

Estudio Nacional del **Agua** 2014



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales



MINAMBIENTE



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

Estudio Nacional del **Agua** 2014



Bogotá, D. C., mayo de 2015

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN
Presidente de la República de Colombia

GABRIEL VALLEJO LÓPEZ
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PABLO ABBA VIEIRA SAMPER
Viceministro de Ambiente

OMAR FRANCO TORRES
Director General
Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales – IDEAM

NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ
Subdirector de Hidrología – IDEAM

Edición
Omar Franco Torres
Martha García Herrán
Omar Vargas Martínez
Fabio Bernal Quiroga
Ana Karina Campillo

Cordinación técnica
Martha Garcia Herrán
Omar Vargas Martinez

Edición cartográfica
Silvia Aguirre
Adriana Maria Rojas

Coordinación y Producción
K2 Comunicación Visual SAS

Corrección de estilo
Ana Isabel Rodríguez
Julio Mateus

Diseño de la carátula
Bibiana Sandoval

Diseño y diagramación
Juan Carlos Cabrera
Camilo Jiménez
Carlos Andres Ortiz

Fotografía de la carátula
Archivo IDEAM

Cítese como: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015. 496 páginas.

ISBN: 978-958-8067-70-4

Publicación aprobada por el IDEAM marzo de 2015, Bogotá D.C., Colombia - Distribución Gratuita.
2015, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el IDEAM.

Impreso por Panamericana Formas e Impresos S.A.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

OMAR FRANCO TORRES
Director General - IDEAM

LUIS ALBERTO AGUIRRE GARCIA
Secretario General – IDEAM

CONSEJO DIRECTIVO

GABRIEL VALLEJO LÓPEZ
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

NATALIA AVELLO VIVES
Ministra de Transporte

SIMÓN GAVIRIA MUÑOZ
Director, Departamento Nacional de Planeación- DNP

MAURICIO PERFFETI DEL CORRAL
Director, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas-DANE

JUAN PABLO RUIZ SOTO
Delegado, Presidencia de la República

RAMÓN LEAL LEÁL
Director Ejecutivo, Asociación de Corporaciones Autónomas
Regionales y de Desarrollo Sostenible – Asocars

YANETH GIHA TOVAR
Directora General, Departamento Administrativo de Ciencia
Tecnología e Innovación - Colciencias

LUIS ALBERTO AGUIRRE GARCIA
Secretario Técnico del Consejo

DIRECTIVAS

LUIS CARLOS APONTE PÉREZ
Subdirector de Estudios Ambientales

MARÍA SARALUX VALBUENA LÓPEZ
Subdirectora de Ecosistemas
e Información Ambiental

NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ
Subdirector de Hidrología

MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ
Subdirectora de Meteorología

CHRISTIAN EUSCÁTEGUI COLLAZOS
Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

JAIRO CESAR FÚQUENE
Jefe Oficina Asesora de Planeación

CARLOS ANDRÉS SILVA SÁNCHEZ
Coordinador Grupo de Comunicaciones

LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA
Jefe Oficina de Informática

ADRIANA PORTILLO TRUJILLO
Jefe Oficina Asesora Jurídica

MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO
Jefe Oficina Control Interno

DIANA QUIMBAY VALENCIA
Jefe Oficina Cooperación Internacional

Colaboradores

ACP - Asociación Colombiana del Petroleo	Carlos A Rodríguez	ECCI	Estudiantes Ingeniería Ambiental
Agronet - Ministerio de Agricultura	Alejandro Ruiz	Ecopetrol	Sandra Yamileth Álvarez
ANLA - Agencia Nacional de Licencias Ambientales	David Fajardo	Emgesa	Miguel Quiroga Zoraida Méndez
Asocolflores	Hugo Hernando Montero	Empresa de Acueducto de Bogota	
Augura	Adriana Sánchez Isabel Cristina Yoshioka	Empresas Mineras Asociativas	José Rodríguez
Autoridades Ambientales		EPM	Diego Pardo
CAR	Hernando Niño	EPSA	
Celsia		Escuela Colombiana de Ingenieros	Álvaro Chaves
Centro Nacional de Producción más Limpia	Carlos Toro	Escuela de Ingeniería de Antioquia	María del Pilar Arroyave
Chivor		Fedeacua	Sara Patricia Bonilla
CIAT	Fredy Monserrate	Fedegan	Ignacio Amador Gómez Marcela Rozo
Contegral	Carlos A Rodríguez	Fenalce	Carlos Molina
Consultores Externos	Elías Pinto Andrés Velasco Sánchez	Fenavi	Diana Sarita Nieto
Corpoica	Pedro Andrés Castro	Fondo Nacional de Adaptación	
COSUDE	Diana Rojas	Fundacion Biofuturo	Juan Alejandro León
CTA	Claudia Campuzano Sebastián Ospina Sergio Restrepo	Fundacion Hidrosfera	Fernando Pinzón
DANE	Mónica Rodríguez Gilma Beatriz Ferreira Juan Francisco Martínez Miguel Antonio Torres Luz Ángela Malagón Mónica Madrid Amanda Lucía Soto Carolina Rubiano Elena Rodríguez Yate Victoria Eugenia Arias Yilmer Patarroyo	GAIA	Carlos Naranjo
		Gran Colombia Gold	Erwin Wolff
		GSI-LAC	Derk Kuiper
			Johanna Prussman Oseas García
		IDEAM	Áreas Operativas Grupo de operación de redes Subdirecciones de Meteorología, Estudios Ambientales, Ecosistemas Camilo Camacho Hilarión

IDEAM	Carlos Albeiro Figueroa Ortiz Henry Romero Freddy Garrido
IDEAM	Hernando Wilches Oscar Martínez Nelsy Verdugo
IDEAM-SIRH	Pilar Galindo
Incoder	Yineth Esperanza Guarnizo Claudia Milena Medina Luz Doris Vivas Olga Beatriz Agudelo José María Polo
Instituto Nacional de Salud	Omayda Cárdenas Leonardo Correa
Isagen	William Ángel José Luis Sierra Omar Rengifo
Metroagua	Jorge Corrales
Mineros S.A.	Luis Felipe Castañeda
Ministerio de Agricultura	Jorge Luis Micán Marco Guerrero Yesid Yucumá
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Mauricio Bayona William Batista Janeth Ortega Marcela García López Neider Eduardo Abello Liliana Otálvaro
Ministerio de Minas y Energía	Juan Carlos Arce
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	
Piscicola Huila	Gema Horta
Plan Estrategico de Magdalena Cauca	Esteban Rodríguez Nova Haider Jaime Harold Coronado
Porcicol	Andrea López
Servicio Geológico Colombiano	Alejandro Gutiérrez Alberto Ochoa Hugo Cañas Cervantes

SHI	María Victoria Vélez Carolina Ortiz
SIMCI UNODC	Omar Sotelo Ana Elsy Donato Molina Germán Andrés Clavijo Laura Angélica Castro Leonardo Correa Fajardo
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Cristián Fabián Puertos Diego Martín Castillo
Tebesa	Jaime Blandón
Tecnológico de Antioquia	Yaneth Daza
Universidad de Antioquia	Juan Camilo Villegas Teresita Betancur
Universidad de Medellín	Luis Javier Montoya
Universidad del Valle	Norberto Urrutia
Universidad Externado de Colombia	Manuel Leguizamón
Universidad Industrial de Santander	Sully Gómez
Universidad Nacional de Colombia (Sedes Bogotá y Medellín) Facultades de Ciencias e Ingeniería	
Universidad Pontificia Bolivariana	José Adrián Ríos
UPME	Marco A Caro María Adelaida Pradilla William Javier Henao Wilson Sandoval Rubén Chanci
Upra Ministerio de Agricultura	Agustín Herrera Daniel Aguilar Felipe Fonseca Zoraida Guevara Fidel Londoño
USAENE	Rocío Jaimes
Vatia Cedelca	Alexander Valenzuela
XM	José Ignacio Villarreal Edgar Cadavid

Autores

Martha García

Omar Vargas

Ana Carolina Santos

Fabio Bernal

Guillermo Olaya

María Constanza Rosero

Jorge Luis Ceballos

Jorge González

Nancy Alfonso

Claudia Garzón

Ana Karina Campillo

Consuelo Helena Onofre

Diego Arévalo

Claudia Campuzano

Carolina Rodríguez

Juan Esteban González

Andrea Guzmán

Gabriela Parada

Érika Zaráte

Claudia Tetay

Luz Consuelo Orjuela

Omayda Cárdenas

Diana Patricia Díaz

Carlos Andrés Castañeda

Mauricio Beltrán

Juan José Montoya

Claudia Contreras

Fabián Mauricio Caicedo

Silvia Aguirre

Índice general

Capítulo 1	
Enfoque conceptual y metodológico general	38
1.1 Síntesis del marco conceptual	40
1.1.1 Huella hídrica	42
1.1.2 Sistema de indicadores hídricos	42
1.1.3 Enfoque del análisis integral	43
1.2 Procedimiento metodológico de construcción del ENA 2014	44
1.2.1 Información y fuentes de información para ENA 2014	44
1.2.2 Sistema de coordenadas	44
1.2.3 Unidades de análisis espacial y temporal	45
1.2.4 Análisis integrado	45
Capítulo 2	
Agua superficial	46
2.1 Oferta hídrica y régimen hidrológico	48
2.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	49
2.1.1.1 Conceptos	49
2.1.1.2 Metodología	50
2.1.2 Resultados y análisis	55
2.1.2.1 Caracterización del régimen hidrológico	55
2.1.1.2 Oferta hídrica	64
2.2 Ecosistemas glaciares	80
2.2.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	80
2.2.2 Síntesis nacional	82
2.2.3 Tendencias	84
2.3 Características generales de cuerpos lénticos	84
2.4 Sequías	91
2.4.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	91
2.4.1.1 Enfoque metodológico	92
2.4.2 Resultados y análisis	92
2.4.2.1 Eventos secos con mayor extensión espacial	93
2.4.2.2 Persistencia de condiciones secas. Análisis por área hidrográfica	101
2.5 Inundaciones	112
2.5.1 Mapas de inundación por desbordamiento a nivel nacional	113
2.5.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	113
2.5.2 Resultados	114
2.5.3 Inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010-2011	118
2.5.4 Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas	118
Capítulo 3	
Agua subterránea	122
3.1 Aspectos conceptuales	124
3.1.1 Provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos	124
3.1.2 Modelo hidrogeológico conceptual	125
3.2 Aspectos metodológicos	127
3.3 Resultados y análisis	129

3.3.1	Sistemas acuíferos	129
3.3.1.1	Características de los sistemas acuíferos por áreas hidrográficas	142
3.3.2	Inventario nacional de puntos de agua subterránea	143
3.3.3	Actualización de usos de agua subterránea	148
3.3.4	Volumen nacional estimado del uso de agua subterránea	151
3.3.5	Aguas subterráneas frente a indicadores hídricos	151
Capítulo 4		
Demanda hídrica		154
4.1	Aspectos conceptuales y metodológicos	156
4.1.1	Demanda de agua y huella hídrica	156
4.1.2	Conceptos básicos de demanda	157
4.1.2.1	Demanda hídrica total	159
4.1.3	Procedimiento metodológico	161
4.1.3.1	Demanda para uso doméstico	161
4.1.3.2	Demanda hídrica en la industria	162
4.1.3.3	Demanda hídrica en minería	162
4.1.3.4	Demanda hídrica para hidrocarburos	162
4.1.3.5	Demanda hídrica para energía	164
4.1.3.6	Demanda hídrica para servicios	165
4.1.3.7	Demanda hídrica para el sector agrícola y pecuario	165
4.1.3.8	Demanda hídrica del sector pecuario	170
4.2	Resultados y análisis de demanda hídrica en Colombia	172
4.2.1	Características y evaluación de la demanda de agua en Colombia	172
4.2.1.1	Trasvases entre subzonas hidrográficas	173
4.2.1.2	Uso de agua en generación de hidroenergía	175
4.2.2	Demanda anual de agua por sectores usuarios	175
4.2.3	Demanda anual de agua por áreas hidrográficas	178
4.2.4	Zonas hidrográficas con mayores presiones por uso de agua	184
Capítulo 5		
Huella hídrica		188
5.1	Aspectos conceptuales	190
5.1.1	Concepto de huella hídrica	190
5.1.2	Cuantificación y componentes de la huella hídrica	191
5.1.2.1	Huella hídrica verde	192
5.1.2.2	Huella hídrica azul	192
5.1.2.3	Huella Hídrica Gris	192
5.1.3	Evaluación de huella hídrica verde y azul	192
5.1.3.1	Evaluación y análisis de huella hídrica verde	192
5.1.3.2	Evaluación y análisis de huella hídrica azul	193
5.1.3.3	Análisis de flujos de agua virtual	193
5.2	Aspectos metodológicos y análisis de resultados de huella hídrica	193
5.2.1	Huella hídrica verde y azul del sector agrícola y pecuario	194
5.2.1.1	Huella hídrica azul para el sector agrícola	194
5.2.1.2	Huella hídrica verde para el sector agrícola	196
5.2.1.3	Huella hídrica verde para sector pecuario (Pastos ganaderos)	199
5.2.1.4	Cuantificación nacional de la huella hídrica verde y azul agropecuaria	200
5.2.1.5	Cuantificación geográfica de huella hídrica verde para sector agrícola	201
5.2.1.6	Cuantificación de huella hídrica verde para sector pecuario	206
5.2.1.7	Cuantificación geográfica de huella hídrica azul para sector agrícola	207
5.2.2	Huella hídrica azul de otros sectores	212

5.2.2.1	Huella hídrica azul para el sector doméstico	212
5.2.2.2	Huella hídrica azul para sector Industrial	214
5.2.2.3	Huella hídrica azul para sector de generación de energía hidro y termoeléctrica	216
5.2.2.4	Huella hídrica azul por área y subzona hidrográfica del sector generación energía	218
5.2.2.5	Huella hídrica azul sector energía (hidro y termoeléctricas)	220
5.2.2.6	Huella hídrica azul para sector de hidrocarburos	220
5.2.2.7	Huella hídrica azul multisectorial	224
5.2.3	Análisis ambiental aplicado a la huella hídrica verde	224
5.2.3.1	Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE)	227
5.2.4	Análisis ambiental aplicado a la huella hídrica Azul	230
5.2.4.1	Índice de Agua No Retornada a la Cuenca (IARC)	231
5.3	Flujos de Agua Virtual	233
5.3.1	Análisis de flujo de agua virtual	234
5.3.2	Análisis de agua azul y verde por área hidrográfica, por subzona hidrográfica y por producto	236
Capítulo 6		240
Calidad de agua		240
6.1	Aspectos conceptuales y metodológicos	242
6.1.1	Elementos conceptuales	242
6.1.2	Elementos metodológicos	244
6.1.2.1	Presiones por carga contaminante	244
6.1.2.2	Condiciones de calidad	246
6.1.2.3	Unidades de análisis	246
6.1.3	Indicadores de presión sobre la calidad de agua y estado	247
6.1.3.1	Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua - IACAL	247
6.1.3.2	Índice de Calidad de Agua (ICA)	248
6.2	Resultados y análisis	249
6.2.1	Presiones sobre la calidad del agua por cargas contaminantes	249
6.2.1.1	Carga contaminante puntual	249
6.2.1.2	Cargas contaminantes removidas por sistemas de tratamiento de agua residual	257
6.2.1.3	Vertimientos al agua y suelo por uso de mercurio en la minería (oro y plata)	259
6.2.1.4	Uso de agroquímicos y sustancias químicas en la producción de cultivos de coca	259
6.2.1.5	Uso de agroquímicos en la agricultura	259
6.2.1.5	Índice de la Alteración Potencial de Agua IACAL	262
6.2.2	Condiciones de calidad de agua	265
6.2.2.1	Índice de Calidad del Agua ICA	266
6.2.2.2	Concentración metales pesados en sedimentos superficiales y mercurio en agua	266
6.2.2.3	Nitrógeno amoniacal	269
6.2.2.4	Desbalance de nutrientes	270
6.3	Uso de plaguicidas en 20 departamentos de Colombia, 2012	272
6.3.1	Metodología	273
6.3.2	Resultados	273
6.3.3	Discusión	278

Capítulo 7	280
Sedimentos	280
7.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	282
7.1.1 Producción potencial de sedimentos	285
7.1.2 Transporte y depósito de sedimentos	286
7.1.3 Criterios de análisis de resultados	287
7.2 Resultados y análisis	287
7.2.1 Producción potencial de sedimentos	287
7.2.2 Transporte y depósito de sedimentos	289
7.2.3 Análisis comparativo de sedimentos ENA 2010 - ENA 2014	295
7.3 Características y evaluación de sedimentos en las áreas hidrográficas	296
7.3.1 Área hidrográfica Magdalena-Cauca	296
7.3.1.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos	296
7.3.1.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos	305
7.3.2 Área hidrográfica Caribe	310
7.3.2.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos	310
7.3.2.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos	313
7.3.3 Área hidrográfica Orinoco	314
7.3.3.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos	314
7.3.3.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos	318
7.3.4 Área hidrográfica Amazonas	319
7.3.4.1 Rendimiento de sedimentos y producción	319
7.3.4.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos	321
7.3.5 Área hidrográfica Pacífico	322
7.3.5.1 Rendimiento de sedimentos y producción	322
7.3.5.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos	324
Capítulo 8	326
Variabilidad hidroclimática	326
8.1 Aspectos conceptuales y metodológicos	328
8.1.1 El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)	328
8.1.2 Índices océano-atmosféricos (IOA)	329
8.1.3 Información hidrometeorológica utilizada	331
8.1.4 Enfoque metodológico	331
8.1.4.1 Asociación lineal IOA y series hidroclimáticas	331
8.1.4.2 Ajustes de funciones de densidad de probabilidad (PDF)	332
8.1.4.3 Caracterización de la variabilidad climática y del régimen hídrico a través de isopercentiles	332
8.2 Resultados de variabilidad hidroclimática	333
8.2.1 Variabilidad en la oferta hídrica superficial (mm)	334
8.2.2 Anomalías en caudales medios mensuales (m ³ /s)	340
8.2.3 Variabilidad en la precipitación total por SZH	345

Capítulo 9	
Análisis Integrado	352
9.1 Evaluación integral del agua y priorización de subzonas hidrográficas a nivel nacional	354
9.1.1 Análisis de la variabilidad de oferta hídrica natural	356
9.1.2 Análisis del recurso hídrico por condiciones de uso, contaminación y variabilidad	357
9.1.2.1 Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	357
9.1.2.2 Análisis del Índice de presiones hídricas a los ecosistemas por subzona hidrográfica	364
9.1.2.3 Análisis del Índice de agua no retornada a la cuenca por subzona hidrográfica	365
9.1.2.4 Análisis del local por subzona hidrográfica	365
9.1.2.5 Análisis de la producción potencial y rendimiento de sedimentos por subzona hidrográfica	366
9.1.2.6 Análisis de la carga de mercurio en obtención de oro y plata y carga contaminante en la producción de coca	366
9.1.3 Evaluación integrada del agua a nivel nacional	366
9.1.3.1 Área Caribe	371
9.1.3.2 Área Magdalena – Cauca	373
9.1.3.3 Área Orinoco	374
9.1.3.4 Área Amazonas	375
9.1.3.5 Área Pacífico	376
9.1.4 Análisis Índice de vulnerabilidad de fuentes hídricas que abastecen cabeceras municipales	376
9.2 Análisis tendencial	377
9.2.1 Proyecciones de demanda hídrica 2013 a 2022	377
9.2.1.1 Escenario Optimista (Deseable)	379
9.2.1.2 Escenario pesimista	379
9.2.1.3 Escenario Probable	379
9.2.2 Proyecciones sectoriales de demanda de agua 2012 a 2022	380
9.2.2.1 Proyección de demanda de agua en el sector industrial	380
9.2.2.2 Proyección de demanda de agua en el sector de generación de hidroenergía y termoeléctricas	382
9.2.2.3 Proyección de demanda de agua en los sectores de minería y construcción	384
9.2.2.4 Proyección de demanda de agua en el sector de hidrocarburos	384
9.2.2.5 Proyección de la demanda de agua en el sector servicios	386
9.2.2.6 Proyección de la demanda de agua para el uso doméstico	388
9.2.2.7 Proyección de la demanda de agua en el sector pecuario	389
9.2.2.8 Proyección de la demanda de agua en sector agrícola	394
9.2.3 Proyecciones de demanda hídrica total para el país a 2022	402
Anexos	405
Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua	406
Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica	422
Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales	435
Anexo 4. Fichas síntesis de sistemas acuíferos y aguas subterráneas frente a indicadores	456
Anexo 5. Resultados análisis integrado - subzonas con categoría alta y muy alta	467
Referencias	478

Lista de figuras

Figura 1.1	Ciclo hidrológico	40
Figura 1.2	Estructura de la evaluación nacional del agua para el ENA 2014	41
Figura 1.3	Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2014	43
Figura 1.4	Esquema metodológico para el Estudio Nacional del Agua 2014	45
Figura 2.1	Diagrama de flujo para la determinación de la oferta hídrica superficial	54
Figura 2.2	Variación del régimen mensual de caudales en Colombia	56
Figura 2.3	Índice de aridez en las regiones de Colombia	61
Figura 2.4	Distribución del índice de aridez para Colombia	62
Figura 2.5	Distribución del índice de aridez por área hidrográfica	62
Figura 2.6	Índice de retención y regulación hídrica (IRH) en Colombia	63
Figura 2.7	Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal medio multianual entre el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)	65
Figura 2.8	Escorrentía media anual para Colombia en año medio	67
Figura 2.9	Rendimiento hídrico en Colombia, año medio	68
Figura 2.10	Escorrentía media mensual en Colombia	69
Figura 2.11	Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal en condición de año seco en el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)	70
Figura 2.12	Escorrentía en Colombia para año seco	71
Figura 2.13	Rendimiento hídrico en Colombia para año seco	72
Figura 2.14	Escorrentía mensual en Colombia para año seco	73
Figura 2.15	Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal para condición año húmedo en el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)	74
Figura 2.16	Escorrentía en Colombia para año húmedo	75
Figura 2.17	Rendimiento hídrico en Colombia para año húmedo	76
Figura 2.18	Fuentes de abastecimiento en las cabeceras municipales reportadas con situaciones de desabastecimiento	79
Figura 2.19	Distribución de las cabeceras municipales identificadas con condiciones de desabastecimiento, por área hidrográfica	79
Figura 2.20	Localización de los seis actuales nevados colombianos	81
Figura 2.21	Aportes hídricos superficiales de los sistemas alto-andinos	82
Figura 2.22	Balance de masa glaciológico del glaciar Conejeras (volcán-nevado Santa Isabel)	83
Figura 2.23	Balance de masa glaciológico del glaciar Ritacuba Blanco (Sierra Nevada del Cocuy o Güicán)	83
Figura 2.24	Correspondencia entre el balance de masa del nevado Santa Isabel y el ENSO	84
Figura 2.25	Distribución de cuerpos de agua lénticos en Colombia (actualizado del ENA 2010).	86
Figura 2.26	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a un mes	94
Figura 2.27	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a tres meses	95

Figura 2.28	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a seis meses	96
Figura 2.29	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo al SPI, empleando precipitación acumulada a doce meses	98
Figura 2.30	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo al SPI, empleando precipitación acumulada en dieciocho meses	99
Figura 2.31	Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada en veinticuatro meses	100
Figura 2.32	Caudales en el río Atrato para condición extremadamente seca a partir del SPI	104
Figura 2.33	Caudales en el río Sinú para condición extremadamente seca a partir del SPI	104
Figura 2.34	Caudales en el río Sogamoso en condición extremadamente seca a partir del SPI	106
Figura 2.35	Caudales en el río Magdalena para condición extremadamente seca a partir del SPI	106
Figura 2.36	Caudales en el río Cauca para condición extremadamente seca a partir del SPI	107
Figura 2.37	Condiciones de caudal en el río Cravo Norte asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI	108
Figura 2.38	Condiciones de caudal en el río Chitagá asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI	109
Figura 2.39	Condiciones de caudal en el río Margua asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI	110
Figura 2.40	Caudales en el río Vaupés para un periodo con condición extremadamente seca de SPI	111
Figura 2.41	Caudales en el río Caquetá para un periodo con condición extremadamente seca de SPI	111
Figura 2.42	Caudales en las zonas de los ríos Mira y San Juan bajo condición extremadamente seca	112
Figura 2.43	Proceso para determinar las zonas susceptibles de ser inundadas. (Tomado de Universidad Nacional sede Medellín, 2012)	114
Figura 2.44	Amenaza de inundación para periodo de retorno. $T_r = 2,33$ años	116
Figura 2.45	Amenaza de inundación para periodo de retorno. $T_r = 20$ años	117
Figura 2.46	Zonas inundadas en el período 2010-2011	119
Figura 2.47	Tipos de daños por inundación y condiciones de flujo	120
Figura 2.48	Amenaza por inundación en La Virginia, períodos de retorno: 2,33, 20 y 100 años	120
Figura 3.1	Modelo hidrogeológico conceptual	126
Figura 3.2	Esquema metodológico – Actualización y complementación del componente de aguas subterráneas	128
Figura 3.3	Distribución de provincias hidrogeológicas por área hidrográfica	130
Figura 3.4	Localización de Sistemas Acuíferos de Colombia	131
Figura 3.5	Volúmenes de agua subterránea concesionada objeto de cobro TUA	144
Figura 3.6	Distribución del inventario de puntos de agua por Autoridad Ambiental	145
Figura 3.7	Distribución de tipo de puntos de agua subterránea por área hidrográfica	147
Figura 3.8	Distribución de condición de puntos de agua subterránea por área hidrográfica	147
Figura 3.9	Distribución de tipo de puntos de agua subterránea a nivel nacional	148
Figura 3.10	Distribución de la condición de puntos de agua subterránea a nivel nacional	148

Figura 3.11	Autoridades ambientales que reportan un volumen total anual de agua concesionada > 5 millones de m3 sujeta a cobro de Tasa por Utilización de Agua – TUA (MADS, 2011)	150
Figura 3.12	Usos del agua concesionada sujeta a cobro TUA (MADS, 2011)	151
Figura 3.13	Sistemas acuíferos prioritarios como fuente alterna de abastecimiento por área hidrográfica	152
Figura 4.1	Esquema comparativo de la demanda ENA 2010 y ENA 2014	157
Figura 4.2	Conceptos asociados a la demanda por uso del agua	158
Figura 4.3	Flujos de retorno	159
Figura 4.4	Sectores, actividades, cadenas de uso incluidos en el ENA 2014	160
Figura 4.5	Usos de agua para minería de carbón y oro	162
Figura 4.6	Actividades en el proceso productivo de hidrocarburos que utilizan agua	163
Figura 4.7	Balace de agua en el suelo	166
Figura 4.8	Uso total de agua en Colombia	173
Figura 4.9	Demanda hídrica anual en Colombia	174
Figura 4.10	Uso de agua en generación de hidroenergía	176
Figura 4.11	Demanda hídrica del sector agrícola	177
Figura 4.12	Demanda hídrica para uso pecuario y piscícola	179
Figura 4.13	Demanda anual de agua para uso doméstico y servicios	180
Figura 4.14	Demanda anual de agua para uso industrial y generación de energía	181
Figura 4.15	Demanda anual de agua para uso en minería e hidrocarburos	182
Figura 4.16	Distribución porcentual de usos de agua por sectores económicos en cada área hidrográfica	183
Figura 4.17	Uso de agua en zonas hidrográficas y porcentajes de participación en el área y en el total nacional	185
Figura 5.1	Componentes de la huella hídrica en una cuenca	191
Figura 5.2	Huella hídrica azul de los cultivos permanentes, año 2012	196
Figura 5.3	Huella hídrica azul de los cultivos transitorios, año 2012	197
Figura 5.4	Huella hídrica verde de los cultivos permanentes, año 2012	198
Figura 5.5	Huella hídrica verde de los cultivos transitorios, año 2012	198
Figura 5.6	Distribución porcentual de la huella hídrica verde y azul por área hidrográfica para el sector agrícola, año 2012.	201
Figura 5.7	Distribución porcentual de la huella hídrica verde y azul agrícola por cada área hidrográfica, año 2012	201
Figura 5.8	Distribución mensual de la huella hídrica verde de Colombia para el sector agrícola, año 2012	202
Figura 5.9	Distribución mensual de la huella hídrica azul de Colombia para el sector agrícola, año 2012	202
Figura 5.10	Huella hídrica verde anual para el sector agrícola. 2012	204
Figura 5.11	Huella hídrica mensual verde para el sector agrícola	205
Figura 5.12	Distribución espacial de la huella hídrica verde anual para el sector agropecuario (cultivos, pastos ganaderos), año 2012	208
Figura 5.13	Distribución espacial de la huella hídrica azul anual para el sector agrícola, año 2012	210
Figura 5.14	Distribución espacial de la huella hídrica azul mensual para el sector agrícola, año 2012	211
Figura 5.15	Comportamiento mensual de la huella hídrica azul	218

