

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. MC. Rosero

Río Páez. H. Romero

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 usados parcialmente citando la fuente.

Su reproducción total debe ser autorizada por el 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 Hidrología: Fernando Ruiz, Fabio Bernal, Martha Patricia García, Yulieth Coronel, Juan Gabriel Osorio, Martha Aldana y Federico González; 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, Corpogujaira, 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 Soto

Omar Jaramillo Rodríguez

Nelsy Verdugo Rodríguez

Hernando Wilches Suárez

Andrea Piñeros Botero

Hugo Cañas Cervantes

Claudia Contreras Trujillo

Franklin Ruiz Murcia

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

<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>

NBI	<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>
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>
UnescolHE	<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 abastecimiento 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-Ruíz, 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).