajo
CHITARAQUE	Río Suárez	Q. Santo Domingo	0,08	Bajo	14,4*	8,64*	Muy bajo	Medio	7,34*	4,41*	Bajo	Medio
CHIVATÁ	Río Chicamocha	Pozos	0,14									
CIÉNEGA	Chivor	Q. Guamo	0,09	Bajo	7126,20	7030,51	Bajo	Medio	4022,4	3426,8	Bajo	Medio
CÓMBITA	Río Chicamocha	Q. Pena	0,05	Bajo	4,5*	2,7*	Bajo	Medio	1,04*	0,62*	Bajo	Medio
COPER	Río Carare (Minero)	Q. Puente Bolívar	0,05	Bajo	18,2*	10,92*	Muy bajo	Medio	9,65*	5,79*	Muy bajo	Medio
CORRALES	Río Chicamocha	Río Sasa	0,16	Bajo	85,5*	51,3*	Muy bajo	Medio	37,62*	22,57*	Muy bajo	Medio
COVARACHÍA	Río Chicamocha	Q. Laguneta	0,04	Bajo	18*	10,8*	Muy bajo	Medio	9,36*	5,62*	Muy bajo	Medio
CUBARÁ	Río Cobugón - Río Cobaría	Quebrada	0,13	Alto	40*	24*	Muy bajo	Muy bajo	39,2*	23,52*	Muy bajo	Muy bajo
CUCAITA	Río Suárez	Nacimiento	0,07	Bajo	1240	743,46	Bajo	Medio	550,6	272,9	Alto	Medio
CUÍTIVA	Río Chicamocha	Laguna de Tota	0,02	Bajo	2000*	1200*	Muy bajo	Medio	880*	528*	Muy bajo	Medio
CHÍQUIZA	Río Suárez	Laguna Iguaque	0,01	Bajo	30*	18*	Muy bajo	Medio	6,9*	4,14*	Muy bajo	Medio
CHIVOR	Chivor	Q. Chivor	0,04	Alto	17,6*	10,56*	Muy bajo	Muy bajo	16,54*	9,93*	Muy bajo	Muy bajo
DUITAMA	Río Chicamocha	Río Surba	5,34	Medio	10,5*	6,71*	Muy alto	Alto	3,93*	1,99*	Muy alto	Alto
EL COCUY	Río Chicamocha	Nacimiento	0,20	Alto	9*	5,4*	Muy bajo	Muy bajo	8,73*	5,24*	Muy bajo	Muy bajo
EL ESPINO	Río Chicamocha	Q. El Batán	0,09	Medio	10668,93	8415,86	Bajo	Bajo	2793,5	3443,9	Bajo	Bajo
FIRAVITOA	Río Chicamocha	Laguna de Tota	0,15	Bajo	2000*	1200*	Muy bajo	Medio	880*	528*	Muy bajo	Medio
FLORESTA	Río Chicamocha	Q. Tenería	0,12	Bajo	675,27	815,56	Medio	Alto	145,8	349,6	Alto	Alto
GACHANTIVÁ	Río Suárez	Q. Loma de Paja	0,03	Bajo	7,7*	4,62*	Muy bajo	Medio	3,31*	1,99*	Bajo	Medio
GÁMEZA	Río Chicamocha	Q. Canelas	0,11	Bajo	25143,53	28289,84	Muy bajo	Medio	16342,0	12575,8	Muy bajo	Medio
GARAGOA	Chivor	Q. Agua Regada	0,89	Bajo	36577,34	33554,94	Bajo	Medio	25823,9	14435,2	Bajo	Medio
GUACAMAYAS	Río Chicamocha	Q. Paloblanco	0,08	Medio	4805,38	3953,76	Bajo	Bajo	3123,0	1633,7	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
GUATEQUE	Chivor	Q. Tocola	0,51	Alto	6,6*	3,96*	Medio	Bajo	6,2*	3,72*	Medio	Bajo
GUAYATÁ	Chivor	Q. Tencua	0,10	Bajo	30072,42	28331,58	Muy bajo	Medio	15981,1	12622,9	Muy bajo	Medio
GÚICÁN	Río Chicamocha	Nacedero	0,12	Alto	12*	7,2*	Muy bajo	Muy bajo	11,64*	6,98*	Muy bajo	Muy bajo
IZA	Río Chicamocha	Laguna de Tota	0,07	Bajo	2000*	1200*	Muy bajo	Medio	880*	528*	Muy bajo	Medio
JENESANO	Chivor	Q. La Rosa	0,13	Bajo	16029,52	13980,04	Muy bajo	Medio	10419,0	7410,1	Bajo	Medio
JERICÓ	Río Chicamocha	Q. Porquera	0,05	Alto	4,2*	2,52*	Muy bajo	Muy bajo	4,07*	2,44*	Muy bajo	Muy bajo
LABRANZAGRANDE	Río Cravo Sur	Quebrada	0,08	Bajo	30,4*	18,24*	Muy bajo	Medio	19,15*	11,49*	Muy bajo	Medio
LA CAPILLA	Chivor	Q. Guaya	0,07	Bajo	20315,87	19516,10	Muy bajo	Medio	9605,2	9063,3	Muy bajo	Medio
LA VICTORIA	Río Carare (Minero)	Q. Batán	0,06	Bajo	8,25*	4,95*	Bajo	Medio	4,37*	2,62*	Bajo	Medio
LA UVITA	Río Chicamocha	Q. Curial	0,08	Bajo	12,6*	7,56*	Bajo	Medio	6,55*	3,93*	Bajo	Medio
VILLA DE LEIVA	Río Suárez	Río Cane	0,56	Bajo	9*	5,4*	Medio	Alto	2,07*	1,24*	Alto	Alto
MACANAL	Chivor	Q. El Hato	0,07	Medio	6902,84	5088,61	Bajo	Bajo	3820,1	2522,7	Bajo	Bajo
MARIPÍ	Río Carare (Minero)	Q. La Locha	0,07	Bajo	16*	9,6*	Muy bajo	Medio	8,48*	5,09*	Bajo	Medio
MIRAFLORES	Río Tunjita	Lag. El Ramo	0,40	Alto	10301,01	11204,91	Bajo	Bajo	7188,2	4092,3	Bajo	Bajo
MONGUA	Río Chicamocha	Río Leonera	0,13	Bajo	61196,52	63665,29	Muy bajo	Medio	39777,0	34309,9	Muy bajo	Medio
MONGUÍ	Río Chicamocha	Río Morro	0,20	Bajo	20138,79	21859,81	Muy bajo	Medio	13090,0	11534,2	Bajo	Medio
MONIQUIRÁ	Río Suárez	Q. La Sicha	0,78	Bajo	10500,00	7875,00	Muy bajo	Medio	4542,0	3407,0	Muy bajo	Medio
MOTAVITA	Río Chicamocha	Nacimiento	0,05	Bajo	1,5*	0,9*	Bajo	Medio	0,35*	0,21*	Alto	Alto
MUZO	Río Carare (Minero)	Q. Lirios, Pedregal	0,40	Medio	17,6*	8,22*	Bajo	Bajo	17,6*	4,11*	Bajo	Bajo
NOBSA	Río Chicamocha	Río Penitente	0,41	Bajo	7,2*	4,32*	Bajo	Medio	3,17*	1,9*	Alto	Alto
NUEVO COLÓN	Chivor	Q. Cedro	0,08	Bajo	3580	2650	Bajo	Alto	19911,0	13203,7	Alto	Alto
OICATÁ	Río Chicamocha	Q. La Mecha	0,02	Bajo	2196,39	1309,36	Bajo	Medio	722,5	613,9	Bajo	Medio
OTANCHE	Río Carare (Minero)	Q. Agua Amarilla	0,37	Bajo	25,2*	15,12*	Bajo	Medio	13,36*	8,01*	Bajo	Medio
PACHAVITA	Chivor	Q. La Chapa	0,03	Bajo	2888	2503	Bajo	Medio	1320	1295	Bajo	Medio
PÁEZ	Río Tunjita	Q. Machileo	0,08	Bajo	25*	15*	Muy bajo	Medio	13,5*	8,1*	Muy bajo	Medio
PAIPA	Río Chicamocha	Q. Tolbita	1,09	Medio	10180,30	6059,18	Medio	Medio	3660,5	3490,9	Alto	Alto
PAJARITO	Río Cusiana	Quebrada	0,06	Bajo	45*	27*	Muy bajo	Medio	28,35*	17,01*	Muy bajo	Medio
PANQUEBA	Río Chicamocha	Nac. La Piscina	0,05	Alto	11,7*	7,02*	Muy bajo	Muy bajo	11,35*	6,81*	Muy bajo	Muy bajo
PAUNA	Río Carare (Minero)	Q. Panqueba	0,21	Medio	46894,84	26815,75	Muy bajo	Bajo	15991,4	13309,2	Bajo	Bajo
PAYA	Río Cravo Sur	Quebrada	0,04	Bajo	30*	18*	Muy bajo	Medio	18,9*	11,34*	Muy bajo	Medio
PAZ DE RÍO	Río Chicamocha	Río Soapaga	0,29	Medio	1638,09	1237,70	Alto	Alto	1064,0	601,8	Alto	Alto
PESCA	Río Chicamocha	Río Pesca	0,16	Bajo	12000,00	7800,00	Muy bajo	Medio	5280,0	3432,0	Muy bajo	Medio
PISBA	Río Cravo Sur	Quebrada	0,03	Bajo	28,8*	17,28*	Muy bajo	Medio	18,14*	10,89*	Muy bajo	Medio
PUERTO BOYACÁ	Directos al Magdalena Medio	Quebrada	2,81	Bajo	70*	42*	Bajo	Medio	38,5*	23,1*	Medio	Alto
QUÍPAMA	Río Carare (Minero)	Q. Cubana	0,12	Bajo	23,1*	13,86*	Muy bajo	Medio	12,24*	7,35*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
RAMIRIQUÍ	Chivor	Nac. El Salvio, Q. Agua Blanca	0,35	Alto	11,4*	6,84*	Muy bajo	Muy bajo	10,72*	6,43*	Muy bajo	Muy bajo
RÁQUIRA	Río Suárez	Q. Ráquira	0,20	Bajo	9*	5,4*	Bajo	Medio	2,07*	1,24*	Medio	Alto
RONDÓN	Río Tunjita	Nacimiento	0,04	Bajo	9,6*	5,76*	Muy bajo	Medio	5,18*	3,11*	Bajo	Medio
SABOYÁ	Río Suárez	Quebrada	0,06	Bajo	12,6*	7,56*	Muy bajo	Medio	5,8*	3,48*	Bajo	Medio
SÁCHICA	Río Suárez	Q. Ritoque	0,13	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	1,1*	0,66*	Medio	Alto
SAMACÁ	Río Suárez	Q. Cortadera	0,18	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	1,1*	0,66*	Alto	Alto
SAN EDUARDO	Río Tunjita	Q. Codena	0,06	Bajo	22,1*	13,26*	Muy bajo	Medio	11,93*	7,16*	Muy bajo	Medio
SAN JOSÉ DE PARE	Río Suárez	Q. Guanonito, Aljibe	0,07	Medio	11425,84	6855,00	Muy bajo	Bajo	7974,1	4685,1	Bajo	Bajo
SAN LUIS DE GACENO	Río Tunjita	Nac. El Cairo	0,14	Alto	52,5*	31,5*	Muy bajo	Muy bajo	49,35*	29,61*	Muy bajo	Muy bajo
SAN MATEO	Río Chicamocha	Quebrada	0,11	Alto	10,8*	6,48*	Muy bajo	Muy bajo	10,48*	6,29*	Muy bajo	Muy bajo
SAN MIGUEL DE SEMA	Río Suárez	Quebrada	0,02	Bajo	4*	2,4*	Muy bajo	Medio	1,84*	1,1*	Bajo	Medio
SAN PABLO DE BORBUR	Río Carare (Minero)	Nacimiento	0,09	Bajo	8*	4,8*	Bajo	Medio	4,24*	2,54*	Bajo	Medio
SANTANA	Río Suárez	Q. Cafetal	0,16	Bajo	18,2*	10,92*	Bajo	Medio	9,28*	5,57*	Bajo	Medio
SANTA MARÍA	Chivor	Q. La Cristalina	0,11	Alto	25*	15*	Muy bajo	Muy bajo	23,5*	14,1*	Muy bajo	Muy bajo
SANTA ROSA DE VITERBO	Río Chicamocha	Q. Grande	0,51	Medio	8865,37	5641	Bajo	Bajo	3489,1	3405,6	Medio	Medio
SANTA SOFÍA	Río Suárez	Q. La Cruz, El Mora	0,06	Medio	5210,47	3460,68	Bajo	Bajo	2289,7	1729,3	Bajo	Bajo
SATIVANORTE	Río Chicamocha	Nacimiento	0,05	Bajo	2,4*	1,44*	Bajo	Medio	1,06*	0,63*	Bajo	Medio
SATIVASUR	Río Chicamocha	Q. Hueso	0,04	Medio	7207,69	5507,22	Muy bajo	Bajo	4684,0	2634,8	Bajo	Bajo
SIACHOQUE	Río Chicamocha	Q. San Juan	0,11	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	1,1*	0,66*	Medio	Alto
SOATÁ	Río Chicamocha	Q. Las Niñas	0,41	Bajo	8*	4,8*	Bajo	Medio	4,16*	2,5*	Medio	Alto
SOCOTÁ	Río Chicamocha	Nacimiento	0,27	Alto	7*	4,2*	Muy bajo	Muy bajo	6,79*	4,07*	Muy bajo	Muy bajo
SOCHA	Río Chicamocha	Q. Tirque	0,08	Medio	38660,76	35432,08	Muy bajo	Bajo	25129,0	19240,5	Muy bajo	Bajo
SOGAMOSO	Río Chicamocha	Laguna de Tota	6,20	Bajo	2000*	1928,77*	Muy bajo	Medio	993,47*	754,78*	Muy bajo	Medio
SOMONDOCO	Chivor	Q. Cuya	0,06	Medio	42521,43	40656,11	Muy bajo	Bajo	24479,9	17876,2	Muy bajo	Bajo
SORA	Río Suárez	Q. Chareva	0,03	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	1,1*	0,66*	Bajo	Medio
SOTAQUIRÁ	Río Chicamocha	Q. Agua Virgen	0,05	Bajo	9*	5,4*	Bajo	Medio	2,07*	1,24*	Bajo	Medio
SORACÁ	Río Chicamocha	Q. Salitre	0,04	Bajo	578,32	322,70	Medio	Alto	201,1	157,0	Alto	Alto
SUSACÓN	Río Chicamocha	Río Guantiva, Nacimiento	0,07	Alto	68649,47	50819,18	Muy bajo	Muy bajo	20334,7	24320,6	Muy bajo	Muy bajo
SUTAMARCHÁN	Río Suárez	Represa	0,09	Bajo	17,5*	10,5*	Muy bajo	Medio	4,03*	2,42*	Bajo	Medio
SUTATENZA	Chivor	Nac. Las Delicias	0,05	Alto	12*	7,2*	Muy bajo	Muy bajo	11,28*	6,77*	Muy bajo	Muy bajo
TASCO	Río Chicamocha	Q. Frayle	0,14	Medio	5500,00	3300,00	Bajo	Bajo	2420,0	1452,0	Medio	Medio
TENZA	Chivor	Q. Quina	0,13	Bajo	5757,17	5961,84	Bajo	Medio	3065,5	2581,2	Bajo	Medio
TIBANÁ	Chivor	Q. Chiguata	0,11	Bajo	6878,91	4873,55	Bajo	Medio	3106,2	2983,6	Bajo	Medio
TIBASOSA	Río Chicamocha	Q. Grande y Pequeña	0,25	Bajo	898,80	769,30	Alto	Alto	238,8	338,9	Muy alto	Muy alto
TINJACÁ	Río Suárez	Q. Cuchareros	0,03	Bajo	3,9*	2,34*	Bajo	Medio	0,9*	0,54*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Correimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
TIPACOQUE	Río Chicamocha	Q. La Vereda	0,07	Bajo	14,4*	8,64*	Muy bajo	Medio	7,49*	4,49*	Bajo	Medio
TOCA	Río Chicamocha	Río Toca	0,25	Bajo	22400,00	13400,00	Bajo	Medio	5150,0	3090,0	Bajo	Medio
TOGÚÍ	Río Suárez	Q. La Nicha	0,05	Bajo	5080	2920	Alto	Alto	5080	1581	Muy alto	Muy alto
TÓPAGA	Río Chicamocha	Río Sasa	0,09	Bajo	48*	28,8*	Muy bajo	Medio	21,12*	12,67*	Muy bajo	Medio
TOTA	Río Chicamocha	Laguna de Tota	0,04	Bajo	2000*	1200*	Muy bajo	Medio	880*	528*	Muy bajo	Medio
TUNUNGUÁ	Río Carare (Minero)	Q. Porfana	0,02	Bajo	14,4*	8,64*	Muy bajo	Medio	6,62*	3,97*	Muy bajo	Medio
TURMEQUÉ	Chivor	Nac. El Arrayán	0,20	Alto	24,75*	14,85*	Muy bajo	Muy bajo	23,27*	13,96*	Muy bajo	Muy bajo
TUTA	Río Chicamocha	Río de Piedras	0,09	Bajo	15*	9*	Bajo	Medio	3,45*	2,07*	Bajo	Medio
TUTAZÁ	Río Chicamocha	Nacimiento	0,01	Bajo	3,6*	2,16*	Muy bajo	Medio	1,58*	0,95*	Bajo	Medio
ÚMBITA	Chivor	Aljibe El Rosal	0,12	Alto	8*	4,8*	Muy bajo	Muy bajo	7,52*	4,51*	Muy bajo	Muy bajo
VENTAQUEMADA	Chivor	Río Cachuchita	0,15	Bajo	16284,29	6995,90	Bajo	Medio	3675,3	5065,9	Bajo	Medio
VIRACACHÁ	Chivor	Q. Chuscal	0,03	Bajo	4029,80	3545,00	Muy bajo	Medio	2230,4	1985,1	Muy bajo	Medio
ZETAQUIRÁ	Río Tunjita	Q. Colorada	0,07	Bajo	18*	10,8*	Muy bajo	Medio	9,72*	5,83*	Bajo	Medio
CALDAS												
MANIZALES	Río Chinchiná	Río Blanco - Chinchiná	25,81	Medio	69835,80	40211,40	Muy alto	Alto	31903,2	21867,5	Muy alto	Alto
AGUADAS	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. Castrillona	1,25	Bajo	3,79	2,13	Muy alto	Muy alto	1,6	1,1	Muy alto	Muy alto
ANSERMA	Río Risaralda	Q. San Pedro - Cauyá	1,49	Bajo	17042	10,89	Bajo		9,1	8,0		
ARANZAZU	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. El Sargento	0,50	Bajo	7,97*	4,78*	Medio	Alto	3,91*	2,34*	Alto	Alto
BELALCÁZAR	Río Frío y otros directos al Cauca	Q. Dosquebradas	0,25	Medio	1,74*	1,04*	Alto	Alto	1,27*	0,76*	Alto	Alto
CHINCHINÁ	Río Chinchiná	Río Campoalegre	3,56	Alto	23*	13,8*	Alto	Medio	18,86*	11,32*	Alto	Medio
FILADEFIA	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. La Calera	0,19	Bajo	1,88*	1,13*	Medio	Alto	0,92*	0,55*	Alto	Alto
LA DORADA	Directos Magdalena (mi)	Río Magdalena	4,43	Bajo	1965319,73	1107286,37	Muy bajo	Medio	902895,3	518597,9	Muy bajo	Medio
LA MERCED	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. Santa Ana	0,16	Bajo	1,08*	0,65*	Alto	Alto	0,53*	0,32*	Alto	Alto
MANZANARES	Río Guarín	Q. El Rosario	0,47	Bajo	29,2*	16,68*	Bajo	Alto	15,05*	8,86*	Bajo	Alto
MARMATO	Río Frío y otros directos al Cauca	Q. Echandía	0,08	Bajo	2,4*	1,44*	Bajo	Medio	1,18*	0,71*	Medio	Alto
MARQUETALIA	Río Samaná	Río San Juan	0,31	Bajo	50,61*	30,37*	Bajo	Medio	29,35*	17,61*	Bajo	Medio
MARULANDA	Río Guarín	Q. El Silencio	0,09	Medio	308262,71	167036,43	Muy bajo	Bajo	140392,3	74085,5	Muy bajo	Bajo
NEIRA	Río Tapias y otros directos al Cauca	Río La Floresta	0,88	Alto	4,16*	2,5*	Alto	Medio	3,41*	2,05*	Alto	Medio
SAN JOSÉ	Río Samaná	Q. Buenavista	0,12	Bajo								
PÁCORA	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. Polodeportivo - Calvario	0,62	Bajo	20,54*	12,32*	Bajo	Medio	10,06*	6,04*	Medio	Alto
PALESTINA	Río Otún	Río Chinchiná	0,75	Alto	623,08*	373,85*	Muy bajo	Muy bajo	510,93*	306,56*	Muy bajo	Muy bajo
PENSILVANIA	Río Samaná	Q. Popal - El Dorado	4,55	Medio	17541	7,59	Bajo	Bajo	5,4	4,5	Bajo	Bajo
RIOSUCIO	Río Frío y otros directos al Cauca	Q. Río Sucio	0,91	Bajo	0,81*	0,49*	Muy alto	Muy alto	0,4*	0,24*	Muy alto	Muy alto
SALAMINA	Río Risaralda	Q. Chagualito	0,59	Bajo	5,64*	3,38*	Medio	Alto	2,76*	1,66*	Alto	Alto
SAMANÁ	Río Tapias y otros directos al Cauca	Q. El Dorado - Santa	0,27	Bajo	14,19*	8,51*	Bajo	Medio	8,37*	5,02*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
SUPÍA	Río Samaná	Q. Grande	0,84	Bajo	18,21*	10,93*	Bajo	Medio	8,92*	5,35*	Medio	Alto
SAN JOSÉ	Río Risaralda	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
VICTORIA	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. Casanguilla	0,20	Bajo	6,09*	3,65*	Bajo	Medio	3,35*	2,01*	Bajo	Medio
VILLAMARÍA	Directos Magdalena (mi)	Río Chupadero - Chupaderitos	3,78	Medio	1098,28*	670,27*	Muy bajo	Bajo	514,73*	359,25*	Bajo	Bajo
VILLAMARÍA	Río Chinchiná	Río Chupadero - Chupaderitos	34,30	Bajo	17873	49,79	Bajo	Bajo	47,0	40,8	Bajo	Bajo
VITERBO	Río Risaralda	Q. Canaán	0,75	Bajo	2,16*	1,3*	Muy alto	Alto	1,58*	0,95*	Muy alto	Muy alto
CAQUETÁ												
FLORENCIA	Río Orteguaza	Río Hacha	9,59	Alto	1053*	631,8*	Muy bajo	Muy bajo	1021,41*	612,85*	Muy bajo	Muy bajo
ALBANIA	Río Pescado	Q. La Guinea	0,16	Alto	88,8*	53,28*	Muy bajo	Muy bajo	69,26*	41,56*	Muy bajo	Muy bajo
BELÉN DE LOS ANDAQUÍES	Río Pescado	Q. La Resaca	0,56	Alto	70*	42*	Bajo	Bajo	54,6*	32,76*	Bajo	Bajo
CARTAGENA DEL CHAIRÁ	Río Caguán Bajo	Río Caguán	0,81	Medio	29925*	17955*	Muy bajo	Bajo	20947,5*	12568,5*	Muy bajo	Bajo
CURILLO	Río Caquetá Medio	Río Caquetá	0,30	Alto	17700*	10620*	Muy bajo	Muy bajo	16284*	9770,4*	Muy bajo	Muy bajo
EL DONCELLO	Río Guayas	Río Anaya	0,68	Alto	3080*	1848*	Muy bajo	Muy bajo	3049,2*	1829,52*	Muy bajo	Muy bajo
PAUJIL	Río Orteguaza	Q. Borugo	0,67	Alto	82,5*	49,5*	Muy bajo	Muy bajo	81,68*	49,01*	Muy bajo	Muy bajo
MONTAÑITA	Río Orteguaza	Q. La Cascada	0,32	Alto	105*	63*	Muy bajo	Muy bajo	103,95*	62,37*	Muy bajo	Muy bajo
MILÁN	Río Orteguaza	Río Orteguaza	0,12	Alto	8208*	4924,8*	Muy bajo	Muy bajo	7961,76*	4777,06*	Muy bajo	Muy bajo
MORELIA	Río Orteguaza	Q. La Batea	0,12	Alto	58,8*	35,28*	Muy bajo	Muy bajo	57,04*	34,22*	Muy bajo	Muy bajo
PUERTO RICO	Río Guayas	Q. Las Damas	0,61	Medio	96*	57,6*	Bajo	Bajo	67,2*	40,32*	Bajo	Bajo
SAN JOSÉ DEL FRAGUA	Río Pescado	Q. Platanillo	0,46	Alto	84*	50,4*	Muy bajo	Muy bajo	65,52*	39,31*	Bajo	Bajo
SAN VICENTE DEL CAGUÁN	Río Caguán Alto	Río Caguán	1,79	Medio	7324,8*	4394,88*	Muy bajo	Bajo	5127,36*	3076,42*	Muy bajo	Bajo
SOLANO	Río Caquetá Medio	Río Caquetá	0,13	Alto	25145*	15087*	Muy bajo	Muy bajo	24893,55*	14936,13*	Muy bajo	Muy bajo
VALPARAÍSO - SOLITA	Río Caquetá Medio	Río Fragua	0,25	Alto	650*	390*	Muy bajo	Muy bajo	507*	304,2*	Muy bajo	Muy bajo
SOLITA	Río Pescado	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,20									
CAUCA												
POPAYÁN	Alto Río Cauca	Río Piedras - Río Molino	13,94	Medio	28525,09	17691,01	Alto	Alto	12339,9	9102,3	Muy alto	Alto
ALMAGUER	Río Guachicono	Q. Chorolongo	0,12	Medio	19,6*	11,76*	Bajo	Bajo	12,74*	7,64*	Bajo	Bajo
ARGELIA	Río San Juan del Micay	Q. La Saboyá	0,25	Medio	169,65*	101,79*	Muy bajo	Bajo	122,15*	73,29*	Muy bajo	Bajo
BALBOA	Río Patía Alto	Q. La Luna	0,48	Medio	17146,99	15797,81	Bajo	Bajo	11145,0	8519,0	Bajo	Bajo
BOLÍVAR	Río Guachicono	Q. Verd. Blanca	0,38	Medio	8,75*	5,25*	Bajo	Bajo	5,69*	3,41*	Medio	Medio
BUENOS AIRES - SUÁREZ	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	Q. La Rita	0,15	Bajo	16,8*	10,08*	Bajo	Medio	9,58*	5,75*	Bajo	Medio
CAJIBÍO	Río Puracé	Río Cajibío - Q. Michicao	0,12	Bajo	139285,80	78039,30	Muy bajo	Medio	55270,4	39617,4	Muy bajo	Medio
CALDONO	Río Ovejas	Río Chindaco	0,10	Bajo	14,3*	8,58*	Bajo	Medio	9,15*	5,49*	Bajo	Medio
CALOTO	Río Palo	Río Grande	0,39	Medio	29206,74	17762,29	Bajo	Bajo	10707,9	8832,2	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
CORINTO	Río Palo	Río Paila	0,78	Medio	33265,78	21833,20	Bajo	Bajo	13057,1	10860,8	Bajo	Bajo
EL TAMBO	Río Salado y otros directos Cauca	Río Sucio	0,44	Medio	36*	21,6*	Bajo	Bajo	23,4*	14,04*	Bajo	Bajo
FLORENCIA	Río Guachicono	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,10									
GUAPI	Río Guapi	Q. Guanul	1,17	Alto	87,5*	52,5*	Bajo	Bajo	69,13*	41,48*	Bajo	Bajo
INZÁ	Río Páez	Q. El Purgatorio	0,16	Alto	27,2*	16,32*	Muy bajo	Muy bajo	21,22*	12,73*	Bajo	Bajo
JAMBALÓ	Río Palo	Río Jambaló	0,07	Medio	91,57*	56,07*	Muy bajo	Bajo	48,22*	32,7*	Muy bajo	Bajo
LA SIERRA	Río Guachicono	Q. Sin Nombre	0,10	Medio	18,75*	11,25*	Muy bajo	Bajo	12,19*	7,31*	Bajo	Bajo
LA VEGA	Río Guachicono	Q. Pascariguaco	0,20	Medio	31312,13	28790,32	Muy bajo	Bajo	13942,5	13527,6	Bajo	Bajo
LÓPEZ DE MICAY	Río San Juan del Micay	Q. El Bosque	0,34	Medio	105*	63*	Muy bajo	Bajo	75,6*	45,36*	Muy bajo	Bajo
MERCADERES - FLORENCIA	Río Patía Alto	Río Palmas	0,34	Medio	12*	7,2*	Bajo	Bajo	7,8*	4,68*	Bajo	Bajo
MIRANDA	Río Palo	Río Desbaratado	1,67	Medio	97394,18	62446,60	Bajo	Bajo	39291,3	29973,5	Bajo	Bajo
MORALES	Río Piendamó	Q. La Porquera	0,06	Bajo	52532,99	28077,51	Muy bajo	Medio	19386,8	13744,4	Muy bajo	Medio
PADILLA	Río Palo	Río Desbaratado	0,29	Medio	718482,42	472465,64	Muy bajo	Bajo	314169,9	246330,5	Muy bajo	Bajo
PÁEZ (BELALCÁZAR)	Río Páez	Q. La Guapota	0,20	Alto	22,5*	13,5*	Bajo	Bajo	17,55*	10,53*	Bajo	Bajo
PATÍA (EL BORDO)	Río Guachicono	Q. Los Huevos	0,88	Medio	17,4*	10,44*	Bajo	Bajo	11,31*	6,79*	Medio	Medio
SANTA ROSA	Alto Caquetá	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,10									
SANTA ROSA - PIAMONTE	Río Ovejas	Q. San Bernardo	0,04	Medio	46*	27,6*	Muy bajo	Bajo	40,02*	24,01*	Muy bajo	Bajo
PUERTO TEJADA	Río Palo	Río Palo	2,50	Medio	1247534,22	835133,50	Muy bajo	Bajo	474195,3	401751,3	Muy bajo	Bajo
PURACÉ (COCONUCO)	Alto Río Cauca	Río Blanco - Q. Peña	0,13	Medio	122127,16	78581,95	Muy bajo	Bajo	55806,9	40544,3	Muy bajo	Bajo
ROSAS	Río Guachicono	Río Esmitia	0,11	Medio	350073,74	306647,65	Muy bajo	Bajo	227547,0	151699,4	Muy bajo	Bajo
SAN SEBASTIÁN	Río Guachicono	Río Saladillo	0,08	Alto	10,5*	6,3*	Muy bajo	Muy bajo	9,14*	5,48*	Muy bajo	Muy bajo
SANTANDER DE QUILICHAO	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	Río Quilichao	3,76	Medio	251751,02	151069,24	Bajo	Bajo	90414,5	72208,9	Bajo	Bajo
SILVIA	Río Piendamó	Río Molino	0,23	Alto	19115,07	11942,37	Bajo	Bajo	9001,1	6638,8	Bajo	Bajo
SOTARÁ (PAISPAMBA)	Río Patía Alto	Río Piedras	0,03	Medio	14790,47	11728,33	Muy bajo	Bajo	7301,8	5681,1	Muy bajo	Bajo
SUÁREZ	Río Piendamó	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,35									
SUCRE	Río Guachicono	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,10									
TIMBÍO	Río Patía Alto	Río Timbio	0,84	Medio	2459,27*	1902,61*	Muy bajo	Bajo	1598,0	1010,2	Muy bajo	Bajo
TIMBIQUÍ	Río Timbiquí	Q. Sinzulla	0,27	Alto	81*	48,6*	Muy bajo	Muy bajo	63,99*	38,39*	Muy bajo	Muy bajo
TORIBÍO	Río Palo	Q. Sanja Honda	0,12	Bajo	37,50	22,50	Muy bajo	Medio	24	14,4	Muy bajo	Medio
TOTORÓ	Río Purace	Q. Gallinazo	0,11	Bajo	16,80	10,08	Bajo	Medio	8,7	5,2	Bajo	Medio
VILLA RICA	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,59									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
C E S A R												
VALLEDUPAR	Medio Cesar	Río Guatapurí	29,81	Bajo	698652,92	367106,08	Bajo	Medio	187150,1	158810,3	Medio	Alto
AGUACHICA	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	Pozos	3,22									
AGUSTÍN CODAZZI	Medio Cesar	Pozos - Río Magiriaino	2,70	Alto	506	506	Muy bajo	Muy bajo	506	506	Muy bajo	Muy bajo
ASTREA	Río Ariguani	Pozos	0,67									
BECERRIL	Medio Cesar	Río Casacará	0,71	Bajo	60*	36*	Bajo	Medio	36,6*	23,79*	Bajo	Medio
BOSCONIA	Río Ariguani	Río Ariguani	2,06	Alto	500*	300*	Muy bajo	Muy bajo	420*	500*	Muy bajo	Muy bajo
CHIMICHAGUA	Bajo Cesar	Río Cesar	0,84	Alto	1619,4*	971,64*	Muy bajo	Muy bajo	1327,91*	863*	Muy bajo	Muy bajo
CHIRIGUANÁ	Bajo Cesar	Río Animegrande	0,94	Bajo	105*	63*	Bajo	Medio	37,8*	24,57*	Bajo	Medio
CURUMANÍ	Bajo Cesar	Río Animito	1,26	Bajo	157,5*	94,5*	Bajo	Medio	56,7*	36,8*	Bajo	Medio
EL COPEY	Río Ariguani	Río Ariguanicito	1,33	Bajo	11015,65	10452,27	Medio	Alto	4611,5	2407,6	Muy alto	Muy alto
EL PASO	Río Ariguani	Río Cesar	0,28	Bajo	154905,30	150834,24	Muy bajo	Medio	56628,6	23324,1	Muy bajo	Medio
GAMARRA	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	Río Magdalena	0,61	Medio	127340,10	76404,06	Muy bajo	Bajo	85317,9	55456,0	Muy bajo	Bajo
GONZÁLEZ	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Río de Oro	0,10	Medio	16888,64	10035,44	Bajo	Bajo	10977,0	5618,6	Bajo	Bajo
LA GLORIA	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	Río Magdalena	0,43	Medio	127343,70	76406,22	Muy bajo	Bajo	85320,3	55458,0	Muy bajo	Bajo
LA JAGUA DE IBIRICO	Bajo Cesar	Río Tucuy	1,21	Bajo	55739,09	44349,23	Bajo	Medio	13723,5	5355,4	Alto	Alto
MANAURE - BALCÓN DEL CESAR	Medio Cesar	Río Manaure	0,57	Bajo	38865,55	31997,61	Bajo	Medio	8144,4	7997,0	Bajo	Medio
PAELITAS	Bajo Cesar	Arroyo Hondo	0,88	Bajo	50*	30*	Bajo	Medio	18*	11,7*	Bajo	Medio
PELAYA	Bajo Cesar	Q. Singarare	0,81	Medio	156*	93,6*	Muy bajo	Bajo	104,52*	67,9*	Bajo	Bajo
PUEBLO BELLO	Río Ariguani	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,33									
RÍO DE ORO	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Río de Oro	0,34	Medio	43122,02	21871,43	Bajo	Bajo	28029,0	16352,2	Bajo	Bajo
LA PAZ	Medio Cesar	Río Manaure	0,96	Bajo	48755,91	40205,50	Bajo	Medio	10512,8	9927,4	Bajo	Medio
SAN ALBERTO	Río Lebrija	Río San Alberto	1,07	Medio	395064,70	237040,00	Muy bajo	Bajo	129353,8	77612,0	Bajo	Bajo
SAN DIEGO	Medio Cesar	Río Chiraiimo	0,54	Bajo	57828,40	45518,54	Bajo	Medio	11316,5	9472,1	Bajo	Medio
SAN MARTÍN	Río Lebrija	Río Tisquerama	0,59	Medio	122950,88	106448,93	Muy bajo	Bajo	79918,0	57658,8	Bajo	Bajo
TAMALAMEQUE	Bajo Cesar	Río Magdalena	0,39	Medio	127350,40	76410,24	Muy bajo	Bajo	85324,8	55461,0	Muy bajo	Bajo
CÓRDOBA												
MONTERÍA	Bajo Sinú	Río Sinú	19,73	Alto	11674,8*	7004,88*	Muy bajo	Muy bajo	9456,59*	5673,95*	Muy bajo	Muy bajo
AYAPEL - LA APARTADA	Bajo San Jorge - La Mojana	Q. Quebradona	1,54	Medio	353,7*	212,22*	Muy bajo	Bajo	254,66*	152,8*	Bajo	Bajo
BUENAVISTA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,52									
CANALETE	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Embalse	0,26									

(* Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
CERETÉ	Bajo Sinú	Río Sinú	3,38	Alto	12075*	7245*	Muy bajo	Muy bajo	9780,75*	5868,45*	Muy bajo	Muy bajo
CHIMÁ	Bajo Sinú	Río Sinú	0,21	Alto	10500*	6300*	Muy bajo	Muy bajo	8190*	4914*	Muy bajo	Muy bajo
CHINÚ	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	1,51									
CIÉNAGA DE ORO	Bajo Sinú	Río Sinú	1,54	Alto	9975*	5985*	Muy bajo	Muy bajo	8079,75*	4847,85*	Muy bajo	Muy bajo
LORICA - COTORRA	Bajo Sinú	Río Sinú	3,28	Bajo	256056,27	210218,99	Bajo	Medio	137120,4	63492,6	Bajo	Medio
LA APARTADA (La Frontera)	Bajo San Jorge - La Mojana	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,78									
COTORRA	Bajo Sinú	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,26									
LOS CÓRDOBAS	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Embalse										
MOMIL	Bajo Sinú	Río Sinú	0,65	Alto	9997*	5998,2*	Muy bajo	Muy bajo	7797,66*	4678,6*	Muy bajo	Muy bajo
MONTELÍBANO	Alto San Jorge	Río San Jorge	3,70	Medio	5960,9*	4443,2*	Muy bajo	Bajo	3496,5*	2417,1*	Muy bajo	Bajo
MOÑITOS	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Embalse										
PLANETA RICA	Bajo San Jorge - La Mojana	Arroyo La Coralina	1,74	Medio	214,5*	128,7*	Bajo	Bajo	154,44*	92,66*	Bajo	Bajo
PUEBLO NUEVO	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,89									
PUERTO ESCONDIDO	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	Embalse	0,28									
PUERTO LIBERTADOR	Alto San Jorge	Río San Pedro	1,03	Medio	723299,92	570149,01	Muy bajo	Bajo	447686,1	311272,2	Muy bajo	Bajo
PURÍSIMA	Bajo Sinú	Río Sinú	0,45	Alto	9977,5*	5986,5*	Muy bajo	Muy bajo	7782,45*	4669,47*	Muy bajo	Muy bajo
SAHAGÚN	Bajo Sinú	Pozos	3,25									
SAN ANDRÉS DE SOTAVENTO	Bajo Sinú	Río Sinú	0,70	Alto	11190*	6714*	Muy bajo	Muy bajo	8728,2*	5236,92*	Muy bajo	Muy bajo
SAN ANTERO	Bajo Sinú	Río Sinú	1,06	Alto	9960*	5976*	Muy bajo	Muy bajo	7768,8*	4661,28*	Muy bajo	Muy bajo
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Bajo Sinú	Río Sinú	0,61	Alto	9720*	5832*	Muy bajo	Muy bajo	7581,6*	4548,96*	Muy bajo	Muy bajo
SAN CARLOS	Bajo Sinú	Río Sinú	0,35	Alto	10694,25*	6416,55*	Muy bajo	Muy bajo	8662,34*	5197,41*	Muy bajo	Muy bajo
SAN Pelayo	Bajo Sinú	Río Sinú	0,53	Bajo	22618,25	18425,85	Bajo	Medio	11016,7	6083,2	Bajo	Medio
TIERRALTA	Medio Sinú	Río Sinú	2,49	Alto	25569,49	17898,00	Muy bajo	Muy bajo	178924,1	125451,3	Bajo	Bajo
VALENCIA	Medio Sinú	Río Sinú	0,92	Alto	27535,12	19274,00	Muy bajo	Muy bajo	193638,7	135285,1	Muy bajo	Muy bajo
CUNDINAMARCA												
BOGOTÁ		EAAB (Sistema de acueducto regulado)										
AGUA DE DIOS	Río Bogotá	Río Bogotá	0,68	Bajo	1590*	954*	Muy bajo	Medio	874,5*	524,7*	Muy bajo	Medio
ALBÁN	Río Negro	Q. Normanda	0,12	Bajo	12,75*	7,65*	Bajo	Medio	7,4*	4,44*	Bajo	Medio
ANAPOIMA	Río Bogotá	Q. Honda	0,19	Alto	1,8*	1,55*	Muy bajo	Muy bajo	1,8*	0,47*	Muy bajo	Muy bajo
ANOLAIMA	Río Bogotá	Río Bahamón	0,28	Bajo	9848,98	8207,83	Bajo	Medio	2579,7	1810,4	Medio	Alto