Figura 5.16	Distribución de la huella hídrica azul, anual multisectorial, año 2012	223
Figura 5.17	Índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE)	228
Figura 5.18	Índice de agua no retornada a la cuenca IARC, año 2102	232
Figura 5.19	Agua virtual verde y azul y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012	234
Figura 5.20	Huella hídrica azul y agua virtual azul del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012	235
Figura 5.21	Agua virtual azul y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, aceite de palma, plátano, flores y follajes para el 2012	236
Figura 5.22	Huella hídrica verde y agua virtual verde del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012	237
Figura 5.23	Agua virtual verde y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012	237
Figura 6.1	Modelo para la evaluación de estado y presiones sobre la calidad del agua	243
Figura 6.2	Marco metodológico para el componente calidad de agua	244
Figura 6.3	Diagrama metodológico para procesamiento de información para el IACAL	247
Figura 6.4	Cargas contaminantes potencialmente vertidas a los sistemas hídricos (t/año) 2012	249
Figura 6.5	Carga contaminante por área hidrográfica	251
Figura 6.6	Presión estimada de DBO5 por municipio, año 2012	253
Figura 6.7	Presión estimada de DQO -DBO5 por municipio, año 2012	254
Figura 6.8	Presión estimada de sólidos suspendidos totales - SST	256
Figura 6.9	Vertimiento de mercurio al suelo y al agua, por beneficio de oro en 2012	260
Figura 6.10	Uso de sustancias químicas para transformación de la coca por departamento en 2012 (Simci, 2014)	261
Figura 6.11	Químicos empleados en la transformación de la coca en Colombia 2010 - 2014	261
Figura 6.12	Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola. (ICA. 2012).	261
Figura 6.13	Demanda potencial de agroquímicos en 2008 y 2012	262
Figura 6.14	Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL para condiciones hidrológicas de año medio	263
Figura 6.15	Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL para condiciones hidrológicas de año seco	264
Figura 6.16	Índice de calidad de agua ICA – 2013. Descriptor valor promedio	267
Figura 6.17	Índice de calidad de agua ICA – 2013. Descriptor valor mínimo	268
Figura 6.18	Registros de alarma nitrógeno amoniacal en estaciones de monitoreo (IDEAM, 2013).	269
Figura 6.19	Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico para Colombia en 2012	274
Figura 6.20	Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico y departamento. Colombia 2012	276
Figura 6.21	Municipios con reporte de uso de plaguicidas, Colombia, 2012	277
Figura 7.1	Componentes del ciclo sedimentológico en diferentes escalas temporales y espaciales	283
Figura 7.2	Diagrama que esquematiza las unidades de paisaje de diferentes almacenamientos de sedimentos a escala regional	284
Figura 7.3	Esquema metodológico del componente de sedimentos	284

Figura 7.4	Esquema de cuencas aferentes con más de una estación, con datos de transporte de sedimentos	286
Figura 7.5	Producción potencial de sedimentos	288
Figura 7.6	Dispersión de valores de rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas	289
Figura 7.7	Variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos medio anual multianual en cuencas a las estaciones	294
Figura 7.8	Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca	299
Figura 7.9	Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca	300
Figura 7.10	Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de la estación Arrancaplumas	301
Figura 7.11	Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de las estaciones La Muralla y Piedras de Cobre	302
Figura 7.12	Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de las estaciones La Ceiba y El Tablazo	303
Figura 7.13	Producción potencial de sedimentos en las subzonas directas al río Cauca	304
Figura 7.14	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Alto Magdalena	307
Figura 7.15	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Medio Magdalena	308
Figura 7.16	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Sogamoso	308
Figura 7.17	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Cauca	309
Figura 7.18	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en la zona hidrográfica Nechí	309
Figura 7.19	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en la zona hidrográfica Bajo Magdalena	309
Figura 7.20	Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe	311
Figura 7.21	Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Caribe	312
Figura 7.22	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de las zonas Atrato-Darién y Caribe-Litoral	314
Figura 7.23	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona Catatumbo	314
Figura 7.24	Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco	316
Figura 7.25	Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco	317
Figura 7.26	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Meta.	319
Figura 7.27	Variación mensual multianual del transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Arauca	319
Figura 7.28	Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Amazonas	320
Figura 7.29	Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Amazonas	321
Figura 7.30	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones del área hidrográfica Amazonas	322
Figura 7.31	Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico	323

Figura 7.32	Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico	324
Figura 7.33	Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones del área hidrográfica Pacífico	325
Figura 8.1	Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad, en la región de desarrollo del ENSO.	328
Figura 8.2	Isopercentiles de los caudales mensuales y secuencia de caudales mensuales con máximo histórico (1978), estación hidrológica Puente Abadía	333
Figura 8.3	Relación entre los IOA y la oferta hídrica superficial por subzona hidrográfica	334
Figura 8.4	Índices océano-atmosféricos correlacionados con la oferta hídrica superficial (OHS) por subzona hidrográfica	335
Figura 8.5	Ajustes de funciones de distribución teóricas con la oferta hídrica superficial de la serie multianual de diciembre, SZH Río La Miel	336
Figura 8.6	Funciones de densidad de probabilidad (PDF) de mejor ajuste con la oferta hídrica superficial (OHS) por subzona hidrográfica	337
Figura 8.7	Número de subzonas hidrográficas por funciones de densidad de probabilidad para ajustes con oferta hídrica superficial anual	338
Figura 8.8	Isopercentiles de oferta hídrica superficial, SZH Río La Miel	338
Figura 8.9	Anomalías en la oferta hídrica superficial (OHS) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)	339
Figura 8.10	Anomalías en la oferta hídrica superficial (OHS) para condiciones bajas (no excedencia del percentil 85)	341
Figura 8.11	Anomalías en el caudal líquido (m^3/s) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)	343
Figura 8.12	Anomalías en el caudal líquido (m^3/s) para condiciones bajas (no excedencia del percentil 85)	344
Figura 8.13	Relación entre los IOA y la precipitación total mensual por subzona hidrográfica	345
Figura 8.14	Índices océano-atmosféricos correlacionados con la precipitación (mm) por subzona hidrográfica	347
Figura 8.15	Funciones de densidad de probabilidad (PDF) de mejor ajuste con la precipitación (mm) anual por subzona hidrográfica	348
Figura 8.16	Funciones de densidad de probabilidad por número de subzonas hidrográficas para ajustes con precipitación anual	349
Figura 8.17	Isopercentiles de precipitación mensual, SZH Río Algodonal (Alto Catatumbo)	349
Figura 8.18	Anomalías en la precipitación (mm) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)	350
Figura 8.19	Anomalías en la precipitación (mm) para condiciones bajas	351
Figura 9.1	Esquema metodológico para la categorización de subzonas hidrográficas y análisis integrado	355
Figura 9.2	Índice de uso de agua IUA para condiciones hidrológicas promedio	359
Figura 9.3	Índice de uso de agua IUA para condiciones hidrológicas de año seco	360
Figura 9.4	Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico	363
Figura 9.5	Categorización del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad según área hidrográfica	364
Figura 9.6	Categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada	368
Figura 9.7	Porcentaje del área cubierta por categorías de evaluación integrada del agua por área hidrográfica	369

Figura 9.8	Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas en el área Caribe	372
Figura 9.9	Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas en el área Magdalena – Cauca	374
Figura 9.10	Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas– área Orinoco	375
Figura 9.11	Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas – área Amazonas	375
Figura 9.12	Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas – área Pacífico	376
Figura 9.13	Diagrama básico de relaciones de variables para el modelo	378
Figura 9.14	Proyecciones de uso de agua en actividad industrial	381
Figura 9.15	Proyecciones de agua en generación de energía	383
Figura 9.16	Proyecciones de uso de agua en hidrocarburos. 2013 - 2022	386
Figura 9.17	Proyecciones de uso de agua en servicios 2013- 2022	388
Figura 9.18	Proyecciones de uso de agua doméstico 2013 - 2022	389
Figura 9.19	Proyecciones de uso de agua doméstico por escenario	390
Figura 9.20	Proyecciones de agua en actividad pecuaria por escenario	394
Figura 9.21	Proyecciones uso de agua en actividad piscícola según escenarios	395
Figura 9.22	Proyecciones de demanda de agua por sectores 2012 -2022	403

Lista de tablas

Tabla 2.1	Distribución de la oferta hídrica y caudales por áreas hidrográficas	65
Tabla 2.2	Rendimientos promedio por área hidrográfica	66
Tabla 2.3	Resumen de oferta hídrica por subzonas en año medio y seco	77
Tabla 2.4	Oferta hídrica anual por área hidrográfica	78
Tabla 2.5	Resumen de cuerpos de agua en áreas hidrográficas (tomado de ENA 2010)	85
Tabla 2.6	Ciénagas más extensas del territorio nacional	87
Tabla 2.7	Lagunas más extensas del territorio nacional (tomado del ENA 2010)	88
Tabla 2.8	Resumen de lagunas por complejo de páramo (tomada del ENA 2010)	89
Tabla 2.9	Características geométricas de los embalses por zonas hidrográficas (actualizado del ENA 2010).	90
Tabla 2.10	Categorías y probabilidades asociadas al índice de precipitación estándar (Mackee, 1993)	92
Tabla 2.11	Eventos históricos El Niño, con base en el ONI	93
Tabla 2.12	Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI en tres meses de precipitación acumulada para un evento	95
Tabla 2.13	Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para tres meses de precipitación acumulada en 1988	97
Tabla 2.14	Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para doce meses de precipitación acumulada en 1998	97
Tabla 2.15	Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para dieciocho meses de precipitación acumulada en 1985	98
Tabla 2.16	Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para veinticuatro meses de precipitación acumulada en 2003	100
Tabla 2.17	Periodos y regiones donde se evidencia condición extremadamente seca (SPI < -2)	101
Tabla 2.18	Áreas inundadas del territorio nacional. Tr = 2,33 y 20 años	115
Tabla 3.1	Definición de unidades de análisis hidrogeológico	125
Tabla 3.2	Descripción de componentes del modelo hidrogeológico conceptual	127
Tabla 3.3	Distribución de sistemas acuíferos por áreas hidrográficas, provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos	132
Tabla 3.4	Nivel del conocimiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos en Colombia	138
Tabla 3.5	Inventario preliminar de puntos de agua subterránea por área de jurisdicción de las autoridades ambientales	146
Tabla 3.6	Usos del agua subterránea en la jurisdicción de las Autoridades Ambientales acorde a registros de agua concesionada sujeta a cobro TUA	149
Tabla 3.7	Volumen de agua concesionada sujeta a cobro TUA por área hidrográfica – año 2011	150
Tabla 4.1	Niveles de complejidad	161
Tabla 4.2	Estado de la información de uso doméstico de agua de la Superintendencia de Servicios Públicos	161
Tabla 4.3	Factores de uso de agua en las fases productivas en hidrocarburos	164
Tabla 4.4	Áreas concertadas para los cultivos permanentes en Colombia, año 2012	167
Tabla. 4.5	Áreas concertadas para los cultivos transitorios en Colombia, semestre A del 2012 y semestre B del 2017	168

Tabla 4.6	Áreas concertadas para pastos en Colombia 2012	168
Tabla 4.7	Eficiencias asignadas al tipo de riego de los sistemas de riego en Colombia	169
Tabla 4.8	Factores de uso de agua en post cosecha de banano	170
Tabla 4.9	Factores de consumo ENA 2010 y ENA 2014	171
Tabla 4.10	Participación departamental de las cabezas de ganado porcino	171
Tabla 4.11	Uso de agua en Colombia	172
Tabla 4.12	Volumen de agua de trasvases entre subzonas hidrográficas	175
Tabla 4.13	Uso de agua en generación de hidroenergía eléctrica	175
Tabla 4.14	Usos de agua por área hidrográfica y por sector	178
Tabla 4.15	Distribución porcentual del uso de agua por sectores económicos y uso doméstico en las áreas hidrográficas	183
Tabla 4.16	Distribución porcentual del uso de agua al interior de cada área hidrográfica	184
Tabla 5.1	Huella hídrica azul del sector agrícola	195
Tabla 5.2	Huella hídrica verde para cultivos permanentes, transitorios y pastos	197
Tabla 5.3.	Número total de cabezas de ganado vacuno por departamento	199
Tabla 5.4	Huella hídrica verde del sector agrícola por área y por zona hidrográfica, año 2012	203
Tabla 5.5	Huella hídrica verde del sector pecuario por área y por zona hidrográfica, año 2012	206
Tabla 5.6	Subzonas hidrográficas con mayor huella hídrica verde pecuaria de Colombia	207
Tabla 5.7	Huella hídrica azul del sector agrícola por área y por zona hidrográfica, año 2012	209
Tabla 5.8	Huella hídrica de las 10 principales subzonas hidrográficas	213
Tabla 5.9	Relación entre la Huella hídrica y demanda para algunas subzonas hidrográficas	213
Tabla 5.10	Resultados de huella hídrica azul por área hidrográfica para el componente doméstico	213
Tabla 5.11	Actividades económicas con mayor huella hídrica en la subzona hidrográfica río Bogotá	215
Tabla 5.12	Actividades económicas de la subzona hidrográfica Arroyohondo - Yumbo	215
Tabla 5.13	Actividades económicas con mayor huella hídrica a escala nacional	215
Tabla 5.14	Huella hídrica azul por área hidrográfica para el sector industrial	215
Tabla 5.15	Diagnóstico general de los embalses identificados	216
Tabla 5.16	Huella hídrica anual de los embalses de acuerdo al uso	217
Tabla 5.17	Huella hídrica mensual, embalses de Betania y Urrá I	218
Tabla 5.18	Huella hídrica azul por área hidrográfica	219
Tabla 5.19	Indicadores de huella hídrica azul para el gas y carbón	219
Tabla 5.20	Huella hídrica azul por área hidrográfica	220
Tabla 5.21	Huella hídrica azul por subzona hidrográfica	221
Tabla 5.22	Estimación del indicador de huella hídrica para el proceso de producción del petróleo	221
Tabla 5.23	Producción de petróleo por departamento (millones de barriles)	222
Tabla 5.24	Huella hídrica azul extracción de petróleo para los principales departamentos	222
Tabla 5.25	Disponibilidad de agua verde por zona hidrográfica, según los cálculos y suposiciones en este estudio	225
Tabla 5.26	Subzonas hidrográficas con menor disponibilidad de agua verde	226
Tabla 5.27	Subzonas hidrográficas con mayor disponibilidad de agua verde	227
Tabla 5.28	Subzonas hidrográficas con IPHE en valor crítico	229
Tabla 5.29	Subzonas hidrográficas con IPHE en valor muy alto.	230
Tabla 5.30	Subzonas hidrográficas con IARC en valor crítico	233

Tabla 5.31	Subzonas hidrográficas con IARC en valor muy alto	233
Tabla 5.32	Huella hídrica azul y verde y agua virtual azul y verde en millones de metros cúbicos por año	235
Tabla 5.33	Flujos de Agua virtual azul (m3) por área hidrográfica de origen por cultivo	238
Tabla 5.34	Flujos de Agua Virtual Verde (Millones de m3) por área hidrográfica por cultivo	238
Tabla 6.1	Categorías y rangos vertimiento de mercurio al agua y suelo por beneficio de oro en 2012	246
Tabla 6.2	Variables y ponderaciones de las seis variables para ICA	248
Tabla 6.3	Aporte de carga de DBO s principales ciudades de Colombia	252
Tabla 6.4	Aporte de carga de DQO de las principales ciudades de Colombia	252
Tabla 6.6	Aporte de carga de SST de las principales ciudades de Colombia 2012	252
Tabla 6.5	Cargas contaminantes de DBO, DQO y DQO-DBO para las subzonas hidrográficas más presionadas	255
Tabla 6.7	Aporte de carga de NT para principales ciudades en 2012	257
Tabla 6.8	Aporte de carga de PT, principales ciudades de Colombia 2012	257
Tabla 6.9	Cargas de contaminación por nutrientes (NT y PT) en las subzonas más afectadas corrección pendiente	258
Tabla 6.10	Carga de contaminación removida en sistemas de tratamiento de aguas residuales	258
Tabla 6.11	Corrientes con desbalance de nutrientes en diferentes zonas hidrográficas, con respecto al Decreto 1594 del 1984	270
Tabla 6.12	Porcentaje de uso de plaguicidas por categoría toxicológica, para Colombia, 2012	275
Tabla 6.13	Número de participantes y reporte de plaguicidas en 20 departamentos de Colombia, 2012	275
Tabla 7.1	Rangos adoptados para el rendimiento medio anual multianual	287
Tabla 7.2	Transporte y rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas	290
Tabla 7.3	Comparación del transporte de sedimentos entre valores del ENA 2010 y el ENA 2014	295
Tabla 7.4	Estaciones con valores altos de rendimiento de sedimento medio anual multianual	296
Tabla 7.5	Estaciones con valores negativos de rendimiento de sedimentos medio anual multianual	297
Tabla 7.6	Estaciones en las que se analiza la variación mensual mutinannual en la zona hidrográfica Alto Magdalena	306
Tabla 7.7	Rendimiento de sedimentos en las zonas hidrográficas del área hidrográfica Caribe	310
Tabla 7.8	Rendimiento de sedimentos en la zonas hidrográficas del área hidrográfica Orinoco	314
Tabla 7.9	Subzonas con alto rendimiento de sedimentos en la zona hidrográfica Meta	318
Tabla 7.10	Rendimiento de sedimentos en la zonas hidrográficas del área hidrográfica Amazonas	319
Tabla 7.11	Rendimiento de sedimentos en las zonas hidrográficas del área hidrográfica Pacífico	322
Tabla 8.1	Descripción de los índices océano-atmosféricos (modificado de NOAA, 2014)	329
Tabla 9.1	Categorías del porcentaje reducción de caudales del mes más seco con relación a las condiciones medias	356
Tabla 9.2	Categorías de porcentaje reducción de caudal en condición extrema baja	356
Tabla 9.3	Matriz categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones promedio	357

Tabla 9.4	Matriz categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones extremas seca	357
Tabla 9.5	Rangos y categorías Índice de uso de agua	358
Tabla 9.6	Matriz de análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condición promedio	361
Tabla 9.7	Matriz de análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condiciones extremas secas	361
Tabla 9.8	Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH	362
Tabla 9.9	Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad a nivel nacional y por área hidrográfica	362
Tabla 9.10	Categorías del índice de presión hídrica de los ecosistemas	364
Tabla 9.11	Categorías y rangos para el IARC	365
Tabla 9.12	Categorías y rangos del local	365
Tabla 9.13	Categorización de producción potencial de sedimentos	366
Tabla 9.14	Matriz de análisis para la categorización de los componentes del análisis integrado	367
Tabla 9.15	Rangos de puntuación de las categorías de análisis integrado	367
Tabla 9.16	Categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada- área hidrográfica	367
Tabla 9.17	Subzonas hidrográficas con categoría muy alta	369
Tabla 9.18	Subzonas hidrográficas con categoría alta	370
Tabla 9.19	Proyecciones uso de agua en industria	381
Tabla 9.20	Proyecciones uso de agua en generación de energía	383
Tabla 9.21	Proyecciones de uso de agua en sector hidrocarburos	385
Tabla 9.22	Proyecciones uso de agua en servicios	387
Tabla 9.23	Proyecciones de uso doméstico de agua	389
Tabla 9.24	Proyecciones de uso de agua doméstico por escenario	390
Tabla 9.25	Proyecciones uso de agua en el sector pecuario	393
Tabla 9.26	Proyecciones uso de agua en actividad piscicultura según escenario	395
Tabla 9.27	Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los cultivos transitorios	399
Tabla 9.28	Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los cultivos permanentes	399
Tabla 9.29	Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los pastos de cultivo	399
Tabla 9.30	Eficiencias empleadas según el tipo de riego para la estimación de la demanda proyectada	400
Tabla 9.31	Demanda de agua proyectada en Millones de m3 desde el 2012 y 2022 para los cultivos transitorios	401
Tabla 9.32	Demanda de agua proyectada en Millones de m3 desde el 2013-2022 para los cultivos permanentes	401
Tabla 9.33	Demanda de agua proyectada en Millones de m3 desde el 2013-2022 para los pastos de cultivo agrícola	402
Tabla 9.34	Proyecciones de uso de agua total en los sectores económicos y uso doméstico millones de m3	403
Tabla 9.35	Variaciones porcentuales de uso de agua 2012 a 2019 y 2022	404
Tabla 9.36	Comparación de comportamiento de proyecciones elaboradas para ENA 2010 y 2014 al año 2019	404

Prólogo

Un Estudio Nacional del Agua para apoyar el desarrollo sostenible del país Avance en profundidad

Uno de los objetivos principales que impulsaron la creación del IDEAM fue la necesidad urgente de conocer y estudiar la riqueza en agua del país, su uso y las medidas de protección de este elemento valioso y profundizar en esto más allá de los intereses sectoriales. Desde su inicio, en 1995, el Instituto conformó su estructura con el propósito de facilitar esta tarea, entre otras, y permitir múltiples aproximaciones al conocimiento ambiental. La ventaja de esta estructura matricial e interdisciplinaria es la de contener y potenciar una masa crítica de conocimiento que dé respuesta a las preguntas complejas y esenciales que se requiere contestar con el fin de orientar el desarrollo sostenible. La estructura del Ideam trabaja (de forma simultánea y sincrónica) en la observación, seguimiento y pronósticos en tiempo real sobre las condiciones ambientales. Es una institución pensante y actuante.

El sinnúmero de productos y contribuciones del IDEAM al país en estos veinte años de existencia son testimonio de lo acertada de la propuesta y de su importancia estratégica que permite soportar decisiones de alto nivel gubernamental, de la institucionalidad regional, del sector productivo y de la comunidad. Esta estructura institucional debidamente articulada dentro del Sistema Nacional Ambiental, enmarcado en el Estado, le confiere al Instituto particular relevancia nacional e internacional pues facilita la articulación de las políticas y programas sectoriales, regionales, nacionales e internacionales, como es evidente en el caso del agua y del cambio climático. Por otra parte, la estructura permite abordar en profundidad la interrelación entre las diferentes esferas y sus áreas del conocimiento, hidrología, meteorología, ecología, geología y las ciencias sociales (principalmente la economía), logrando una aproximación verdaderamente ambiental al conocimiento de la realidad del país, como lo atestiguan los resultados del trabajo descomunal presentado en esta nueva versión del Estudio Nacional del Agua.

Desde la primera versión del Estudio Nacional del Agua, orientada básicamente a la construcción de un "tablero de comando", con el objeto de alertar sobre el potencial desabastecimiento del agua para los centros urbanos del país hasta el sofisticado trabajo elaborado para esta nueva versión, ha transcurrido tiempo, pero así mismo el IDEAM ha progresado y madurado en su conocimiento de la hidrología y del país.

Los avances presentados en esta versión del Estudio Nacional del Agua son notables para entender la interdependencia del agua con la biodiversidad, el suelo, el subsuelo y la atmósfera. Se profundiza en el conocimiento sobre el comportamiento del ciclo hidrológico en el territorio del país, de sus cuencas hidrográficas, cuerpos de agua y aguas subterráneas. Hace comprensible, entre otros aspectos, su dinámica, condiciones de ocurrencia y distribución, características de calidad y uso, para evidenciar la complejidad del asunto y la necesidad de asumirlo de manera interdisciplinaria con rigor en el método, cuidado, finura y bases científicas sólidas. También señala escenarios que deben considerarse necesariamente para la planeación y el desarrollo económico y social del país.

Del estudio se deduce la importancia de continuar el trabajo en muchos frentes de conocimiento del agua, de su uso, deterioro y conservación. Para esto es necesario reforzar y consolidar grupos calificados de alto nivel

en hidrología y en todas las áreas del IDEAM, de tal manera que con su interacción cada uno de los capítulos se convierta en una veta para explorar y articular las ciencias ambientales y la modelación avanzada con el propósito de seguirle el curso al agua como elemento de conexión y cohesión entre la naturaleza y la sociedad.

Este trabajo explicita con claridad la complejidad del objeto de estudio (el agua) en sus múltiples dimensiones y profundiza en el conocimiento de su uso y de la intervención humana sobre el ciclo hidrológico, sus impactos y efectos, las repercusiones sobre el mismo y es base para responder a la necesidad urgente de que el país continúe avanzando desde la retórica de las Instituciones y la formulación de la política a la acción eficaz y efectiva. Al mismo tiempo, este documento es un llamado a la comunidad, al sector productivo y a las organizaciones sociales para actuar con el propósito de encontrar y aplicar soluciones, cambiar comportamientos y modificar actividades, de tal forma que el agua sea cuidada como un componente esencial del desarrollo sostenible.

Con este trabajo el IDEAM evidencia no solamente la situación del agua en el país sino la importancia fundamental de contar con Instituciones comprometidas e independientes y grupos de trabajo de excelencia que soporten con información y conocimiento científico el crecimiento y futuro de una sociedad que debe progresar, cuidando su patrimonio natural, base esencial de la vida y la cultura.

Pablo Leyva Franco
Director del IDEAM de
1995 a 2001

Introducción

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) entrega al país este documento misional que de manera periódica da cuenta del estado y dinámica del agua y los recursos hídricos en Colombia. Refleja en su contenido la integración de los diferentes componentes que conforman la base de información y conocimiento del ciclo hidrológico en sus dimensiones tanto de régimen natural como de régimen intervenido que se expresa en presiones por uso y afectaciones por actividades antrópicas.

El Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014 se entrega al país como insumo técnico para la planificación y la gestión integrada del recurso hídrico en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos que lidera el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

La elaboración y responsabilidad técnica del estudio está en cabeza de la Subdirección de Hidrología del instituto, que ha diseñado su arquitectura y las bases conceptuales y metodológicas con un enfoque de integralidad soportada en las lógicas y procesos del ciclo hidrológico.

Para su construcción se han convocado expertos temáticos y académicos que de manera interdisciplinaria participaron en su consolidación, que aportaron sus habilidades intelectuales para lograr un producto que en esencia se caracteriza por mantener coherencia en sus contenidos y pertinencia para la gestión del agua y los recursos hídricos en Colombia.

Adicionalmente se convocaron más de 25 instituciones generadoras de información a fin de legitimar las fuentes de soporte técnico y alcanzar una evaluación robusta que pueda tener una trazabilidad y solución de continuidad para futuras actualizaciones.

En términos generales, el ENA 2014 no solo recoge, integra y analiza el estado del arte sobre la información y conocimiento de la hidrología y la hidrogeología nacional respondiendo a preguntas de investigación sobre lo que se debe conocer del agua a nivel nacional, sino que además plantea retos y abre nuevas fronteras de investigación que deben ser atendidas por la institucionalidad y los centros de pensamiento e investigación del país.