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
ARBELÁEZ	Río Sumapaz	Río Guavio	0,35	Medio	39103,06	27579,53	Bajo	Bajo	25416,0	12859,8	Bajo	Bajo
BELTRÁN	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. Calacala	0,03	Bajo	6169,78	5424,69	Muy bajo	Medio	2587,0	1424,2	Muy bajo	Medio
BITUIMA	Río Negro	Río Contador	0,03	Bajo	36782,71	22233,17	Muy bajo	Medio	10093,5	5304,4	Muy bajo	Medio
BOJACÁ	Río Bogotá	Pozos - Q. Los Manzanos	0,55	Alto	560	560	Muy bajo	Muy bajo	560	560	Muy bajo	Muy bajo
CABRERA	Río Sumapaz	Río Sumapaz	0,07	Medio	593501,08	347223,03	Muy bajo	Bajo	272167,1	236657,1	Muy bajo	Bajo
CACHIPAY	Río Bogotá	Q. San Miguel	0,13	Bajo	2488,07	1049,69	Medio	Alto	1579,9	463,4	Alto	Alto
CAJICÁ	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	2,06									
CAPARRAPÍ	Río Negro	Q. Honda	0,19	Medio	23572,92	14265,78	Bajo	Bajo	9087,6	6591,1	Bajo	Bajo
CÁQUEZA	Río Guayuriba	Río Cáqueza	0,48	Bajo	226,95*	136,17*	Muy bajo	Medio	120,28*	72,17*	Muy bajo	Medio
CARMEN DE CARUPA	Río Suárez	Q. Mortiño	0,12	Bajo	180*	108*	Muy bajo	Medio	82,8*	49,68*	Muy bajo	Medio
CHAGUANÍ	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. La Vieja	0,06	Bajo	2678,63	1582,32	Bajo	Medio	826,1	550,3	Medio	Alto
CHÍA	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	4,85									
CHIPAQUE	Río Guayuriba	Río La Playa	0,16	Bajo	16,8*	10,08*	Bajo	Medio	8,9*	5,34*	Bajo	Medio
CHOACHÍ	Río Guayuriba	Q. Potrero grande	0,23	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	3,18*	1,91*	Medio	Alto
CHOCONTÁ	Río Bogotá	Río Tejar	0,75	Bajo	7477,59	5282,80	Medio	Alto	4860,0	3857,1	Medio	Alto
COGUA	Río Bogotá	Represa Neusa	0,42	Bajo	65159,17	44289,90	Bajo	Medio	42356,0	24603,8	Bajo	Medio
COTA	Río Bogotá	Pozos	0,70									
CUCUNUBÁ	Río Suárez	Q. La Chorrera	0,07	Bajo	3*	1,8*	Bajo	Medio	1,38*	0,83*	Bajo	Medio
EL COLEGIO	Río Bogotá	Q. Sta. Marta	0,60	Bajo	1733	1518,65	Alto	Alto	1126,0	426,4	Muy alto	Muy alto
EL PEÑÓN	Río Negro	Q. Oscura	0,03	Medio	5393	3230	Medio	Bajo	5930	1471	Alto	Alto
EL ROSAL	Río Bogotá	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,74									
FACATATIVÁ	Río Bogotá	Río Botello - Río Andes	6,81	Alto	16621,02	9722	Muy alto	Medio	8500	5100	Muy alto	Medio
FÓMEQUE	Río Guayuriba	Río Negro	0,30	Bajo	1808,38	1240,22	Alto	Alto	525,0	356,1	Muy alto	Muy alto
FOSCA	Río Guayuriba	Q. Saname	0,15	Bajo	78*	46,8*	Muy bajo	Medio	41,34*	24,8*	Muy bajo	Medio
FUNZA	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	2,96									
FÚQUENE	Río Suárez	Pozos	0,01									
FUSAGASUGÁ	Río Sumapaz	Río Barroblanco	4,70	Medio	138145,57	107030,18	Bajo	Bajo	89794,0	50477,3	Bajo	Bajo
GACHALÁ	Río Bogotá	Q. Los Andes	0,30	Bajo	32734,37	24225,00	Muy bajo	Medio	17326,9	12758,2	Bajo	Medio
GACHETÁ	Embalse del Guavio	Q. Las Pavas	0,25	Medio	114745,28	97648,72	Muy bajo	Bajo	49819,9	43736,9	Muy bajo	Bajo
GAMA	Embalse del Guavio	Río El Curo	0,05	Medio	5498,45	4846,62	Bajo	Bajo	2322,1	2117,4	Bajo	Bajo
GIRARDOT	Río Bogotá	Río Magdalena	7,59	Medio	34517,25	20710,35	Muy bajo	Bajo	24162,1	14497,3	Muy bajo	Bajo
GRANADA	Río Sumapaz	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,12									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
GUACHETÁ	Río Suárez	Q. Honda	0,33	Bajo	1,5*	0,9*	Alto	Alto	0,69*	0,41*	Muy alto	Muy alto
GUADUAS	Río Negro	Río San Francisco	1,44	Bajo	18115,16	13022,24	Medio	Alto	5883,1	4439,5	Alto	Alto
GUASCA	Río Bogotá	Q. Uval	0,39	Medio	15350,01	12924,26	Bajo	Bajo	9977,0	7468,2	Bajo	Bajo
GUATAQUÍ	Río Seco y otros directos al Magdalena	Río Magdalena	0,06	Bajo	114593	96228,78	Muy bajo	Medio	38902,5	29941,0	Muy bajo	Medio
GUATAVITA	Río Bogotá	Q. El cuscal	0,13	Alto	2685,68	1579,97	Bajo	Bajo	34016,0	24042,4	Bajo	Bajo
GUAYABAL DE SÍQUIMA	Río Negro	Q. Betania	0,06	Bajo	2968,28	1755,57	Bajo	Medio	725,9	440,8	Medio	Alto
GUAYABETAL	Río Guayuriba	Q. El progreso	0,10	Alto	41,4*	24,84*	Muy bajo	Muy bajo	36,43*	21,86*	Muy bajo	Muy bajo
GUTIÉRREZ	Río Guayuriba	Q. El playon	0,05	Bajo	27*	16,2*	Muy bajo	Medio	14,31*	8,59*	Muy bajo	Medio
JERUSALÉN	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. El Tabaco	0,05	Bajo	5272,73	4593,85	Bajo	Medio	1475,6	1053,1	Bajo	Medio
JUNÍN	Embalse del Guavio	Río Chinagocha	0,06	Medio	9453,38	7093,29	Muy bajo	Bajo	4344,2	3487,7	Bajo	Bajo
LA CALERA	Río Bogotá	EAAB - Río Teusacá	0,74				Muy bajo				Muy bajo	
LA MESA	Río Bogotá	Q. Honda	0,69	Bajo	10223,61	10479,18	Bajo	Medio	2507,9	2488,3	Alto	Alto
LA PALMA	Río Negro	Aguasal	0,31	Medio	16794,34	10431,99	Bajo	Bajo	6552,6	4780,4	Bajo	Bajo
LA PEÑA	Río Negro	Q. Pedregal	0,05	Medio	12*	7,05*	Muy bajo	Bajo	12*	3,15*	Bajo	Bajo
LA VEGA	Río Negro	Río Perucho	0,34	Bajo	26263	12914,97	Muy bajo	Medio	6727,1	3973,6	Muy bajo	Medio
LENGUAZAQUE	Río Suárez	Río Lenguazaque	0,16	Bajo	28*	16,8*	Muy bajo	Medio	12,88*	7,73*	Bajo	Medio
MACHETÁ	Chivor	Río Don Alonso	0,08	Medio	11577,09	10676,91	Muy bajo	Bajo	7525,0	4695,1	Bajo	Bajo
MADRID	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	2,81									
MANTA	Chivor	Q. Palmar	0,08	Medio	122599,35	93171,87	Muy bajo	Bajo	53714,4	47622,9	Muy bajo	Bajo
MEDINA	Río Humea	Q. Gazaguan	0,26	Medio	140*	84*	Muy bajo	Bajo	100,8*	60,48*	Muy bajo	Bajo
MOSQUERA	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	2,33									
NARIÑO	Río Seco y otros directos al Magdalena	Río Magdalena	0,09	Medio	35932,50	21559,50	Muy bajo	Bajo	25152,8	15091,7	Muy bajo	Bajo
NEMOCÓN	Río Bogotá	Represa Neusa	0,38	Medio	65576,36	44368,76	Muy bajo	Bajo	42624,0	24667,7	Bajo	Bajo
NILO	Río Sumapaz	Q. La Palmara	0,36	Bajo	32411,10	23731,36	Bajo	Medio	8963,8	8056,8	Bajo	Medio
NILO	Río Negro	Q. Guayacana	0,09	Bajo	4,4*	2,64*	Bajo	Medio	2,55*	1,53*	Bajo	Medio
NOCAIMA	Río Negro	Río Nautata	0,20	Medio	36056,77	19017,03	Bajo	Bajo	10270,6	7442,3	Bajo	Bajo
VENECIA	Río Sumapaz	Río Grande	0,07	Medio	1168,61	701,20	Medio	Medio	1168,6	362,0	Alto	Alto
PACHO	Río Negro	Río San Antonio	0,98	Bajo	85*	51*	Bajo	Medio	45,05*	27,03*	Bajo	Medio
PAIME	Río Carare (Minero)	Río El Leon	0,04	Bajo	140*	84*	Muy bajo	Medio	74,2*	44,52*	Muy bajo	Medio
PANDI	Río Sumapaz	Q. La Grande	0,07	Medio	3074,16	2062,83	Bajo	Bajo	1016,6	968,0	Bajo	Bajo
PARATEBUENO	Río Humea	Q. Las palomas	0,16	Medio	112*	67,2*	Muy bajo	Bajo	80,64*	48,38*	Muy bajo	Bajo
PASCA	Río Sumapaz	Río El Bosque	0,19	Medio	22207,91	16362,87	Bajo	Bajo	14435,0	8677,5	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
PUERTO SALGAR	Directos al Magdalena (md)	Pozos	1,03									
PULÍ	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. Tabor	0,04	Bajo	2*	1,2*	Bajo	Medio	1,16*	0,7*	Bajo	Medio
QUEBRADANEGRA	Río Negro	Q. La Chorrera	0,03	Bajo	23968,67	16532,18	Muy bajo	Medio	7598,9	6026,5	Muy bajo	Medio
QUETAME	Río Guayuriba	Q. Blanca	0,10	Medio	93397,50	58515,53	Muy bajo	Bajo	46572,2	31603,5	Muy bajo	Bajo
QUIPILE	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. La Aguilita	0,05	Alto	5,2*	3,12*	Muy bajo	Muy bajo	4,42*	2,65*	Muy bajo	Muy bajo
APULO	Río Bogotá	Río Calandaima	0,22	Alto	105*	63*	Muy bajo	Muy bajo	89,25*	53,55*	Muy bajo	Muy bajo
RICAURTE	Río Bogotá	Río Magdalena	0,46	Bajo	36640	21984	Muy bajo	Medio	20152	12091,2	Muy bajo	Medio
SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	Río Bogotá	Q. El Carmen	0,07	Bajo	1660	1650	Bajo	Medio	420	378	Muy alto	Alto
SAN BERNARDO	Río Sumapaz	Q. Totumo	0,30	Alto	72*	43,2*	Muy bajo	Muy bajo	58,32*	34,99*	Muy bajo	Muy bajo
SAN CAYETANO	Río Carare (Minero)	Q. La Virgen - Q. El Espejo	0,05	Bajo	48*	28,8*	Muy bajo	Medio	25,44*	15,26*	Muy bajo	Medio
SAN FRANCISCO	Río Negro	Sin Nombre	0,22	Alto	45*	27*	Muy bajo	Muy bajo	38,25*	22,95*	Muy bajo	Muy bajo
SAN JUAN DE RIOSECO	Río Seco y otros directos al Magdalena	Q. Paramito	0,21	Bajo	30*	18*	Bajo	Medio	17,4*	10,44*	Bajo	Medio
SASAIMA	Río Negro	Río Dulce - Río Guane	0,17	Bajo	21522,29	11404,24	Bajo	Medio	5136,0	3258,9	Bajo	Medio
SESQUILÉ	Río Bogotá	Q. El Olivo	0,19	Alto	2,8*	1,68*	Medio	Bajo	2,38*	1,43*	Medio	Bajo
SIBATÉ	Río Bogotá	Q. Aguasclaras	1,39	Bajo	15163,96	13555,86	Medio	Alto	9856,0	4959,7	Alto	Alto
SILVANIA	Río Sumapaz	Río Aguaclara - Río Barro Blanco	0,43	Alto	100,75*	60,45*	Muy bajo	Muy bajo	81,61*	48,96*	Muy bajo	Muy bajo
SIMIJACA	Río Suárez	Río Simijaca	0,50	Bajo	11*	6,6*	Bajo	Medio	5,06*	3,04*	Medio	Alto
SOACHA - GRANADA	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	17,24									
SOPÓ	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	0,71									
SUBACHOQUE - EL ROSAL	Río Bogotá	Q. Las Fuentes - Q. El Uval	0,38	Bajo	7,5*	4,5*	Bajo	Medio	4,5*	2,7*	Medio	Alto
SUESCA	Río Bogotá	Q. El Albercon	0,35	Alto	0,85*	0,8*	Alto	Medio	0,27*	0,25*	Alto	Alto
SUPATÁ	Río Negro	Río La Negra	0,10	Medio	17600*	8700*	Bajo	Bajo	14800*	3450*	Bajo	Bajo
SUSA	Río Suárez	Q. Nutrias	0,31	Bajo	35*	21*	Bajo	Medio	16,1*	9,66*	Bajo	Medio
SUTATAUSA	Río Suárez	Q. Aguaclara	0,11	Bajo	4,5*	2,7*	Bajo	Medio	2,07*	1,24*	Bajo	Medio
TABIO	Río Bogotá	Q. Tinca	0,76	Bajo	9*	5,4*	Medio	Alto	5,4*	3,24*	Alto	Alto
TAUSA	Río Suárez	Q. Chapeton	0,03	Bajo	7,5*	4,5*	Muy bajo	Medio	3,45*	2,07*	Bajo	Medio
TENA	Río Bogotá	Q. Las delicias	0,05	Alto	11,2*	6,72*	Muy bajo	Muy bajo	9,52*	5,71*	Muy bajo	Muy bajo
TENJO	Río Bogotá	Pozos	0,58									
TIBACUY	Río Sumapaz	Q. El Ojito	0,04	Alto	5,6*	3,36*	Bajo	Bajo	4,54*	2,72*	Bajo	Bajo
TIBIRITA	Chivor	Q. Tocola	0,04	Bajo	67889,55	66988,96	Muy bajo	Medio	44128,0	31083,8	Muy bajo	Medio
TOCAIMA	Río Bogotá	Río Calandaima	0,69	Alto	140*	84*	Muy bajo	Muy bajo	119*	71,4*	Muy bajo	Muy bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
TOCANCIPÁ	Río Bogotá	EAAB (Sistema de acueducto regulado)	0,78									
TOPAIPÍ	Río Negro	Q. Liévano	0,05	Medio	7540	3940	Bajo	Medio	2620	1833	Medio	Medio
UBALÁ	Embalse del Guavio	Q. Grande	0,09	Bajo	12580	10670	Bajo	Medio	12580	4439	Bajo	Medio
UBAQUE	Río Guayuriba	Río Palmar	0,08	Bajo	45*	27*	Muy bajo	Medio	23,85*	14,31*	Muy bajo	Medio
UBATÉ	Río Suárez	Río Ubaté	1,50	Bajo	168*	100,8*	Bajo	Medio	77,28*	46,37*	Bajo	Medio
UNE	Río Guayuriba	Q. Chocolate	0,22	Bajo	44*	26,4*	Muy bajo	Medio	23,32*	13,99*	Bajo	Medio
ÚTICA	Río Negro	Río Negro	0,19	Medio	2192438,83	1195271,33	Muy bajo	Bajo	726682,7	519426,7	Muy bajo	Bajo
VERGARA	Río Negro	Q. Palmar	0,10	Medio	4607,81	2527,07	Bajo	Bajo	1361,9	1038,2	Bajo	Bajo
VIANÍ	Río Negro	Río Contador - Oro	0,11	Bajo	11404,14	7013,74	Bajo	Medio	3226,8	1502,5	Bajo	Medio
VILLAGÓMEZ	Río Carare (Minero)	Q. Los Olivos	0,04	Bajo	9,6*	5,76*	Muy bajo	Medio	5,09*	3,05*	Bajo	Medio
VILLAPINZÓN	Río Bogotá	Q. Quincha	0,28	Bajo	9096,37	7854,71	Bajo	Medio	5912,0	5035,3	Bajo	Medio
VILLETA	Río Negro	Río Cune	1,31	Bajo	7310	4570	Bajo	Medio	7310	1606	Bajo	Medio
VIOTÁ	Río Bogotá	Río Lindo	0,31	Bajo	20773,81	15230,36	Bajo	Medio	5143,4	4862,5	Bajo	Medio
YACOPI	Río Negro	Q. Amarillal	0,26	Medio	3118,71	1638,88	Medio	Medio	1106,5	798,0	Alto	Alto
ZIPACÓN	Río Bogotá	Q. Hoya de Parra	0,13	Bajo	5,2*	3,12*	Bajo	Medio	4,42*	2,65*	Bajo	Medio
ZIPAQUIRÁ	Río Bogotá	Represa Neusa	6,24	Medio	299*	209,89*	Bajo	Bajo	299*	105,86*	Bajo	Bajo
CHOCÓ												
QUIBDÓ - ATRATO	Río Bebaramá y otros directos Atrato	Río Cabí	6,91	Medio	1170*	702*	Bajo	Bajo	842,4*	505,44*	Bajo	Bajo
ACANDÍ	Río Tolo y otros directos al Caribe	Río Acandí - Río Tolo	0,37	Bajo	341739,75	180064,45	Muy bajo	Medio	196661,0	81150,6	Muy bajo	Medio
ALTO BAUDÓ (PIE DE PATO)	Río Baudó	Río Baudó	0,51	Alto	6018*	3610,8*	Muy bajo	Muy bajo	4513,5*	2708,1*	Muy bajo	Muy bajo
ATRATO (YUTO)	Río Bebaramá y otros directos Atrato	Q. San Pedro	0,20	Alto	4486,11	2732,81	Muy bajo	Muy bajo	2314,09	1484,04	Medio	Medio
BAGADÓ	Río Andágueda	Río Andágueda	0,16	Medio	6682,5*	4009,5*	Muy bajo	Bajo	4811,4*	2886,84*	Muy bajo	Bajo
BAHÍA SOLANO (MUTIS)	Directos Pacífico Frontera Panamá	Quebradas	0,32	Alto	360*	216*	Muy bajo	Muy bajo	270*	162*	Muy bajo	Muy bajo
BAJO BAUDÓ (PIZZARRO)	Río Baudó	Río Baudó	0,20	Alto	19100*	11460*	Muy bajo	Muy bajo	14325*	8595*	Muy bajo	Muy bajo
BELÉN DE BAJIRÁ	Río Sucio	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,00									
BOJAYÁ (BELLAVISTA)	Directos Atrato (mi)	Río Bojayá	0,34	Alto	8832*	5299,2*	Muy bajo	Muy bajo	6624*	3974,4*	Muy bajo	Muy bajo
CANTÓN DE SAN PABLO	Río Quito	Río San Pablo	0,33	Medio	4248,5*	2549,1*	Muy bajo	Bajo	3143,89*	1886,33*	Muy bajo	Bajo
CARMEN DEL DARIÉN (CUBARADÓ)	Río Sucio	Q. El Tambor	0,08	Medio								
CÉRTEGUI	Río Quito	Q. San Francisco	0,40	Alto								
CONDOTO	Río Tamana y otros directos San Juan	Río Condoto	0,68	Alto	4320*	2592*	Muy bajo	Muy bajo	3412,8*	2047,68*	Muy bajo	Muy bajo
EL CARMEN	Alto Atrato	Río Atrato Alto	0,41	Alto	203*	121,8*	Muy bajo	Muy bajo	146,16*	87,7*	Muy bajo	Muy bajo
LITORAL DE SAN JUAN	Directos San Juan y Pacífico	Río San Juan	0,08	Alto	49131*	29478,6*	Muy bajo	Muy bajo	34391,7*	20635,02*	Muy bajo	Muy bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
ISTMINA	Río San Juan	Río San Juan	1,29	Alto	14206,5*	8523,9*	Muy bajo	Muy bajo	10512,81*	6307,69*	Muy bajo	Muy bajo
JURADÓ	Directos Pacifico Frontera Panamá	Río Partadó	0,12	Alto	1125*	675*	Muy bajo	Muy bajo	956,25*	573,75*	Muy bajo	Muy bajo
LLORÓ	Río Andágueda	Río Andágueda	0,21	Alto	8038,8*	4823,28*	Muy bajo	Muy bajo	5787,94*	3472,76*	Muy bajo	Muy bajo
BETÉ (MEDIO ATRATO)	Directos Atrato (mi)	Q. La Sucre	0,41	Alto	5340,35	2630,96	Medio	Medio	2133,2	1678,2	Medio	Medio
BOCA DE PEPÉ (MEDIO BAUDÓ)	Río Baudó	Q. El Mico	0,04	Alto	363,00	283,14	Muy bajo	Muy bajo	217,8	169,9	Muy bajo	Muy bajo
ANDAGOYA	Río Tamana y otros directos San Juan	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,33									
NÓVITA	Río Tamana y otros directos San Juan	Río Negro	0,20	Alto	140*	84*	Muy bajo	Muy bajo	102,2*	61,32*	Muy bajo	Muy bajo
NUQUÍ	Directos Pacifico Frontera Panamá	Río Nuquí	0,24	Alto	1820*	1092*	Muy bajo	Muy bajo	1365*	819*	Muy bajo	Muy bajo
RÍO IRÓ (SANTA RITA)	Río Tamana y otros directos San Juan	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,10									
PAIMADÓ (RÍO QUITO)	Río Quito	Q. La Concha	0,16	Alto								
RIOSUCIO	Río Sucio	Río Atrato	0,56	Alto	69786*	41871,6*	Muy bajo	Muy bajo	59318,1*	35590,86*	Muy bajo	Muy bajo
SAN JOSÉ DEL PALMAR	Río Tamana y otros directos San Juan	Río Ingarán	0,08	Alto	90*	54*	Muy bajo	Muy bajo	71,1*	42,66*	Muy bajo	Muy bajo
SIPÍ	Río Sipí	Río Sipí	0,02	Alto	1425*	855*	Muy bajo	Muy bajo	1125,75*	675,45*	Muy bajo	Muy bajo
TADÓ	Río San Juan	Río San Juan	0,84	Alto	12457,5*	7474,5*	Muy bajo	Muy bajo	9218,55*	5531,13*	Muy bajo	Muy bajo
UNGUÍA	Río Tanela y otros directos al Caribe	Río Arquía - RíoTigre	0,28	Alto	3559,81	2430,35	Medio	Medio	2378,0	1160,7	Alto	Medio
UNIÓN PANAMERICANA (ÁNIMAS)	Río Quito	Q. San Pedro	0,25	Alto	4842,96	2959,87	Muy bajo	Muy bajo	2512,4	1609,9	Bajo	Bajo
HUILA												
NEIVA	Río Fortalecillas y otros	Río Las Ceibas	23,80	Alto	224717,93	124735,94	Medio	Medio	107484,0	74154,7	Alto	Medio
ACEVEDO	Río Suaza	Q. Correnrosa	0,37	Alto	55741,08	29492,51	Bajo	Bajo	33299,2	17411,4	Bajo	Bajo
AGRADO	Ríos directos al Magdalena (mi)	Q. Chimbacayo	0,35	Medio	14590,29	9350,71	Bajo	Bajo	7286,2	5732,4	Bajo	Bajo
AIPE	Río Aipe y otros directos al Magdalena	Río Aipe	0,93	Medio	516869,78	270374,37	Muy bajo	Bajo	168523,7	160189,6	Muy bajo	Bajo
ALGECIRAS	Río Neiva	Q. La Perdiz	1,01	Bajo	56*	33,6*	Bajo	Medio	31,36*	18,82*	Bajo	Medio
ALTAMIRA	Río Timaná y otros directos al Magdalena	Q. Perica - Naranjos	0,19	Alto	130*	78*	Muy bajo	Muy bajo	104*	62,4*	Muy bajo	Muy bajo
BARAYA	Río Fortalecillas y otros	Q. La Nutria	0,33	Medio	34128,69	24055,37	Bajo	Bajo	15418,0	14929,8	Bajo	Bajo
CAMPOALEGRE	Río Neiva	Q. Río Frío	1,71	Alto	51,75*	36,42*	Bajo	Bajo	16,9*	14,37*	Medio	Medio
COLOMBIA	Río Cabrera	Río Ambicá	0,15	Medio	364097,49	185042,38	Muy bajo	Bajo	208898	141688,2	Muy bajo	Bajo
ELÍAS	Río Timaná y otros directos al Magdalena	Q. Holicual	0,10	Alto	20569,95	13026,70	Muy bajo	Muy bajo	14679,6	7945,1	Bajo	Bajo
GARZÓN	Ríos directos Magdalena (md)	Q. Garzón	3,44	Bajo	49,5*	29,7*	Medio	Alto	27,72*	16,63*	Alto	Alto
GIGANTE	Ríos directos Magdalena (md)	Q. Guandinos	1,30	Medio	105460,57	62430,12	Bajo	Bajo	45885,0	38013,1	Bajo	Bajo
GUADALUPE	Río Suaza	Q. Viciosa	0,42	Alto	203152,49	94192,76	Muy bajo	Muy bajo	107699,2	72579,0	Muy bajo	Muy bajo
HOBO	Ríos directos Magdalena (md)	Q. El Hobo	0,37	Medio	27672,35	18136,14	Bajo	Bajo	10101,0	7979,4	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
ÍQUIRA	Río Yaguará	Q. Ibirco	0,18	Bajo	15,4*	9,24*	Bajo	Medio	8,93*	5,36*	Bajo	Medio
ISNOS	Alto Magdalena	Q. Los Pinos	0,37	Alto	80,5*	48,3*	Muy bajo	Muy bajo	61,18*	36,71*	Bajo	Bajo
LA ARGENTINA	Río Páez	Q. Garruchal	2,58	Alto	1367125,34	730045,84	Muy bajo	Muy bajo	733072,6	450084,8	Muy bajo	Muy bajo
LA PLATA	Río Páez	Q. Barbillas	0,29	Alto	43,75*	26,25*	Bajo	Bajo	33,25*	19,95*	Bajo	Bajo
NÁTAGA	Río Páez	Q. Lindero	0,14	Bajo	33*	19,8*	Muy bajo	Medio	14,85*	8,91*	Bajo	Medio
OPORAPA	Ríos directos al Magdalena (mi)	Q. Negra	0,23	Alto	27522,52	17048,78	Bajo	Bajo	18750,9	10400,3	Bajo	Bajo
PAICOL	Río Páez	Q. Santa Inés	0,22	Bajo	60*	36*	Muy bajo	Medio	27*	16,2*	Bajo	Medio
PALERMO	Río Baché	Q. La Guagua	0,94	Bajo	19448,35	12374,64	Bajo	Medio	5470,8	5064,8	Medio	Alto
PALESTINA	Alto Magdalena	Río Guarapas	0,13	Alto	469530,29	252219,71	Muy bajo	Muy bajo	301628,5	157843,8	Muy bajo	Muy bajo
PITAL	Ríos directos al Magdalena (mi)	Q. Yaguilga	0,29	Medio	157853,46	101962,63	Muy bajo	Bajo	82339,7	62613,6	Muy bajo	Bajo
PITALITO	Alto Magdalena	Río Guachicos	4,03	Alto	282495,51	138653,94	Bajo	Bajo	180826,2	89319,4	Bajo	Bajo
RIVERA	Río Fortalecillas y otros	Q. Río Frío	0,69	Alto	34751,79	18903,70	Bajo	Bajo	15077,6	11121,5	Bajo	Bajo
SALADOBLANCO	Ríos directos al Magdalena (mi)	Q. Guayabito	0,17	Alto	105386,67	60160,33	Muy bajo	Muy bajo	71892,7	37033,4	Muy bajo	Muy bajo
SAN AGUSTÍN	Alto Magdalena	Q. El Quebradón	0,75	Alto	198374,71	101586,44	Muy bajo	Muy bajo	93618,8	73420,7	Bajo	Bajo
SANTA MARÍA	Río Baché	Q. El Oso	0,17	Bajo	21282,66	10880,94	Bajo	Medio	9007,0	5591,0	Bajo	Medio
SUAZA	Río Suaza	Q. Emayá	0,34	Alto	1050753,05	475024,28	Muy bajo	Muy bajo	587281,8	356685,3	Muy bajo	Muy bajo
TARQUI	Ríos directos al Magdalena (mi)	Q. El Hígado	0,33	Bajo	36*	21,6*	Bajo	Medio	16,2*	9,72*	Bajo	Medio
TESALIA	Río Páez	Q. Limones - Benito	0,48	Bajo	14,4*	8,64*	Bajo	Medio	8,35*	5,01*	Bajo	Medio
TELLO	Río Fortalecillas y otros	Río Villavieja	0,44	Medio	240133,89	196228,27	Muy bajo	Bajo	15608,0	109698,1	Muy bajo	Bajo
TERUEL	Río Yaguará	Q. La maría	0,30	Bajo	14018,66	7716,50	Bajo	Medio	5461,3	3705,8	Bajo	Medio
TIMANÁ	Río Timaná y otros directos al Magdalena	Q. La Turbia	0,58	Alto	47136,39	29024,92	Bajo	Bajo	32242,6	17887,4	Bajo	Bajo
VILLAVIEJA	Río Fortalecillas y otros	Río Magdalena	0,23	Medio	18460	11076	Muy bajo	Bajo	13660,4	8196,2	Muy bajo	Bajo
YAGUARÁ	Río Yaguará	Río Pederal, Q. Jordán	0,50	Bajo	113592,25	66373,79	Muy bajo	Medio	38380,6	30524,1	Bajo	Medio
LA GUAJIRA												
RIOHACHA	Río Ranchería	Río Tapias	8,20	Bajo	250*	228,16*	Bajo	Medio	98,38*	85,74*	Bajo	Medio
ALBANIA	Río Ranchería	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,80									
BARRANCAS	Río Ranchería	Río Ranchería - Pozos	1,01	Bajo	477239,28	462134,08	Muy bajo	Medio	151939,7	151400,3	Muy bajo	Medio
DIBULLA	Río Ancho y otros directos al Caribe	Río Jerez	0,26	Bajo	175*	105*	Muy bajo	Medio	126*	75,6*	Muy bajo	Medio
DISTRACCIÓN	Río Ranchería	Río Ranchería	0,23	Bajo	281765,76	205284,48	Muy bajo	Medio	81305,5	77982,5	Muy bajo	Medio
EL MOLINO	Alto Cesar	Q. El Molino - Pozos	0,42	Bajo	4051,94	3646,00	Bajo	Medio	1577,9	1471,1	Alto	Alto
FONSECA	Río Ranchería	Río Ranchería	1,42	Bajo	276527,28	205466,15	Muy bajo	Medio	79945,8	77272,6	Bajo	Medio
HATONUEVO	Río Ranchería	Q. Manantial	0,74	Bajo	7643,50	6496,00	Bajo	Medio	2964,5	2519,0	Medio	Alto
LA JAGUA DEL PILAR	Medio Cesar	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,15									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
MAICAO	Río Carraipia - Paraguachón - directos al Golfo Maracaibo	Río Carraipía	6,15	Bajo	30,1*	18,06*	Alto	Alto	8,13*	4,88*	Muy alto	Muy alto
MANAURE	Directos Caribe - A. Sharimahana Alta Guajira	Pozos	2,22									
SAN JUAN DEL CESAR	Alto Cesar	Río Cesar	1,60	Bajo	90813,48	71819,71	Bajo	Medio	28953,2	27344,2	Bajo	Medio
URIBIA	Directos Caribe - A. Sharimahana Alta Guajira	Pozos	0,64									
URUMITA	Alto Cesar	Q. Mocho	0,61	Bajo	14,4*	8,64*	Bajo	Medio	6,91*	4,15*	Medio	Alto
VILLANUEVA	Alto Cesar	Río Villanueva - Pozos	2,17	Bajo	31458,62	28312,00	Bajo	Medio	9271,7	8642,1	Alto	Alto
MAGDALENA												
SANTA MARTA	Río Guachaca - Río Piedras - Río Manzanares	Río Manzanares - Río Piedras	30,58	Bajo	230,45*	138,27*	Alto	Alto	129,05*	77,43*	Alto	Alto
ALGARROBO	Río Ariguani	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,56									
ARACATACA - EL RETÉN	Cga. Grande de Santa Marta	Río Aracataca	1,31	Alto	352,5*	211,5*	Muy bajo	Muy bajo	292,58*	175,55*	Muy bajo	Muy bajo
ARIGUANÍ (EL DIFÍCIL)	Arroyo Corozal	Pozos	1,31									
CERRO DE SAN ANTONIO	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	0,31	Medio	224025	134415	Muy bajo	Bajo	161298	96778,8	Muy bajo	Bajo
CHIVOLO	Arroyo Corozal	Cga. de Zapayán	0,77	Medio	36*	21,6*	Bajo	Bajo	25,92*	15,55*	Bajo	Bajo
CIÉNAGA	Cga. Grande de Santa Marta	Río Córdoba	5,19	Alto	27*	16,2*	Alto	Medio	25,92*	15,55*	Alto	Medio
CONCORDIA	Cga. Grande de Santa Marta	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,30									
EL BANCO	Directos Bajo Magdalena	Río Cesar	1,84	Bajo	3500*	2100*	Muy bajo	Medio	1680*	1008*	Muy bajo	Medio
EL PIÑÓN	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	0,43	Medio	224460	134676	Muy bajo	Bajo	161611,2	96966,7	Muy bajo	Bajo
EL RETÉN	Cga. Grande de Santa Marta	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	1,00									
FUNDACIÓN	Cga. Grande de Santa Marta	Río Fundación	2,39	Medio	889338,77	536259,12	Muy bajo	Bajo	303172,1	204942,6	Muy bajo	Bajo
GUAMAL	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,54									
NUEVA GRANADA	Arroyo Corozal	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,49									
PEDRAZA	Directos al Bajo Magdalena (md)	Río Magdalena	0,17	Medio	223590	134154	Muy bajo	Bajo	160984,8	96590,9	Muy bajo	Bajo
PIJIÑO DEL CARMEN	Directos Bajo Magdalena	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,48									
PIVJAY	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	1,33	Medio	225330	135198	Muy bajo	Bajo	162237,6	97342,6	Muy bajo	Bajo
PLATO	Directos Bajo Magdalena	Río Magdalena	2,64	Medio	220110	132066	Muy bajo	Bajo	158479,2	95087,5	Muy bajo	Bajo
PUEBLOVIEJO	Cga. Grande de Santa Marta	Río Córdoba	0,67	Alto	27*	16,2*	Muy bajo	Muy bajo	25,92*	15,55*	Muy bajo	Muy bajo
REMOLINO	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	0,40	Medio	225765	135459	Muy bajo	Bajo	162550,8	97530,5	Muy bajo	Bajo
SAN ÁNGEL	Río Ariguani	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,27									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Correimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
SALAMINA	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	0,35	Medio	224895	134937	Muy bajo	Bajo	161924,4	97154,6	Muy bajo	Bajo
SAN SEBASTIÁN DE BUENAVISTA	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,39									
SAN ZENÓN	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,11									
SANTA ANA	Directos Bajo Magdalena	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,87									
SANTA ANA - PUÍÑO DEL CARMEN	Directos Bajo Magdalena	Pozos	0,47									
SITIONUEVO	Cga. Grande de Santa Marta	Río Magdalena	0,96	Alto	226200	135720	Muy bajo	Muy bajo	162864	97718,4	Muy bajo	Muy bajo
TENERIFE	Directos al Bajo Magdalena (md)	Río Magdalena	0,42	Alto	221562,03	132937,22	Muy bajo	Muy bajo	159524,7	95714,8	Muy bajo	Muy bajo
ZAPAYÁN (PUNTA DE PIEDRAS)	Directos al Bajo Magdalena (md)	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,24									
ZONA BANANERA (PRADO - SEVILLA)	Cga. Grande de Santa Marta	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,32									
META												
VILLAVICENCIO	Río Guatiquía	Río Guatiquía	24,20	Alto	3904,74*	2342,84*	Muy bajo	Muy bajo	3436,17*	2061,7*	Muy bajo	Muy bajo
ACACÍAS	Río Metica (Guamal - Humadea)	Río Acacías	3,37	Alto	555,53*	333,32*	Bajo	Bajo	416,65*	249,99*	Bajo	Bajo
BARRANCA DE UPIÁ	Directos al Río Meta	Río Upiá	0,17	Alto	14033,67*	8420,2*	Muy bajo	Muy bajo	11788,28*	7072,97*	Muy bajo	Muy bajo
CABUYARO	Directos al Río Meta	Pozos	0,13									
CASTILLA LA NUEVA	Río Metica (Guamal - Humadea)	Río Guamal	0,26	Alto	352,53*	211,52*	Muy bajo	Muy bajo	264,4*	158,64*	Muy bajo	Muy bajo
CUBARRAL	Río Metica (Guamal - Humadea)	Río Ariari	0,23	Bajo	5400*	3240*	Muy bajo	Medio	2970*	1782*	Muy bajo	Medio
CUMARAL	Río Guatiquía	Río Caney	0,65	Medio	60,96*	36,58*	Bajo	Bajo	42,06*	25,24*	Bajo	Bajo
EL CALVARIO	Río Guatiquía	Q. Grande	0,06	Medio	434,7*	260,82*	Muy bajo	Bajo	295,6*	177,36*	Muy bajo	Bajo
EL CASTILLO	Río Ariari	Río Los Uruimes	0,14	Bajo	577,5*	346,5*	Muy bajo	Medio	317,63*	190,58*	Muy bajo	Medio
EL DORADO	Río Ariari	Q. Aguas Claras	0,10	Alto	45*	27*	Muy bajo	Muy bajo	35,1*	21,06*	Muy bajo	Muy bajo
FUENTE DE ORO	Río Ariari	Q. Iriqué	0,41	Bajo	126,42*	75,85*	Muy bajo	Medio	69,53*	41,72*	Muy bajo	Medio
GRANADA	Río Ariari	Río Ariari	3,07	Bajo	3618,56*	2171,14*	Muy bajo	Medio	1990,21*	1194,12*	Muy bajo	Medio
GUAMAL	Río Metica (Guamal - Humadea)	Río Guamal - Orotoy	0,49	Alto	523,34*	314*	Muy bajo	Muy bajo	392,51*	235,5*	Muy bajo	Muy bajo
MAPIRIPÁN	Medio Guaviare	C. Ovejas	0,09	Alto	1733,75*	1040,25*	Muy bajo	Muy bajo	1317,65*	790,59*	Muy bajo	Muy bajo
MESETAS	Río Güejar	Río Lucía	0,23	Alto	351,75*	211,05*	Muy bajo	Muy bajo	284,92*	170,95*	Muy bajo	Muy bajo
LA MACARENA	Alto Guaviare	Río Guayabero	0,24	Medio	34829,58*	20897,75*	Muy bajo	Bajo	24380,71*	14628,42*	Muy bajo	Bajo
LA URIBE	Río Guape	Río Duda	0,13	Bajo	4956,25*	2973,75*	Muy bajo	Medio	2725,94*	1635,56*	Muy bajo	Medio
LEJANÍAS	Río Ariari	Río Guape	0,29	Bajo	1404,8*	842,88*	Muy bajo	Medio	772,64*	463,58*	Muy bajo	Medio
PUERTO CONCORDIA	Medio Guaviare	Pozos	0,38									
PUERTO GAITÁN	Río Manacacías	Río Manacacías	0,49	Alto	17521,56*	10512,94*	Muy bajo	Muy bajo	13141,17*	7884,7*	Muy bajo	Muy bajo
PUERTO LÓPEZ	Directos Río Metica (md)	Pozos	1,36									
PUERTO LLERAS	Río Ariari	Pozos	0,22									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
PUERTO RICO	Río Ariari	Pozos	0,31									
RESTREPO	Río Guatiquía	Río Caney	0,51	Medio	72,96*	43,78*	Bajo	Bajo	49,61*	29,77*	Bajo	Bajo
SAN CARLOS DE GUAROA	Río Metica (Guamal - Humadea)	Pozos	0,23									
SAN JUAN DE ARAMA	Río Ariari	Q. Curia	0,26	Alto	123,53*	74,12*	Muy bajo	Muy bajo	100,06*	60,04*	Muy bajo	Muy bajo
SAN JUANITO	Río Guatiquía	Q. Blanca	0,05	Medio	25*	15*	Muy bajo	Bajo	17*	10,2*	Muy bajo	Bajo
SAN MARTÍN	Río Metica (Guamal - Humadea)	Pozos	1,34									
VISTA HERMOSA	Río Ariari	Pozos	0,51									
NARIÑO												
PASTO	Río Juananbú	Río Pasto	18,44	Alto	31943,67	21985,04	Muy alto	Medio	18072,0	15153,3	Muy alto	Medio
ALBÁN (SAN JOSÉ)	Río Juananbú	Q. Quiña	0,67	Alto	37471,28	22898,11	Bajo	Bajo	24270,5	14133,0	Bajo	Bajo
ALDANA	Río Guáitara	Q. Chinchiguas	0,12	Alto	3804,91	2853,00	Bajo	Bajo	1510,8	1133,0	Bajo	Bajo
ANCUYÁ	Río Guáitara	Q. Tuznián	0,12	Medio	17*	10,2*	Bajo	Bajo	11,56*	6,94*	Bajo	Bajo
ARBOLEDA (BERRUecos)	Río Juananbú	Río Cucho	0,08	Alto	7*	4,2*	Bajo	Bajo	5,25*	3,15*	Bajo	Bajo
BARBACOAS	Río Telembí	Río Telembí	0,90	Alto	1378*	672*	Bajo	Bajo	835*	528*	Bajo	Bajo
BELÉN	Río Mayo	Q. Mocondino	0,21	Alto	17,1*	10,26*	Bajo	Bajo	12,83*	7,7*	Bajo	Bajo
BUESACO	Río Juananbú	Río Negro	0,37	Alto	93*	55,8*	Muy bajo	Muy bajo	69,75*	41,85*	Muy bajo	Muy bajo
COLÓN (GÉNOVA)	Río Mayo	Q. El Rincón	0,10	Alto	5931,48	3729,48	Bajo	Bajo	3764,2	2094,4	Bajo	Bajo
CONSACÁ	Río Guáitara	Q. El Cucho	0,13	Medio	9,6*	5,76*	Bajo	Bajo	6,53*	3,92*	Bajo	Bajo
CONTADERO	Río Guáitara	Q. Astanar	0,15	Bajo	8,8*	5,28*	Bajo	Medio	4,4*	2,64*	Bajo	Medio
CÓRDOBA	Río Guáitara	Q. El Pedregal	0,16	Alto	9,75*	5,85*	Bajo	Bajo	7,31*	4,39*	Bajo	Bajo
CUASPUd (CARLOSAMA)	Río Guáitara	Río Blanco	0,15	Medio	200856,75	150642,00	Muy bajo	Bajo	80759,1	60569,0	Muy bajo	Bajo
CUMBAL	Río Guáitara	Río Blanco	0,52	Medio	114352,22	85764,00	Muy bajo	Bajo	50623,9	37967,0	Muy bajo	Bajo
CUMBITARA	Río Patía Medio	Q. Taconales	0,11	Bajo	16,8*	10,08*	Bajo	Medio	8,9*	5,34*	Bajo	Medio
CHACHAGÚÍ	Río Juananbú	Q. Robles	0,29	Alto	1202,86	812,89	Alto	Medio	781,0	422,0	Muy alto	Medio
EL CHARCO	Río Tapaje	Q. Corozita	0,55	Alto	56,1*	33,66*	Bajo	Bajo	44,32*	26,59*	Bajo	Bajo
EL PEÑOL	Río Juananbú	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,07									
EL ROSARIO	Río Patía Alto	Q. Macal	0,26	Medio	18426,47	13819,00	Bajo	Bajo	12898,0	9674,0	Bajo	Bajo
EL TABLÓN	Río Juananbú	Q. Chusalongo	0,07	Bajo	15,4*	9,24*	Muy bajo	Medio	11,55*	6,93*	Bajo	Medio
EL TAMBO	Río Guáitara	Q. Trojayaco	0,38	Alto	5536,88	4810,17	Bajo	Bajo	3598,9	2685,1	Medio	Medio
FUNES	Río Guáitara	Río Téllez	0,17	Alto	86990,00	65242,00	Muy bajo	Muy bajo	47696,1	35772,0	Muy bajo	Muy bajo
GUACHUCAL	Río Guáitara	Q. Quetambú	0,23	Medio	26250,00	19688,00	Muy bajo	Bajo	13130,0	9848,0	Muy bajo	Bajo
GUAITARILLA	Río Guáitara	Q. Cuma	0,87	Alto	4560	4290	Bajo	Bajo	4560	2795	Alto	Medio
GUALMATÁN	Río Guáitara	Q. Purgatorio	0,16	Bajo	8,1*	4,86*	Bajo	Medio	4,05*	2,43*	Bajo	Medio
ILES	Río Guáitara	Q. El Pailón	0,13	Alto	1426,36	1069,00	Bajo	Bajo	809,3	607,0	Medio	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
IMUÉS	Río Guáitara	Río Arrayanes	0,05	Alto	5290,69	3967,00	Muy bajo	Muy bajo	2687,6	2015,0	Bajo	Bajo
IPIALES	Río Guáitara	Río Blanco	3,41	Medio	239668,90	179715,00	Bajo	Bajo	99377,8	74532,0	Bajo	Bajo
LA CRUZ	Río Mayo	Q. Carrizal	0,46	Alto	71290,81	46770,39	Muy bajo	Muy bajo	46915,9	28874,1	Bajo	Bajo
LA FLORIDA	Río Guáitara	Q. Pachindó	0,13	Alto	4291,60	3048,06	Bajo	Bajo	791,1	1635,3	Bajo	Bajo
LA LLANADA	Río Guáitara	Q. El Cedro	0,14	Bajo	7*	4,2*	Bajo	Medio	2,73*	1,64*	Bajo	Medio
LA TOLA	Río Patía Bajo	Río Tola	0,48	Bajo	156,4*	93,84*	Muy bajo	Medio	123,56*	74,13*	Muy bajo	Medio
LA UNIÓN	Río Mayo	Q. Canchala	0,75	Bajo	23,25*	13,95*	Bajo	Medio	15,81*	9,49*	Bajo	Medio
LEIVA	Río Patía Alto	Q. La Lacha	0,26	Bajo	25,2*	15,12*	Bajo	Medio	15,37*	9,22*	Bajo	Medio
LINARES	Río Guáitara	Q. Astarón	0,17	Bajo	9,6*	5,76*	Bajo	Medio	3,74*	2,25*	Bajo	Medio
LOS ANDES	Río Guáitara	Q. Dos Quebradas	0,46	Bajo	20,8*	12,48*	Bajo	Medio	8,11*	4,87*	Bajo	Medio
MAGÚÍ (PAYÁN)	Río Patía Medio	Río Magui	0,26	Alto	1009294,59	558624,31	Muy bajo	Muy bajo	556862,4	438654,8	Muy bajo	Muy bajo
MALLAMA (PIEDRANCHA)	Río Mira	Q. Chorrera	0,10	Bajo	32*	19,2*	Muy bajo	Medio	18,56*	11,14*	Muy bajo	Medio
MOSQUERA	Río Patía Bajo	Q. Agua Iluvia	0,31	Alto	0,84*	0,5*	Muy alto	Medio	0,62*	0,37*	Muy alto	Medio
NARIÑO	Río Juananbú	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,24									
OLAYA HERRERA (BOCA DE SATINGA)	Río Patía Bajo	Río Sanquianga	0,25	Alto	1140*	684*	Muy bajo	Muy bajo	843,6*	506,16*	Muy bajo	Muy bajo
OSPINA	Río Guáitara	Q. El Común	0,16	Bajo	10,8*	6,48*	Bajo	Medio	5,4*	3,24*	Bajo	Medio
FRANCISCO PIZARRO	Río Patía Bajo	Q. Inchaco	0,42	Alto	30,8*	18,48*	Muy bajo	Muy bajo	22,79*	13,68*	Muy bajo	Muy bajo
POLICARPA	Río Patía Medio	Q. El Cocal	0,17	Alto	6833,39	5125,00	Bajo	Bajo	4099,0	3074,0	Bajo	Bajo
POTOSÍ	Río Guáitara	Q. Yamuesquer	0,15	Alto	5725,42	4294,00	Bajo	Bajo	2748,3	32061,0	Bajo	Bajo
PROVIDENCIA	Río Guáitara	Q. El Chorro	0,33	Bajo	6,25*	3,75*	Bajo	Medio	2,44*	1,46*	Alto	Alto
PUERRES	Río Guáitara	Río Angosmayo	0,21	Alto	17596,14	14690,52	Bajo	Bajo	9979,1	9905,1	Bajo	Bajo
PUPIALES	Río Guáitara	Q. Piacún	0,40	Alto	11780,33	8835,00	Bajo	Bajo	6355,0	4766,0	Bajo	Bajo
RICAURTE	Río Mira	Q. San Francisco	0,16	Medio	45*	27*	Muy bajo	Bajo	31,81*	19,09*	Bajo	Bajo
ROBERTO PAYÁN	Río Telembí	Q. Las Tundas	0,07	Alto	25,2*	15,12*	Muy bajo	Muy bajo	18,65*	11,19*	Muy bajo	Muy bajo
SAMANIEGO	Río Guáitara	Q. San Juan	1,26	Alto	1500,37	1344,56	Muy alto	Medio	1500,4	814	Muy alto	Medio
SANDONÁ	Río Guáitara	Q. El Ingenio	0,81	Medio	7,65*	4,59*	Medio	Medio	5,2*	3,12*	Alto	Alto
SAN BERNARDO	Río Juananbú	Q. Quiña	0,32	Bajo	20,7*	12,42*	Bajo	Medio	15,53*	9,32*	Bajo	Medio
SAN LORENZO	Río Juananbú	Q. La Chorrera	0,17	Alto	1149,69	822,38	Alto	Medio	571,8	432,6	Alto	Medio
SAN PABLO	Río Mayo	Q. Bateros	0,29	Alto	2171,75	1531,01	Medio	Medio	1166,8	834,2	Alto	Medio
SAN PEDRO DE CARTAGO	Río Mayo	Q. Frailes	0,05	Medio	7956,94	4495,08	Bajo	Bajo	4919,5	2438,1	Bajo	Bajo
SANTA BÁRBARA (ISCUANDE)	Río Iscuandé	Río Iscuandé	0,20	Alto	5632*	3379,2*	Muy bajo	Muy bajo	4449,28*	2669,57*	Muy bajo	Muy bajo
SANTA CRUZ (GUACHÁVEZ)	Río Guáitara	Q. Piamura	0,37	Alto	22750	20090	Muy alto	Medio	22750	11871	Muy alto	Medio
SAPUYES	Río Guáitara	Q. Cuarriz	0,11	Alto	4757,24	3757,00	Bajo	Bajo	2845,1	2134,0	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
TAMINANGO	Río Mayo	Q. Peñablanca	0,28	Bajo	5,25*	3,15*	Bajo	Medio	2,78*	1,67*	Medio	Alto
TANGUA	Río Guáitara	Río Bobo	0,16	Alto	197863,32	172314,03	Muy bajo	Muy bajo	115868,8	115433,1	Muy bajo	Muy bajo
TUMACO	Río Mira	Río Mira	6,12	Alto	19075*	11445*	Muy bajo	Muy bajo	13352,5*	8011,5*	Muy bajo	Muy bajo
TÚQUERRES	Río Guáitara	Q. Azufral	1,40	Bajo	21,25*	12,75*	Medio	Alto	12,33*	7,4*	Medio	Alto
YACUANQUER	Río Guáitara	Q. La Magdalena	0,20	Alto	16720,40	12540,00	Bajo	Bajo	7675,7	5757,0	Bajo	Bajo
NORTE DE SANTANDER												
CÚCUTA	Río Pamplonita	Río Pamplonita - Río Zulia	41,61	Medio	671,7*	512,38*	Bajo	Bajo	671,7*	273,89*	Medio	Medio
ABREGO	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Río Oroque	1,19	Medio	90152,02	50723,09	Bajo	Bajo	28486,4	26350,0	Bajo	Bajo
ARBOLEDAS	Río Zulia	Q. Siravita	0,17	Medio	464501,25	203428,30	Muy bajo	Bajo	175750,8	88128,5	Muy bajo	Bajo
BOCHALEMA	Río Pamplonita	Q. Aguablanca	0,17	Medio	8325,16	5721,83	Bajo	Bajo	3186,1	1860,7	Bajo	Bajo
BUCARASICA	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Q. Palacio	0,04	Medio	4834,29	3734,22	Bajo	Bajo	3142,0	1626,5	Bajo	Bajo
CÁCOTA	Río Chitagá	Q. La Plata	0,05	Alto	3230,49	2826,19	Bajo	Bajo	1202,3	1182,3	Bajo	Bajo
CÁCHIRA	Río Lebrija	Q. Galván	0,11	Medio	87287,05	84953,60	Muy bajo	Bajo	56736,0	37077,2	Muy bajo	Bajo
CHINÁCOTA	Río Pamplonita	Q. Iscalá	0,72	Medio	35896,54	27686,76	Bajo	Bajo	23332,0	10947,8	Bajo	Bajo
CHITAGÁ	Río Chitagá	Q. Viuda - Q. El Arper	0,25	Alto	119,7*	71,82*	Muy bajo	Muy bajo	105,34*	63,2*	Muy bajo	Muy bajo
CONVENCIÓN	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Río El Guamal - La Morena	0,42	Medio	37019,23	25765,31	Bajo	Bajo	14020,0	10385,4	Bajo	Bajo
CUCUTILLA	Río Zulia	Q. Capira	0,09	Medio	3566,86	1789,71	Bajo	Bajo	1436,5	786,8	Medio	Medio
DURANIA	Río Zulia	Q. La Laucha	0,14	Medio	1237,69	854,10	Medio	Medio	503,1	257,9	Muy alto	Alto
EL CARMEN	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	Q. El Tigre - Q. El Salto	0,18	Bajo	4,7*	2,82*	Bajo	Medio	2,59*	1,55*	Medio	Alto
EL TARRA	Río Tarra	Q. La Azulita	0,29	Medio	47001,52	39637,05	Muy bajo	Bajo	19538,7	9816,0	Bajo	Bajo
EL ZULIA	Río Zulia	Río Peralonso	1,16	Medio	481224,27	280998,38	Muy bajo	Bajo	157576,9	88594,7	Muy bajo	Bajo
GRAMALOTE	Río Zulia	Q. La Colorada	0,21	Medio	80791	53498,65	Muy bajo	Bajo	24112,6	15374,5	Muy bajo	Bajo
HACARÍ	Río Tarra	Q. Martínez	0,08	Medio	46,2*	27,72*	Muy bajo	Bajo	30,95*	18,57*	Muy bajo	Bajo
HERRÁN	Río Pamplonita	Q. El Molino	0,08	Medio	4778,86	3728	Bajo	Bajo	3106,0	1875,7	Bajo	Bajo
LABATECA	Río Chitagá	Q. Siscata	0,10	Alto	9,4*	5,64*	Bajo	Bajo	7,24*	4,34*	Bajo	Bajo
LA ESPERANZA	Río Lebrija	Q. El Caraño	0,10	Medio	2552,33	2521,29	Bajo	Bajo	1659,0	1416,1	Bajo	Bajo
LA PLAYA	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Q. La Tenería	0,05	Medio	3464,15	2204,38	Bajo	Bajo	1041,2	1632,9	Bajo	Bajo
LOS PATIOS	Río Pamplonita	Q. La Honda	4,49	Bajo	64,95*	38,97*	Medio	Alto	25,33*	15,2*	Alto	Alto
LOURDES	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Q. La Quinta	0,09	Bajo	4,07*	2,44*	Bajo	Medio	1,87*	1,12*	Bajo	Medio
MUTISCUA	Río Zulia	Río El Chorrerón	0,04	Alto	3451,87	1768,27	Bajo	Bajo	1260,6	1037,7	Bajo	Bajo
OCAÑA	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Río Tejo	5,56	Medio	26244,09	17176,12	Alto	Alto	17058,0	10745,0	Muy alto	Alto
PAMPLONA	Río Pamplonita	Río Pamplonita	3,10	Bajo	54518	23,25	Medio	Medio	216064,0	120898,1	Alto	Alto
PAMPLONITA	Río Pamplonita	Q. Urumita	6,27	Medio	18937,06	14296,05	Alto	Alto	6543,9	7362,0	Muy alto	Alto