Los resultados del estudio se presentan por unidades hidrográficas definidas en el documento *Zonificación y codificación hidrográfica e hidrogeológica de Colombia*, publicado por el IDEAM en 2013. En este sentido, se generan productos espaciales y alfanuméricos para las 5 áreas hidrográficas, 41 zonas y 316 subzonas. En el componente hidrogeológico los resultados se presentan por sistemas acuíferos.

El documento consta de nueve capítulos que parten de unas consideraciones generales en las que se dan a conocer los lineamientos conceptuales y metodológicos, las premisas, las innovaciones temáticas, la estructura y la estrategia definida para generar un modelo hidrológico de análisis integral que dé cuenta de los indicadores hídricos, las vulnerabilidades del agua y los recursos hídricos frente a presiones, afectaciones y variabilidad climática, y las proyecciones de la demanda.

A partir del capítulo 2 se presentan las diferentes temáticas, empezando siempre por las premisas, conceptos, metodologías y demás consideraciones que sirven de base a los desarrollos y resultados presentados. El capítulo 2 se enfoca en las aguas superficiales y, de manera particular, en aspectos relacionados con el régimen hidrológico, las variables e indicadores para condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas que gobiernan

la distribución espacial y temporal de la oferta y la disponibilidad del agua en Colombia. En este acápite se ha incorporado adicionalmente información sobre glaciares, humedales, escenarios de inundación, condiciones de sequía y cuencas abastecedoras de acueductos que tienen vulnerabilidad al desabastecimiento.

En el capítulo 3, referido a las aguas subterráneas, se avanza en la síntesis del conocimiento sobre los sistemas acuíferos de Colombia que se inició con el ENA 2010 y la obra *Las aguas subterráneas en Colombia: una visión general*, publicada por el IDEAM en 2013. Se identifican 61 sistemas acuíferos con base en anteriores publicaciones del IDEAM y una juiciosa revisión de los avances del Servicio Geológico Colombiano. Por primera vez se entrega un consolidado de la información disponible del inventarios de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), el estado de avance del conocimiento hidrogeológico en las diferentes regiones del país y la función de las aguas subterráneas frente a los escenarios hidrológicos de presiones, afectaciones y vulnerabilidades para dar luces sobre las posibilidades de uso conjunto agua superficial-agua subterránea.

En el capítulo 4 se integra la información de demanda, que en este estudio se ve favorecida por nuevos refinamientos metodológicos, mayor cobertura de sectores económicos y una optimización de la información disponible que se cruzó con el tema de huella hídrica.

En el capítulo 5 se desarrolla un nuevo componente al análisis. Se trata de la huella hídrica que da cuenta de las apropiaciones humanas del agua contenida en el suelo (huella verde) y la que se apropia de las fuentes superficiales (huella azul). Este componente permite identificar la competencia del agua y los recursos hídricos con la demanda de agua por los diferentes sectores.

El análisis se complementó con un acápite sobre el agua virtual, es decir, aquella que es incorporada a los procesos productivos y se exporta contenida en los bienes y productos. Este capítulo fue elaborado por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia CTA y Good Stuff International, auspiciado por la Embajada de Suiza - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE, en el marco del proyecto SuizAgua Colombia. Este trabajo fue desarrollado en coordinación con todo el equipo interdisciplinario del ENA 2014.

El capítulo 6 se dedica al tema de la calidad del agua, que se enfocó en resultados de monitoreo, registros y reportes sectoriales e información municipal recolectada de diferentes fuentes. En este aparte se analizan las afectaciones por contaminación orgánica y química, metales pesados, mercurio y otras variables que de manera significativa afectan las aguas superficiales del territorio colombiano. El Instituto Nacional de Salud (INS) contribuyó adicionalmente con los resultados actualizados sobre la investigación en plaguicidas y su impacto en la salud humana.

El capítulo 7 se enfoca en el tema de sedimentos, presentando la variación espacial y temporal de rendimientos y la producción potencial de sedimentos en las corrientes con monitoreo de concentración de estos. Adicionalmente, se identifican escenarios de transporte y depositación de sedimentos que se cruzaron con los sistemas morfogénicos de Colombia para calibrar los resultados con las variables fisiográficas y geomorfológicas, así como los procesos morfogenéticos dominantes en cada región del territorio colombiano.

El capítulo 8 da cuenta de la respuesta hidrológica a los diferentes escenarios de variabilidad y hidroclimática ampliando las fronteras de análisis con herramientas estadísticas que permiten reconocer los efectos producidos en el comportamiento de los caudales para condiciones hidrológicas normales y de eventos extremos.

El capítulo 9 integra todas las temáticas anteriores para generar indicadores agregados que muestren las distintas condiciones de presión y afectación, vulnerabilidades con enfoque de riesgo y proyecciones de la demanda atendiendo un modelo de análisis integrado.

Este capítulo es de especial interés, pues aunque el estudio no genera conclusiones sí tiene la responsabilidad técnica de informar sobre las subzonas que deben atenderse de manera prioritaria con medidas de conservación, mitigación y adaptación con los instrumentos de gestión previstos en la normatividad para armonizar las relaciones de los procesos del ciclo hidrológico con un enfoque de sostenibilidad. En este sentido, permite reconocer los espacios geográficos donde se debe mejorar la resolución y la calidad de la información con las evaluaciones regionales del agua.

Finalmente, es importante reconocer el aporte de las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), de los funcionarios de redes y áreas operativas del instituto; de las subdirecciones de Hidrología, Meteorología, Ecosistemas e Información Ambiental y Estudios Ambientales; de la Oficina de Comunicaciones del IDEAM y de todos aquellos actores internos y externos que de manera entusiasta contribuyeron para la construcción del ENA 2014.

Cabe resaltar la participación de la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol) en este estudio con dos ventanas, en el departamento del Meta y en el Magdalena Medio, a través de la consultora Servicios Hidrogeológicos Integrales (SHI), y la publicación en web de este documento.

De igual manera, se reconoce y agradece a Cosude (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación) por su aporte con el acompañamiento en el tema de huella hídrica y la financiación de la publicación física del libro.

De esta manera se entrega al país una obra con valor agregado con la finalidad de soportar la gestión del agua y los recursos hídricos, cuyos resultados se integran al Sistema de Información de Recurso Hídrico (SIRH), del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC), de modo que pueda ser consultado por las instituciones, la academia y el público en general.

Siglas

ACP	Asociación Colombiana del Petróleo
Aunap	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Carder	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
Cardique	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
Carsucre	Corporación Autónoma Regional de Sucre
CAS	Corporación Autónoma Regional del Santander
CCI	Corporación Colombia Internacional
CDA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico
CDC	Curva de duración de caudales
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
CIEM	Centro de Incubación y Especies Menores
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
Codechocó	Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó.
Coralina	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
Cormacarena	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena
Cornare	Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare
Corpamag	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
Corpoamazonia	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Corpoboyacá	Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Corpocaldas	Corporación Autónoma Regional de Caldas
Corpocesar	Corporación Autónoma Regional del César
Corpoguajira	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
Corpoguavio	Corporación Autónoma Regional del Guavio
Corpomojana	Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge
Corponariño	Corporación Autónoma Regional de Nariño
Corponor	Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental
Corporinoquia	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
Corpourabá	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá
Cortolima	Corporación Autónoma Regional del Tolima
Cosude	Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
CRA	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
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 del San Jorge
DAA	Disponibilidad de agua azul

Dagma	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (Cali)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DAV	Disponibilidad de agua verde
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DQO	Demanda química de oxígeno
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EAI	Encuesta Ambiental Industrial
EAM	Encuesta Anual Manufacturera
Ecopetrol S. A.	Empresa Colombiana de Petróleos S. A.
Emgesa	Empresa de Generadora de Energía S. A.
ENA	Estudio Nacional del Agua
ENSO	El Niño/Southern Oscillation
EPA	Environmental Protection Agency (EE. UU.)
ESAG	Estadísticas de sacrificio de ganado
EVA	Evaluaciones agropecuarias municipales
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fedegán	Federación Colombiana de Ganaderos
Fenavi	Federación Nacional de Avicultores de Colombia
Fonav	Fondo Nacional Avícola
Fúnias	Formulario único nacional de inventario de aguas subterráneas
HH	Huella hídrica
IA	Índice de aridez
Iacal	Índice de alteración potencial de la calidad del agua
IARC	Índice de agua no retornada a la cuenca
ICA	Índice de calidad del agua
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDW	Implementing Inverse Distance Weighted
IEUA	Índice de eficiencia en el uso del agua
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IIASA	Instituto Internacional para Análisis de Sistemas Aplicados
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Incoder	Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural
Ingeominas	Instituto Colombiano de Geología y Minería
Invemar	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
INS	Instituto Nacional de Salud
IOA	Índices océano-atmosféricos
IPAE	Índice de presión hídrica a los ecosistémicas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, en español, Panel Intergubernamental
IPH	Índice de presión hídrica a los ecosistemas
IRH	Índice de regulación hídrica
IUA	Índice de uso de agua
IVH	Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico
IVOH	Índice de vulnerabilidad de la oferta hídrica

IVRH	Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Magna-Sirgas	Sistema de referencia para la cartografía oficial del país
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MHC	Modelo Hidrogeológico Conceptual
Minae	Ministerio de Ambiente y Energía
mm eq agua	Milímetros equivalentes de agua
Mm ³	Millones de metros cúbicos
MVCT	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce
OEA	Organización de Estados Americanos
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONI	Oceanic Niño Index
PC	Provincias hidrogeológicas costeras e insulares
PCH	Pequeñas centrales hidroeléctricas
PIB	Producto interno bruto
PM	Provincias hidrogeológicas montañas e intramontañas
PNN	Parque nacional natural
Pnuma	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Porcicol	Asociación Colombiana de Porcicultores
POT	Planes de Ordenamiento Territorial
RAS	Reglamentación Técnica del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
RIEA	Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua
RUA	Registro Único Ambiental
SCAE	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SIAC	Sistema de Información Ambiental para Colombia
Simci	Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos
Simco	Sistema de Información Minero Colombiano
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SIRH	Sistema de Información del Recurso Hídrico
SPI	Standard Precipitation Index
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SUI	Sistema Único de Información de Servicios Públicos
SZH	Subzona Hidrográfica
Tebsa	Termobarranquilla S. A.
TUA	Tasa de utilización de agua
Umata	Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria
UNEP	United Nations Environment Programme
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
VEO	Vigilancia epidemiológica de plaguicidas
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

Capítulo 1

Enfoque conceptual y metodológico general

*Martha García
Omar Vargas*

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



El marco conceptual y metodológico para el Estudio Nacional del Agua versión 2014 soporta la evaluación de la situación actual y posibles escenarios futuros del agua en Colombia y tiene como referente base los conceptos y las metodologías del Estudio Nacional del Agua 2010, complementados con aquellos que constituyen temáticas nuevas del estudio.

En este capítulo se expone el enfoque conceptual y metodológico general del estudio y se describen las unidades de análisis espaciales y temporales definidas para su desarrollo.

1.1 Síntesis del marco conceptual

El ENA 2014 tiene también como marco conceptual general el ciclo hidrológico (ver figura 1.1) y su balance de agua para entender el funcionamiento de los

sistemas hídricos y sus interacciones. La compleja interacción entre la atmósfera y los procesos superficiales y subsuperficiales (naturales y antrópicos) afectan el régimen, la cantidad, la distribución y la calidad del agua en las unidades hidrográficas.

El estudio, además, se enmarca en la Política para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, se aborda desde el concepto de integralidad y enfoque ecosistémico 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 procesos sociales y productivos.

El análisis de los aspectos cuantitativos y cualitativos de los componentes del ciclo hidrológico en escala nacional presupone una evaluación que contemple procesos y variaciones en variables que determinan la dinámica del ciclo para unidades espaciales y temporales representativas a esta escala.

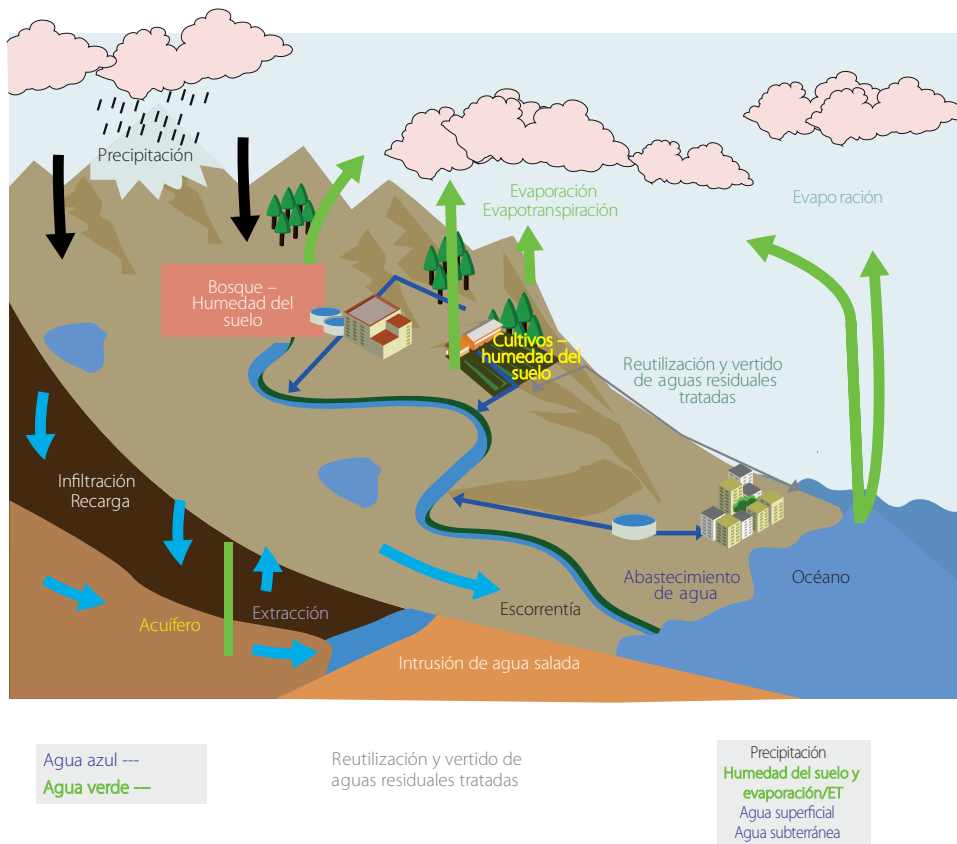


Figura 1.1 Ciclo hidrológico
Fuente: Unesco (2006).

En el ENA 2014 se realiza la evaluación integral del agua a partir del análisis de la actualización de las condiciones, del comportamiento y de los posibles escenarios futuros, con una estructura básica que se ilustra en la figura 1.2.

Se parte de un estado de referencia que soporta el análisis de los cambios en el comportamiento y estado de los componentes del medio natural para evaluar las presiones sobre la dinámica hídrica, la cantidad y calidad del agua, producto de las acciones antrópicas y de los posibles efectos e impactos sobre los sistemas hídricos y el recurso por los cambios en la variabilidad hidroclimática.

En relación con las presiones por uso y contaminación del agua el concepto de demanda asociado con la extracción de los sistemas hídricos se complementa con la conceptualización y estimación de caudales de retorno y con los desarrollos conceptuales y metodológicos de huella hídrica verde, huella hídrica azul y huella hídrica gris.

El análisis integrado para el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014 se realiza desde una perspectiva de condiciones críticas, con el propósito de identificar las áreas o procesos que requieren ser priorizados a fin de atenuar las afectaciones actuales al agua y controlar las futuras.

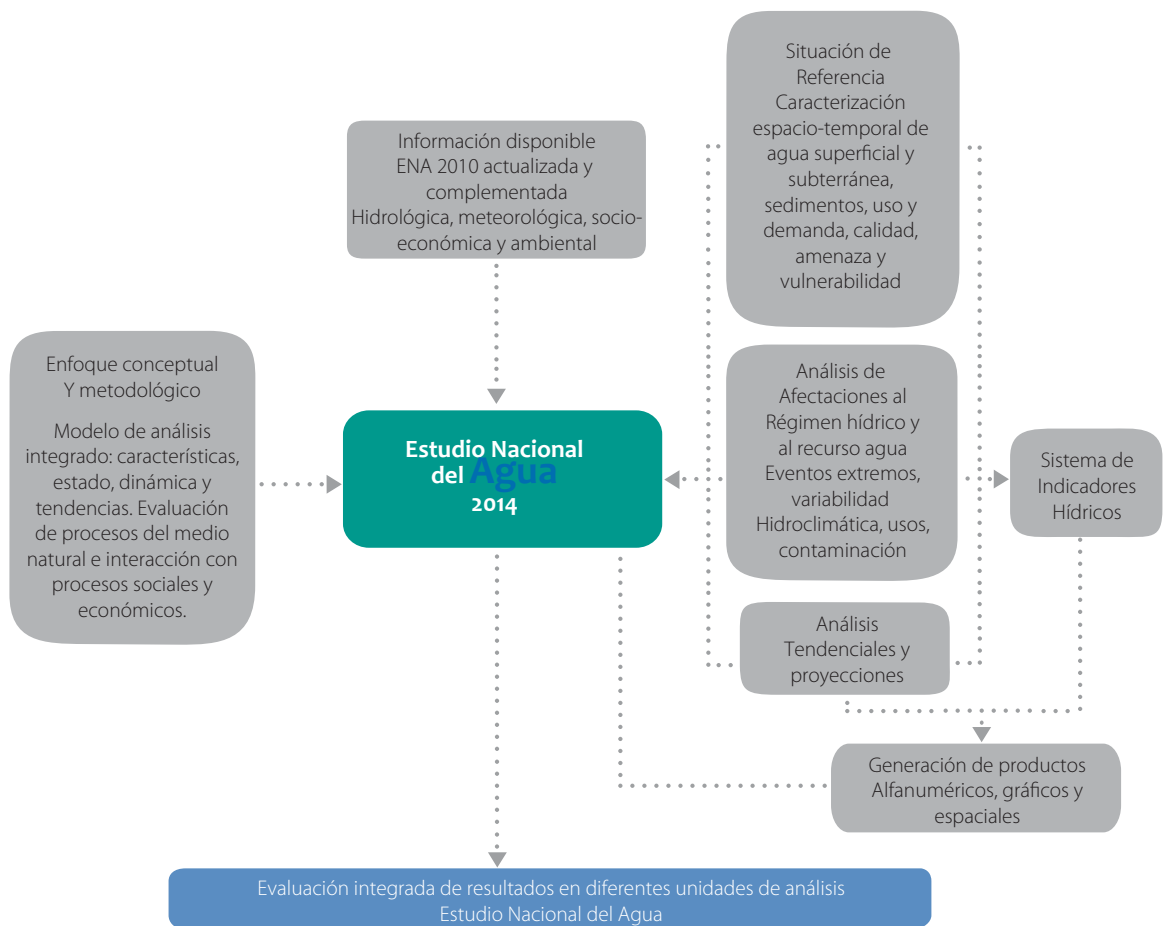


Figura 1.2 Estructura de la evaluación nacional del agua para el ENA 2014
Fuente: modificado de IDEAM (2010, 2013).

1.1.1 Agua Verde y Agua azul

Para la ampliación temática y conceptual del ENA 2014, que incluye el concepto de la huella hídrica como uno de los temas nuevos en este estudio, se hace necesaria la definición de los conceptos de *agua verde* y *agua azul*.

El concepto de agua verde significaba originalmente la humedad del suelo y lo presentó por primera vez, en 1993, la profesora Malin Falkenmark (FAO, 2000) con el propósito de dar señales y concientizar respecto al agua disponible para el crecimiento de la biomasa y su participación en la evapotranspiración. Más tarde la FAO retomó el concepto primario y actualizó la definición del agua verde, considerándola como el flujo vertical de agua, es decir, agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación en secano, se mantiene en el suelo y recarga las fuentes de agua superficial o subterránea.

El concepto de agua verde permite de manera implícita considerar a los ecosistemas naturales como un usuario visible del agua, el cual está sometido a una competencia por el recurso hídrico que es cuantificable por este medio. Y no solo permite incluir nuevos conceptos, como el de la huella hídrica, sino que se presenta como pieza clave para otros componentes como la demanda agrícola y pecuaria.

La anterior definición generó implícitamente una definición del agua azul, que pasó a significar el flujo horizontal de agua, es decir, el agua de escorrentía, las fuentes de agua superficial, ríos y lagos, fuentes de agua subterránea, acuíferos (FAO, 2000).

En Colombia la aplicación de la huella hídrica se inició con el Proyecto SuizAgua Colombia, en 2009, liderado por la Agencia para el Desarrollo y la Cooperación Suiza (Cosude) y dirigido inicialmente al sector empresarial. Desde la aplicación geográfica de la huella hídrica en Colombia, el primer ejercicio se centró en el análisis de la huella hídrica agrícola a nivel nacional (Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF por su sigla en inglés, 2012) y posteriormente los resultados de

este trabajo, sumados con el Proyecto SuizAgua Colombia, dieron lugar al Proyecto de evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porce (CTA *et al.*, 2013), que permitió tener una primera aproximación detallada a la aplicación multisectorial de la huella hídrica en una cuenca.

La huella hídrica fue concebida inicialmente como una herramienta para estimar el contenido de agua oculta en cualquier bien o servicio consumidos por un individuo o grupo de individuos de un país, en analogía de la huella ecológica que como concepto permite analizar el impacto de los hábitos de vida y consumo de la población bajo un escenario de recursos naturales finitos (Wackernagel & Rees, 1996). Actualmente el desarrollo del concepto ha mejorado su rango de aplicación, llegando a ser una herramienta complementaria a las convencionales para la gestión integral de los recursos hídricos en una cuenca.

La cuantificación de la huella hídrica parte de la identificación y caracterización de procesos antrópicos que afectan el agua verde o el agua azul, dando origen a las huellas hídricas verde y azul respectivamente. La componente que muestra la afectación en términos de calidad del agua identifica los procesos antrópicos que devuelven parte del agua usada en forma de vertimiento con diferente calidad a la natural.

1.1.2 Sistema de indicadores hídricos

La evaluación nacional del agua tiene soporte en conceptos y productos temáticos y en un análisis integrado de cambios con respecto a la situación de referencia, que se sintetizan en gran medida en el conjunto de indicadores hídricos presentados en la figura 1.3.

El sistema de indicadores está integrado por dos grandes grupos de indicadores: los que dan cuenta del régimen del sistema hídrico natural y los indicadores asociados con la intervención antrópica.

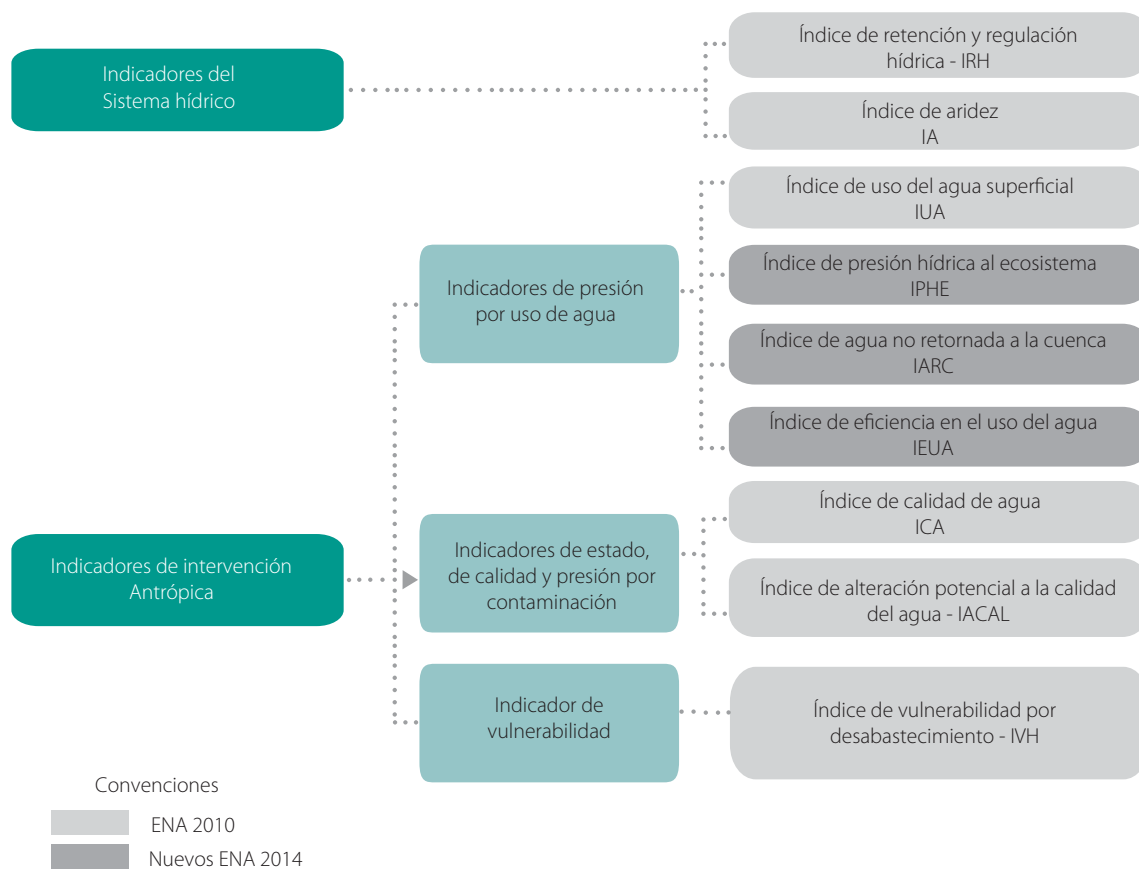


Figura 1.3 Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2014

El grupo de indicadores de intervención antrópica a su vez se aborda desde tres temas fundamentales en la evaluación: la presión por uso de agua, el estado de la calidad hídrica y la presión por contaminación sobre las condiciones de calidad, y por último, la vulnerabilidad al desabastecimiento.

En este contexto, el sistema de indicadores hídricos para ENA 2014 está compuesto por nueve índices, de los cuales seis coinciden con los índices aplicados en ENA 2010. Tres de los cinco índices nuevos complementan la evaluación del agua en términos de presión antrópica por uso del recurso, lo cual permite el análisis de las afectaciones en la disponibilidad de agua verde para los ecosistemas (IPHE), las afectaciones en la disponibilidad de agua azul por efectos del agua que al ser extraída de una cuenca no retorna a esta misma unidad hídrica (IARC), y la eficiencia en el

uso de agua (IEUA) con base en la relación entre la demanda y la huella hídrica.

1.1.3 Enfoque del análisis integral

En el análisis integral se considera al ciclo del agua como un proceso expuesto a la ocurrencia de fenómenos y que por lo tanto puede ser afectado de manera total o parcial (calidad y cantidad), de forma temporal o definitiva (de acuerdo a escalas temporales).

Así pues, en el capítulo 9 se presenta un análisis integral derivado de los resultados especializados y cuantificados de los indicadores hídricos que permiten identificar condiciones críticas del agua y el recurso hídrico en las unidades de análisis.

1.2 Procedimiento metodológico de construcción del ENA 2014

La construcción del ENA 2014 se concentra en el desarrollo de los componentes de evaluación del estado, dinámica y tendencias de los componentes del ciclo del agua y las presiones que se ejercen sobre su disponibilidad y sobre la calidad por uso y contaminación respectivamente.

En particular se evalúan: agua superficial; agua subterránea; demanda hídrica; huella hídrica azul y verde; calidad de agua y presiones por contaminación; producción, transporte y depósito de sedimentos; características de la variabilidad hidroclimática.

Se realiza también el análisis integrado a partir del conjunto de indicadores que permiten identificar subzonas críticas relacionadas con las diferentes temáticas y se desarrolla un modelo que estima las tendencias de la demanda del agua en Colombia.

El proceso metodológico se sintetiza en la figura 1.4 y está agrupado en tres grandes áreas:

- El enfoque conceptual y metodológico del ENA 2014 y de las áreas temáticas que lo integran.
- La caracterización y análisis de cada componente con base en conceptos y métodos propios de la temática específica.
- Situación actual y tendencias del estado y dinámica del agua en Colombia y sus regiones a partir del análisis integrado.

1.2.1 Información y fuentes de información para ENA 2014

Para el ENA 2014 se utilizarán las series históricas de variables hidrológicas y meteorológicas actualizadas del período 1974-2012. Estas series fueron previa-

mente homogeneizadas y complementadas por el Departamento de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia.

Luego del proceso de homogeneización se seleccionaron 464 estaciones hidrológicas, 2.046 de precipitación, 465 climatológicas y 154 de la red de calidad de agua, complementadas con estaciones de otras entidades, autoridades ambientales, empresas de servicios públicos, entre otras.

Para la evaluación de la demanda de agua, huella hídrica y calidad de agua la información se obtiene del Registro Único Ambiental (IDEAM), encuestas, censos, estadísticas oficiales del Sistema Estadístico Nacional del DANE, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, entidades del Sistema Nacional Ambiental, así como de bases de datos analizadas y avaladas por los sectores usuarios.

En particular se utilizan datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, Encuesta Anual Manufacturera, Encuesta Anual de Servicios y Encuesta Ambiental Industrial. El año base para los análisis de presiones por uso de agua, contaminación y huella hídrica es 2012.

1.2.2 Sistema de coordenadas

De acuerdo con la Resolución 68 del 28 de enero de 2005, el país adopta Magna-Sirgas (Marco Geocéntrico de Referencia Nacional, referido al sistema Sirgas), como sistema de referencia para la cartografía oficial del país. En concordancia con esta norma, el sistema de referencia que se usará para la generación de todos los productos cartográficos de este estudio será el Sistema Magna-Sirgas.

Dado que la mayoría de los productos cartográficos a generar abarcan todo el territorio nacional la información se manejará en coordenadas geográficas, así como las salidas finales. Para el cálculo de áreas y longitudes en los casos que sean necesarios se usará el sistema de proyección Magna origen Bogotá.

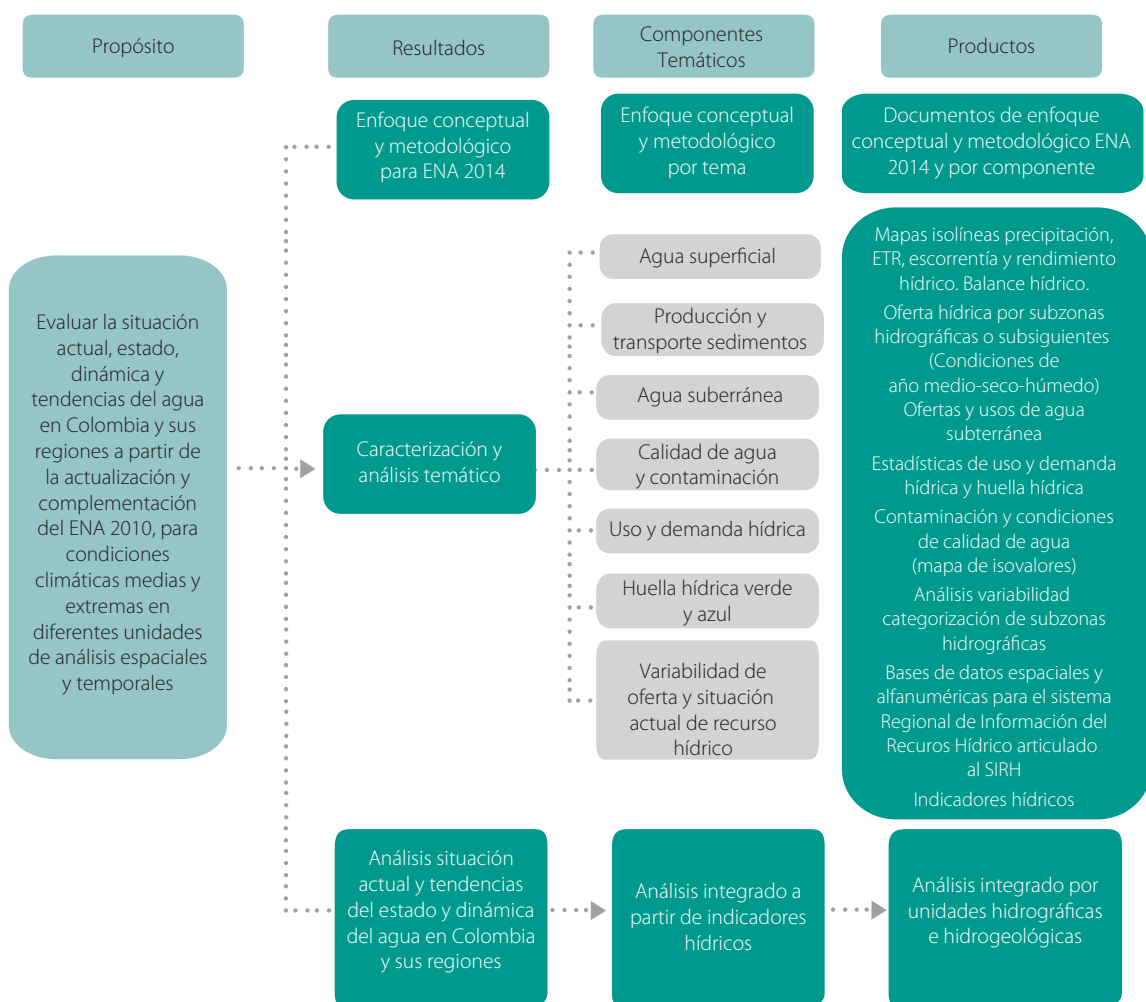


Figura 1.4 Esquema metodológico para el Estudio Nacional del Agua 2014
Fuente: modificado de IDEAM (2010).

1.2.3 Unidades de análisis espacial y temporal

Las unidades básicas de análisis están determinadas por la zonificación hidrográfica e hidrogeológica del país consignada en la publicación del IDEAM (2013). En particular las unidades de análisis espaciales consideran los niveles de la zonificación hidrográfica del país en el orden nacional: 5 áreas hidrográficas, 41 zonas y 316 subzonas, y para agua subterránea las 16 provincias hidrogeológicas y 61 sistemas acuíferos. En función de los temas y disponibilidad de información se abordan otras unidades espaciales, como unidades hídricas de fuentes abastecedoras de acueductos municipales, municipio y unidades que se identifiquen en

función de las características específicas de cada tema. Donde sean pertinentes al tema la disponibilidad y representatividad de la información, las unidades temporales corresponden al nivel anual y mensual. Se utilizan otras unidades en función de las características específicas de algunos temas e indicadores.

1.2.4 Análisis integrado

Teniendo como soporte los conceptos y los resultados de los componentes temáticos y el conjunto de indicadores hídricos mencionados, se realiza una evaluación de la situación actual del agua y un análisis tendencial a partir de las proyecciones de demanda y huella hídrica.

Capítulo 2

Agua superficial

Oferta hídrica
y régimen hidrológico
Ana Carolina Santos
Fabio Bernal
Guillermo Olaya
María Constanza Rosero

Ecosistemas glaciares
Jorge Luis Ceballos

Sequías
Fabio Bernal
Jorge González

Inundaciones
Nancy Alfonso

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



El propósito en el Estudio Nacional del Agua en relación con las aguas superficiales consiste en evaluar las características, condiciones y dinámica de los procesos hidrológicos, considerando este componente como un elemento transversal en la relación de los procesos antrópicos con el medio natural. Lo anterior se logra mediante la comprensión de flujos, almacenamientos e interacciones que representan los diferentes estados del agua en el ciclo hidrológico.

El capítulo se centra en: la evaluación de las características del régimen hidrológico, el estado actual, la dinámica y tendencias de la oferta hídrica natural y disponible en las diferentes regiones hidrográficas del país para condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas en unidades de tiempo anual y mensual.

Como complemento de la evaluación nacional de la oferta hídrica natural y disponible a nivel de subzona hidrográfica se realiza un análisis para las fuentes hídricas que abastecen acueductos de cabeceras municipales. Esta aproximación se hace con prioridad en los municipios que el país tiene identificados como vulnerables al desabastecimiento en condiciones hidrológicas extremas. Con la información disponible se identifican 318 cabeceras municipales y las fuentes de captación de agua, y se les asocia el estado de la oferta hídrica, los indicadores de presión por el uso y la vulnerabilidad al desabastecimiento de aquellas que se alimentan de corrientes superficiales.

Se consideran además los humedales y ecosistemas glaciares dada la relevancia en los procesos del ciclo hidrológico, en particular como reguladores hídricos. Se presenta una síntesis sobre las características y el estado de los glaciares colombianos, los cuales, además de su importancia científica, cultural y paisajística se consideran reservas de agua en el sistema de alta montaña que, dadas las actuales condiciones climáticas, ingresa en estado líquido gradual pero continuamente al ecosistema de páramo.

Para complementar el análisis del régimen hidrológico y variabilidad hidroclimática se realiza la

identificación y caracterización de periodos secos teniendo en cuenta los cambios detectados en la variabilidad climática.

La definición de condiciones secas exige identificar condiciones regionales, dado que si bien la afectación por la fase seca del ENSO (El Niño) se extiende a buena parte del país, la magnitud de estos eventos no es la misma para las regiones afectadas y no corresponde siempre con los indicadores clásicos que evidencian y caracterizan la existencia del fenómeno El Niño. Este capítulo pretende profundizar en la identificación de correlaciones de condiciones secas en Colombia a través de la relación del régimen hidrológico y la aplicación del Índice de Precipitación Estándar—Standard Precipitation Index, SPI— (OMM, 2012).

2.1 Oferta hídrica y régimen hidrológico

El modelo de base para la estimación de la oferta hídrica superficial es el ciclo hidrológico y la aplicación del principio de conservación de masa mediante el uso de la ecuación de balance hídrico en las unidades hidrográficas de análisis. Las características de la oferta hídrica se sintetizan en los índices de regulación hídrica y de aridez que relacionan elementos meteorológicos e hidrológicos.

El régimen hidrológico explica el comportamiento temporal de la oferta y describe la heterogeneidad en la respuesta hidrológica como resultado de la posición geográfica de nuestro país, el variado régimen de lluvias y las características de las cuencas.

El presente capítulo inicia con la descripción del marco conceptual y metodológico adoptado para evaluar el estado del agua superficial en Colombia, resaltando las limitaciones en las metodologías, el nivel de incertidumbre de la información disponible y la cobertura de monitoreo del país. En los resultados de la evaluación se encuentra la descripción y caracterización del régimen hidrológico y se presentan los

resultados de los índices de aridez y de regulación hídrica, asociado este último al régimen natural de las corrientes.

Adicionalmente, se presentan los valores de la oferta hídrica total superficial y oferta hídrica disponible en cada área hidrográfica para las condiciones hidrológicas de año medio, seco y húmedo.

2.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

Se presenta una síntesis de conceptos y la metodología utilizada para la evaluación del régimen hidrológico y la oferta hídrica, con énfasis en la actualización o complementación con respecto a lo realizado en el ENA 2010.

2.1.1.1 Conceptos

El ciclo hidrológico describe el transporte de las masas de agua a través de la atmósfera a la tierra y su retorno a la atmósfera, y es el modelo básico para entender el funcionamiento de los sistemas hídricos (Unesco, 1982).

En el análisis del ciclo hidrológico se deben considerar variables como la precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración, de forma que el único componente de entrada al ciclo hidrológico es la precipitación (a menos que exista un transvase), mientras que las salidas están representadas por la evaporación, la transpiración, la infiltración y la escorrentía.

En el *Glosario Hidrológico Internacional* el régimen hidrológico se define como: "Variaciones del estado y de las características de una masa de agua que se repiten de forma regular en el tiempo y en el espacio y que muestran patrones estacionales o de otros tipos" (Unesco, 2012). De esa forma, "El comportamiento de los caudales sintetiza en gran medida el régimen hidrológico de una corriente hídrica, como resultado de la interacción del medio natural y la dinámica de los procesos del ciclo hidrológico y sus interacciones" (IDEAM, 2013a).

La escorrentía superficial es una expresión material de la oferta hídrica total, pero, para fines de uso del recurso hídrico es importante definir que solo una parte de esa escorrentía o caudal puede ser usado y por ello se define la "oferta hídrica disponible". Esta oferta disponible es el resultado de considerar una parte de la oferta hídrica total para mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios aguas abajo (caudal ambiental).

Se presentan a continuación algunos conceptos básicos para la estimación de la oferta hídrica y sus principales características, los cuales corresponden con los del ENA 2010, con algunas precisiones.

Oferta hídrica total superficial, OHTS (IDEAM, 2013a): volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie del suelo que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos.

Oferta hídrica disponible, OHTD (IDEAM, 2010): volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistema y de los sistemas fluviales, y en alguna medida un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas (caudal ambiental).

Caudal ambiental: de acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, se 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" (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Año hidrológico medio (IDEAM, 2010): está definido por los caudales medios mensuales multianuales de la serie histórica de caudales medios.

Año hidrológico húmedo: está definido por los caudales máximos de los medios mensuales multianuales

de la serie de caudales medios mensuales (incluye períodos de los eventos El Niño y La Niña).

Año hidrológico seco: son los caudales mínimos mensuales de las series de caudales medios, los cuales se identifican con el año típico seco mensuales (incluye períodos de los eventos El Niño y La Niña).

El marco conceptual de oferta hídrica aplica para el componente de fuentes abastecedoras de cabeceras municipales, siendo la unidad de análisis ya no la subzona, sino la cuenca aferente al sitio de captación en la fuente.

2.1.1.2 Metodología

El comportamiento de los caudales en las dimensiones espaciales y temporales permite conocer la dinámica del régimen hidrológico determinado por las interacciones del agua que ingresa al sistema con los factores propios de la cuenca y los antropogénicos. A través del entendimiento del régimen hidrológico se pueden observar las alteraciones que se han presentado en una corriente en el transcurso del tiempo e identificar las corrientes que han sido intervenidas de manera que su régimen se encuentra notablemente alterado comparado con su estado natural, permitiendo cuantificar por qué tipo de modificación se está afectando, por ejemplo, extracciones, regulaciones o adición de caudal.

Un elemento para caracterizar el régimen es el análisis de frecuencias de caudales, que se realiza a partir de las series de caudales medios diarios y representa la probabilidad de excedencia de un valor de caudal determinado. El análisis de frecuencias se puede presentar a partir de la construcción de una curva de duración de caudales, donde se muestra en términos de frecuencias acumuladas el porcentaje de tiempo en el que un caudal es igualado o excedido.

La información de referencia para la construcción de la curva de duración de caudales es la obtenida a

partir del monitoreo de las estaciones hidrológicas. Para el análisis realizado en este estudio, los registros cumplen con un criterio de longitud de monitoreo de treinta años como mínimo, haciendo excepciones en zonas con escasa información.

En la construcción de la curva de duración de caudales (CDC), la estimación de la probabilidad de excedencia se lleva a cabo con la fórmula de California (Chow, Maidment, & Mays, 1988). Los valores de la curva de duración fueron empleados adicionalmente en la estimación del caudal ambiental.

Con el fin de realizar la caracterización del régimen hidrológico, se establecen unos índices que están relacionados con los elementos y variables de la oferta hídrica, los cuales se representan espacialmente en las unidades de análisis definidas de acuerdo con la información disponible. Los índices asociados con el potencial de disponibilidad hídrica y la regulación hidrológica son: el de aridez (IA) y el de regulación hídrica (IRH).

La oferta hídrica se puede obtener a partir de tres aproximaciones: 1) serie de caudales medios, 2) modelo lluvia-caudal, o 3) balance hídrico. En el primer caso los caudales registrados en las estaciones hidrológicas son convertidos en escorrentía mediante una relación caudal-área. Los valores puntuales de escorrentía de las estaciones se pueden representar espacialmente por medio de la asignación de la escorrentía al polígono del área aferente a la estación. Esta aproximación se consideró en la estimación de la oferta hídrica anual y mensual en algunas de las subzonas. La segunda metodología requiere gran cantidad de información para su implementación, de manera que no se contempló para el análisis de oferta hídrica del estudio.

La tercera aproximación para la estimación de la escorrentía consiste en hacer uso de la ecuación de balance hídrico sobre las unidades de estudio, en este caso se implementó a nivel anual el modelo

de balance hídrico de largo plazo para la condición hidrológica de año medio, en el que puede considerarse que el cambio del almacenamiento de agua en el volumen de control es nulo (Álvarez, Vélez, & Poveda, 2008), por lo que la escorrentía es igual a la precipitación menos la evapotranspiración sobre la unidad de análisis.

Este estudio muestra los análisis de la oferta hídrica en tres niveles jerárquicos de análisis espacial: 1) las cinco áreas hidrográficas asociadas a las principales vertientes del país: Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Pacífico y Amazonia; 2) las zonas hidrográficas, y 3) las subzonas hidrográficas que conforman las zonas hidrográficas, que en total corresponden a 316.

Adicional a la escorrentía expresada en lámina de agua (mm), la oferta hídrica superficial en las cuencas hidrográficas puede expresarse como rendimiento hídrico, el cual representa la cantidad de agua por unidad de superficie en un intervalo de tiempo dado ($l/s/km^2$).

Oferta hídrica año medio

La estimación de la oferta anual para año medio se basa en el concepto de balance hídrico, el cual, aplicado a un promedio multianual simplifica las variables componentes en términos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía.

En la Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur 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 (Unesco, 1982).

Este concepto permite emplear la ecuación de balance para estimar la escorrentía media anual, y en consecuencia la oferta hídrica media anual, en términos de precipitación y evapotranspiración.

La expresión simplificada de la ecuación para el balance anual es la siguiente:

$$ESC = P - ETR$$

donde:

ESC	=	Escorrentía hídrica superficial (mm)
P	=	Precipitación (mm)
ETR	=	Evapotranspiración real (mm)

Se plantea la estimación de la escorrentía superficial media anual para las subzonas, lo que permite integrar esta variable para las zonas hidrográficas y las cinco áreas hidrográficas del país, estimando el comportamiento a nivel regional de las condiciones hidrológicas promedio.

Con esta perspectiva la oferta hídrica de un área, representada por la escorrentía en la ecuación de balance, puede establecerse a partir de registros de precipitación y una estimación apropiada de la evapotranspiración real.

La disponibilidad de estaciones de precipitación en Colombia es suficiente, exceptuando las áreas hidrográficas de la Orinoquia y la Amazonia, por lo que la apropiada representación del campo de precipitación se debe apoyar en un método de interpolación adecuado.

A nivel mensual los valores asociados al almacenamiento en las cuencas no siempre son conocidos, como tampoco los valores de aportes, retornos y transvases, de ahí que la ecuación de balance simplificada no se considera representativa a dicha escala. En este estudio, la oferta hídrica superficial mensual está definida por valores de caudales medios mensuales reportados en las estaciones seleccionadas para él.

Para estimar la evapotranspiración potencial se adoptó el método de Penman-Monteith (FAO, 2006) y la real se estimó por los métodos de Turc (1955) y Budyko (1974).

La ecuación de Penman-Monteith para estimar la evapotranspiración potencial fue evaluada de manera puntual en las estaciones que contaban con la información generando un campo continuo de evapotranspiración potencial mediante la interpolación espacial con el método del inverso cuadrático de la distancia (IDW).

Mediante la aplicación de la ecuación de balance se obtiene un estimado de la escurrentía generada en cada una de las unidades de análisis. Sin embargo, esta estimación presenta limitaciones, dependiendo de la representatividad de la información climatológica empleada y del método de interpolación, lo cual puede generar sobre o subestimaciones en algunos de los elementos del balance.

La hipótesis del balance hídrico se refrenda mediante los registros de caudal de las estaciones hidrológicas. El valor medio multianual de caudal para las estaciones disponibles permite validar la escurrentía generada a través de la ecuación de balance hídrico para el área aferente a la estación.

Dada la variabilidad del régimen hidrológico sobre el territorio nacional, las correlaciones se llevaron a cabo en las ocho vertientes hidrográficas del país que representan regiones homogéneas: cuenca del río Cauca, 2) cuenca alta del río Magdalena, 3) cuenca media del río Magdalena, 4) cuencas de la vertiente del Caribe, 5) cuencas de Pacífico, 6) cuenca del río Catatumbo, 7) cuenca del río Amazonas, 8) cuenca del río Orinoco. Al encontrar buenos ajustes entre los caudales observados y estimados se adopta que el valor de escurrentía es equivalente a la oferta hídrica total para una condición hidrológica de año medio.

Alternativa a la ecuación de balance es la interpolación espacial de la escurrentía que no es útil en zonas con baja densidad de estaciones o una distribución no apropiada de estas, siendo limitada su aplicación y no utilizable con carácter nacional, por lo menos de una manera simplificada.

Para el consolidado de oferta total por subzona, si las dos opciones anteriores no representaban adecuadamente la escurrentía en una subzona en particular, se emplearon aproximaciones basadas en el rendimiento hídrico de estaciones representativas. Esto, si bien limita la representación espacial que resulta ventajosa a partir de la expresión de balance, permite precisar los valores de oferta para las unidades deseadas en el análisis.

Mediante este proceso se obtienen en este estudio valores consolidados de escurrentía que, presentados en términos de volumen anual, representan la oferta hídrica total producida en las subzonas hidrográficas. A partir de estos valores y empleando el área de la respectiva subzona, pueden establecerse rendimientos promedio.

Oferta hídrica año seco

La definición de año seco es netamente estadística y el valor asociado a cada estación no necesariamente tiene correspondencia temporal entre las diferentes estaciones en cada subzona. En este sentido la aplicación de la ecuación de balance no resulta conveniente y la oferta total para año seco corresponde a una representación espacial a través de interpolación de los valores de escurrentía en los sitios con estaciones hidrológicas.

En este caso los caudales registrados en las estaciones hidrológicas son convertidos en escurrentía por medio de una relación caudal-área. Los valores puntuales de escurrentía de las estaciones se representan espacialmente mediante la asignación de la escurrentía al polígono del área aferente a la estación y la interpolación de estos valores.

Oferta total año húmedo

La oferta total para año húmedo se obtuvo a partir la representación espacial de la suma de los valores máximos medios mensuales de las estaciones hidrológicas empleadas.

Oferta hídrica disponible y caudal ambiental

A partir del análisis estadístico y el conocimiento experto se pueden definir los valores característicos del caudal ambiental. En la figura 2.1 se muestra el proceso general para determinar la oferta hídrica disponible a partir de la curva de duración de caudales diarios y la estimación del caudal ambiental.

Con base en las curvas representativas se calcula el índice de regulación hídrica (IRH) y el caudal ambiental teniendo en cuenta las siguientes dos condiciones:

A cuencas con autorregulación alta y poca variabilidad de caudales diarios, en que 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 retención 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 determinación del caudal ambiental. Este criterio se aplicó para la condición de oferta año medio empleando los valores de estaciones de referencia y aplicando proporcionalidad a la oferta media para extender una estimación del caudal ambiental a la unidad de subzona hidrográfica.

La oferta hídrica disponible se determina de la oferta total menos el caudal ambiental. Este proceso se realiza a nivel de subzona hidrográfica. El caudal ambiental para año seco se obtuvo de una proporción entre el caudal ambiental año medio y el caudal medio estimado.

Oferta hídrica en fuentes que abastecen acueductos de las cabeceras municipales

En este aparte se muestra la forma general como se estima la oferta hídrica superficial para fuentes de abastecimiento en cabeceras municipales, basada

en el balance hídrico o interpolación de los valores de escurrimiento de las estaciones disponibles, para dar una señal indicativa sobre los posibles problemas de oferta y vulnerabilidad al desabastecimiento.

Con base en la relación de 301 municipios que el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) identificó con alta probabilidad de desabastecimiento de agua, y 17 municipios más identificados por el IDEAM en los departamentos La Guajira, Bolívar, Sucre, Córdoba, Cesar y Casanare, con información obtenida de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, así como de los esquemas y planes de ordenamiento territorial, de los planes de desarrollo municipal y en algunos casos de las entidades o empresas prestadoras del servicio de acueducto, se actualizan los indicadores presentados en el ENA 2010 para esas fuentes abastecedoras de acueducto.

En cuanto a la actualización de la oferta hídrica superficial de estas fuentes abastecedoras de las cabeceras municipales, se verificaron las captaciones que en términos generales corresponden a fuentes superficiales, subterráneas o mixtas.

En el caso de que la fuente fuere superficial la actualización de la oferta hídrica se realizó bajo dos escenarios: 1) cuando la fuente o las fuentes asociadas a una cabecera coincidían con las reportadas en el ENA 2010 se actualizó el valor de oferta a partir de los mapas de escurrimiento total año medio y año seco; 2) si en la fuente abastecedora existe una estación hidrológica cercana con registros en el periodo adoptado por el ENA 2014, se tomó el valor correspondiente a la oferta para condiciones medias y secas.

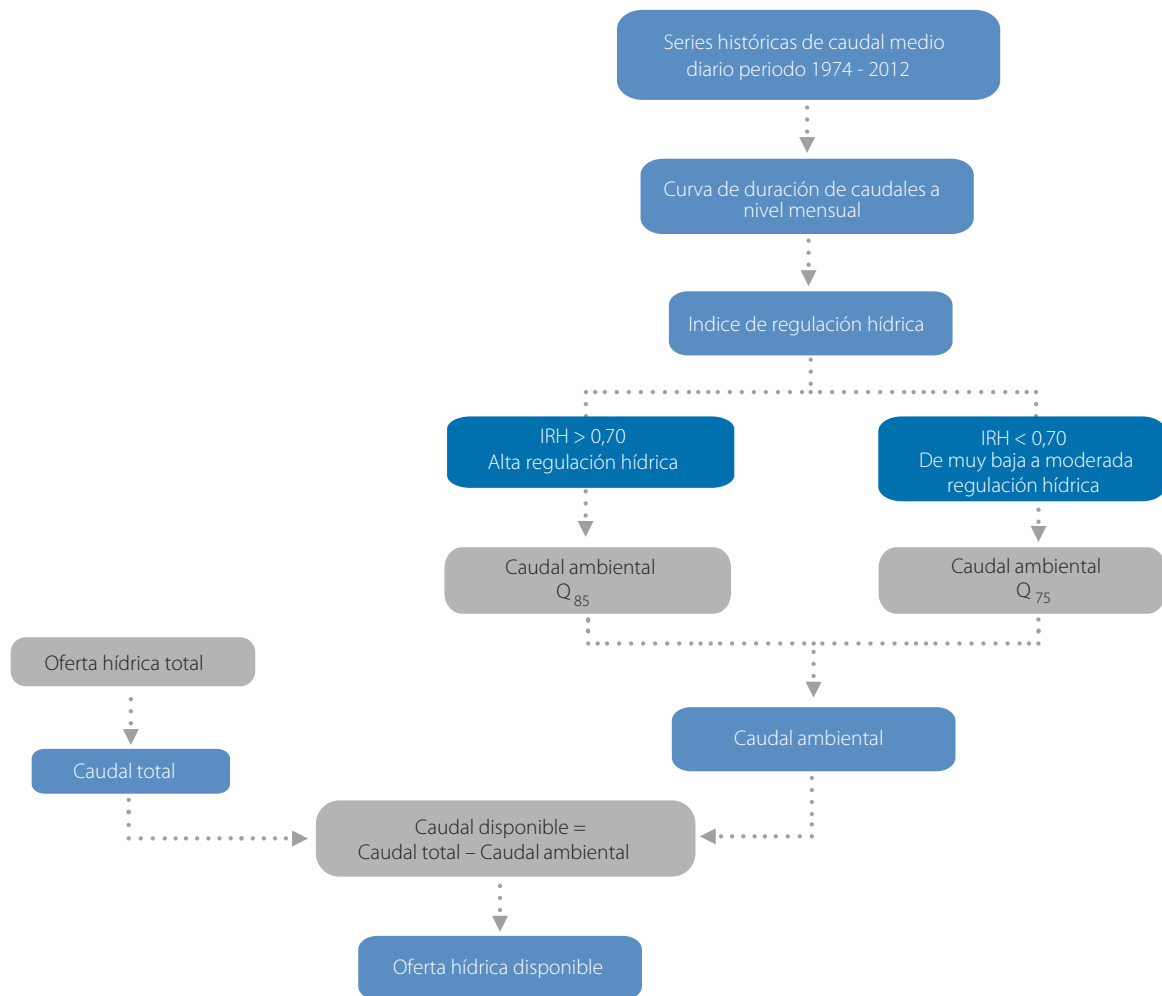


Figura 2.1 Diagrama de flujo para la determinación de la oferta hídrica superficial

De las 318 cabeceras municipales con probabilidad de desabastecimiento, 265 tienen como fuente corrientes superficiales, 24 se abastecen de pozos profundos, 11 cuentan con aprovechamientos mixtos (superficial y subterránea), 14 de reservorios y 4 se proveen de agua en bloque.