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
PUERTO SANTANDER	Río Zulia	Q. Carboneras	0,00	Medio	12780,09	9211,40	Muy bajo	Bajo	4813,9	4161,6	Muy bajo	Bajo
RAGONVALIA	Río Pamplonita	Q. Aguablanca	0,20	Medio	1642,64	1246,01	Medio	Medio	280,9	447,3	Alto	Alto
SALAZAR	Río Zulia	Q. Mandingas	0,27	Medio	4789,06	2294,96	Medio	Medio	1598,8	616,4	Alto	Alto
SAN CALIXTO	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Q. La Maravilla	0,14	Medio	971,81	737,36	Medio	Medio	971,8	323,5	Alto	Alto
SAN CAYETANO	Río Zulia	Q. Tablona - Q. Chorre	0,13	Medio	6265,54	4915,98	Bajo	Bajo	2148,9	1518,8	Bajo	Bajo
SANTIAGO	Río Zulia	Río Peralonso	0,09	Medio	409368,59	223145,64	Muy bajo	Bajo	132107,7	69209,9	Muy bajo	Bajo
SARDINATA	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Q. Volcana	0,63	Medio	17192,42	12528,55	Bajo	Bajo	5587,9	5194,3	Medio	Medio
SILOS	Río Chitagá	Q. Salado Chiquito	0,07	Alto	18,4*	11,04*	Muy bajo	Muy bajo	16,19*	9,72*	Muy bajo	Muy bajo
TEORAMA	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Q. Farache	0,17	Medio	2390,27	1752,77	Bajo	Bajo	1553,0	816,1	Alto	Alto
TIBÚ	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Río Tibú	0,97	Bajo	840102,10	575163,80	Muy bajo	Medio	268131,2	163243,4	Muy bajo	Medio
TOLEDO	Río Chitagá	Q. La Lejía	0,31	Alto	19,6*	11,76*	Bajo	Bajo	15,09*	9,06*	Bajo	Bajo
VILLA CARO	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Q. El Roble	0,13	Medio	14262,35	9677,77	Bajo	Bajo	6465,0	4789,7	Bajo	Bajo
VILLA DEL ROSARIO	Río Pamplonita	Río Táchira	4,75	Bajo	168*	100,8*	Bajo	Medio	65,52*	39,31*	Medio	Alto
PUTUMAYO												
MOCOA	Alto Caquetá	Río Mulato - Q. Almorzadero	1,96	Alto	102*	61,2*	Muy bajo	Muy bajo	96,9*	58,14*	Muy bajo	Muy bajo
COLÓN	Alto Río Putumayo	Q. Siguinchica	0,22	Medio	53772,69	30416,53	Muy bajo	Bajo	29354,2	19554,5	Bajo	Bajo
ORITO	Alto Río Putumayo	Q. Yarumito	1,33	Alto	53,2*	31,92*	Muy bajo	Muy bajo	51,07*	30,64*	Muy bajo	Muy bajo
PUERTO ASÍS	Alto Río Putumayo	Q. Aguanegra	2,03	Alto	139413,23	75704,96	Bajo	Bajo	89919,4	51286,7	Bajo	Bajo
PUERTO CAICEDO	Alto Río Putumayo	Pozos	0,33									
PUERTO GUZMÁN	Alto Caquetá	Q. La Chorrera	0,29	Medio	187921,29	110204,40	Muy bajo	Bajo	97722,0	62910,8	Muy bajo	Bajo
PUERTO LEGUIZAMO	Río Putumayo Directos (mi)	Río Caucajá	0,55	Alto	2476,25*	1485,75*	Muy bajo	Muy bajo	1931,48*	1158,89*	Muy bajo	Muy bajo
SIBUNDOY	Alto Río Putumayo	Q. Hidráulica	0,69	Alto	20,8*	12,48*	Muy bajo	Muy bajo	19,76*	11,86*	Muy bajo	Muy bajo
SAN FRANCISCO	Alto Río Putumayo	Río Putumayo	0,28	Medio	69669	39066,49	Muy bajo	Bajo	38082,3	25132,7	Bajo	Bajo
SAN MIGUEL	Río San Miguel	Q. La Dorada	0,36	Alto	60291,62	30955,29	Bajo	Bajo	41042,8	23019,3	Bajo	Bajo
SANTIAGO	Alto Río Putumayo	Q. Tamauco	0,25	Alto	14,4*	8,64*	Muy bajo	Muy bajo	13,68*	8,21*	Muy bajo	Muy bajo
VALLE DEL GUAMUEZ	Río San Miguel	Q. Hormiga	1,25	Alto	228918,03	116321,26	Bajo	Bajo	158977,1	87153,5	Bajo	Bajo
VILLA GARZÓN	Alto Río Putumayo	Q. Sardina	0,70	Alto	21*	12,6*	Muy bajo	Muy bajo	19,95*	11,97*	Muy bajo	Muy bajo
QUINDÍO												
ARMENIA	Río La Vieja	Río Quindío	18,10	Medio	521378,09	307001,06	Bajo	Bajo	210080,3	139577,7	Medio	Medio
BUENAVISTA	Río La Vieja	Q. Picota	0,10	Medio	40087,83	24040,46	Muy bajo	Bajo	15509,2	10400,6	Muy bajo	Bajo
CALARCÁ	Río La Vieja	Q. El Salado	3,86	Medio	82481,13	49483,87	Bajo	Bajo	34094,4	21422,8	Medio	Medio
CIRCASIA	Río La Vieja	Río Quindío	1,30	Medio	15780,79	9305,71	Medio	Medio	6368,3	4382,0	Alto	Alto
CÓRDOBA	Río La Vieja	Q. Los Justos	0,22	Bajo	12,6*	7,56*	Bajo	Medio	6,8*	4,08*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
FILANDIA	Río La Vieja	Q. Bolillo	0,51	Bajo	12*	7,2*	Bajo	Medio	5,64*	3,38*	Medio	Alto
GÉNOVA	Río La Vieja	Río La Gris	0,36	Medio	119352,80	77200,57	Muy bajo	Bajo	48674,1	33262,6	Muy bajo	Bajo
LA TEBAIDA	Río La Vieja	Q. La Jaramillo	2,05	Bajo	4,41*	2,65*	Muy alto	Alto	2,38*	1,43*	Muy alto	Muy alto
MONTENEGRO	Río La Vieja	Río El Roble	2,43	Medio	105084,96	63589,21	Bajo	Bajo	43146,3	29447,4	Bajo	Bajo
PIJAO	Río La Vieja	Q. Las Pizarras	0,27	Medio	7543,17	4515,74	Bajo	Bajo	2836,6	1941,6	Medio	Medio
QUIMBAYA	Río La Vieja	Q. Buenavista	2,32	Medio	57797,98	36519,29	Bajo	Bajo	24503,3	16709,4	Medio	Medio
SALENTO	Río La Vieja	Q. La Cruz Grande	0,31	Alto	7861,24	4516,25	Bajo	Bajo	7861,2	2116,7	Medio	Medio
RISARALDA												
PEREIRA	Río La Vieja	Río Otún	26,25	Alto	466298,97	272796,63	Bajo	Bajo	189022,0	132719,8	Medio	Medio
APÍA	Río Risaralda	Q. Aguilinda	0,38	Bajo	1,88*	1,13*	Alto	Alto	0,88*	0,53*	Muy alto	Muy alto
BALBOA	Directos Río Cauca (mi)	Q. La Sirena	0,15	Medio	15720,58	9621,48	Bajo	Bajo	7204,8	4700,8	Bajo	Bajo
BELÉN DE UMBRÍA	Río Risaralda	Q. Santa Emilia	1,18	Medio	10,62*	6,37*	Medio	Medio	7,75*	4,65*	Alto	Alto
DOSQUEBRADAS	Río Otún	Río Otún	18,89	Medio	356,4*	191,87*	Bajo	Bajo	140,01*	96,19*	Medio	Medio
GUATICA	Río Risaralda	Q. El Chuscal	0,28	Medio	3,32*	1,99*	Medio	Medio	2,42*	1,45*	Medio	Medio
LA CELIA	Directos Río Cauca (mi)	Q. Verdún	0,32	Bajo	8,64*	5,18*	Bajo	Medio	4,06*	2,44*	Medio	Alto
LA VIRGINIA	Río Risaralda	Río Totuí	2,27	Medio	15739,06	9636,90	Alto	Alto	7212,8	4705,1	Alto	Alto
MARSELLA	Río Otún	Q. La Mona - Q. Mani	1,00	Bajo	4,52*	2,71*	Alto	Alto	2,12*	1,27*	Muy alto	Muy alto
MISTRATÓ	Río Risaralda	Q. Arrayanal	0,47	Alto	7964,42	3671,69	Medio	Medio	3064,1	2980,9	Medio	Medio
PUEBLO RICO	Río San Juan	Río Negro	0,22	Medio	138,55*	83,13*	Muy bajo	Bajo	102,53*	61,52*	Muy bajo	Bajo
QUINCHÍA	Río Frio y otros directos al Cauca	Q. Grande - Q. Pensil	0,53	Bajo	2,32*	1,39*	Alto	Alto	1,14*	0,68*	Muy alto	Muy alto
SANTA ROSA DE CABAL	Río Otún	Río San Eugenio	5,71	Medio	153805,25	85795,03	Bajo	Bajo	61943,1	43457,7	Medio	Medio
SANTUARIO	Río Risaralda	Río San Rafael	0,25	Alto	52404,85	24450,58	Bajo	Bajo	22033,9	20136,9	Bajo	Bajo
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA												
SAN ANDRÉS	San Andres y Providencia	Pozos										
PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	San Andres y Providencia	Manantial Agua Dulce										
SANTANDER												
BUARAMANGA	Río Lebrija	Río Tona - Río Frio - Q. Golondrinas	37,79	Bajo	908,1*	544,86*	Bajo	Medio	426,81*	256,08*	Medio	Alto
AGUADA	Río Suárez	Q. Sumidero	0,01	Bajo	58,32*	34,99*	Muy bajo	Medio	29,74*	17,85*	Muy bajo	Medio
ALBANIA	Río Carare (Minero)	Q. La Salud	0,04	Bajo	20*	12*	Muy bajo	Medio	10,6*	6,36*	Muy bajo	Medio
ARATÓCA	Río Chicamocha	Q. Guacamayo	0,16	Medio	15,26*	10,95*	Bajo	Bajo	7,89*	6,32*	Bajo	Bajo
BARBOSA	Río Suárez	Río Suárez	2,11	Bajo	4,42*	2,65*	Muy alto	Alto	2,26*	1,35*	Muy alto	Muy alto
BARICHARA	Río Suárez	Represa El Común	0,20	Bajo	2*	1,2*	Medio	Alto	1,22*	0,73*	Alto	Alto
BARRANCABERMEJA	Río Opón	Ciénaga San Silvestre	14,21	Medio	1122719,58	819780,05	Bajo	Bajo	514227,9	412584,4	Bajo	Bajo
BETULIA	Río Sogamoso	Q. Piletas	0,08	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	2,88*	1,73*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
BOLÍVAR	Río Suárez	Q. La Hervedora	0,19	Medio	83836,54	55739,62	Muy bajo	Bajo	33415,3	28155,0	Muy bajo	Bajo
CABRERA	Río Suárez	Q. El Alto	0,04	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	3,66*	2,2*	Bajo	Medio
CALIFORNIA	Río Lebrija	Q. Tabacal	0,07	Alto	5,02*	3,22*	Muy bajo	Muy bajo	5,02*	2,1*	Muy bajo	Muy bajo
CAPITANEJO	Río Chicamocha	Nacimiento Balahula	0,42	Alto	6500,59	6255,99	Bajo	Bajo	4225,0	3157,6	Medio	Medio
CARCASÍ	Río Chicamocha	Río Tunebo - Q. Borrachero	0,05	Alto	15352,69	13605,25	Muy bajo	Muy bajo	9979,0	7080,5	Muy bajo	Muy bajo
CEPITÁ	Río Chicamocha	Río Perchiquez	0,00	Medio	153,29*	106,04*	Muy bajo	Bajo	72,85*	59,23*	Muy bajo	Bajo
CERRITO	Río Chicamocha	Q. Suasal	0,18	Alto	24175,77	17614,48	Bajo	Bajo	9230,4	9286,1	Bajo	Bajo
CHARALÁ	Río Fonce	Río Pienta	0,39	Medio	1011,44*	606,77*	Muy alto	Alto	616,72*	370,09*	Muy alto	Alto
CHARTA	Río Lebrija	Q. La Prensa	0,04	Bajo	2,9*	1,74*	Bajo	Medio	1,74*	1,04*	Bajo	Medio
CHIMA	Río Suárez	Q. Totumo	0,06	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	3,72*	2,23*	Bajo	Medio
CHIPATÁ	Río Suárez	Q. La Viteña	0,04	Bajo	23,23*	14,14*	Muy bajo	Medio	11,36*	7,3*	Muy bajo	Medio
CIMITARRA	Río Carare (Minero)	Río Guayabito	1,29	Medio	250629,22	159557,94	Muy bajo	Bajo	95704,8	88872,1	Bajo	Bajo
CONCEPCIÓN	Río Chicamocha	Q. Jaimito - Q. Manarí	0,18	Alto	22428,36	19160,13	Muy bajo	Muy bajo	14578,0	9438,9	Bajo	Bajo
CONFINES	Río Suárez	Q. La Chorrera	0,03	Medio	16,72*	10,2*	Muy bajo	Bajo	8,2*	5,96*	Muy bajo	Bajo
CONTRATACIÓN	Río Suárez	Q. La Colorada	0,21	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	3,72*	2,23*	Bajo	Medio
COROMORO	Río Fonce	Q. La Colorada	0,09	Bajo	5,97*	3,53*	Bajo	Medio	5,97*	1,95*	Bajo	Medio
CURITÍ	Río Fonce	Q. Peñas Negras	0,25	Alto	3971,19	3458,99	Bajo	Bajo	1558,1	1929,9	Medio	Medio
EL CARMEN	Río Opón	Q. El Vergel	0,37	Medio	18,2*	11,23*	Bajo	Bajo	12,52*	7,92*	Bajo	Bajo
EL GUACAMAYO	Río Suárez	Q. La Colorada	0,02	Bajo	5,6*	3,36*	Muy bajo	Medio	2,86*	1,71*	Bajo	Medio
EL PEÑÓN	Río Carare (Minero)	Q. La Balsa	0,06	Bajo	6,6*	3,96*	Bajo	Medio	3,5*	2,1*	Bajo	Medio
EL PLAYÓN	Río Lebrija	Q. La Naranjera	0,40	Medio	331194,14	305882,99	Muy bajo	Bajo	215276,0	176713,4	Muy bajo	Bajo
EL ENCINO	Río Fonce	Q. La Pradera	0,03	Bajo	4,4*	2,64*	Bajo	Medio	2,17*	1,66*	Bajo	Medio
ENCISO	Río Chicamocha	Q. Calagua, Q. La Insula	0,05	Alto	1073,02	979,82	Bajo	Bajo	657,6	516,1	Bajo	Bajo
FLORIÁN	Río Carare (Minero)	Q. Agua Blanca	0,10	Medio	18974,28	12068,42	Muy bajo	Bajo	7197,7	5612,7	Bajo	Bajo
FLORIDABLANCA	Río Lebrija	Río Tona - Río Frío	17,37	Alto	53241,02	31777,11	Muy alto	Medio	20595,9	18213,6	Muy alto	Medio
GALÁN	Río Suárez	Manantial	0,05	Bajo	15,68*	9,41*	Muy bajo	Medio	9,56*	5,74*	Muy bajo	Medio
GÁMBITA	Río Suárez	Q. Picaderas	0,03	Bajo	8*	4,8*	Muy bajo	Medio	4,08*	2,45*	Bajo	Medio
GIRÓN	Río Lebrija	Río Tona - Río Frío	8,70	Alto	86612,29	54560,46	Medio	Medio	34072,0	31140,9	Alto	Medio
GUACA	Río Chicamocha	Q. Chiratocha	0,15	Alto	4959,05	3662,23	Bajo	Bajo	2436,0	1805,4	Bajo	Bajo
GUADALUPE	Río Suárez	Q. La Pava - Q. La Colorada	0,12	Bajo	28,5*	17,1*	Muy bajo	Medio	17,67*	10,6*	Bajo	Medio
GUAPOTÁ	Río Suárez	Q. La Candelaria	0,04	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	3,72*	2,23*	Bajo	Medio
GUAVATÁ	Río Suárez	Q. La Siberia	0,05	Bajo	4,6*	2,76*	Bajo	Medio	1,98*	1,19*	Bajo	Medio
GÜEPSA	Río Suárez	Río Suárez	0,11	Bajo	4,8*	2,88*	Bajo	Medio	2,45*	1,47*	Bajo	Medio
HATO	Río Suárez	Río Chirigua	0,06	Bajo	45*	27*	Muy bajo	Medio	22,95*	13,77*	Muy bajo	Medio
JESÚS MARÍA	Río Suárez	Q. Fiques	0,06	Bajo	30*	18*	Muy bajo	Medio	12,9*	7,74*	Muy bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
JORDÁN	Río Chicamocha	Q. La Laja, Q. La Macaregua	0,01	Alto	31814,39	30739,71	Muy bajo	Muy bajo	21828,6	17486,7	Muy bajo	Muy bajo
LA BELLEZA	Río Carare (Minero)	Río San Bartolo	0,13	Bajo	18,15*	10,89*	Bajo	Medio	9,62*	5,77*	Bajo	Medio
LANDAZURI	Río Carare (Minero)	Q. La Pichuda	0,24	Medio	9,78*	6,22*	Bajo	Bajo	9,78*	3,47*	Bajo	Bajo
LA PAZ	Río Suárez	Q. San Pablo	0,06	Bajo	3,38*	2,03*	Bajo	Medio	1,72*	1,03*	Bajo	Medio
LEBRIJA	Río Lebríja	Q. La Angula	1,18	Alto	59342,77	46727,54	Bajo	Bajo	28761,9	26855,0	Bajo	Bajo
LOS SANTOS	Río Sogamoso	Q. La Cañada	0,12	Alto	15925,84	14736,78	Muy bajo	Muy bajo	10351,0	8535,7	Bajo	Bajo
MACARAVITA	Río Chicamocha	Q. El Ramal	0,02	Alto	30633,96	25928,29	Muy bajo	Muy bajo	16289,0	12066,1	Muy bajo	Muy bajo
MÁLAGA	Río Chicamocha	Q. Molinos - Q. Magnolia	1,19	Alto	1994,83	1946,71	Muy alto	Medio	1296,0	994,8	Muy alto	Medio
MATANZA	Río Lebríja	Q. Adas - Q. El Limbo	0,10	Alto	13,89*	9,01*	Bajo	Bajo	7,92*	5,99*	Bajo	Bajo
MOGOTES	Río Fonce	Q. San Antonio	0,36	Medio	66*	41,66*	Muy bajo	Bajo	36,02*	24,28*	Bajo	Bajo
MOLAGAVITA	Río Chicamocha	Q. El Saque - Q. Márquez	0,06	Alto	15,9*	13,06*	Bajo	Bajo	11,88*	8,86*	Medio	Medio
OCAMONTE	Río Fonce	Q. Blanca - La Jabonera	0,07	Bajo	2182,5*	1309,5*	Muy bajo	Medio	1331,33*	798,8*	Muy bajo	Medio
OIBA	Río Suárez	Q. Guayaca	0,35	Bajo	168*	100,8*	Muy bajo	Medio	85,68*	51,41*	Muy bajo	Medio
ONZAGA	Río Chicamocha	Río Chaguaca	0,07	Medio	137,44*	88,01*	Muy bajo	Bajo	60,98*	44,83*	Muy bajo	Bajo
PALMAR	Río Suárez	Q. La Chirigua	0,04	Bajo	13873,5*	8324,1*	Muy bajo	Medio	8462,84*	5077,7*	Muy bajo	Medio
PALMAS DEL SOCORRO	Río Suárez	Q. Honda	0,05	Medio	7105,47	4258,54	Bajo	Bajo	3304,1	2562,0	Bajo	Bajo
PÁRAMO	Río Fonce	Q. Las Sánchez	0,06	Bajo	2290,5*	1374,3*	Muy bajo	Medio	1397,21*	838,32*	Muy bajo	Medio
PIEDECUESTA	Río Lebríja	Río Tona - Río Frío	6,73	Alto	51,8*	31,34*	Alto	Medio	24,01*	14,88*	Alto	Medio
PINCHOTE	Río Fonce	Q. La Laja	0,09	Alto	35581,57	25842,35	Muy bajo	Muy bajo	17649,8	15348,2	Muy bajo	Muy bajo
PUENTE NACIONAL	Río Suárez	Q. El Vivero - Agua Blanca	0,61	Bajo	34,59*	20,75*	Bajo	Medio	18,42*	11,06*	Bajo	Medio
PUERTO PARRA	Río Carare (Minero)	Río Carare	0,23	Bajo	32,3*	19,38*	Bajo	Medio	17,44*	10,47*	Bajo	Medio
PUERTO WILCHES	Río Lebríja	Pozos	1,12									
RIONEGRO	Río Lebríja	Q. Honduras	0,49	Medio	14,4*	8,64*	Bajo	Bajo	10,66*	6,39*	Bajo	Bajo
SABANA DE TORRES	Río Lebríja	Q. Santos Gutiérrez	0,84	Medio	194191,88	156030,26	Muy bajo	Bajo	85777,2	78308,9	Muy bajo	Bajo
SAN ANDRÉS	Río Chicamocha	Q. La Honda, Q. Linderos	0,20	Alto	1096,89	1044,49	Medio	Medio	1096,9	552,5	Alto	Medio
SAN BENITO	Río Suárez	Q. Gran Curi Pozo	0,03	Bajo	26*	15,6*	Muy bajo	Medio	13,26*	7,96*	Muy bajo	Medio
SAN GIL	Río Fonce	Río Fonce - Q. Cuchicuta	2,51	Alto	2457,3*	1532,2*	Muy bajo	Muy bajo	1109*	853,9*	Muy bajo	Muy bajo
SAN JOAQUÍN	Río Chicamocha	Q. Panamá	0,05	Alto	22078,57	15571,37	Muy bajo	Muy bajo	8380,7	8027,3	Muy bajo	Muy bajo
SAN JOSÉ DE MIRANDA	Río Chicamocha	Q. Barrenana	0,07	Bajo	12*	7,2*	Muy bajo	Medio	6,24*	3,74*	Bajo	Medio
SAN MIGUEL	Río Chicamocha	Q. Man. Vda. Sta Helena	0,03	Bajo	18*	10,8*	Muy bajo	Medio	9,36*	5,62*	Muy bajo	Medio
SAN VICENTE DE CHUCURÍ	Río Sogamoso	Q. El Burbos	0,90	Bajo	60*	36*	Bajo	Medio	33*	19,8*	Bajo	Medio
SANTA BÁRBARA	Río Chicamocha	Dos Nacimientos	0,05	Bajo	17,1*	10,26*	Muy bajo	Medio	10,94*	6,57*	Muy bajo	Medio
SANTA HELENA DEL OPÓN	Río Opón	Q. La Tenería	0,04	Medio	118,08*	70,98*	Muy bajo	Bajo	80,75*	50,75*	Muy bajo	Bajo
SIMACOTA	Río Suárez	Q. Agua Dulce	0,11	Bajo	9*	5,4*	Bajo	Medio	5,58*	3,35*	Bajo	Medio
SOCORRO	Río Suárez	Q. Sancotea	1,52	Medio	68,06*	42,6*	Bajo	Bajo	36,13*	25,86*	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
SUAITA	Río Suárez	Q. Otobal - San Jorge	0,14	Bajo	1041,25*	624,75*	Muy bajo	Medio	531,04*	318,62*	Muy bajo	Medio
SUCRE	Río Suárez	Q. Órganos - Peña Blanca	0,03	Bajo	28*	16,8*	Muy bajo	Medio	12,04*	7,22*	Muy bajo	Medio
SURATÁ	Río Lebrija	Río Suratá	0,05	Alto	80,19*	52,34*	Muy bajo	Muy bajo	39,63*	34,04*	Muy bajo	Muy bajo
TONA	Río Chitagá	Río Tona	0,04	Alto	180*	113,69*	Muy bajo	Muy bajo	83,82*	71,83*	Muy bajo	Muy bajo
VALLE DE SAN JOSÉ	Río Fonce	Q. Sobacuta	0,12	Alto	18566,76	11772,68	Bajo	Bajo	9116,2	6774,9	Bajo	Bajo
VÉLEZ	Río Suárez	Q. La Pera	0,72	Bajo	2,23*	1,58*	Alto	Alto	2,16*	0,98*	Alto	Alto
VETAS	Río Lebrija	Río Vetas	0,09	Alto	11812,53	6946,89	Bajo	Bajo	4636,0	4608,2	Bajo	Bajo
VILLANUEVA	Río Suárez	Represa El Común	0,27	Alto	6781,85	6272,58	Bajo	Bajo	4068,0	3666,8	Bajo	Bajo
ZAPATOCA	Río Sogamoso	Q. La Zarza	0,42	Medio	24945,73	20433,99	Muy bajo	Bajo	11384,9	7399,6	Muy bajo	Bajo
SUCRE												
SINCELEJO	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	8,57									
BUENAVISTA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,55									
CAIMITO	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,22									
COLOSO	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	0,22									
COROZAL	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	2,77									
COVEÑAS	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,24									
CHALÁN	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	0,19									
EL ROBLE	Bajo San Jorge - La Mojana	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,28									
GALERAS	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,79									
GUARANDA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,43									
LA UNIÓN	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,39									
LOS PALMITOS	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,64									
MAJAGUAL	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,72									
MORROA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,42									
OVEJAS	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,83									
PALMITO	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	0,34									
SAMPUES	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	1,34									
SAN BENITO ABAD	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,39									
SAN JUAN DE BETULIA	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,46									
SAN MARCOS	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	2,50									
SAN ONOFRE	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	1,33									
SAN PEDRO	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,80									
SINCÉ	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	1,60									
SUCRE	Bajo San Jorge - La Mojana	Pozos	0,50									