El valor de la oferta hídrica superficial en las fuentes de abastecimiento de las cabeceras municipales se obtuvo a partir de la identificación y definición de la cuenca hidrográfica aportante. El valor de la escorrentía se toma de la capa de escorrentía o a partir de los datos medidos en una estación hidrológica del IDEAM con registros del periodo definido para el ENA 2014.

El procedimiento adelantado, en el primer caso, para 98 cabeceras, donde la fuente y el polígono de

la cuenca hidrográfica son coincidentes con el ENA 2010, la oferta anual tanto en condiciones medias y secas se obtuvo a partir de los mapas de escorrentía total año medio y año seco. En el segundo caso, para 62 cabeceras municipales, donde se cuenta con una estación hidrológica cercana, la oferta en año medio y seco se calculó con los datos de caudal medio y mínimo anual multianual de dicha estación.

En las restantes 105 cabeceras municipales, aunque se identificó la fuente de abastecimiento, no se realizó la actualización de la oferta hídrica con relación al ENA 2010 por incertidumbre en la localización del punto de captación que permitiera definir el polígono de la cuenca aportante con cierta precisión para obtener un estimativo de la oferta.

2.1.2 Resultados y análisis

Con base en los conceptos y metodología del punto anterior, en este aparte se presenta el análisis de caudales que da cuenta de las características del régimen hidrológico en las unidades hídricas de análisis tanto espaciales y temporales para el componente de agua superficial. Igualmente, incluye los indicadores asociados con el régimen natural y la actualización de las estimaciones de oferta hídrica tanto a nivel de subzona hidrográfica como de las unidades hídricas que abastecen cabeceras municipales vulnerables al desabastecimiento.

2.1.2.1 Caracterización del régimen hidrológico

El régimen hidrológico en Colombia se caracteriza a nivel intraanual por periodos secos y húmedos, que serán referidos en este aparte como régimen monomodal y bimodal para indicar la existencia de uno o dos periodos secos y/o húmedos. Esta variación del caudal mensual compensa en ocasiones el contraste entre la escorrentía de los períodos secos y aquellos con excedentes de agua, haciendo difícil identificar años secos con base solamente en el valor promedio anual.

En este punto, además del régimen mensual de caudales que se muestra para estaciones representativas de cuencas en diferentes áreas hidrográficas del país (ver figura 2.2), se describe el régimen hidrológico de los principales ríos colombianos. Se incluyen en el análisis los valores mínimos y máximos dentro del año promedio y caudales asociados con condiciones altas o bajas, que corresponden a probabilidades de excedencia de 5% y 95% respectivamente. (en adelante referidos como Q5 y Q95).

Área hidrográfica del Caribe

El régimen hidrológico del área hidrográfica del Caribe presenta característica bimodal, con dos temporadas de caudales máximos en mayo y noviembre en las

cuencas de los ríos Catatumbo, Ranchería, León, y la cuenca alta del río Atrato.

En la cuenca baja del río Atrato, y en los ríos Sinú y San Juan de Urabá, el régimen es de tipo monomodal, con caudales máximos entre mayo y noviembre. Las cuencas que están bajo la influencia de la Sierra Nevada de Santa Marta, como las de los ríos Don Diego, Guachaca, Gaira y Piedras, también tienen un régimen monomodal, con caudales máximos entre agosto y diciembre.

En la figura 2.2 se aprecia la atenuación de un leve régimen bimodal a monomodal en el río Atrato a medida que se monitorea hacia el norte, esto por efecto de los aportes de tributarios y el cambio en el régimen de precipitación en la zona norte del país por efecto de la zona de convergencia intertropical. Los ríos ubicados en el norte tienden a presentar un marcado régimen monomodal.

Sobre el río Atrato, en la cuenca alta, según la estación Puente las Sánchez, a 2.000 msnm, el régimen es ligeramente bimodal, con un caudal medio de 13 m³/s y valores máximos en mayo y noviembre con un caudal cercano a 16 m³/s. La primera época de estiaje, en febrero, alcanza un caudal de 9 m³/s, y la segunda, en septiembre, de 12 m³/s. Luego de la confluencia del río Quito con el Atrato la magnitud del caudal medio aumenta a 1.053 m³/s, en la estación Belén; aguas abajo de Quibdó su régimen aún es bimodal, aunque la segunda época de estiaje no es tan marcada.

El río Atrato, en su recorrido hacia el Caribe, se ve influenciado por amplias llanuras inundables que sirven como zonas de amortiguamiento en las temporadas de alta escorrentía, hecho que puede favorecer la transición de un régimen bimodal en la parte alta a un régimen monomodal en la parte baja. En la estación Bellavista el río Atrato, con un régimen monomodal, tiene un caudal medio de 2.470 m³/s, un valor máximo en noviembre de 2.994 m³/s y un mínimo en marzo de 1.773 m³/s.

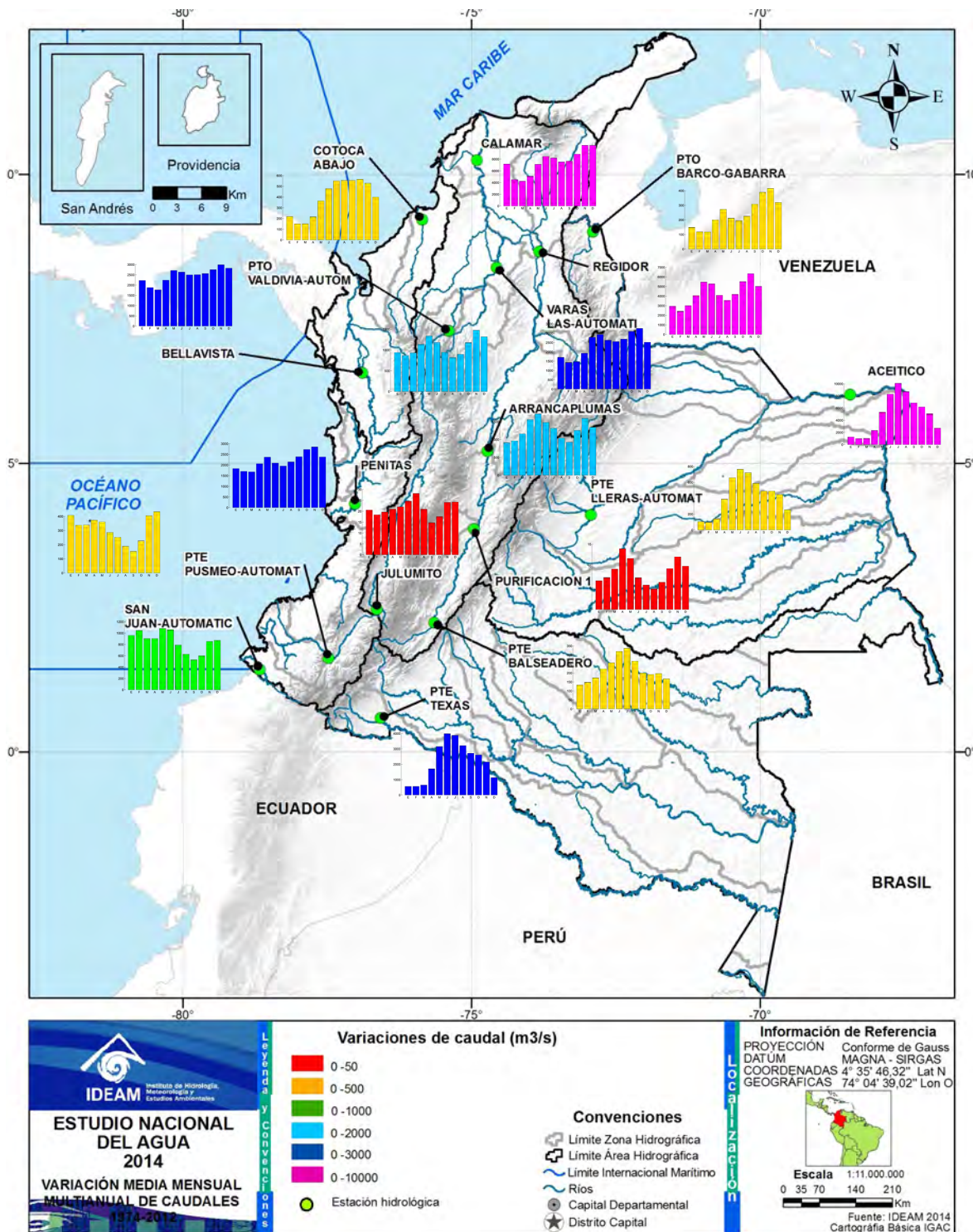


Figura 2.2 Variación del régimen mensual de caudales en Colombia

Adicional al río Atrato, algunos de los ríos que drenan directamente al mar Caribe, margen izquierda del río Magdalena, nacen o fluyen en los departamentos del Antioquia, Córdoba y Sucre. En el caso del río Sinú, en la parte alta, en inmediaciones de la represa de Urrá, la estación La Despensa muestra un régimen monomodal, con ascensos de 110 m³/s en marzo a 432 m³/s en julio. Al igual que el río Atrato en su recorrido hacia el Caribe, el río Sinú se encuentra con sistemas cenagosos. En Montería, la estación Montería, a una elevación de 17 msnm tiene un valor de caudal medio anual de 373 m³/s y en la estación Cotoca Abajo, a 5 msnm, el caudal medio anual es de 395 m³/s, con un máximo en octubre de 566 m³/s y un mínimo en febrero de 151 m³/s.

En el norte de Colombia, en el departamento de La Guajira, la estación Cuestecitas sobre el río Ranchería muestra un régimen bimodal, con caudales altos en mayo de 18 m³/s y en noviembre de 35 m³/s. Los caudales de estiaje ocurren en marzo y julio, con 2,22 m³/s y 7,41 m³/s respectivamente.

En el costado nororiental, los ríos que drenan al golfo de Maracaibo provienen del departamento Norte de Santander; ríos como el Catatumbo, Zulia, Pamplonita y Sardinata tienen un régimen bimodal. Sobre el río Catatumbo, en la estación Puerto Barco-Gabarra, el caudal medio anual es de 244 m³/s.

Los caudales máximos en mayo y noviembre son de 273 y 416 m³/s respectivamente. Los caudales de estiaje en la primera temporada tienen lugar en marzo, con 118 m³/s, y en la segunda temporada en julio, con 195 m³/s. El segundo río en magnitud de caudal medio en la región del Catatumbo es el Zulia, con un caudal de 120 m³/s en la estación Puerto León.

Área hidrográfica del Magdalena-Cauca

La cuenca Magdalena-Cauca tiene un régimen hidrológico en gran medida determinado por la diversidad del sistema orográfico y las condiciones climáticas que

favorecen una variabilidad espacial y temporal, marcada principalmente por el desplazamiento de la zona de confluencia intertropical. Adicionalmente, en esta área se observa la mayor influencia sobre el régimen de estructuras hidráulicas y las actividades humanas de los principales centros poblados de Colombia.

En la parte baja y media de la macrocuenca se aprecian grandes planicies de inundación que se destacan por las interacciones de complejos cenagosos con los ríos principales que allí discurren. Dadas estas condiciones, el análisis del régimen hidrológico respecto de esta área hidrográfica se puede indicar en grandes regiones: Alto, Medio y Bajo Magdalena; y Alto, Medio y Bajo Cauca.

Al igual que los ríos Caquetá, Putumayo y Patía, los ríos Cauca y Magdalena nacen en la estrella fluvial del Macizo Colombiano, por lo que el régimen en la parte alta del Magdalena puede estar influenciado por el régimen climático amazónico. En la cuenca alta del Magdalena en el departamento del Huila, la estación Salado Blanco muestra un régimen monomodal con caudales altos hacia la mitad del año y los caudales máximos se presentan en julio. Mediante la observación de la curva de duración de caudales diarios de la misma estación se puede inferir que se podrían presentar caudales altos del orden de 320 m³/s correspondientes al caudal con el 5% de excedencia (Q5) y en condiciones de sequía un caudal de 77 m³/s correspondiente al caudal del 95% de excedencia (Q95).

Este régimen se mantiene en las estaciones Pericongo y Puente Balseadero, ubicadas aguas arriba del embalse de Betania, con caudales medios anuales para el periodo 1974 a 2012 de 158 m³/s y 218 m³/s respectivamente. A la altura de Neiva, en la estación Puente Santander, aguas abajo del embalse de Betania, se presentan un máximo caudal medio en julio con 671 m³/s y un caudal de 5% de excedencia que puede alcanzar 1.013 m³/s, en contraste con el caudal medio mensual más bajo, que ocurre en enero con 371 m³/s, y posibles sequías del orden de 288 m³/s.

El régimen hidrológico del río Magdalena en su travesía hacia el centro del país se transforma en un régimen bimodal, con caudales máximos en mayo y noviembre, este régimen se acentúa con los aportes de numerosos ríos, como se observa en la estación Purificación, con valores máximos del orden de 12 m³/s en abril y noviembre.

En el recorrido del Magdalena entre las poblaciones de Purificación, Guamo, Espinal, Girardot y Honda se observan los importantes aportes de corrientes como las de los ríos Bogotá, Sumapaz, Coello y Saldaña. En la estación Arrancaplumas el caudal medio anual es de 1.277 m³/s a una altura de 230 msnm, con régimen bimodal y valores máximos en mayo y noviembre que alcanzan los 1.700 m³/s. En condiciones altas (Q5) el caudal puede estar en los 2.700 m³/s y en bajas (Q95) en 816 m³/s.

En la cuenca media del Magdalena, en el municipio de La Dorada, el régimen es de tipo bimodal, como se observa en la estación Puerto Salgar, ubicada aguas arriba de los aportes de los ríos La Miel y Negro. Registra valores altos de caudales medios en mayo y noviembre que van de los 1.800 a los 1.900 m³/s. A una altura de 108 msnm, en el municipio de Puerto Berrío, aguas abajo de la confluencia del río Nare, el régimen del río Magdalena se mantiene bimodal, como lo muestra la estación Puerto Berrío, con un caudal medio anual de 2.361 m³/s y caudales altos (Q5) de 4.298 m³/s y bajos (Q95) de 1.578 m³/s.

En la cuenca baja del Magdalena, después de la confluencia de los ríos Carare, Opón y Sogamoso, en la estación Sitio Nuevo, el régimen aún es de tipo bimodal, con máximos en mayo y noviembre, con valores del orden de los 5.000 m³/s. En condiciones altas se pueden presentar caudales de 6.100 m³/s y bajas de 2.500 m³/s, de acuerdo con los caudales del 5% y 95% de excedencia según la curva de duración de caudales diarios. El caudal medio anual en la estación Sitio Nuevo es de 3.604 m³/s.

En el departamento de Bolívar, en la estación Regidor, el caudal medio anual es de 4.333 m³/s. La tendencia del

régimen bimodal se mantiene, siendo noviembre el mes de más alto valor de caudal, con 864 m³/s.

Después de recibir los aportes de los ríos Cauca y Cesar, además de haber sido afectado por el sistema cenagoso de La Mojana y la ciénaga de Zapatosa, el río Magdalena en su parte baja muestra un régimen bimodal no tan marcado como en el Magdalena Medio. Según estas condiciones, se atenúan los valores en el segundo periodo de caudales bajos en los meses de julio a septiembre.

En la estación Calamar, en el departamento de Bolívar, los valores máximos del primer semestre del año se encuentran en junio, con 8.400 m³/s, y en el segundo semestre los meses húmedos son noviembre y diciembre, con valores de 10.300 m³/s. Los caudales altos representados por el caudal con excedencia del 5% son del orden de 12.800 m³/s y para caudal con excedencia del 95% son de 5.400 m³/s.

El río Cauca, en su nacimiento en el municipio de Puracé (Cauca), a una altura de 2.800 msnm, tiene un régimen hidrológico monomodal como el observado en la estación Puente Aragón, con caudales máximos en julio del orden de los 16 m³/s. En inmediaciones de Popayán, aguas arriba del embalse de Salvajina, en la estación Julumito, el régimen se mantiene monomodal, aunque en septiembre se pueden encontrar leves ascensos en los caudales respecto de sus meses precedentes.

En su travesía hacia el norte del país, el río Cauca va variando su régimen hidrológico progresivamente gracias a los aportes de varios afluentes, de los cuales algunos tienen régimen monomodal con caudales máximos en diciembre, y otros con régimen bimodal, como se evidencia en la estación La Pintada, a una elevación de 560 msnm, con un caudal medio anual de 700 m³/s.

En la parte media de la cuenca, en los afluentes de los márgenes derecho e izquierdo del río Cauca, se observa una condición particular, pues las corrientes que drenan hacia él por la margen derecha (ríos La

Vieja y Chinchiná) muestran un régimen bimodal, con el segundo periodo de estiaje más intenso entre julio y septiembre, en contraste con los afluentes de la margen izquierda, que tienen régimen monomodal (ríos Tarazá y Man).

En el departamento de Antioquia es claro que se mantiene la condición de régimen bimodal en la estación Apavi, donde el caudal medio anual del río Cauca se registra en $1.184 \text{ m}^3/\text{s}$ y los caudales máximos se presentan en mayo y noviembre, con valores de 1.480 y $1.633 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Los caudales altos (Q5) son del orden de $2.231 \text{ m}^3/\text{s}$ y el de 95% de excedencia de $783 \text{ m}^3/\text{s}$.

Antes de que el río Cauca desemboque al Magdalena se presentan dos confluencias importantes, como son las de los ríos Nechí y San Jorge; adicionalmente, se presenta el sistema de ciénagas de La Mojana. Estas dos corrientes exhiben un régimen monomodal, con caudales máximos entre mayo y noviembre, cuyos valores medios son de 827 y $216 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente.

En la estación Las Varas, sobre el río Cauca, después del aporte del río Nechí, se observan caudales máximos en mayo y octubre; sin embargo, la época de caudales bajos en la mitad del año no es tan marcada como la apreciada en las estaciones aguas arriba.

El régimen monomodal es común en los afluentes de la margen izquierda, localizados al norte del Magdalena Medio (ríos Cimitarra y San Jorge), así como en los ríos de la vertiente Caribe que nacen en inmediaciones del PNN Paramillo.

Área hidrográfica del Orinoco

Gran parte de las corrientes que pertenecen al área hidrográfica del Orinoco nacen en la cordillera Oriental, en los departamentos de Boyacá, Meta y Cundinamarca; luego transcurren a través de los llanos orientales por corrientes de grandes caudales como las de los ríos Meta, Guaviare, Inírida, Arauca, Vichada, Guayabero y Upía. El régimen hidrológico en toda el área es de tipo monomodal, con caudales máximos entre junio

y agosto, mientras que los caudales mínimos tienen lugar entre enero y marzo.

La extensión de la cuenca del río Meta alcanza el 24% de la vertiente, exhibiendo caudales medios mensuales que oscilan en el rango de $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ a $10.100 \text{ m}^3/\text{s}$ cerca de su desembocadura al río Orinoco; en la estación Aceitico, en la frontera con Venezuela, los caudales con el 5% de excedencia pueden ser de $10.900 \text{ m}^3/\text{s}$ y los de 95% de excedencia de $1.600 \text{ m}^3/\text{s}$. Los principales tributarios del río Meta son el río Upía, con un caudal medio anual de $418 \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación Guaicaramo, los ríos Guayuriba y Metica con valores medios anuales de $155 \text{ m}^3/\text{s}$ y $369 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, y los ríos Manacacías y Cusiana, con $473 \text{ m}^3/\text{s}$ y $235 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el río Inírida, en inmediaciones de Paujil, departamento del Guainía, el caudal medio anual es de $2.930 \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación Puerto Inírida. El río Guaviare, aguas abajo de la confluencia con el Inírida y aproximadamente a 16 km de la desembocadura al Orinoco, el caudal máximo mensual multianual ocurre en agosto, con un total de $12.806 \text{ m}^3/\text{s}$, como lo registra la estación Guayare.

Área hidrográfica del Amazonas

Los principales ríos que conforman el área hidrográfica del Amazonas son Caquetá, Apaporis, Putumayo, Caguán, Vaupés y Guainía. Estos ríos son caudalosos y su régimen es monomodal. El río Amazonas, en el municipio de Leticia, en la estación Nazareth (con una elevación de 70 msnm) muestra en mayo el mayor caudal medio mensual, $35.111 \text{ m}^3/\text{s}$, y el mínimo en septiembre, $18.707 \text{ m}^3/\text{s}$, asociado a un caudal medio de $26.892 \text{ m}^3/\text{s}$.

En este punto el río Amazonas viene de una travesía desde su nacimiento, a 5.000 msnm en los Andes, en Perú, por lo tanto está influenciado por las condiciones climáticas que en su recorrido encuentra, que son de alguna manera diferentes y en general opuestas en términos de magnitud a las que interfieren en el régimen hidrológico de los ríos que nacen en el sur de Colombia.

De los ríos que nacen en Colombia en el área hidrográfica del Amazonas, el Putumayo y el Caquetá son los más caudalosos. El río Caquetá, con valor medio de 9.540 m³/s, su régimen monomodal registra el mayor caudal en junio, 15.370 m³/s, y el mínimo en febrero, 4.826 m³/s; estos valores son registrados por la estación Puerto Córdoba. En la parte alta del río Putumayo, en las estaciones El Edén (con elevación de 2.800 msnm) y Puente Texas (250 msnm), se observa el régimen monomodal con mayores caudales en julio, 52 y 700 m³/s respectivamente.

La época de estiaje se presenta de diciembre a enero, con valores de 16 y 361 m³/s. En la parte baja del río Putumayo, en el municipio de Tarapacá, se pueden registrar valores de caudal máximo mensual de 10.700 m³/s. Es importante mencionar también que el río Putumayo es influenciado en su margen derecha por los aportes desde Ecuador.

En magnitud de caudal lo siguen los ríos Caguán, en La Quilla, con un caudal máximo de 1.900 m³/s, y el río Vaupés, en la estación Mitú, con un caudal máximo en julio de 2.200 m³/s.

Área hidrográfica del Pacífico

En el área hidrográfica del Pacífico se encuentran las cuencas hidrográficas de los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, con valores medios mensuales comprendidos en el rango de 2.186 m³/s a 3,35 m³/s. El régimen hidrológico está diferenciado en dos partes: la región de los ríos Patía y Mira, y la del río San Juan.

El régimen característico del sur del Pacífico es monomodal, como ejemplo se tienen las cuencas de los ríos Patía y Mira. En el departamento de Nariño, la estación Puente Pusmeo, sobre el río Patía, los caudales máximos ocurren entre octubre y enero, con valores que pueden superar los 400 m³/s, y la época de estiaje es de junio a septiembre, con un valor mínimo de 154 m³/s. El río Mira no nace en Colombia, su régimen hidrológico está marcado por

una temporada de caudales máximos de octubre a junio, con leves descensos de marzo a abril. El caudal medio del río Mira es de 854 m³/s en la estación San Juan Mira.

Al norte del Pacífico, en el departamento del Chocó, la cuenca del río San Juan alcanza caudales medios mensuales entre 2.855 m³/s y 1.681 m³/s cerca de su desembocadura en el océano Pacífico, en la estación Peñitas. La cuenca del río San Juan está definida por dos temporadas de caudales altos entre abril y mayo, y la segunda de septiembre a diciembre, junto con dos períodos de estiaje de enero a marzo y junio a agosto, el primero con un descenso de caudales más pronunciado, como se observa en la estación Istmina, cuyo caudal medio anual es de 324 m³/s. Los dos caudales máximos son de 347 y 454 m³/s en mayo y noviembre. Los de estiaje, de 247 y 262 m³/s en marzo y julio.

Índice de aridez (IA)

La figura 2.3 muestra los grados de excedencia o déficit de agua en las diversas regiones del país. A nivel nacional y en condición media el 43% del territorio presenta altos excedentes de agua, y el 1% un alto déficit de ella.

Las figuras 2.4 y 2.5 ilustran sobre el porcentaje de áreas del país que tienen asociadas las siete categorías de este indicador. El diagrama de barras permite complementar el análisis mostrando esta distribución porcentual de diferentes grados de aridez en cada una de las áreas hidrográficas.

Las zonas hidrográficas con altos excedentes de agua son las de Amazonas, con el 88% de su área, con alta proporción en las regiones de los ríos Putumayo, Vaupés, Guainía, y la del Pacífico, 67% de su área, con los ríos que drenan directamente al Pacífico y el río Baudó; en el área del Caribe los mayores excedentes del agua se observan en la cuenca del río Atrato, seguido del Catatumbo; en el área hidrográfica del Orinoco los ríos Apure e Inírida, y en el área del Magdalena-Cauca el río Nechí.