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP.) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
TOLÚ	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	1,64									
TOLUVIEJO	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	Pozos	0,39									
T O L I M A												
IBAGUÉ	Río Coello	Río Combeima	31,96	Alto	227893,10	126470,12	Alto	Medio	108388	57829,4	Muy alto	Medio
ALPUJARRA	Río Totaré	Q. Mirolindo	0,13	Bajo	4,5*	2,7*	Bajo	Medio	2,79*	1,67*	Bajo	Medio
ALVARADO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Alvarado	0,23	Bajo	111645,13	76281,37	Muy bajo	Medio	43783,8	27537,5	Muy bajo	Medio
AMBALEMA	Río Totaré	Río Magdalena	0,63	Bajo	36000	21600	Muy bajo	Medio	19800	11880	Muy bajo	Medio
ANZOÁTEGUI	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Q. Fierro	0,14	Alto	12750,38	7497,20	Bajo	Bajo	5141,5	2973,9	Bajo	Bajo
ARMERO (GUAYABAL)	Medio Saldaña	Río Lagunilla	0,82	Medio	35391,52	15569,91	Bajo	Bajo	14972,1	8389,3	Bajo	Bajo
ATACO	Río Coello	Q. Canoítas	0,23	Alto	8874,34	4957,62	Bajo	Bajo	5324,0	2908,5	Bajo	Bajo
CAJAMARCA	Río Sumapaz	Q. Chorros Blancos	0,70	Alto	13738,18	7852,14	Bajo	Bajo	7773,8	3813,1	Medio	Medio
CARMEN DE APICALÁ	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Q. Aguas Negras	0,59	Bajo	6527,19	3903,54	Medio	Alto	2168,1	1684,7	Alto	Alto
CASABIANCA	Río Tetuán	Q. Española	0,11	Alto	3774,61	1318,27	Bajo	Bajo	1592,5	846,6	Medio	Medio
COELLO	Río Coello	Río Coello	0,12	Medio	1427232,71	828294,10	Muy bajo	Bajo	660166,0	376374,1	Muy bajo	Bajo
COYAIMA	Bajo Saldaña	Río Saldaña	0,32	Medio	5800*	3480*	Muy bajo	Bajo	3828*	2296,8*	Muy bajo	Bajo
CUNDAY	Río Prado	Q. Coco	0,17	Bajo	10*	6*	Bajo	Medio	6,2*	3,72*	Bajo	Medio
DOLORES	Directos Magdalena	Q. El Salado	0,26	Bajo	3,3*	1,98*	Medio	Alto	2,05*	1,23*	Alto	Alto
ESPINAL	Río Luisa y otros directos al Magdalena	Río Coello	5,12	Bajo	348*	208,8*	Bajo	Medio	208,8*	125,28*	Bajo	Medio
FALAN - PALOCABILDO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Q. Morales	0,12	Bajo	26*	15,6*	Muy bajo	Medio	15,08*	9,05*	Bajo	Medio
FLANDES	Río Luisa y otros directos al Magdalena	Río Magdalena	1,70	Medio	33327	19996,20	Muy bajo	Bajo	23328,9	13997,3	Muy bajo	Bajo
FRESNO	Río Guarínó	Q. Guarumo	1,01	Medio	5189,12	2177,35	Alto	Alto	2249,3	1248,0	Muy alto	Alto
GUAMO	Bajo Saldaña	Río Luisa	0,94	Medio	348496,94	210356,64	Muy bajo	Bajo	127812,9	86026,5	Muy bajo	Bajo
HERVEO	Río Gualí	Q. Aguablanca	0,12	Bajo	40*	24*	Muy bajo	Medio	23,2*	13,92*	Muy bajo	Medio
HONDA	Río Gualí	Q. Padilla	2,05	Bajo	28*	16,8*	Medio	Alto	16,24*	9,74*	Alto	Alto
ICONONZO	Río Sumapaz	Río Juan López	0,24	Medio	25019,94	15555,42	Bajo	Bajo	8350,4	7320,3	Bajo	Bajo
LÉRIDA	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Recio	1,54	Alto	629489,08	314700,90	Muy bajo	Muy bajo	260126,1	149338,4	Muy bajo	Muy bajo
LÍBANO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Vallecitos	1,80	Alto	31236,29	13759,96	Medio	Medio	12170,0	7077,3	Alto	Medio
MARIQUITA	Río Gualí	Río Sucio	2,73	Medio	230*	113,63*	Bajo	Bajo	230*	54,61*	Bajo	Bajo
MELGAR	Río Sumapaz	Río Sumapaz	2,62	Bajo	1742764,48	1095535,13	Muy bajo	Medio	660540,1	592408,9	Muy bajo	Medio
MURILLO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Vallecitos	0,12	Alto	15264,43	6587,61	Bajo	Bajo	6102,5	3578,1	Bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
NATAGAIMA	Río Aipe y otros directos al Magdalena	Río Anchique	0,97	Medio	171105,56	105804,53	Muy bajo	Bajo	56472,5	36706,8	Bajo	Bajo
ORTEGA	Río Tetuán	Q. Anaba	0,56	Medio	185178,13	93882,78	Muy bajo	Bajo	62865,2	41822,3	Bajo	Bajo
PALOCABILDO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)	0,20									
PIEDRAS	Río Totaré	Q. Opía	0,12	Bajo	167250,90	126695,59	Muy bajo	Medio	60419,6	42675,3	Muy bajo	Medio
PLANADAS	Río Atá	Q. San Pedro	0,53	Bajo	25*	15*	Bajo	Medio	15,5*	9,3*	Bajo	Medio
PRADO	Río Prado	Q. El Salado	0,25	Medio	10483,64	5098,40	Bajo	Bajo	3529,3	2956,1	Bajo	Bajo
PURIFICACIÓN	Río Aipe y otros directos al Magdalena	Río Magdalena	1,19	Medio	20800	12480	Muy bajo	Bajo	14768	8860,8	Muy bajo	Bajo
RIOBLANCO	Alto Saldaña	Q. La Duda	0,35	Alto	18727,52	9018,40	Bajo	Bajo	15532,6	5661,7	Bajo	Bajo
RONCESVALLES	Río Cucuana	Río Cucuana	0,13	Medio	123507,15	65636,12	Muy bajo	Bajo	70880,8	34179,0	Muy bajo	Bajo
ROVIRA	Río Luisa y otros directos al Magdalena	Río Luisa	0,70	Medio	78659,37	45345,98	Bajo	Bajo	31562,4	19841,4	Bajo	Bajo
SALDAÑA	Bajo Saldaña	Río Saldaña	0,61	Medio	3135447,76*	1561429,35*	Muy bajo	Bajo	3700*	2405*	Muy bajo	Bajo
SAN ANTONIO	Río Tetuán	Q. Lejía	0,41	Alto	70832,73	35663,50	Bajo	Bajo	32173,5	18060,9	Bajo	Bajo
SAN LUIS	Río Cucuana	Q. Cobre	0,27	Bajo	10,8*	6,48*	Bajo	Medio	6,26*	3,76*	Bajo	Medio
SANTA ISABEL	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Q. Águila	0,16	Alto	2406,91	1292,90	Medio	Medio	981,9	534,2	Alto	Medio
SUÁREZ	Directos Magdalena	Q. Batatas	0,22	Medio	13974,64	7276,74	Bajo	Bajo	4438,2	3434,4	Bajo	Bajo
VALLE DE SAN JUAN	Río Luisa y otros directos al Magdalena	Q. Liga	0,19	Bajo	11*	6,6*	Bajo	Medio	6,38*	3,83*	Bajo	Medio
VENADILLO	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	R. Venadillo	0,54	Medio	56898,63	36446,97	Bajo	Bajo	23319,0	13515,3	Bajo	Bajo
VILLAHERMOSA	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Q. Bonita	0,28	Medio	7661,07	2974,21	Bajo	Bajo	2880,9	1972,1	Medio	Medio
VILLARRICA	Río Prado	Q. Quinde	0,17	Bajo	8,4*	5,04*	Bajo	Medio	5,21*	3,12*	Bajo	Medio
VALLE DEL CAUCA												
CALI		Río Cali	167,59	Medio	350853,45	245284,63	Muy alto	Bajo	142116,5	124594,2	Muy alto	Alto
ALCALÁ	Río La Vieja	Q. Los Ángeles	0,72	Medio	5241,55	3318,18	Alto	Alto	2246,0	1525,6	Alto	Alto
ANDALUCÍA	Río Bugalagrande	Río Bugalagrande	1,42	Alto	659610,43	448001,28	Muy bajo	Muy bajo	274136,2	194559,1	Muy bajo	Muy bajo
ANSERMANUEVO	Directos Río Cauca (mi)	Q. El Toro	1,09	Medio	21091,67	15328,32	Bajo	Bajo	10890,5	7931,1	Medio	Medio
ARGELIA	Río Sipí	Q. El Cedral	0,21	Bajo	6*	3,6*	Bajo	Medio	2,82*	1,69*	Medio	Alto
BOLÍVAR	Directos Río Cauca (mi)	Río Pescador	0,27	Bajo	113869,53	78708,97	Muy bajo	Medio	74015,0	54901,9	Muy bajo	Medio
BUENAVENTURA (MALPELO)	Río Dagua	Varias	11,56	Medio	80*	48*	Alto	Alto	56*	33,6*	Alto	Alto
BUGA	Río Tuluá	Río Guadalupe	8,20	Alto	100976,08	76100,58	Medio	Medio	41827,7	32965,8	Alto	Medio
BUGALAGRANDE	Río Bugalagrande	Río Bugalagrande	1,81	Medio	615106,84	460407,26	Muy bajo	Bajo	269218,0	197533,5	Muy bajo	Bajo
CAICEDONIA	Río La Vieja	Río Pijao	2,17	Medio	68640,22	42786,57	Bajo	Bajo	26004,7	18402,1	Medio	Medio
CALIMA (EL DARIÉN)	Río Calima	Q. La Italia	0,97	Bajo	36*	21,6*	Bajo	Medio	21,96*	13,18*	Bajo	Medio

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
CANDELARIA	Río Fraile y otros directos al Cauca	Río Párraga	4,91	Medio	158042,91	106620,71	Bajo	Bajo	57904,4	47444,5	Medio	Medio
CARTAGO	Río La Vieja	Río La Vieja	15,31	Medio	3364,5*	2168,7*	Muy bajo	Bajo	1453*	987,6*	Bajo	Bajo
DAGUA	Río Dagua	Río Dagua	1,31	Bajo	24*	14,4*	Bajo	Medio	14,64*	8,78*	Medio	Alto
EL ÁGUILA	Directos Río Cauca (mi)	Q. Grande	0,19	Bajo	12,1*	7,44*	Bajo	Medio	5,73*	3,98*	Bajo	Medio
EL CAIRO	Río Sipí	Río Jordán	2,36	Alto	19*	11,4*	Alto	Medio	15,77*	9,46*	Alto	Medio
EL CERRITO	Río Cerrito y otros directos al Cauca	Río Cerrito	2,72	Alto	70,32*	48,71*	Bajo	Bajo	34,25*	26,05*	Medio	Medio
EL DOVIO	Río Sipí	Río El Salto	0,36	Bajo	12,1*	7,26*	Bajo	Medio	5,69*	3,41*	Medio	Alto
FLORIDA	Río Fraile y otros directos al Cauca	Río Fraile	2,89	Medio	156*	103,93*	Bajo	Bajo	53,49*	47,65*	Bajo	Bajo
GINEBRA	Río Cerrito y otros directos al Cauca	Río Guabas	0,82	Alto	137343,94	102714,61	Muy bajo	Muy bajo	53377,6	45117,5	Bajo	Bajo
GUACARÍ	Río Cerrito y otros directos al Cauca	Río Guabas	1,34	Alto	16,65*	9,99*	Medio	Medio	13,82*	8,29*	Medio	Medio
JAMUNDÍ	Río Pance	Río Jamundí	6,76	Medio	101034,57	60038,09	Medio	Medio	33427,1	28898,3	Alto	Alto
LA CUMBRE	Río Dagua	Río Bitaco	0,27	Bajo	12,6*	7,56*	Bajo	Medio	7,69*	4,61*	Bajo	Medio
LA UNIÓN	Directos Río Cauca (mi)	Q. El Rincón	2,49	Bajo	9*	5,96*	Alto	Alto	6,83*	4,55*	Muy alto	Muy alto
LA VICTORIA	Directos Río Cauca (md)	Pozos	1,09									
OBANDO	Río La Vieja	Q. El Chuzo	0,70	Bajo	9*	5,4*	Medio	Alto	4,23*	2,54*	Alto	Alto
PALMIRA	Río Amaime	Río Nima	17,26	Medio	108119,85	69917,79	Alto	Alto	40580,8	32297,3	Muy alto	Alto
PRADERA	Río Fraile y otros directos al Cauca	Río Bolo	3,50	Medio	151507,42	96505,89	Bajo	Bajo	60750,6	45300,6	Bajo	Bajo
RESTREPO	Río Dagua	Q. La Mancha	0,81	Bajo	12,6*	7,56*	Medio	Alto	7,69*	4,61*	Medio	Alto
RIOFRÍO	Río Frío	Río Cuanca	0,37	Medio	47679,22	35334,20	Bajo	Bajo	19763,9	18856,1	Bajo	Bajo
ROLDANILLO	Directos Río Cauca (mi)	Río Roldanillo, Q. La Cristalina	1,97	Bajo	15683,31	13080,75	Alto	Alto	10194,0	7897,7	Muy alto	Muy alto
SAN PEDRO	Río Paila	Q. San Pedro	0,46	Bajo	25,49*	18,03*	Bajo	Medio	11,4*	8,14*	Bajo	Medio
TORO	Directos Río Cauca (mi)	Q. La Grande	0,81	Bajo	2160	1260	Bajo	Medio	2160	976	Bajo	Medio
TRUJILLO	Río Frío	Río Culebras	0,56	Medio	11763,23	7801,87	Bajo	Bajo	6600,0	4889,7	Medio	Medio
TULUÁ	Río Tuluá	Río Tuluá	10,66	Alto	666067,75	474965,90	Bajo	Bajo	290310,5	211572,9	Bajo	Bajo
ULLOA	Río La Vieja	Q. Barbas - El Bosque	0,16	Medio	90157,96	54913,87	Muy bajo	Bajo	37588,1	25714,7	Muy bajo	Bajo
VERSALLES	Río Sipí	Q. La Suiza	0,29	Bajo	7,5*	4,5*	Bajo	Medio	3,53*	2,12*	Medio	Alto
VIJES	Río Dagua	Q. Carbonero	0,53	Medio	26,21*	20,18*	Bajo	Bajo	17,04*	13,15873*	Bajo	Bajo
YOTOCO	Directos al Río Cauca (mi)	Río Yotoco	0,68	Alto	15211,81	10375,55	Bajo	Bajo	9887,0	7199,2	Bajo	Bajo
YUMBO	Directos al Río Cauca (mi)	Río Yumbo	6,79	Alto	25184,92	20413,15	Alto	Medio	16370,0	13612,1	Alto	Medio
ZARZAL	Directos Río Cauca (md)	Río La Paila - Río Totoró	2,59	Medio	93488,56	61799,76	Bajo	Bajo	37805,2	26518,6	Bajo	Bajo
AMAZONAS												
LETICIA	Directos Río Amazonas	Q. Yahuaraca	1,69	Alto	77*	46,2*	Bajo	Bajo	57,75*	34,65*	Bajo	Bajo
EL ENCANTO (CD) - PTO ALEGRÍA (CD)	Río Putumayo Bajo	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
LA CHORRERA (CD)	Río Cahuinari	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
LA PEDRERA (CD)	Bajo Río Apaporis	Río Tonina	0,00	Alto	77*	46,2*	Muy bajo	Muy bajo	57,75*	34,65*	Muy bajo	Muy bajo
PACOA	Alto Río Apaporis	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
MIRITI PARANÁ (CD)	Bajo Río Apaporis	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
PUERTO ALEGRÍA	Río Putumayo Directos (mi)	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
PUERTO ARICA	Río Cahuinarí	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
PUERTO NARIÑO	Directos Río Amazonas	Río Loretoyaco	0,14	Alto	77*	46,2*	Muy bajo	Muy bajo	57,75*	34,65*	Muy bajo	Muy bajo
PUERTO SANTANDER (CD) - LA VICTORIA	Río Cahuinarí	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
TARAPACA (CD) - PTO ARICA (CD)	Río Putumayo Bajo	Río Cotuhé	0,00	Alto	77*	46,2*	Muy bajo	Muy bajo	57,75*	34,65*	Muy bajo	Muy bajo
ARAUCA												
ARAUCA	Directos Río Arauca	Río Arauca	4,33	Alto	11520*	6912*	Muy bajo	Muy bajo	11289,6*	6773,76*	Muy bajo	Muy bajo
ARAUQUITA	Río Banadia y otros directos al Río Arauca	Pozos	0,82									
CRAVO NORTE	Río Cravo Norte	Río Cravo Norte	0,17	Alto	2434,56*	1460,74*	Muy bajo	Muy bajo	2385,87*	1431,52*	Muy bajo	Muy bajo
FORTUL	Río Banadia y otros directos al Río Arauca	Q. Tunebo	0,79	Alto	394,4*	236,64*	Muy bajo	Muy bajo	386,51*	231,91*	Muy bajo	Muy bajo
PUERTO RONDÓN	Río Cravo Norte	Río Casanare	0,20	Alto	3276*	1965,6*	Muy bajo	Muy bajo	3210,48*	1926,29*	Muy bajo	Muy bajo
SARAVENA	Río Banadia y otros directos al Río Arauca	Q. La Negra	2,16	Alto	99,45*	59,67*	Muy bajo	Muy bajo	97,46*	58,48*	Muy bajo	Muy bajo
TAME	Río Casanare	Q. Naranjitos	1,83	Alto	32,55*	19,53*	Muy bajo	Muy bajo	31,9*	19,14*	Muy bajo	Muy bajo
CASANARE												
YOPAL	Río Cravo Sur	Río Cravo Sur - Q. Calabaza	8,02	Bajo	30,68*	11,86*	Medio	Alto	15,91*	6,15*	Alto	Alto
AGUAZUL	Río Cusiana	Q. Cupiaguero - Unete	1,99	Bajo	11,83*	9,49*	Bajo	Alto	7,88*	4,94*	Medio	Alto
CHÁMEZA	Río Cusiana	Q. Cocogua	0,11	Alto	93,8*	56,28*	Muy bajo	Muy bajo	80,67*	48,4*	Muy bajo	Muy bajo
HATO COROZAL	Río Casanare	Q. Las Guamas	0,30	Alto	7842,18*	4705,31*	Muy bajo	Muy bajo	6352,17*	3811,3*	Muy bajo	Muy bajo
LA SALINA	Río Casanare	Q. Higerón - Q. El Hato	0,04	Alto	14,5*	8,7*	Muy bajo	Muy bajo	14,07*	8,44*	Muy bajo	Muy bajo
MANÍ	Río Cusiana	Pozos	0,53									
MONTERREY	Río Túa	Q. Grande	0,80	Alto	42*	25,2*	Muy bajo	Muy bajo	39,48*	23,69*	Muy bajo	Muy bajo
NUNCHÍA	Río Cravo Sur	Q. El Saque	0,14	Medio	7134,00	5707,32	Bajo	Bajo	4172,0	3337,7	Bajo	Bajo
OROQUÉ	Caño Guanapalo y otros directos al Meta	Q. San Miguel	0,33	Medio	34*	8,69*	Bajo	Bajo	25,34*	2,25*	Medio	Medio
PAZ DE ARIPORO	Río Ariporo	Q. Aguablanca	1,23	Alto	30*	18*	Bajo	Bajo	24,3*	14,58*	Bajo	Bajo
PORE	Río Pauto	Q. Porecito	0,28	Medio	20,54*	14,07*	Bajo	Bajo	13,78*	10,52*	Bajo	Bajo
RECETOR	Río Cusiana	Q. La Barrigona - Q. El Perezza	0,07	Alto	12*	7,2*	Muy bajo	Muy bajo	10,32*	6,19*	Muy bajo	Muy bajo
SABANALARGA	Río Upía	Q. Quinchalera	0,11	Alto	9,3*	5,58*	Muy bajo	Muy bajo	8,74*	5,25*	Muy bajo	Muy bajo
SÁCAMA	Río Casanare	Q. Sacamita, Q. Llanadas	0,08	Alto	94,01*	52,21*	Muy bajo	Muy bajo	54,01*	39,16*	Muy bajo	Muy bajo
SAN LUIS DE PALENQUE	Río Pauto	Río Pauto	0,14	Alto	275*	165*	Muy bajo	Muy bajo	222,75*	133,65*	Muy bajo	Muy bajo
TÁMARA	Río Pauto	Q. Paramito	0,15	Alto	17,6*	10,56*	Muy bajo	Muy bajo	17,07*	10,24*	Muy bajo	Muy bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