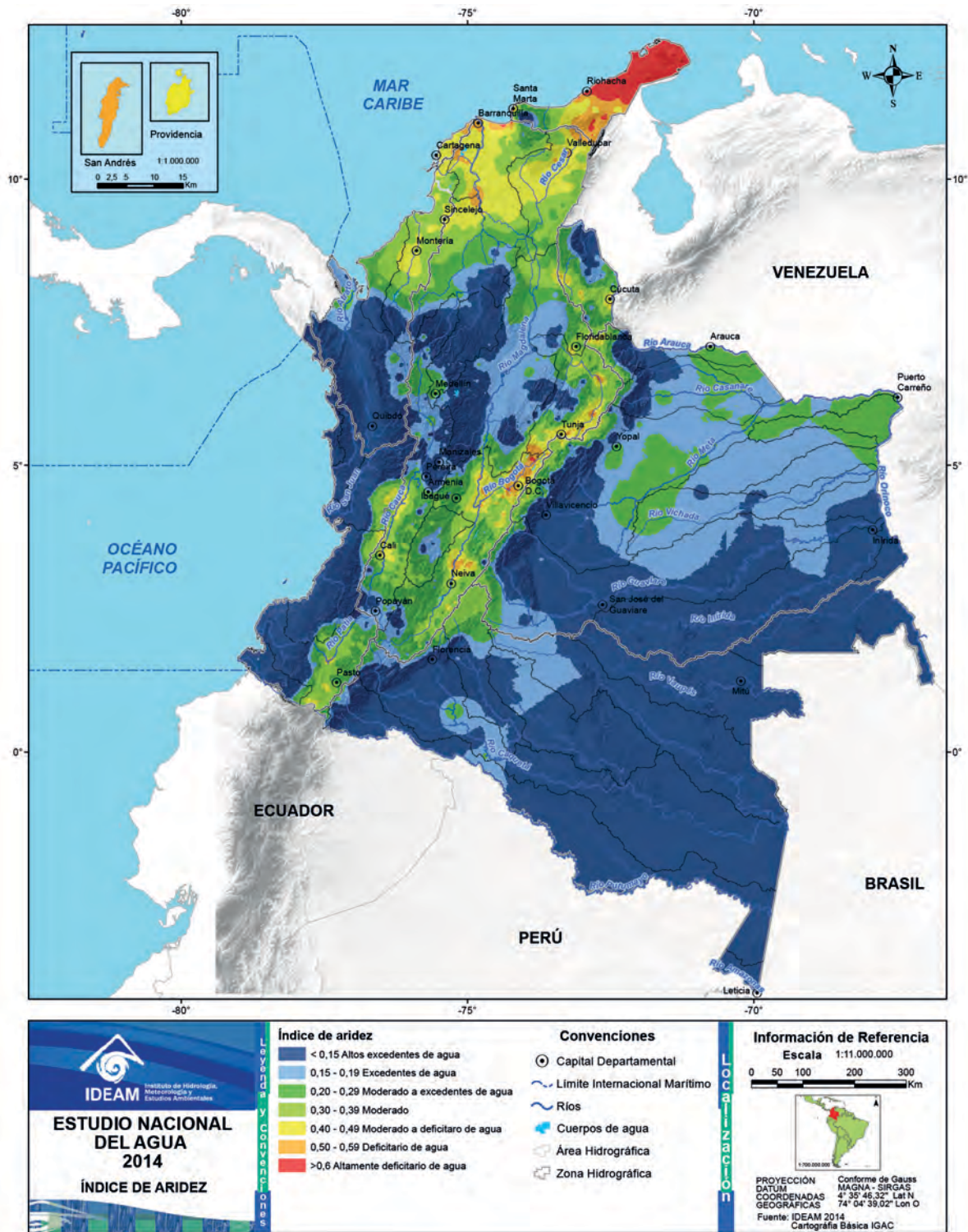


Figura 2.3 Índice de aridez en las regiones de Colombia

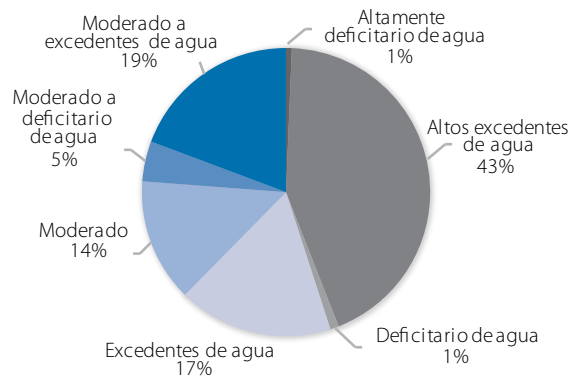


Figura 2.4 Distribución del índice de aridez para Colombia

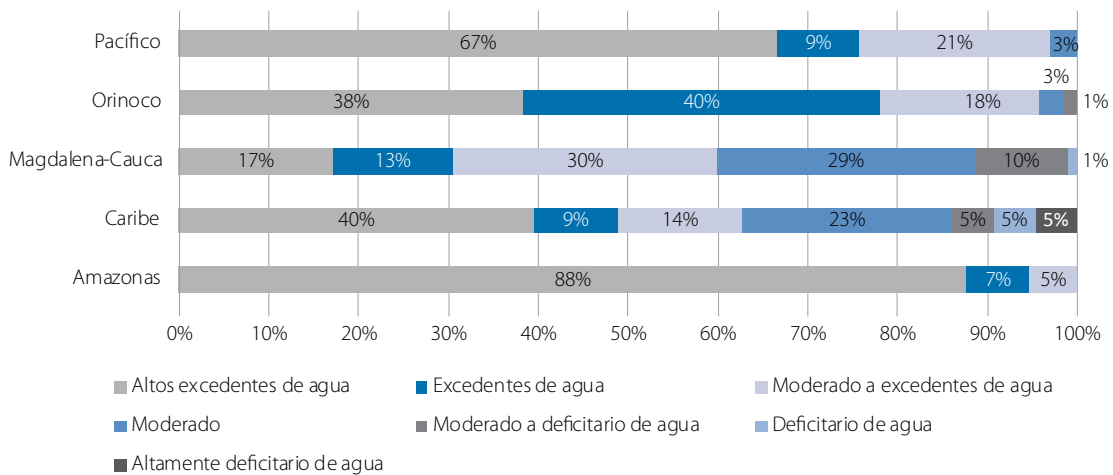


Figura 2.5 Distribución del índice de aridez por área hidrográfica

Las regiones con mayor déficit de agua se concentran en el área hidrográfica del Caribe, en La Guajira, donde el índice de aridez va de categoría altamente deficitaria a deficitaria en las cuencas de los ríos que drenan directamente al Caribe y el río Ranchería. Esta condición es un poco menos crítica en otras regiones, con valores moderados de aridez en el Catatumbo (en el Caribe), el río Sumapaz, Saldaña y el Bajo Cesar en el área del Magdalena-Cauca. En el sur del país las cuencas de los ríos Garagoa, Chitagá en el Orinoco y el Guátara en el Pacífico, muestran una condición moderada del índice de aridez.

Índice de regulación hídrica (IRH)

A partir de los datos de las estaciones hidrológicas se estimó el IRH por estación y se generó una represen-

tación espacial del indicador para determinar las subzonas en condiciones de mayor y menor capacidad de retener y regular el agua. La figura 2.6 presenta la estimación del indicador y su magnitud en las diferentes regiones del país.

En las áreas del Pacífico, la Amazonia y el Bajo Cauca se identifican las cuencas con la más alta capacidad para retener humedad y mantener condiciones de regulación. Por su parte, las condiciones de moderada regulación se encuentran en sectores de las áreas del Magdalena-Cauca, Orinoco y Caribe. Algunos sectores del piedemonte llanero, la parte baja del río Meta, la sabana de Bogotá y el Bajo Sinú. Los afluentes directos al Caribe presentan cuencas con condiciones de retención y regulación bajas. Las condiciones de más baja regulación se encuentran en La Guajira.

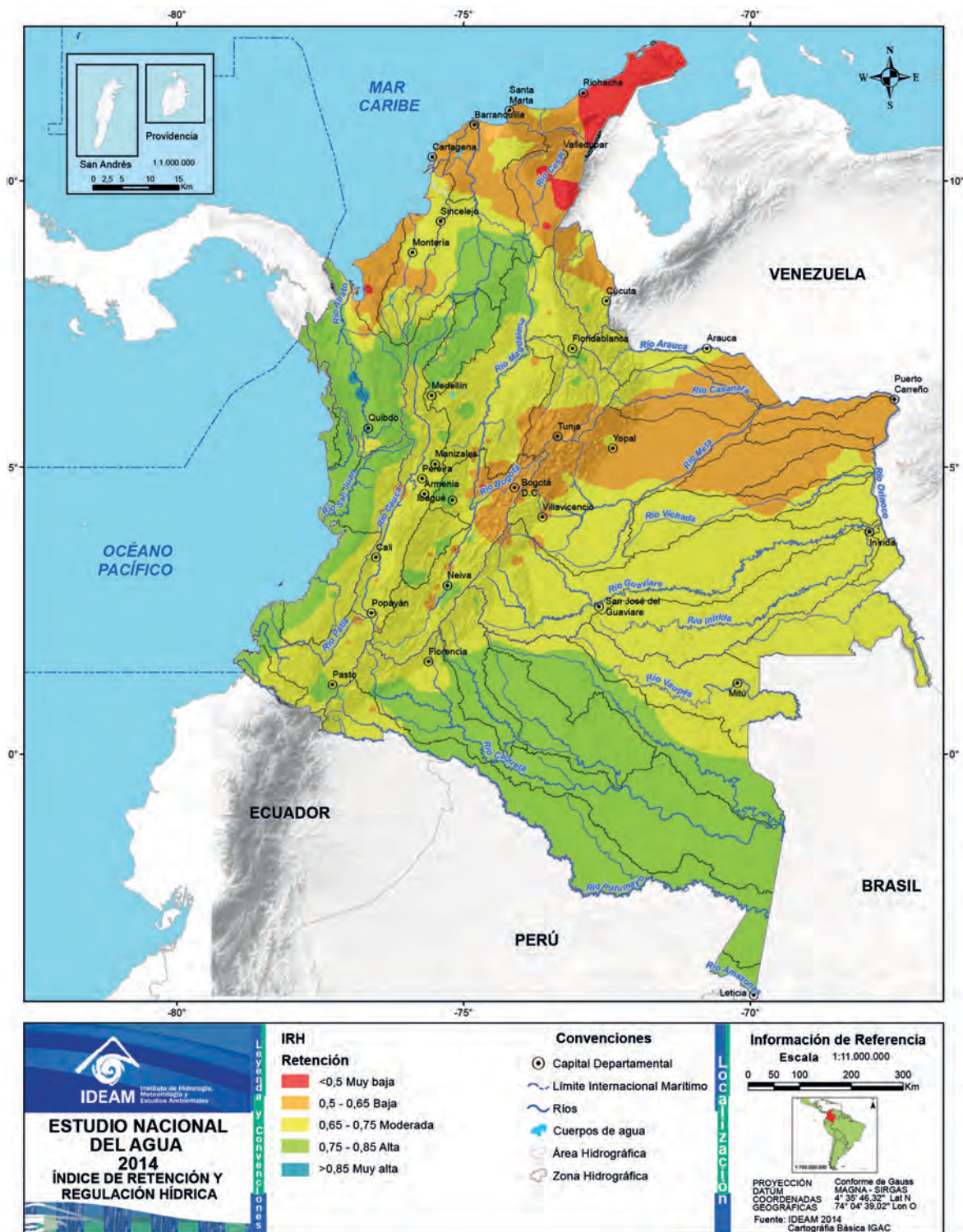


Figura 2.6 Índice de retención y regulación hídrica (IRH) en Colombia

Si bien los datos puntuales calculados en las estaciones sobre cauces principales pueden indicar una mayor regulación que el ponderado por subzona, como puede ser el caso de la parte baja del río Atrato, el río Sinú y el río Magdalena, entre otros, la representación espacial busca describir las condiciones de retención y regulación dentro de la respectiva subzona.

2.1.1.2 Oferta hídrica

Colombia ha sido reconocida por su abundante oferta hídrica, pero, en términos hidrológicos el territorio nacional no es homogéneo, las cinco áreas hidrográficas del país albergan sensibles diferencias que repercuten en la vulnerabilidad tanto del sistema natural como de la estructura socioeconómica.

De acuerdo con la metodología expuesta, se evaluó la oferta hídrica sobre el territorio nacional a partir del balance hídrico anual y se validó la información estimada con los valores de caudal observados en las estaciones hidrológicas de referencia para este estudio. Las mejores correlaciones se encontraron en las estaciones localizadas en la cuenca del río Cauca, el Bajo Magdalena, el Cagúan, el Meta y el área hidrográfica de Amazonas, en las cuales el balance de valores multianuales evaluado bajo la metodología descrita representa adecuadamente la escorrentía anual multianual.

En las estaciones del Alto Magdalena, Atrato, Darién, Catatumbo y Medio Magdalena los valores de la ETP se encontraron altos, de ahí que los valores de escorrentía definitivos para las subzonas en estas áreas fueron ajustados a partir de rendimientos de las estaciones existentes.

Lo anterior permite inferir que la combinación del método de estimación de la evapotranspiración y la expresión de Budyko funciona mejor en zonas planas o de bajas altitudes, que corresponden a las regiones donde se obtuvo una mejor correlación.

Comportamiento de la escorrentía y el rendimiento hídrico a nivel nacional

Teniendo como base el procedimiento metodológico descrito, en el que además de utilizar un mayor número de estaciones que las empleadas en el ENA 2010, un período de registro de variables hidrológicas y meteorológicas más largo que involucra un evento El Niño y dos eventos La Niña, se mejora la aproximación metodológica para calcular los rendimientos hídricos, los escenarios de escorrentía y la oferta hídrica asociada a condiciones hidrológicas medias, secas y para las subzonas hidrográficas del país.

La mejor aproximación en los estimativos de precipitación, evapotranspiración y en la metodología empleada para determinar la oferta hídrica total, incluyendo validaciones de la oferta en cada subzona, genera diferencias con los datos del estudio anterior. Esta incertidumbre, reflejada en la diferencia del consolidado a nivel nacional, se considera aceptable, considerando que un buen porcentaje de las subzonas del país no cuenta con redes de monitoreo.

En el orden nacional se estima un rendimiento hídrico (o cantidad de agua que fluye por unidad de área) de 56 l/s/km². Este rendimiento hídrico está por encima del promedio mundial (10 l/s-km²) y del rendimiento latinoamericano (21 l/s-km²) (IDEAM, 2010).

Bajo estas condiciones se alcanza una escorrentía superficial de 1.764 mm, equivalente a un volumen anual de 2.012 km³. El volumen total anual de precipitación empleado en el balance hídrico en este estudio es de 3.267 km³, que equivale a 2.864 mm/año. De acuerdo con lo anterior, el 62% de la precipitación se convierte en escorrentía, lo que equivale a un caudal medio de 63.789 m³/s.

Condiciones hidrológicas promedio

Con el fin de evidenciar si se presentaron cambios significativos en los caudales medios multianuales de las estaciones empleadas para el estudio, la figura 2.7

muestra la variación porcentual de los valores de caudal de las estaciones entre el promedio 1974-2007 de ENA 2010 y 1974-2012 empleado en este estudio. En términos de los caudales medios multianuales, no se encuentran cambios superiores al 5% en la mayoría de estaciones. Estos cambios pueden considerarse dentro de la variabilidad natural del caudal medio al extender el periodo de análisis, que tiene implícitos el tipo de registro, la incertidumbre asociada a la estimación de caudales y el efecto de fenómenos extremos.

En las tablas 2.1 y 2.2 se presenta la distribución de la oferta y en general el volumen de agua superficial que fluye durante un año en el territorio nacional, en condiciones hidrológicas promedio por área hidrográfica.

El volumen para el área Pacífico corresponde al de la parte de la cuenca que fluye en el territorio nacional. En la zona hidrográfica del río Mira se reciben aportes del territorio ecuatoriano estimados en 509 m³/s (16.043 Mm³), lo cual incrementa el caudal estimado para esta zona a 969 m³/s, equivalente a 30.567 Mm³.

En términos del rendimiento hídrico, el Pacífico cuenta con el mayor rendimiento hídrico, estimado en 116 l/s-km², seguido de la Amazonia con 69 l/s-km² y el Caribe con 56,4 l/s-km². Las áreas hidrográficas Magdalena-Cauca y Orinoco tienen los rendimientos promedio más bajos del país, con 31,7 y 48,4 l/s-km² respectivamente; las áreas y los valores de rendimiento correspondientes se pueden ver en la tabla 2.2.

La Figura 2.8 muestra la escurrentía promedio a nivel nacional.

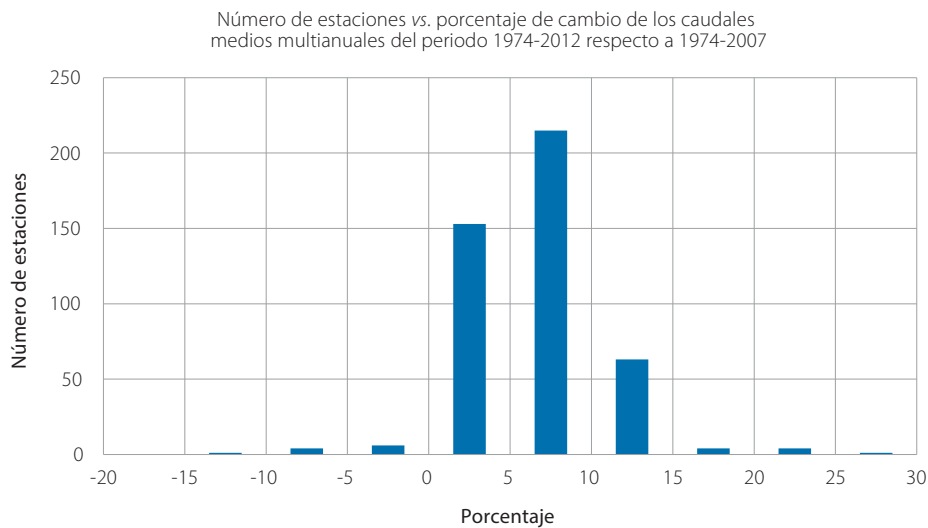


Figura 2.7 Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal medio multianual entre el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)

Tabla 2.1 Distribución de la oferta hídrica y caudales por áreas hidrográficas

Área hidrográfica		Oferta total (Mm ³)	Caudal (m ³ /s)	Porcentaje de la oferta
1	Caribe	182.865	5.799	9,1
2	Magdalena - Cauca	271.049	8.595	13,5
3	Orinoco	529.469	16.789	26,3
4	Amazonas	745.070	23.626	37,0
5	Pacífico	283.201	8.980*	14,1
Total		2.011.655	63.789	100,0

Tabla 2.2 Rendimientos promedio por área hidrográfica

Área hidrográfica		Área (km ²)	Rendimiento (l/s/km ²)
1	Caribe	102.868	56,4
2	Magdalena - Cauca	271.132	31,7
3	Orinoco	347.228	48,4
4	Amazonas	342.010	69,1
5	Pacífico	77.309	116,2

A nivel nacional, la zona con mayor escorrentía se localiza en el Pacífico, en las cuencas de los ríos Atrato, Andágueda, Quito y Cabi, donde se alcanza un rendimiento hídrico superior a los 180 l/s-km², así como una escorrentía superior a los 5.000 mm/año; de forma similar, el río San Juan, en el departamento del Chocó, y en el occidente del departamento de Cauca, en la cuenca de los ríos Micay, Saija y Naya. Con rendimientos entre 100 y 150 l/s/km² y una escorrentía del orden de 3.500 mm/año, se encuentran el Alto Putumayo, los ríos Cobugón y Cobaría y el Bajo Catumbo y los ríos Miel y Samaná Norte en el Magdalena Medio. En la figura 2.9 se aprecia la distribución de los rendimientos hídricos en el país.

Las cuencas de los ríos Tarazá, La Miel, Nare y Nechí, en el nordeste de Antioquía, presentan escorrentías superiores a 2.200 mm y rendimiento por encima de 70 l/s/km². Condiciones similares se encuentran en la vertiente Orinoco, en los ríos Metica, Guatiquía, Guacavía, Humea, Cusiana y Margua. En el área hidrográfica del Amazonas se encuentran rangos similares de oferta hídrica en ríos como Vaupés, Paraná, Yarí, Putumayo e Igara-Paraná, entre otros.

En contraste, las cuencas de los ríos Cesar, Ranchería, Bogotá, Cali, la cuenca del río Chicamocha (región comprendida por los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso, en el departamento de Boyacá), presentan los menores rendimientos hídricos, con valores inferiores a los 15 l/s/km² y una escorrentía entre 35mm/año y 500 mm/año.

En el caso de la cuenca del río Bogotá, donde se encuentra una población de más de 7.500.000 habitantes solo en la zona urbana de Bogotá, se realiza un transvase desde el área hidrográfica Orinoco, superior a los 11 m³/s, para su abastecimiento. El transvase puede hacerse visible al comparar el valor de escorrentía para la subzona entre el estimado por balance hídrico y los valores de oferta a partir del caudal monitoreado en las estaciones de la parte baja.

Variación mensual de la escorrentía promedio

La escorrentía mensual multianual en Colombia se muestra en la figura 2.10. Se identifica que los tres primeros meses del año corresponden al periodo de menor escorrentía en buena parte del país: las cuencas del área hidrográfica del Caribe, Magdalena-Cauca y Orinoquia. Se puede apreciar la heterogénea distribución espacial y temporal de la escorrentía en Colombia.

Condiciones hidrológicas en año seco

A partir de los registros de caudal de las estaciones empleadas se puede apreciar que para la condición de año seco se presentan cambios en los valores respecto a lo obtenido en el periodo 1974-2007, y se refleja una reducción o aumento de los valores mínimos medios de caudal, lo cual puede verse en la figura 2.11. Lo anterior puede explicarse por la ocurrencia del Niño en el primer semestre de 2010 y por otras posibles condiciones secas en varias regiones del país.