CABECERA MUNICIPAL	SUBZONA HIDROGRÁFICA	NOMBRE FUENTE HÍDRICA	DEMANDA HÍDRICA ANUAL (Mmc)	ÍNDICE DE REGULACIÓN HÍDRICA (IRH CAT.)	CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDIAS				CONDICIONES CLIMÁTICAS SECAS			
					OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.	OFERTA ANUAL (x1000 m³)	OFERTA ANUAL (DISP) (x1000 m³)	I UA CAT.	IVH CAT.
TAURAMENA	Río Cusiana	Río Tauramena	0,71	Medio	9*	5,4*	Medio	Medio	6,57*	3,94*	Medio	Medio
TRINIDAD	Río Pauto	Pozos	0,49									
VILLANUEVA	Río Túa	Q. Aguaclara	1,32	Alto	22,5*	13,5*	Bajo	Bajo	18,9*	11,34*	Medio	Medio
GUAINÍA												
INÍRIDA	R. Inírida (mi), hasta bocas del caño Bocón y R. Las Viñas	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
BARRANCO MINAS (CD)	Bajo Guaviare	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
SAN FELIPE (CD)	Directos Río Negro (md)	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
PUERTO COLOMBIA	Río Tomo	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
LA GUADALUPE (CD)	Directos Río Negro (md)	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
CACAHUAL (CD)	Directos Río Atabapo (mi)	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
PANA - PANA (CD)	Bajo Río Guainía	(Cuencas de abastecimiento no identificadas en cartografía)										
GUAVIARE												
SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	Medio Guaviare	Caño Arenales	2,68	Alto	105*	63*	Bajo	Bajo	88,2*	52,92*	Bajo	Bajo
CALAMAR	Río Unilla	Calamar	0,37	Alto	825*	495*	Muy bajo	Muy bajo	693*	415,8*	Muy bajo	Muy bajo
EL RETORNO	Río Inírida Alto	Caño Grande	0,64	Alto	30*	18*	Bajo	Bajo	25,2*	15,12*	Bajo	Bajo
MIRAFLORES	Alto Vaupés	Miraflores	0,22	Alto	900*	540*	Muy bajo	Muy bajo	756*	453,6*	Muy bajo	Muy bajo
VAUPÉS												
MITÚ	Bajo Vaupés	Río Vaupés	0,98	Alto	54486,30	32691,78	Muy bajo	Muy bajo	46313,4	27788,0	Muy bajo	Muy bajo
CARURÚ	Bajo Vaupés	C. Carurú	0,06	Alto	1282,48*	769,49*	Muy bajo	Muy bajo	1090,11*	654,06*	Muy bajo	Muy bajo
PACOA (CD)	Alto Río Apaporis	Río Pacoa	0,00	Alto	4952,64*	2971,58*	Muy bajo	Muy bajo	4209,74*	2525,85*	Muy bajo	Muy bajo
TARAIRA	Directos Río Taraira	Río Vaupés	0,01	Alto	81722,25*	49033,35*	Muy bajo	Muy bajo	69463,91*	41678,35*	Muy bajo	Muy bajo
PAPUNAU (CD)	Río Papunaua	Río Pupunaua	0,00	Alto	6012,44*	3607,46*	Muy bajo	Muy bajo	5110,57*	3066,34*	Muy bajo	Muy bajo
YAVARATÉ (CD)	Río Papurí	Río Papurí	0,00	Alto	718302,2*	430981,32*	Muy bajo	Muy bajo	610556,87*	366334,12*	Muy bajo	Muy bajo
VICHADA												
PUERTO CARREÑO	Directos Bajo Meta	Río Bitá	0,80	Alto	6919	4151,40	Medio	Medio	5327,6	3196,6	Alto	Medio
LA PRIMAVERA	Directos al Río Meta (md)	Río Meta	0,43	Alto	90171,25*	54102,75*	Muy bajo	Muy bajo	73038,71*	43823,23*	Muy bajo	Muy bajo
SANTA ROSALÍA	Directos al Meta (md)	Río Meta	0,15	Alto	87118,5*	52271,1*	Muy bajo	Muy bajo	70565,99*	42339,59*	Muy bajo	Muy bajo
CUMARIBO	Río Tuparro	Río Vichada	0,39	Medio	23955,65*	14373,39*	Muy bajo	Bajo	17008,51*	10205,11*	Muy bajo	Bajo

(*) Sitios donde la oferta hídrica está en millones de metros cúbicos (Mmc) / (CD) Corregimientos departamentales / (Mmc) Millones de metros cúbicos

BIBLIOGRAFÍA

- Agência Nacional de Águas Ministério Do Meio Ambiente (2005, mayo). *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília, DF, Brasil. Disponible en http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf.
- Aguirre Nuñez, Mario (2003). *Caudal: Elementos esenciales de caudales ambientales* [documento en línea]. Lima, Perú: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales).
- Amézquita, Edgar (1999). Requerimientos de agua y nutrición de cultivos de flores. En *XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos 1999*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT).
- Ángel, C. (1991). *Estudio Hidrogeológico en el Valle del Patía*. Bogotá: Ingeominas-CRC.
- Aristizábal, C. & Duque, H. (2005). Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. En *Cenicafé 56(4):299-318, 2005*. Colombia: Cenicafé.
- Barrero, D.; Pardo, A.; Vargas, C. & Martínez, J.F. (2007). *Colombian sedimentary basins: nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal*. Bogotá, Colombia: Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Consultado el 12 de abril de 2010 en <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=25>.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S. & Palutikof, J.P. (eds) (2008). *Climate change and water* [Technical paper]. Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariado.
- Botero, P. J. (1999). Paisajes fisiográficos de Orinoquia-Amazonía (ORAM) Colombia. *Análisis Geográficos Nro. 27-28*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.
- Budyko, M.I. & Zubenok, L.L. (1974). Methods of determining evaporation from the land surface. En: *Workshop on the water balance of Europe*, Varna, Bulgaria, pp. 95-128. Paris: Unesco [Technical documents in hydrology].
- Budyko, M.I., 1977. *Globalna Ecologiya* (Ecología global) (en ruso). Moscú: Mysl. Publishers. (Citado en Nemec, 1983).
- Cáceres, H. & Teatin, P. (1985). Cuenca del Putumayo, provincia petrolera meridional de Colombia. *II Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Vol. 1* [Memorias]. Bogotá, Colombia.
- Calvachi, B. (2010). *Caracterización Ecológica Básica de los Complejos de Humedales en Colombia. Informe final*. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam.
- Caporello & Maravall (2004). *Program TSW: Revised Reference Manual*. Working Paper 0408. Servicio de Estudios, Banco de España.
- Cardona A., Omar (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Capítulo 2, p. 5. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Consultado en <http://www.tdx.cat/TDX-0416102-075520>.

- Caro, C. I.; Ortegón, M. T.; López, M.; Cordero, E. A.; Palencia, M.; Bohórquez, B.; Navarro, J. & García, I. (2000). *Plan de manejo ambiental de los humedales asociados al Bajo Río San Jorge en los municipios de Caimito, San Benito Abad y San Marcos, Sucre*. Colombia: Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge (Corpomojana) y Ministerio del Medio Ambiente.
- Castany, G. (1967). *Exploitation des eaux souterraines et bilan hydrique dans les calcaires de Tunisie*. Francia: AIHS-UNESCO.
- CCI –Corporación Colombia Internacional– (2009). *Oferta Agropecuaria - Encuesta Nacional Agropecuaria 2008*. Colombia: Autor.
- Cenicafé –Centro Nacional de Investigaciones de Café– (2005). Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. *Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Vol. 56, Nro. 4, 2005, pp. 299-318*. Colombia: Cenicafé.
- Cenicafé –Centro Nacional de Investigaciones de Café– (2010). *Beneficio ecológico del café* [en línea]. Colombia: Autor. Disponible en www.cenicafe.org.
- Cepal –Comisión Económica para América Latina y el Caribe– (2008). Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 137*. Santiago, Chile: Autor.
- Cepal –Comisión Económica para América Latina y el Caribe– (2003). *Segunda reunión de la Conferencia Estadística de las Américas (CEA)*, Santiago de Chile, 18 al 20 de junio.
- CGR –Contraloría General de la República– (2008). *Estado de los recursos naturales y del ambiente 2007-2008 Colombia* [archivo de computador]. Bogotá, Colombia: Autor.
- Chiew, F. H. S. & McMahon, T. A. (2002). Modelling the impacts of climate change on Australian streamflow. *Hydrological Processes, 16*: 1235-1245.
- Chiew, F. H. S.; Kirono, D. G. C.; Kent, D. M.; Frost, A. J.; Charles, S. P.; Timbal, B.; Nguyen, K. C. & Fu, G. (2010). Comparison of runoff modelled using rainfall from different downscaling methods for historical and future climates. *Journal of Hydrology, 387, 1-2*, 10-23.
- Consorcio IRH & Hidroceron Ltda. (2001). Evaluación hidrogeológica de los acuíferos en el valle geográfico del río Cauca, departamento del Cauca. *Contrato CRC Nro. 332-99*. Bogotá, Colombia
- Coralina –Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina– (2000). *Plan de Manejo de las Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés, 2000-2009. Capítulo 3. Demanda, Disponibilidad y Oferta del Agua*. Colombia: Autor.
- Corpamag –Corporación Autónoma Regional del Magdalena– (2003). *Síntesis ambiental de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Colombia: Autor.
- Corpoboyacá –Corporación Autónoma Regional de Boyacá– (2005). *Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Lago de Tota*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Corpocesar –Corporación Autónoma Regional del Cesar– (1996). *Plan decenal de manejo integral del Complejo Cenagoso de Zapatosa, 1996-2006*. Valledupar: Autor.

- Corpocesar –Corporación Autónoma Regional del Cesar– e Ideam (2007). *Establecimiento de la Línea Base Ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatos, mediante la realización de la batimetría de la ciénaga*. Valledupar: Autor.
- Corpocesar –Corporación Autónoma Regional del Cesar– y Universidad Nacional de Colombia (2007). *Plan de manejo ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatos*. Valledupar, Colombia: Autores.
- Corponariño –Corporación Autónoma Regional de Nariño– (2002). *Plan de manejo del corredor Andino-Amazónico, Páramo de Bordoncillo, Cerro de Patascoy, Laguna de la Cocha como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo*. Pasto, Colombia: Autor.
- Costa, L. T.; Farinha, J. C.; Hecker, N. & Tomás-Vives, P. (1996). *Mediterranean wetland inventory: A Reference Manual*. Slimbridge, UK: MedWet Publication, Wetlands International; y Lisboa, Portugal: Instituto da Conservacao da Natureza.
- CRA –Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico– (1994). *Ley 142 de 1994*. Colombia: CRA.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008). *Muestra Mensual Manufacturera. La Industria de Alimentos y Bebidas 2001 – 2007* [Boletín Especial]. Bogotá, D. C.: Autor. Consultado el 1 de octubre de 2010, en http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=59.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008). *Ficha metodológica enclave de los cultivos ilícitos - CA*. Bogotá: DANE, Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DSCN).
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2005). *Censo General 2005* [documento en línea]. Disponible en http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=307&Itemid=124 [Consultado el 28 de diciembre de 2010].
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2007). *Encuesta Anual Manufacturera 2007. Apéndices V-1, V-2*. Colombia: Autor.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008). *Encuesta Ambiental Industrial aplicada a subconjunto de EAM de 1860 establecimientos encuestados, sector manufacturero. Numeral 4*. Colombia: Autor.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008, septiembre). *Ficha Metodológica, Encuesta Anual de Servicios - EAS*. Colombia: DANE, Dirección de Metodología y Producción Estadística (DIMPE). Consultado el 28 de diciembre de 2010 en <http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/eas.pdf>.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008b). *Sacrificio de ganado vacuno y porcino en 72 municipios. Movimiento por ciudades según meses. Diciembre de 2008* [Informe estadístico, documento en línea]. Consultado el 25 de agosto de 2010 en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sacrificio/72municipios_dic08.xls.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2008c). *Proyecciones de población*

- municipales 2006-2020* [Documento en línea]. Disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/MProyeccionesMunicipalesedadsexo.pdf.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2009). *Encuesta Ambiental Industrial 2007* [en línea]. Colombia: Autor.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (2010). *Información estadística. Producto Interno Bruto - Por ramas de actividad económica. Tasas anuales de crecimiento en volumen. Serie 2000-2007, Base 2005*. Bogotá: DANE, Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales, Cuentas Nacionales Anuales de Colombia. Disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/anuales/ccrg_base2005/Resultados_B2005.xls.
- DANE –Departamento Administrativo Nacional de Estadística– (s. f.). *Proyección de población en cabecera municipal para el año 2008* [documento en línea]. Disponible en http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72 [Consultado el 25 de agosto de 2010].
- Davies, E. G. R. & Simonovic, S. P (2005, agosto). *Climate change and the hydrological cycle*. 17ª Conferencia Hidrotécnica Canadiense (CSCE), Edmonton, AB.
- Davis, R. & Hirji, R. (1999). *Environmental Flows: Concepts and Methods. Water resources and Environment Technical Note C1*. The World Bank, Series Editor.
- DIRAN –Dirección Nacional de la Policía Antinarcoóticos– (2002). *Consideraciones del cultivo de coca, insumos, rendimientos y análisis económico*. Colombia: Autor.
- DNP –Departamento Nacional de Planeación– (2000). *Determinación del consumo básico de agua potable subsidiable en Colombia*. Por Juan Carlos Junca Salas. *Archivos de Macroeconomía. Documento 139, del 3 de agosto del 2000*. Colombia: DNP, Dirección de Estudios Económicos.
- DNP –Departamento Nacional de Planeación– (2005). *Visión Colombia Segundo Centenario: 2019*. Bogotá, Colombia: Autor.
- DNP –Departamento Nacional de Planeación– (2008). *Documento Conpes 3510. Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia*. Bogotá, D.C.: Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes).
- DNP –Departamento Nacional de Planeación– (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: «Prosperidad para todos»*. Bogotá, Colombia: Autor.
- DNP –Departamento Nacional de Planeación– (2010a). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos. Más empleo, menos pobreza y más seguridad*. Bogotá D.C., Colombia: Autor.
- Ecopetrol (1997). *Sedimentary basins of Colombia areas for exploration*. Bogotá: Autor.
- Ecopetrol (1998). *Opportunities for hydrocarbon exploration and production in Colombia*. Bogotá: Autor.
- Ecopetrol (2000). *Atlas of sedimentary basins and petroleum geology of Colombia* [Atlas Digital]. Colombia: Autor.
- FAO –Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación– (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los*

- cultivos. En *Estudios FAO: Riego y Drenaje* Nro. 56. Roma: Autor.
- FAO –Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación– Departamento de Desarrollo Sostenible (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En *Estudios FAO: Riego y Drenaje* Nro. 55. Consultado el 21 de octubre de 2010 en <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s04.htm>.
- Fedegan –Federación Colombiana de Ganaderos– (2006). *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019*. Bogotá D.C.: Autor.
- Fetter, C.W. (1994). *Applied Hydrogeology*, pp. 90-92. New Jersey: Prentice Hall.
- Fitzsimmons, K. (2000). Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. En B. A. Costa-Pierce & J. E. Rackocy (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 252–264. Baton Rouge, LA, EUA: The World Aquaculture Society.
- Fowler, H. J.; Blenkinsop, S. & Tebaldi, C. (2007). Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling. *International Journal of Climatology*, 27, 1547-1578.
- Freeze, R. A. & Cherry, J. A. (1979). Physical properties and principles. En *Groundwater*, pp. 58-62. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- García de Jalón, D. & González del Tánago, M. (s. f.). *El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles*. Madrid: Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- García, M. (2009). *Evaluación de los indicadores y propuesta de ajuste para avanzar en la construcción de un sistema de indicadores hídricos*. Bogotá D.C., Colombia: Ideam.
- Gardner, L. R. (2009). Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology*, 379: 351-359.
- Gardner, R. G. (2009). Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology*, 379, 351-359.
- GCRIO –US Global Change Research Information Office– (1999). *Consequences*, Vol. 5, Nro. 2, pp. 17-25. Disponible en http://www.gcricio.org/CONSEQUENCES/vol5no2/article_2.html.
- Giraldo Cadavid, Nora (2008). Agua para consumo humano. Costos y regulación tarifaria. *Gestión y Ambiente* 97, Vol. 11, Nro. 1 (mayo de 2008). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales (Idea) y Universidad de Antioquia.
- Gómez, J. (2002). *Riesgo potencial de alteración de la Calidad Ambiental derivado de actividades de extracción y beneficio de oro en la cuenca Magdalena-Cauca*. Tesis para optar al título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gómez, V. & Maravall, A. (1996). *Programs TRAMO (Time series Regressions with Arima noise, Missing observation and Outliers) and SEATS (Signal Extraction in Arima Time Series)*. Instructions for the user. Documento de trabajo 9628. Madrid: Servicios de Estudios, Banco de España.

- Gravini, H. (1996). *Refracción sísmica en el sector Loma Naranja (Orange Hill) parte central de la isla de San Andrés* [Reporte interno]. Colombia: Ingeominas.
- Guo, S. & Ying, A. (1997). Uncertainty analysis of impact of climate change on hydrology and water resources. En: Quinta Asamblea Científica IAHS, en Rabat, Marruecos. *IAHS Publication Nro. 240*, pp. 331-338.
- Guo, S.; Wang, J.; Xiong, L.; Ying, A. & Li, D. (2002). A macro-scale and semi-distributed monthly water balance model to predict climate change impacts in China. *Journal of Hydrology* 268, pp. 1-15.
- Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K. (2010). *Globalización del agua. Compartir los recursos de agua dulce del planeta*. Madrid-Barcelona-Buenos Aires: Editorial Marcial Pons.
- Huguett, A. et ál. (1989). *Mapa hidrogeológico de Colombia. Escala 1:2.500.000*. Memoria explicativa. [Publicación especial]. Bogotá: Ingeominas.
- Hurtado, Andrés (2009). *Estimación de los campos mensuales históricos de precipitación en el territorio colombiano, p. 119*. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- ICA –Instituto Colombiano Agropecuario– (2009). Subgerencia de Protección Vegetal. Boletín de comercialización de fertilizantes. *Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008* [documento en línea]. Bogotá: Autor. Disponible en [http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agrícolas/Estadísticas/Estadísticas-\(1\)/2008/Comercializacion-fertilizantes-2008.aspx](http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agrícolas/Estadísticas/Estadísticas-(1)/2008/Comercializacion-fertilizantes-2008.aspx).
- ICA –Instituto Colombiano Agropecuario– (2009a). Subgerencia de Protección Vegetal. Boletín de estadísticas de comercialización de plaguicidas. *Comercialización de Plaguicidas, 2008* [documento en línea]. Consultado en octubre 1 de 2010 en <http://www.ica.gov.co/getdoc/1908eb2c-254f-44de-8e21-c322cc2a7e91/Estadísticas.aspx>.
- Ideam - UTP - Cinara (2004). *Proyecto de selección de tecnologías para el Control de la Contaminación por aguas residuales domésticas para poblaciones entre 500 y 30.000 habitantes*. Cali, Colombia: Autores.
- Ideam (1998). *Estudio nacional del agua. Relaciones oferta demanda e indicadores de sostenibilidad para el año 2016*. Primera versión. Bogotá: Autor.
- Ideam (1998a). *El Medio Ambiente en Colombia*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Ideam (2001). *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Ideam (2002). Tomo 2. *Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia*. Bogotá: Autor.
- Ideam (2002a). *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia* [documento en línea]. Bogotá: Autor.
- Ideam (2002b). *Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia 2001*. Tomo 3. Bogotá, Colombia: Sistema de información ambiental de Colombia (SIAC).
- Ideam (2002c). *Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia*. Tomo

1. Bogotá, Colombia: Ideam, SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia)
- Ideam (2008). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*. Estudio Nacional del Agua. Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. Bogotá, Colombia: Autor.
- Ideam (2009). *Red hidrográfica de Colombia (cuencas)*. Escala 1:500.000 [mapa]. Bogotá: Autor.
- Ideam (2009). Tablas de las zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia. Recuperadas el 20 de septiembre de 2010 en: http://institucional.ideam.gov.co:8080/jsp/info/institucional/media/descargas/122_Aguas_Subterranas/447_Zonas_Hidrogeologicas/31CuencasyRegionesHidrogeologicas/%5Btablas%5DZONAS_HIDRO_HOMOGENEAS_COLOMBIA%20_dic9_05.pdf.
- Ideam (2010). *Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Ideam (s. f.). *Red de Referencia de Calidad de Agua Superficial*. Documentación disponible en <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=454>.
- Ideam-Cormagdalena (2002). *Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena-Cauca y Elementos para su Ordenamiento Territorial*. Resumen Ejecutivo. Bogotá D.C.: Autores.
- Ideam-Ruiz (2010). *Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (Panorama 2011-2100)*. Ideam-Meteo 005-2010, p. 60 [Nota técnica]. Bogotá, Colombia: Ideam.
- IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi– (2007). *Base cartográfica del Mapa físico-político, escala 1:500.000*. Colombia.
- Ingeominas (1989). *Mapa Hidrogeológico de Colombia*. Escala 1:2.500.000. Bogotá: Autor.
- Ingeominas (1992). *Mapa Geológico Generalizado del Valle del Cauca*. Escala 1:300.000. Bogotá: Autor.
- Ingeominas (2000). *Atlas Geológico de Colombia*. Escala 1:500.000. Memoria Explicativa. Bogotá: Autor.
- Ingeominas (2008). *Informe visita técnica a las canteras de la isla de Providencia, archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Bogotá: Autor.
- Ingeominas (2008). *Producción de metales preciosos, año 2008 en gramos* [documento en línea]. Bogotá, Colombia: Dirección de Servicio Minero, Subdirección de Fiscalización y Ordenamiento Minero. Grupo de Recaudo y Distribución de regalías. Consultado el 24 de mayo de 2010 en <http://www.ingegominas.gov.co/content/view/121/266/lang,es/>.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK y NY, EUA: Cambridge University Press.
- Johnson, A. I. (1967). Specific yield: Compilation of specific yields for various materials. *U.S. Geological Survey, Water-Supply, Paper 1662-D*, p. 74.

- Lavado, Waldo (2009, julio). *Modelos de balance hídrico en la cuenca amazónica peruana y los posibles impactos del Cambio Climático en los regímenes de caudales*. Trabajo presentado en el Primer Workshop de la Red Prosul Manaus, en Manaus, Brasil.
- MAVDT –Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial– (2007). *Marco Conceptual del SIAC: Aplicación del enfoque ecosistémico*. Bogotá, D.C., Colombia: Autores.
- MAVDT –Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial– (2009, noviembre). *Resolución 2320 sobre el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS*. Colombia: Autor.
- MAVDT –Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial– (2010). *Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Autor.
- MAVDT –Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial– (2010, octubre). *Decreto 3930 de 2010* (octubre 25). Colombia: Autor.
- McLaughlin, Arce (1975). *Mapa geológico del cuadrángulo Zipaquirá (K-11), Colombia*. Bogotá: Ingeominas.
- Meinzer, O. E. (1923). Outline of ground-water hydrology. *U.S Geological Survey, Water-Supply, Paper 494*, p. 71.
- Meinzer, O. E. (1932). Outline of methods for estimating ground-water supplies. *U. S. Geological Survey, Water-Supply Paper 638-C*, pp. 99-144. Washington, D.C.
- Meinzer, O.E. (1923). Outline of ground-water hydrology. *U. S. Geological Survey, Water-Supply Paper 494*, p. 71. Washington, D.C.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas, Colombia (2005). *La cadena de la piscicultura en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005*. Documento de trabajo Nro. 72. Bogotá.
- Ministerio de Agricultura, Colombia (1984). *Decreto 1594 de 1984* (junio 26). Usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). *Decreto 302 del 2000* (del 25 de febrero). Colombia: Mindesarrollo.
- Ministerio de Medio Ambiente de España (1998). *Libro Blanco del Agua en España. Documento de síntesis*. Madrid: Autor.
- Ministerio del Medio Ambiente (1998). *Política para la conservación y desarrollo sostenible de los humedales interiores de Colombia [propuesta]*. Bogotá D.C., Colombia: Autor.
- Ministerio del Medio Ambiente (1998). *Decreto 224 del 2 de febrero de 1998* [documento en línea]. Bogotá, Colombia. Consultado en diciembre de 2010 en http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/LEGISLACION/decretos/1998/DECRETO_224_1998.htm.
- Ministerio del Medio Ambiente (2002). *Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso sostenible*. Bogotá: Autor.

- Mitsch, William J. & Gosselink, James G. (1986). *Wetlands*. Reinhold, NY.
- Moncayo Jimenez, Edgard (2007). *Hacia la cobertura universal de servicios públicos en Colombia 1938-2005*. Bogotá: Ed. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).
- Moreno Mena, Jorge (2009). *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano en la región del Magdalena*. Medellín, Colombia: Comunicaciones Augura.
- Naranjo, L.G. (1997). *Causas de pérdida de biodiversidad. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia. Tomo 2*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Naranjo, L.G. (1998). Diversidad ecosistémica: Humedales. En Chávez, M.E. & Arango, N. (Eds.) *Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (s. f.). National Weather Service, Climate Prediction Center. [Sitio en internet]. Disponible en http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml.
- OCDE –Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico– (1993). *OECD Environmental Indicators. Development, measurement and use*. Documento disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf>.
- OMS –Organización Mundial de la Salud– (1993). *Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution. Part One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution*. Por Alexander Economopoulos. Ginebra: OMS.
- Organización Meteorológica Mundial, OMM (2009). *Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima (CMC-3): Preguntas más frecuentes acerca de la CMC-3*. Centro Internacional de Conferencias de Ginebra. Consultado en http://www.wmo.int/wcc3/documents/WCC3_FAQ_public_ES.pdf.
- Penman, H.L. (1956). Estimating evaporation. *Trans. Americ. Geophysic Union, Vol. 37(1)*, pp. 43-50.
- Pérez F., Diosdado (1995). *Hidráulica de las captaciones de aguas subterráneas: un enfoque no lineal*. La Habana, Cuba.
- Pérez Rincón, Mario (2007). *Comercio Internacional y Medio Ambiente en Colombia. Mirada desde la ecología económica*. Colombia: Programa editorial Universidad del Valle.
- Piper, A. M.; Gale, H. S.; Thomas, H. E. & Robinson, T. W. (1939). Geology and groundwater hydrology of the Mokelumne area, California. *U.S. Geological Survey, Water-Supply, Paper 780*.
- Poveda, G.; Jaramillo, A.; Gil, M. M.; Quiceno, N. & Mantilla, R. (2001). Seasonality in ENSO related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index (NDVI) in Colombia. *Water Resources Research, Vol. 37, Nro. 8*, 2169-2178.
- Poveda, G.; Vélez, Jaime; Mesa, Oscar; Hoyos, Carlos el ál. (2002). Influencia de fenómenos macroclimáticos

- sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: Cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos. *Meteorología Colombiana* Nro. 6, pp. 121-130. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Poveda, G.; Vélez, J. I.; Mesa, O. J. & coautores (2007a). Linking Long-term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*, 12 (1), pp. 4-13.
- Poveda, G.; Mesa, O. J.; Vélez, J. I. & coautores (2007b). HydroSIG: An interactive digital atlas of Colombia's hydro-climatology. *Journal of Hydroinformatics*, 9 (2), pp. 145-156.
- Poveda, Germán; Álvarez, Diana M. & Rueda, Oscar A. (2010). *Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots*, [en línea]. Springer-Verlag.
- Rodríguez, C. O. (1971). *Isótopos en hidrología. Curso Internacional de aprovechamiento de aguas subterráneas*, p. 92. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, C. O. (1979). Evaluación cuantitativa del agua subterránea en la Sabana de Bogotá. *Asociación Colombiana de Acueductos y Alcantarillados*, Nro. 90, año XXII, pp. 11-17. Bogotá: ACODAL.
- Rodríguez, C. O. (1984). *Hidrogeología básica. Curso internacional de aprovechamiento de aguas subterráneas*, p. 51-52. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería.
- Sáenz, Marco Vinicio (2004). Situación internacional y perspectivas para el manejo poscosecha de fruta de banano: un enfoque de tecnología comercial. En *XVI Reunión internacional ACORBAT 2004*. México: Asociación para la Cooperación en Investigaciones del Banano en el Caribe y América Tropical.
- Sánchez, Félix Darío (2006). *Guía y protocolos del monitoreo y seguimiento del agua* [sin publicar] Bogotá: Ideam.
- Sánchez, F. (2010). *Enfoque conceptual y metodológico de la oferta hídrica superficial* [Segundo Informe de avance, Contrato Ideam 2010]. Colombia: Ideam.
- Sanders, John E. (1998). *Principles of Physical Geology*. New York: John Wiley and Sons.
- SSPD –Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios– (2006). *Estudio Sectorial, Acueducto y Alcantarillado 2002-2005*, p. 147. Bogotá: Autor.
- SSPD –Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios– (2007, 2008, 2009). *Informe anual de servicios públicos en Colombia*, de los años 2006, 2007 y 2008. Bogotá, Colombia: Autor.
- SSPD –Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios– (2009). *Sistemas de Alcantarillado en Colombia. Visión del Sector Público*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Tarback, E. J. & Lutgens, F. K. (1996). *Earth: An Introduction to Physical Geology*. Prentice Hall, 605 págs.
- Todd, D. K. (1959). *Ground Water Hydrology*, pp. 24-25. New York: John Wiley and Sons, Inc.

- Toro, L. E. et ál. (1999). *Plan de Manejo de las Aguas Subterráneas de la Isla de San Andrés, 2000- 2009* [Documento interno]. Colombia: CORALINA – Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina–.
- Turc, L. (1955). *Le bilan d'eau des sols: relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement*. Versailles: Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire des Sols.
- Unesco (s. f.). *Glosario hidrológico internacional* [documento en línea]. Consultado el 2 de diciembre de 2010 en <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/HINDES.HTM>.
- Unesco/Rostlac –Organización de las Naciones Unidas para la Educación Científica y Cultural. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe– (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. Estudios e Informes en Hidrología. Montevideo: Autor.
- Unión Europea, CE del Parlamento Europeo y del Consejo (2000, julio 18). *Directiva 2000. Marco del Agua*. Bruselas. Disponible en http://www.seo.org/media/docs/Directiva_Marco_Agua.pdf.
- Universidad Nacional de Colombia & Instituto de Ciencias Naturales (1998). Caracterización Ecológica Preliminar de las riberas del río Inírida (Guainía), en el área de influencia de la comunidad de La Ceiba. *Colombia: Informe Final del Convenio UNAL-CDA*.
- UNODC –Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito– (2009). *Monitoreo de cultivos de coca. Censo de cultivos de coca*. Bogotá, Colombia: UNODC/SIMCI (Sistema integrado de monitoreo de cultivos ilícitos).
- UPME –Unidad de Planeación Minero Energética– (2009). *Plan de expansión de referencia. Generación-Transmisión, 2009-2023*. Bogotá, Colombia: Autor.
- Uribe Tobón, Evamaria (2008). *Políticas colombianas para el agua potable y saneamiento: experiencia, logros y retos*. Superintendente de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Documento disponible en www.eclac.org/dрни/noticias/noticias/0/34110/4SRAUribe.pdf.
- USGS –U.S. Geological Survey– (1987). Lexicon of new formal geologic names of the United States 1976-1980: *U.S. Geological Survey, Bulletin 1564, p. 191*.
- USGS –U.S. Geological Survey– (2000). GEOLEX - El Léxico de Términos Geológicos de la Base de Datos Nacional de Cartografía Geológica. Técnicas de Cartografía Digital 00 - *Actas de Sesiones del Taller U.S. Geological Survey, Archivo Abierto, Informe 00-325*.
- Vargas R., Orlando & Pedraza, Paola (2004). *Parque Nacional Natural Chingaza*. Bogotá: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, N. O. (2001). *Mapa hidrogeológico de Colombia. Escala 1:1.200.000* [Tesis para obtener el título de especialista en Recursos Hidráulicos]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, N. O. (2005). *Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia*. En el IV Foro Mundial del Agua, Unesco-IAH [Publicación especial para Iberoamérica].

Viña, Gerardo et ál. (1991). *Ecología de la Ciénaga de Zapatosa y su relación con un derrame de petróleo*. Cúcuta, Colombia: Ecopetrol.

Walton, C. W. (1970). *Groundwater Resource Evaluation*. New York: McGraw-Hill Inc.

WMO/UNESCO (1991). *Report on Water Resources Assessment. Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s*. Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization, y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

WWAP –Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos– (2006). *Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. En el 4° Foro Mundial del Agua en Ciudad de México, México.



IDEAM

Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Carrera 10 No 20 - 30 Bogotá D.C. - Colombia / www.ideam.gov.co