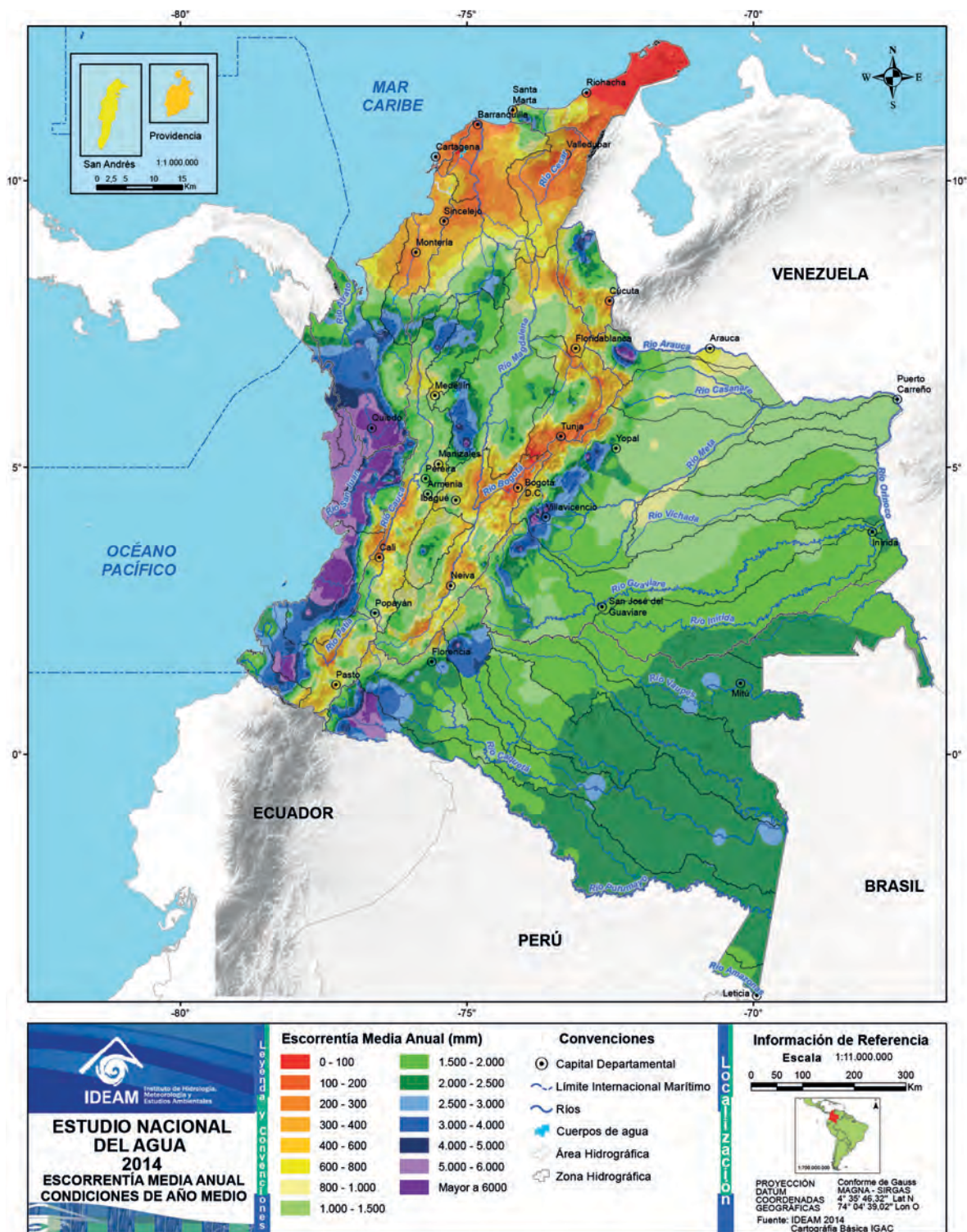


Figura 2.8 Escorrentía media anual para Colombia en año medio

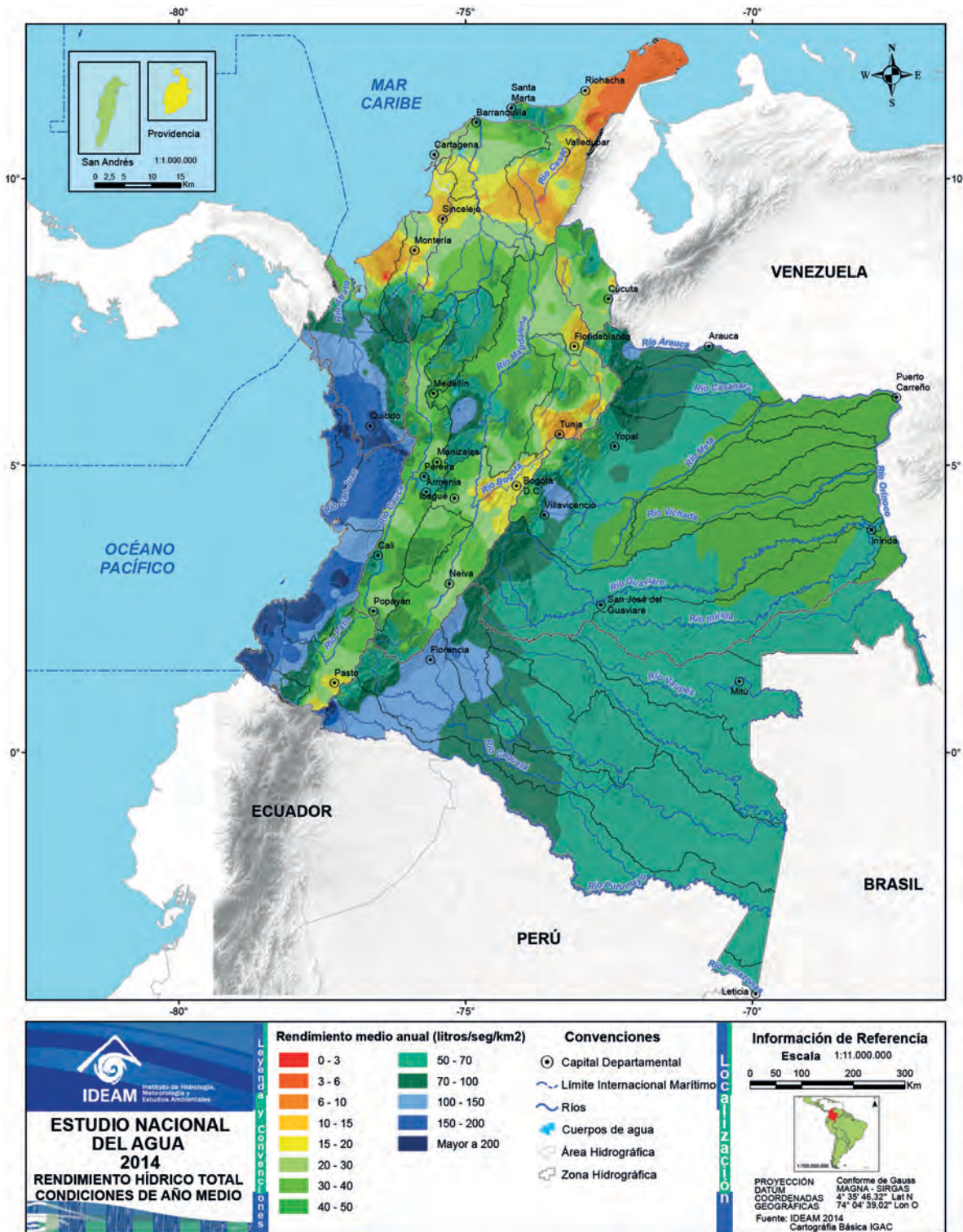


Figura 2.9 Rendimiento hídrico en Colombia, año medio

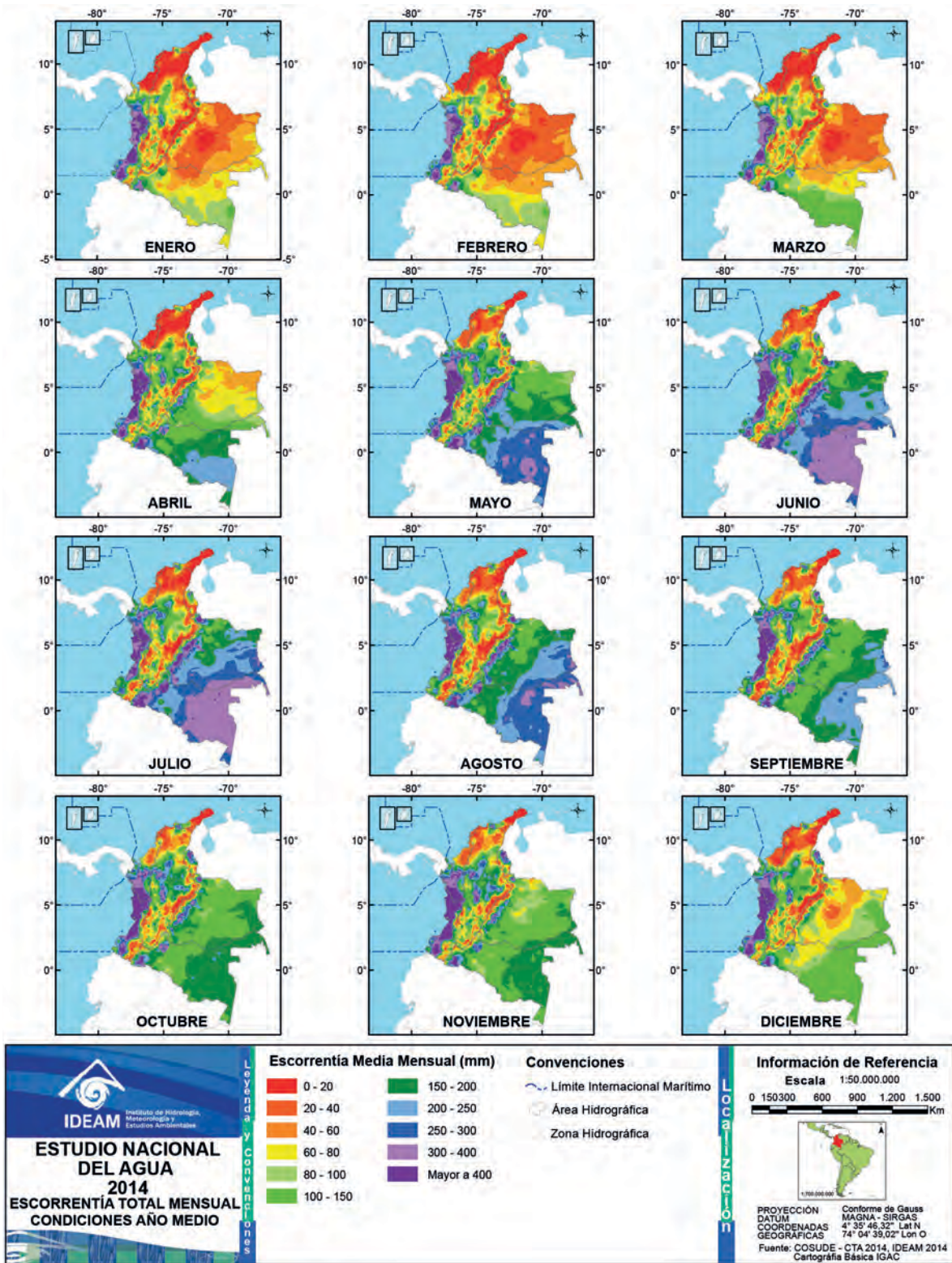


Figura 2.10 Escorrentía media mensual en Colombia

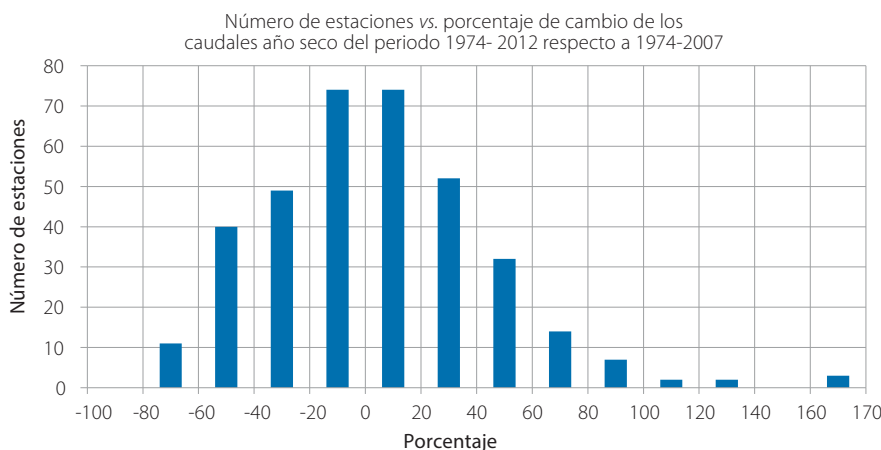


Figura 2.11 Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal en condición de año seco en el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)

La representación espacial de la escorrentía en condición de año seco se ilustra en la figura 2.12, en la que se aprecia cómo se acentúa la reducción de la oferta hídrica en las cuencas Magdalena-Cauca, Caribe y Orinoco.

En la figura 2.13 se muestra el rendimiento hídrico bajo condición año seco para Colombia. En ella se observa que aun en esta condición prevalecen rendimientos superiores a 100 l/s/km² en algunas zonas del Pacífico. Por su parte, regiones del Bajo Magdalena y el canal del Dique, La Guajira, la sabana de Bogotá (parte media del río Bogotá), las cuencas de los ríos Sogamoso y Mulatos, y las zona correspondiente a los afluentes al golfo de Morrosquillo, presentan rendimientos menores a 10 l/s/km². La mayor parte de la cuenca Magdalena-Cauca presenta bajo la condición de año seco rendimientos menores a 20 l/s/km², con excepción de zonas altas de los ríos Porce y Nare. En el área hidrográfica del Orinoco se encuentran rendimientos en año seco entre 20 y 40 l/s/km², con algunos sitios del piedemonte con valores entre 50 y 70 l/s/km². Por su parte, en el área hidrográfica del Amazonas se encuentran bajo condición de año seco rendimientos entre 10 y 70 l/s/km², siendo más altos en el piedemonte amazónico.

Variación mensual de la escorrentía promedio

La variación descrita se hace más visible al analizar los valores mensuales de escorrentía en año seco. Como puede apreciarse en la figura 2.14, en la condición de año seco evaluada se evidencia que en los primeros tres meses del año pueden darse condiciones de baja escorrentía en buena parte del país, exceptuado el sur del área hidrográfica de la Amazonia y en el área hidrográfica del Pacífico.

Condiciones hidrológicas de año húmedo

En cuanto a la condición año húmedo, se puede apreciar en la figura 2.15 que se presenta aumento en el caudal en un buen porcentaje de estaciones, comparado con lo que se contaba en el periodo 1974-2007.

La figura 2.15 representa la frecuencia (número de estaciones) con porcentaje de cambio en el caudal en la condición de año húmedo, que puede explicarse por la ocurrencia de La Niña en el segundo semestre de 2008 y en el periodo 2010-2011, que generan valores más altos en el caudal medio máximo mensual de las series de las estaciones del estudio. En este caso, alrededor de 280 estaciones presentaron cambios menores al 5%, lo que puede considerarse dentro de la variabilidad normal del régimen de caudales.

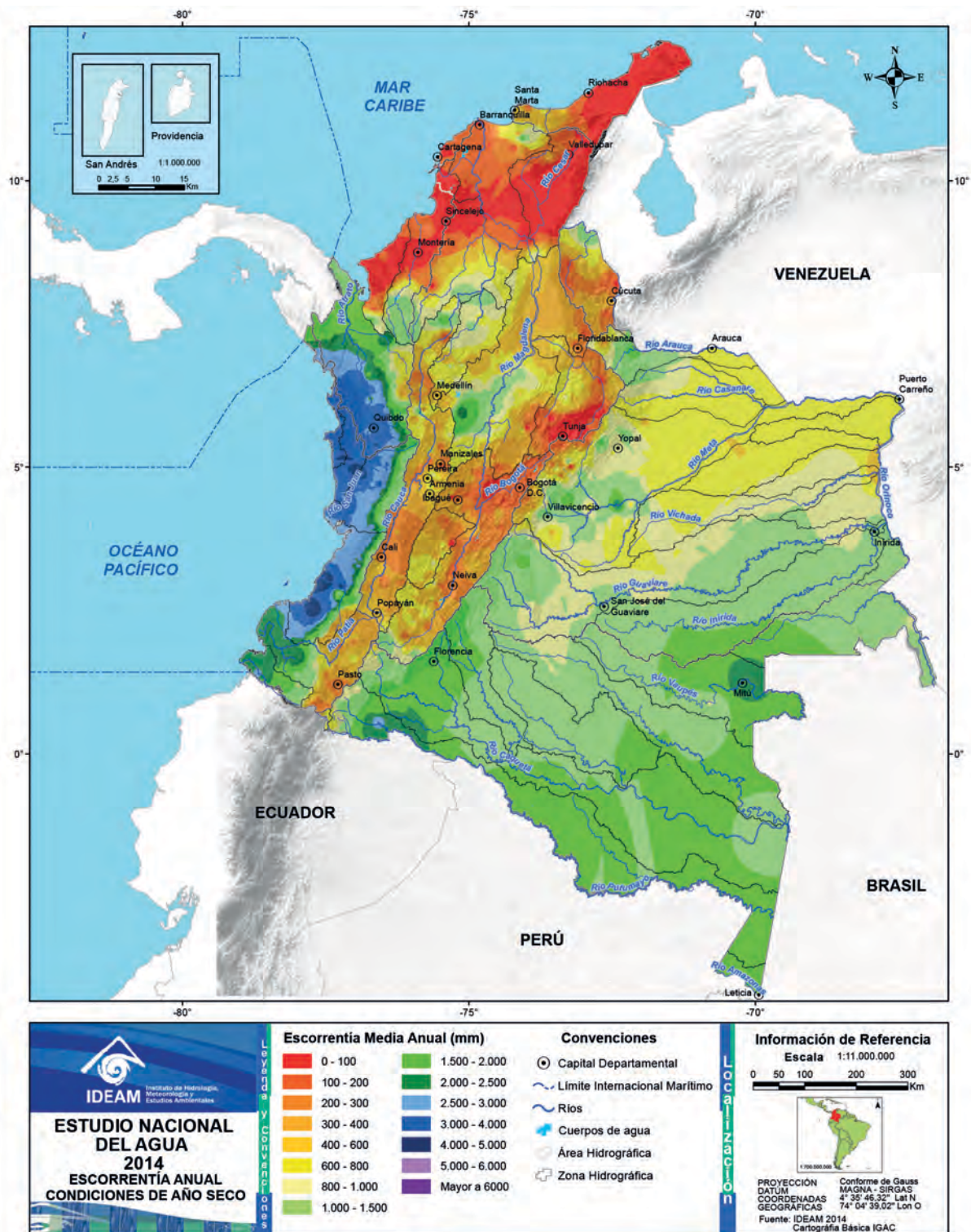


Figura 2.12 Escorrentía en Colombia para año seco

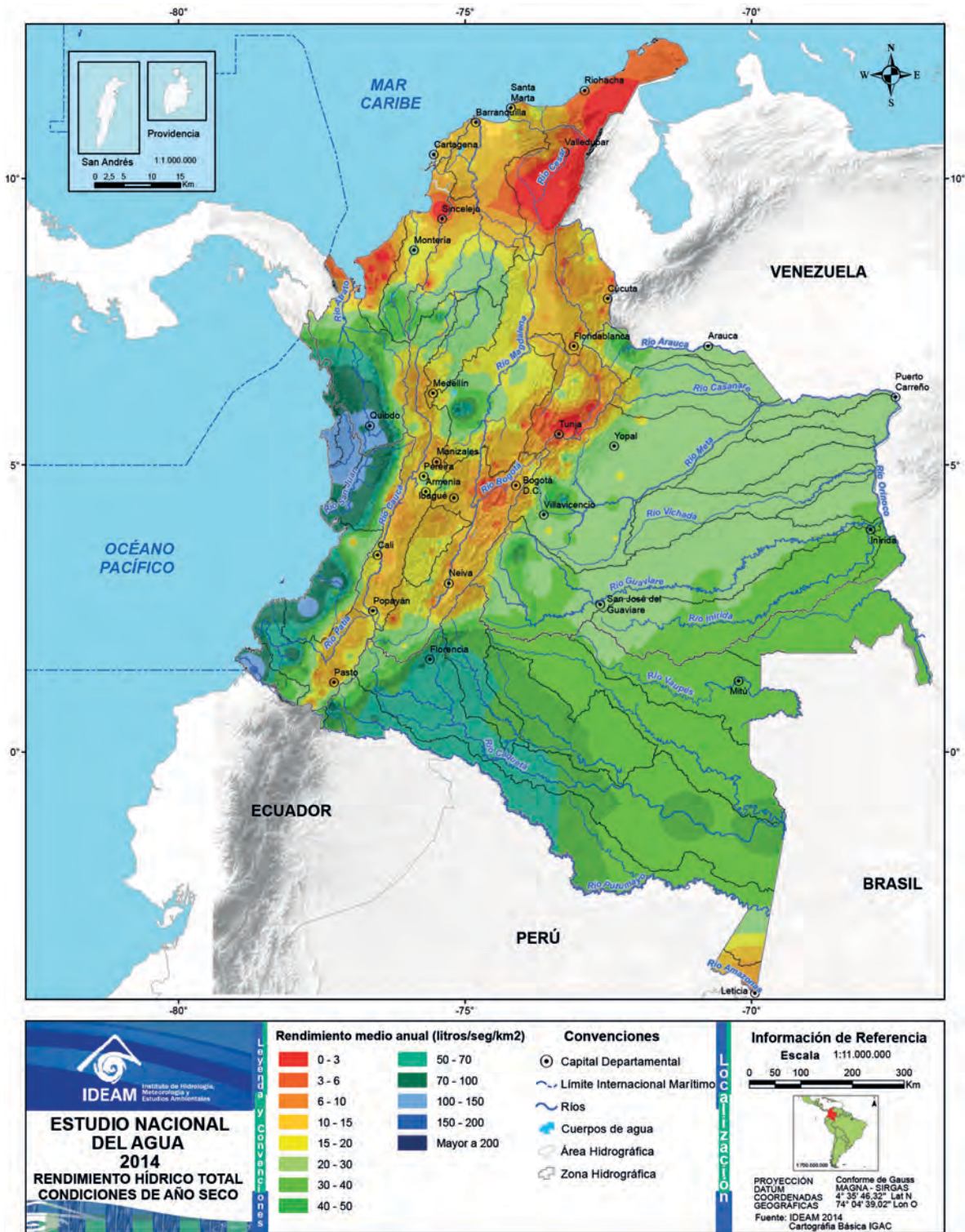


Figura 2.13 Rendimiento hídrico en Colombia para año seco

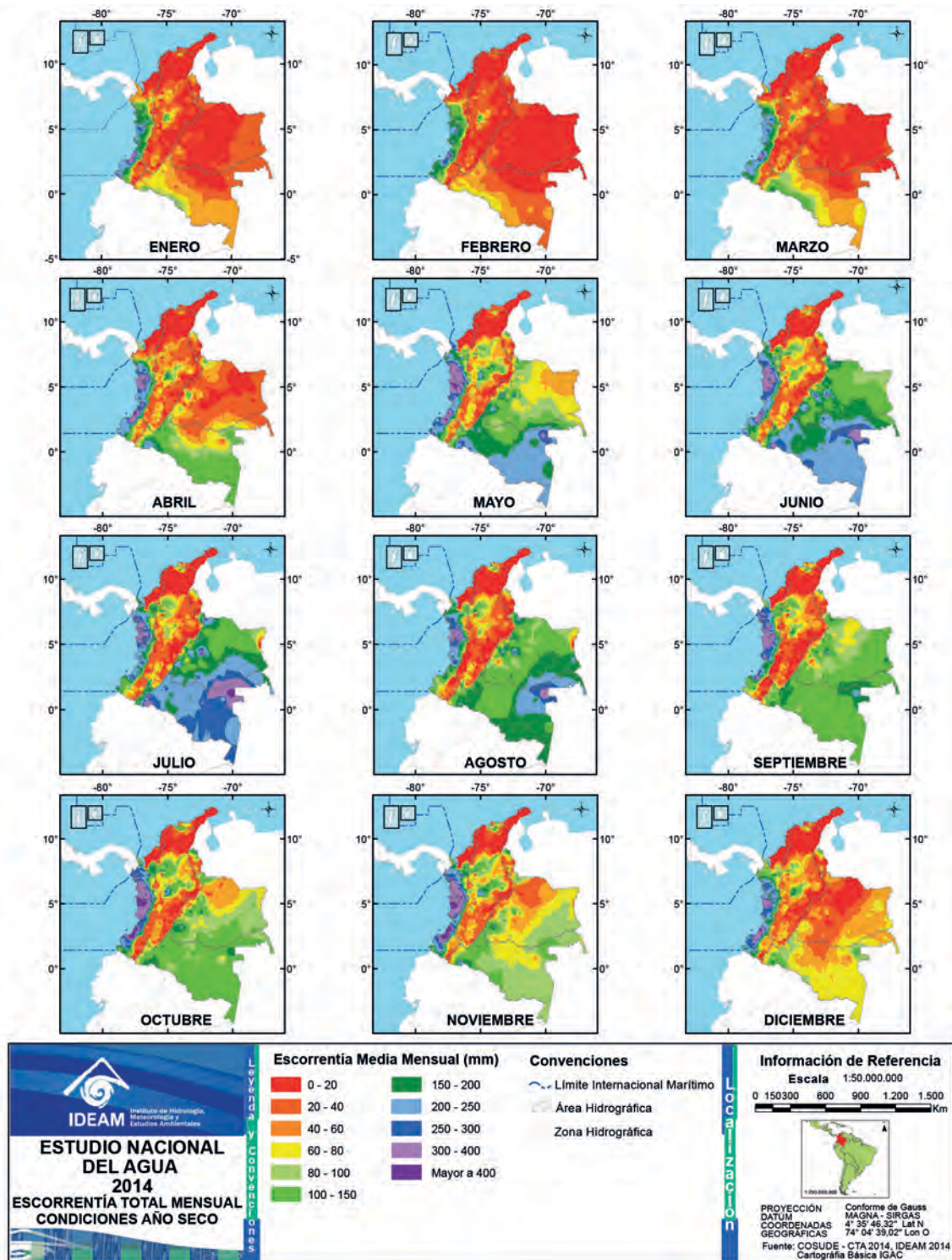


Figura 2.14 Escorrentía mensual en Colombia para año seco

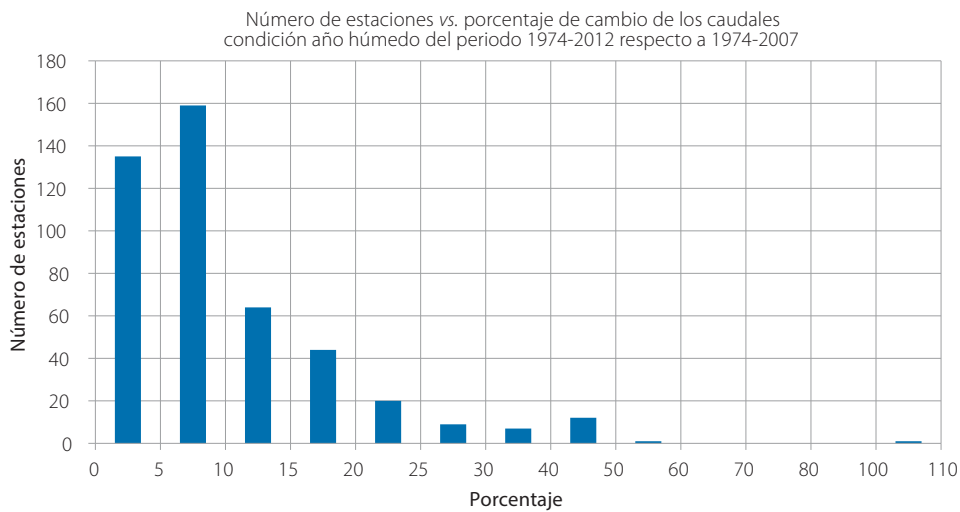


Figura 2.15 Número de estaciones con porcentaje de cambio en el caudal para condición año húmedo en el periodo 1974-2012 (ENA 2014) respecto al periodo 1974-2007 (ENA 2010)

La figura 2.16 corresponde a la representación de la escorrentía en Colombia bajo la condición de año húmedo; en ella se puede apreciar que, tanto la vertiente del Pacífico como el costado oriental de la cordillera Oriental (piedemonte llanero y amazónico), presentan los valores más altos de escorrentía en condición de año húmedo, junto con regiones cercanas a la Sierra Nevada de Santa Marta.

En las áreas Caribe y Magdalena-Cauca los valores de oferta anual en las estaciones indican que se incrementa hasta un 280% en promedio la oferta en condición de año húmedo respecto a la de año medio; para el Orinoco esta proporción está alrededor de 187%.

Por su parte, la figura 2.17 presenta el rendimiento hídrico de Colombia bajo condición año húmedo.

Síntesis de la oferta hídrica superficial

A partir de la metodología descrita, los resultados sobre la oferta hídrica total en las tres condiciones hidrológicas por subzona se presentan en el anexo 1. La síntesis por zonas hidrográficas se muestra en la tabla 2.3.

Oferta total año medio

Con base en los resultados se puede identificar que en el área Caribe 71,4% de la oferta hídrica fluye por

la zona hidrográfica del Atrato-Darién, mientras que el menor aporte (4%) corresponde a La Guajira. En el área Magdalena-Cauca el mayor volumen es aportado por las cuencas del Medio Magdalena (31%) y el río Cauca (21%), las cuales aportan en conjunto el 52,2% de la oferta hídrica. En cuanto a las zonas hidrográficas, el río Cesar contribuye con el 3% de la oferta y el río Sogamoso con el 6,4% de la oferta hídrica de toda la cuenca.

En la vertiente del Orinoco, las zonas con mayor oferta hídrica son las del Meta y el Guaviare, con 23,8 y 25,6% respectivamente, en tanto que los menores aportes se registran en las zonas Arauca y Apure, con 3,5 y 0,1% de la producción hídrica del área Orinoco respectivamente.

En el caso del Amazonas, el 29,3% de su oferta hídrica proviene de la cuenca del río Caquetá, seguida por los ríos Putumayo y Apaporis, con valores de 19,4 y 15,3% respectivamente. Asimismo, en el área Pacífico el 31,4% de la oferta hídrica está representada por la zona hidrográfica constituida por el Tapaje-Dagua del Patía, el río San Juan aporta el 29,5% y el río Patía 16%. Los menores aportes corresponden al río Baudó (11,4%) y al río Mira (5,1%).

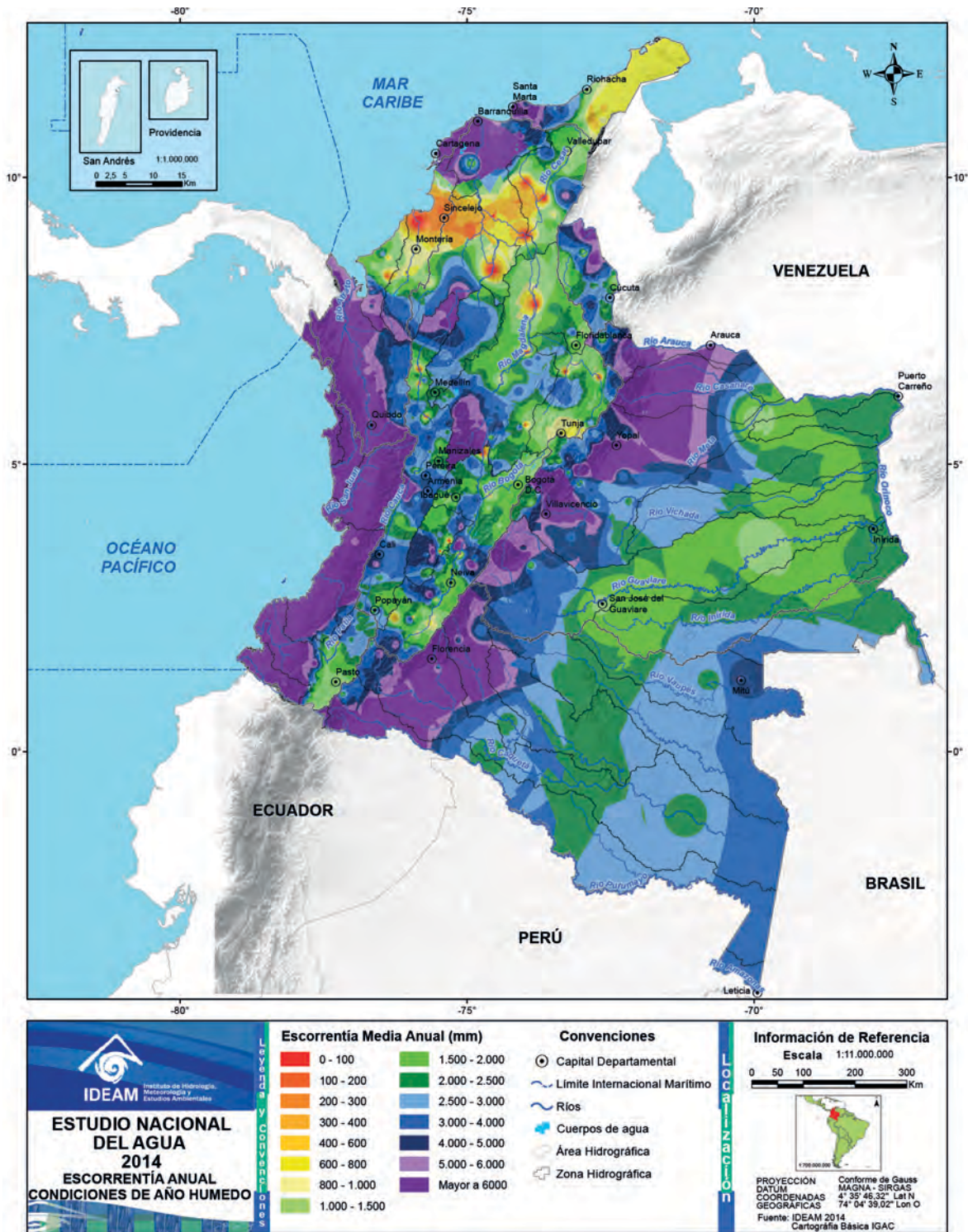


Figura 2.16 Escorrentía en Colombia para año húmedo

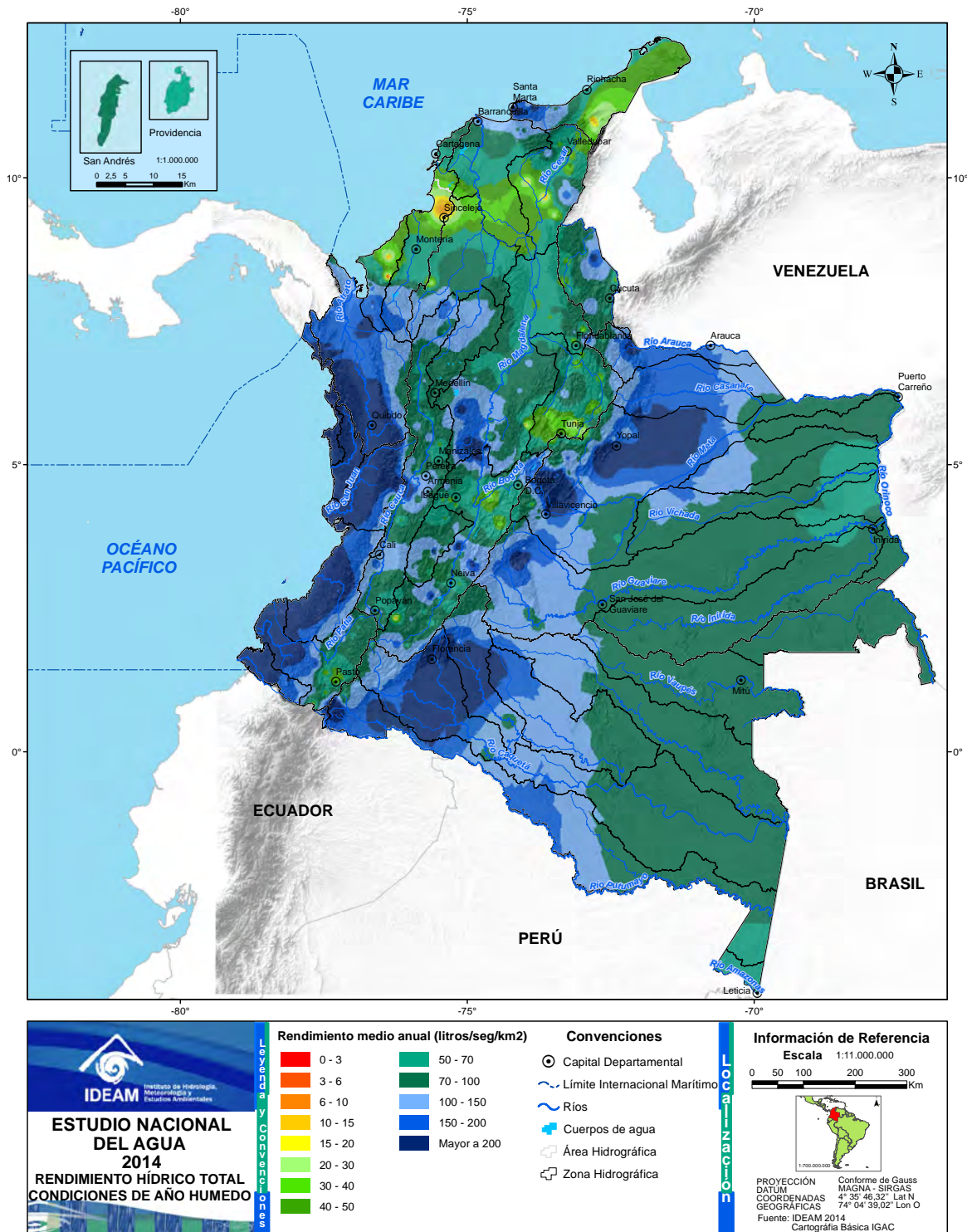


Figura 2.17 Rendimiento hídrico en Colombia para año húmedo

Cabe también resaltar el papel de algunas regiones en cuanto a la capacidad de regulación hídrica. Por un lado, las ciénagas localizadas en la cuenca del río Magdalena, aguas abajo de Puerto Berrío, al igual que la región de La Mojana y las zonas inundables de los ríos León y Atrato, configuran sistemas naturales de regulación en la medida en que absorben excesos de agua durante el invierno para ser desalojadas progresivamente durante los primeros meses de estiaje o caudales bajos, llegando incluso a modificar el régimen hidrológico de algunos cauces principales.

Por otro lado, el Parque Nacional Paramillo y el oriente de los departamentos de Antioquia y Caldas dan lugar a una generosa oferta hídrica de los ríos Tarazá, Man, San Jorge, Nechí, Samaná Norte, Miel, Gualí, Samaná Sur y Guarinó, los cuales durante la mayor parte del año tienen condiciones para sustentar proyectos hidroeléctricos y vastas extensiones de tierra dedicadas a actividades agropecuarias.

Tabla 2.3 Resumen de oferta hídrica por subzonas en año medio y seco

ZH	Nombre de la zona	Zona hidrográfica Área (km ²)	Caudal año medio (m ³ /s)	Caudal año seco (m ³ /s)	Oferta anual año medio (Mm ³)	Oferta anual año seco (Mm ³)	Escorrentía año medio (mm/año)	Escorrentía año seco (mm/año)
11	Atrato-Darién	37.819	4.137	2.660	130.455	83.888	3.449	2.218
12	Caribe-Litoral	12.976	302	75	9.518	2.361	734	182
13	Sinú	14.102	425	227	13.393	7.161	950	508
15	Caribe-La Guajira	21.421	249	80	7.855	2.528	367	118
16	Catatumbo	16.473	685	231	21.613	7.283	1.312	442
17	San Andrés, Providencia, Roncador	77	1	-	31	-	400	-
21	Alto Magdalena	44.530	1.086	522	34.247	16.454	769	
22	Saldaña	9.964	357	145	11.257	4.584	1.130	460
23	Medio Magdalena	59.701	2.667	1.232	84.112	38.839	1.409	651
24	Sogamoso	23.250	550	244	17.331	7.693	745	331
25	Bajo Magdalena-Cauca - San Jorge	21.154	659	340	20.780	10.719	982	507
26	Cauca	45.747	1.776	707	56.008	22.292	1.224	487
27	Nechí	14.614	841	362	26.521	11.404	1.815	780
28	Cesar	22.930	254	59	8.000	1.869	349	81
29	Bajo Magdalena	29.241	406	192	12.793	6.062	438	207
31	Inírida	53.798	3.007	2.131	94.818	67.217	1.762	1.249
32	Guaviare	84.575	4.305	2.822	135.762	88.995	1.605	1.052
33	Vichada	26.213	1.055	688	33.275	21.704	1.269	828
34	Tomo	20.297	787	460	24.826	14.498	1.223	714
35	Meta	82.720	3.991	2.145	125.866	67.653	1.522	818
36	Casanare	24.254	899	580	28.362	18.304	1.169	755
37	Arauca	11.381	592	352	18.656	11.094	1.639	975
38	Orinoco - directos	43.726	2.139	1.109	67.465	34.960	1.543	800
39	Apure	264	14	9	439	280	1.661	1.061
41	Guanía	31.286	2.046	1.315	64.521	41.475	2.062	1.326
42	Vaupés	37.696	2.560	1.900	80.742	59.918	2.142	1.589
43	Apaporis	53.512	3.615	2.264	114.003	71.395	2.130	1.334

continúa...

continuación tabla 2.3

ZH	Nombre de la zona	Zona hidrográfica Área (km ²)	Caudal año medio (m ³ /s)	Caudal año seco (m ³ /s)	Oferta anual año medio (Mm ³)	Oferta anual año seco (Mm ³)	Escorrentía año medio (mm/año)	Escorrentía año seco (mm/año)
44	Caquetá	99.974	6.922	4.883	218.285	153.976	2.183	1.540
45	Yarí	36.661	2.300	1.549	72.525	48.849	1.978	1.332
46	Caguán	21.226	1.381	951	43.538	29.979	2.051	1.412
47	Putumayo	57.930	4.594	2.929	144.878	92.370	2.501	1.595
48	Amazonas - directos	3.269	198	165	6.245	5.217	1.910	1.596
49	Napo	456	11	9	334	283	734	622
51	Mira	5.865	461	344	14.524	10.834	2.476	1.847
52	Patía	24.004	1.453	841	45.822	26.512	1.909	1.104
53	Tapaje-Dagua - directos	20.818	2.821	1.683	88.966	53.065	4.273	2.549
54	San Juan	16.387	2.649	1.302	83.531	41.074	5.097	2.506
55	Baudó - directos Pacífico	5.965	1.023	679	32.262	21.410	5.409	3.590
56	Pacífico - directos	4.253	574	423	18.095	13.343	4.255	3.138
57	Malpelo y Gorgona	16	-	-	-	-	-	-
	* ZH 51 río Mira con aportes externos	-	509	-	16.043	-	-	-

Al comparar los caudales en condiciones de año con los promedios se aprecia que en el área Caribe se reduce en un 44% y en la cuenca Magdalena-Cauca, en 56%. En el Pacífico la reducción alcanza el 41%.

Las menores reducciones en la oferta respecto a la condición de año medio se presentan en el área del Orinoco, con 39%, y Amazonas, con 32% (ver tabla 2.4).

Tabla 2.4 Oferta hídrica anual por área hidrográfica

Área hidrográfica		Área (km ²)	Oferta hídrica total anual (Mm ³)		Escorrentía total media anual (mm/año)	
			Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
1	Caribe	102.868	182.865	103.221	1.778	1.003
2	Magdalena-Cauca	271.132	271.049	119.917	1.000	442
3	Orinoco	347.228	529.469	324.705	1.525	935
4	Amazonas	342.010	745.070	503.462	2.179	1.472
5	Pacífico	77.309	283.201	166.239	3.663	2.150

Oferta hídrica disponible

En el anexo 1 se relacionan los resultados de la oferta disponible, teniendo en cuenta el volumen de agua que se considera se debe garantizar para los ecosistemas y otros usos, según lo definido como caudal ambiental en el Decreto 3930 de 2010. A partir de este resultado, se estima la oferta disponible por subzona.

Fuentes abastecedoras de acueductos

Respecto de la oferta hídrica en fuentes que abastecen los acueductos de las cabeceras municipales, al actualizar las fuentes abastecedoras en las 318 cabeceras municipales que han presentado condición de desabastecimiento se identifica que 24 de esas cabeceras se abastecen únicamente de agua subte-

ránea (pozos profundos), 11 se abastecen tanto de fuente superficial como subterránea, 14 obtienen el agua de reservorio y 4 compran el agua en bloque. Las restantes 265 se abastecen exclusivamente de agua superficial, ya sea de ríos, quebradas, caños, nacaderos o aljibes (ver figura 2.18).

La distribución por área hidrográfica de las 318 cabeceras municipales que presentan alta probabilidad de desabastecimiento muestra que el mayor número se localiza en la cuenca Magdalena-Cauca, seguida de la Caribe, Orinoquia, Amazonia y Pacífica (ver figura 2.19).

Se resalta que las 318 cabeceras municipales que presentan alta probabilidad de desabastecimiento se encuentran en cuencas donde la oferta está en rangos de valores bajos.

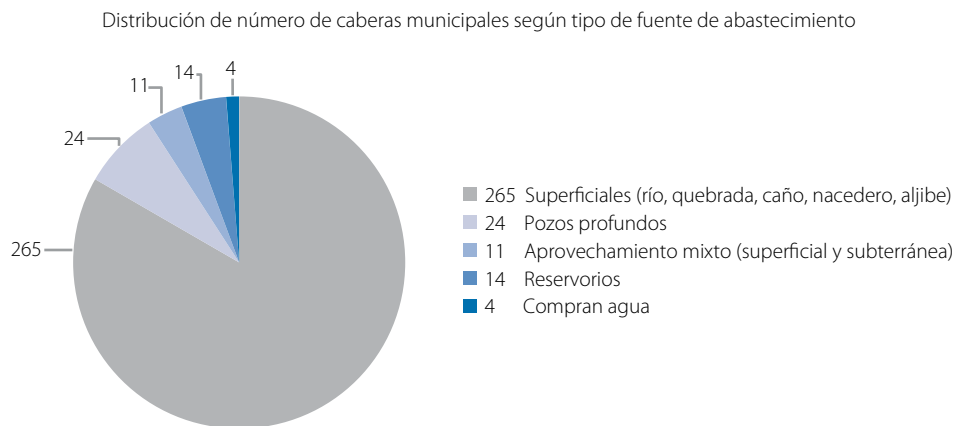


Figura 2.18 Fuentes de abastecimiento en las cabeceras municipales reportadas con situaciones de desabastecimiento

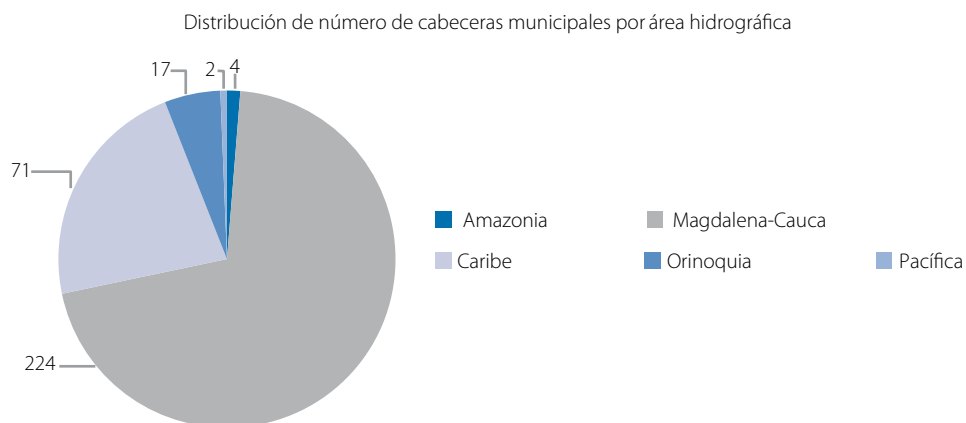


Figura 2.19 Distribución de las cabeceras municipales identificadas con condiciones de desabastecimiento, por área hidrográfica

En este sentido, en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, donde se presenta el 13,4% de la oferta total nacional, se concentra el 70,7% de las cuencas abastecedoras, es decir, 224 cabeceras municipales en condiciones de desabastecimiento, mientras que en el área hidrográfica del Amazonas, donde se halla el 37,3% de la oferta media total nacional, únicamente se identifica el 1,2% de las cabeceras municipales con esta condición.

De igual manera, en el área hidrográfica del Caribe, donde se concentra el 21,2% de las cabeceras municipales, solo se cuenta con el 9,3% de la oferta media total nacional, mientras que en la Orinoquia, donde se presenta el 25,3% de la oferta total nacional, apenas se localiza el 5,3% de las cabeceras municipales.

2.2 Ecosistemas glaciares

Se ofrece una síntesis de las características y el estado de los glaciares colombianos, los cuales, además de su importancia científica, cultural y paisajística se consideran reservas de agua en el sistema de alta montaña y, dadas las actuales condiciones climáticas, ingresa en estado líquido gradual pero continuamente al ecosistema de páramo.

2.2.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

Los glaciares actúan como un regulador hidrológico en algunos sectores de la alta montaña colombiana debido a su capacidad para estabilizar variables como la humedad, la escorrentía, el viento y la precipitación.

Con base en esto se puede afirmar que la extinción de los glaciares podría verse reflejada directamente en la dinámica del ciclo hidrológico de la alta montaña, donde podrían presentarse épocas de escasez hídrica más fuertes y extensas que afectarían las características hidrológicas de ecosistemas como el páramo y la selva alto-andina.

En el territorio colombiano persisten seis pequeñas masas glaciares, conocidas comúnmente como nevados (cuatro volcanes-nevados: Ruiz, Santa Isabel, Tolima y Huila, y dos sierras nevadas: Santa Marta y El Cocuy o Güicán), los cuales ocupan actualmente un área aproximada entre 43 y 45 Km² (ver figura 2.20). Su posición geográfica entre los 3 y 11° de latitud norte aproximadamente los clasifica como glaciares ecuatoriales y su especial sensibilidad responde tanto al desplazamiento durante el año de la zona de confluencia intertropical como a la influencia de la actividad del ENSO.

Si persisten las actuales condiciones climáticas de ascenso de la temperatura en la troposfera, se espera su extinción en el transcurso de las próximas cuatro décadas. De hecho, alrededor del 3% de área glaciar se extingue cada año. En los Andes colombianos, cuando el relieve supera los 4.750 metros de altitud, es posible encontrar hielo y nieve.

Por su condición de indicador natural de cambio climático y su tendencia mundial a la disminución, la criósfera terrestre es materia de observación y estudio. En Colombia, bajo la responsabilidad del IDEAM, desde el año 2006 y con una frecuencia mensual y bimensual dos glaciares son objeto de estudio detallado: el glaciar volcán-nevado Santa Isabel y la Sierra Nevada del Cocuy o Güicán. Mediante métodos directos y aplicando metodologías mundialmente reconocidas, se miden tanto los cambios en la superficie de estos dos glaciares en lo que técnicamente se denomina balance de masa¹, como los aportes de agua líquida a los sistemas altitudinalmente inferiores.

Las redes instrumentales de medición hídrica del IDEAM en alta montaña demuestran que en épocas “secas” es el glaciar el que aporta agua líquida, mientras que el páramo y la selva alto-andina reducen considerablemente sus aportes. Esto se debe particularmente a cambios en nubosidad, radiación

¹ El balance de masa glaciar es la pérdida o ganancia de masa de un glaciar durante un tiempo determinado.

solar y albedo que generan fusión glaciar; al paso que en los páramos, por ejemplo, el aumento de la temperatura contribuye a la evaporación y la falta de nubosidad favorece la menor precipitación. Por el contrario, en periodos de lluvia el glaciar entra en receso, sin mayores aportes de agua líquida, ya que las bajas temperaturas y aumento de la precipitación sólida disminuyen la fusión glaciar, mientras que en el páramo y el bosque alto andino abunda la lluvia.

La figura 2.21 muestra los aportes comparativos de los tres sistemas de alta montaña en la cuenca piloto río Claro (Villamaría, Caldas), en la cual se pone de manifiesto la importancia del bosque alto-andino y del páramo en producción y regulación del agua de escorrentía superficial.

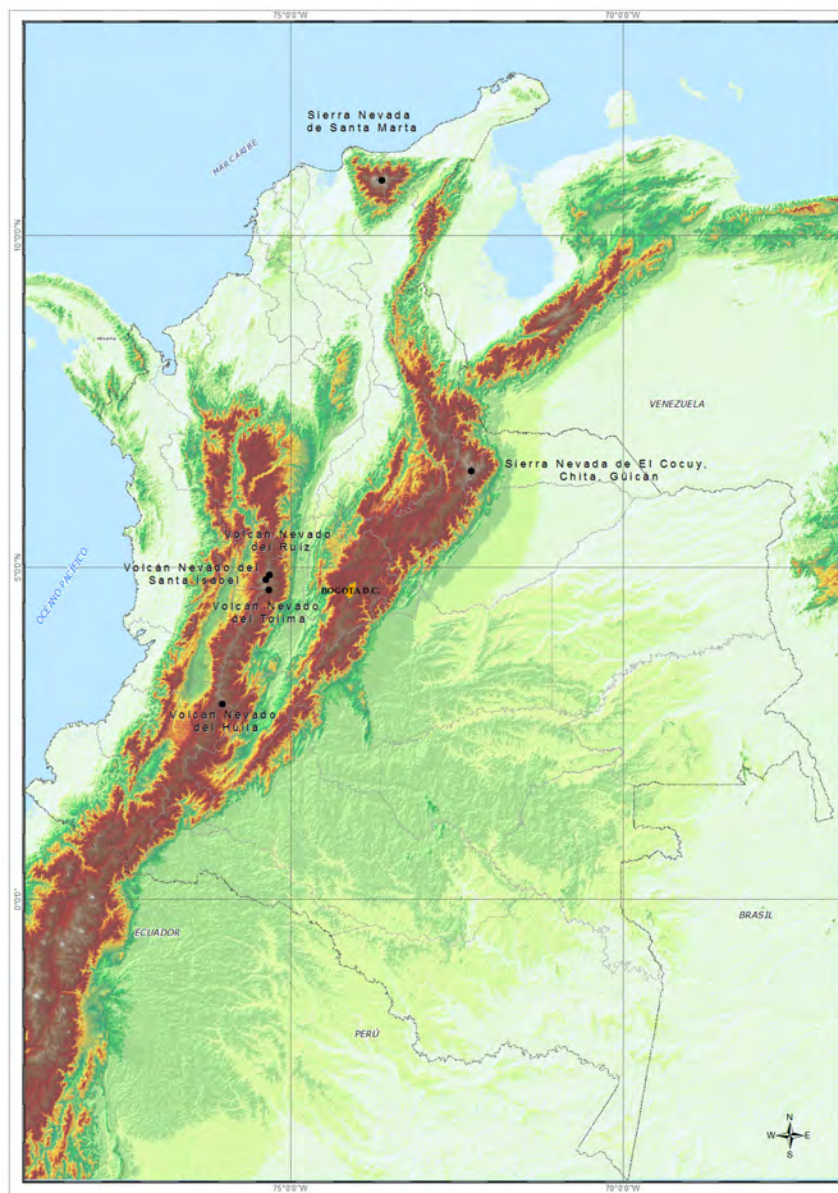


Figura 2.20 Localización de los seis actuales nevados colombianos

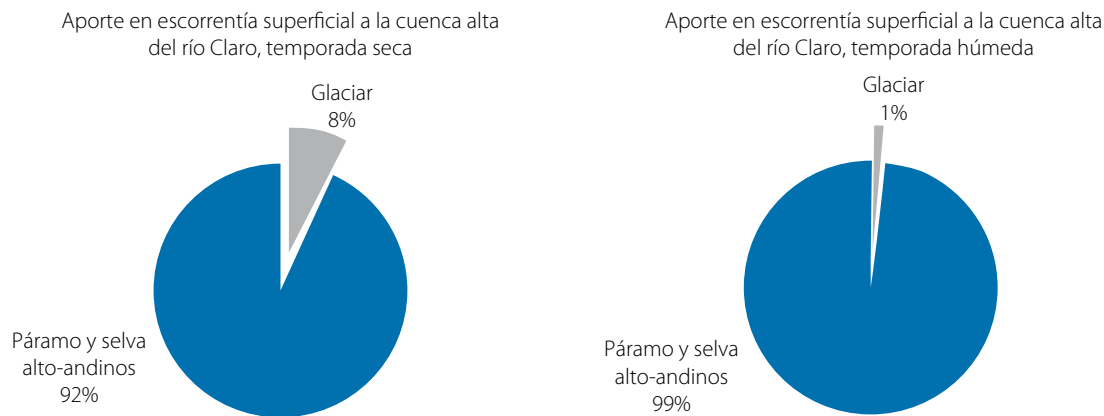


Figura 2.21 Aportes hídricos superficiales de los sistemas alto-andinos

Con el propósito de comprender la dinámica sistémica e integral de la alta montaña colombiana (glaciar, páramo y bosque alto-andino) donde se originan importantes fuentes hídricas superficiales, se analiza la información producida por el IDEAM en la última década y se aplica el balance de masa teniendo como puntos de control los sitios con información disponible de caudal que delimitan porciones de la zona glaciar para su estudio.

2.2.2 Síntesis nacional

La información producida durante la última década de los dos glaciares en estudio permite demostrar el desequilibrio en que se encuentra la criósfera colombiana, que se atribuye básicamente a condiciones asociadas a cambio climático. El balance de masa calculado para el glaciar piloto Conejeras (localizado al norte del volcán-nevado Santa Isabel y de 0,2 Km²) demuestra esta inestabilidad, con una pérdida de masa acumulada de 20.818 mm equivalentes de agua² para el periodo marzo de 2006-abril de 2014 (ver figura 2.22). Al noroeste del país, en la Sierra Nevada del Cocuy o Güicán, en el glaciar piloto Ritacuba Blanco, se midió una pérdida de masa acumulada de 566 mm equivalentes de agua en el periodo noviembre de 2008-febrero de 2014 (ver figura 2.23). Evidentemente,

el indicar “pérdida de masa” en un glaciar se traduce en una “ganancia” de agua líquida en el páramo.

La dinámica ENSO (El Niño) es uno de los procesos climáticos que más impactan a los glaciares colombianos. Durante el evento El Niño 2009-2010 se pudo estimar, por ejemplo, en el glaciar Santa Isabel, una fusión del hielo de aproximadamente 13.000.000 m³.

En contraste, en el evento La Niña 2010-2011 se midieron acumulaciones de nieve del orden de 5.100 mm, pero no fueron suficientes para estabilizar el glaciar y, por el contrario, las pérdidas de masa glaciar continuaron en las siguientes temporadas secas. La estrecha relación entre eventos ENSO y glaciares ha sido evidenciada en los Andes de Ecuador, Bolivia y Perú. En Colombia, la figura 2.24 muestra esta conexión.

Sondeos geofísicos experimentales (de acuerdo con sondeos puntuales de espesores promedio de 48 metros con variaciones entre los 2 y 56 metros), han permitido estimar en 1,1 km³ el agua en estado sólido en Colombia.

Según los estudios realizados por el IDEAM en el Parque Nacional Natural Los Nevados y en la Sierra Nevada del Cocuy, el aporte hídrico en escorrentía superficial de los glaciares es del 7 al 10% con respecto al rendimiento cuantificado en la selva alto-andina.

Con el dato anterior se podría concluir que bajo un escenario de extinción glaciar, la reducción del recurso hídrico en las zonas aledañas a los glaciares no sería significativo (manteniendo constantes otras

² Milímetros equivalentes de agua (mm eq agua) es la unidad de medida de un balance glaciar y representa una columna de agua líquida. Es semejante a la medida de precipitación de un lugar dado.

variables meteorológicas como la precipitación y la humedad), pero es de resaltar que el sistema glaciar asimismo actúa como una alarma o sensor climático

que indica que la alta montaña está siendo impactada de manera integral.

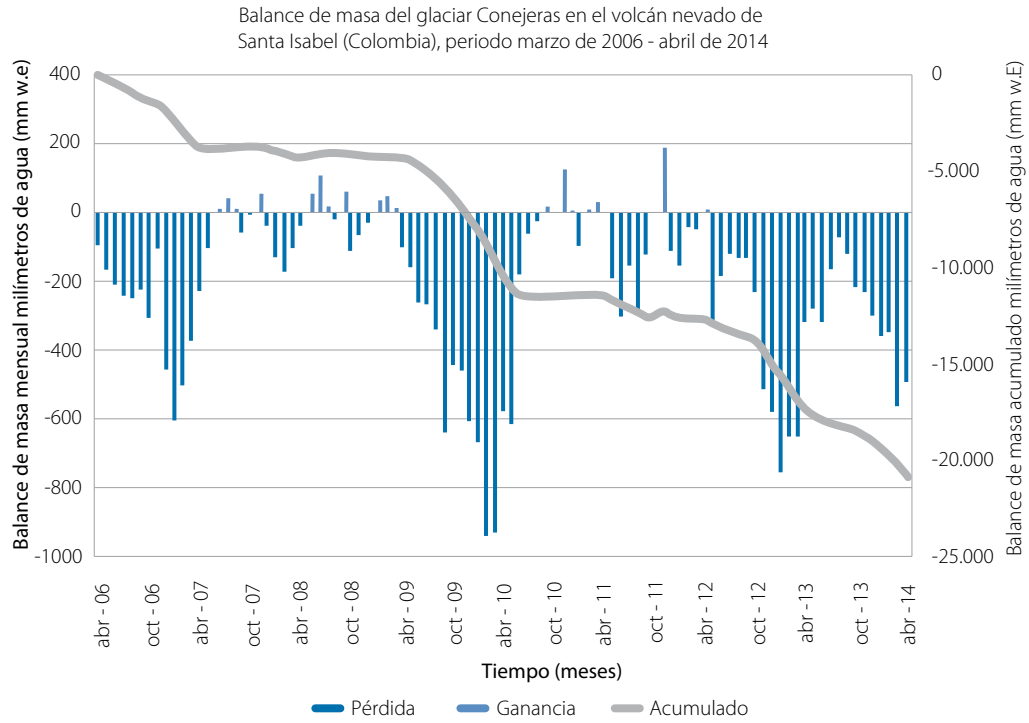


Figura 2.22 Balance de masa glaciológico del glaciar Conejeras (volcán-nevado Santa Isabel)

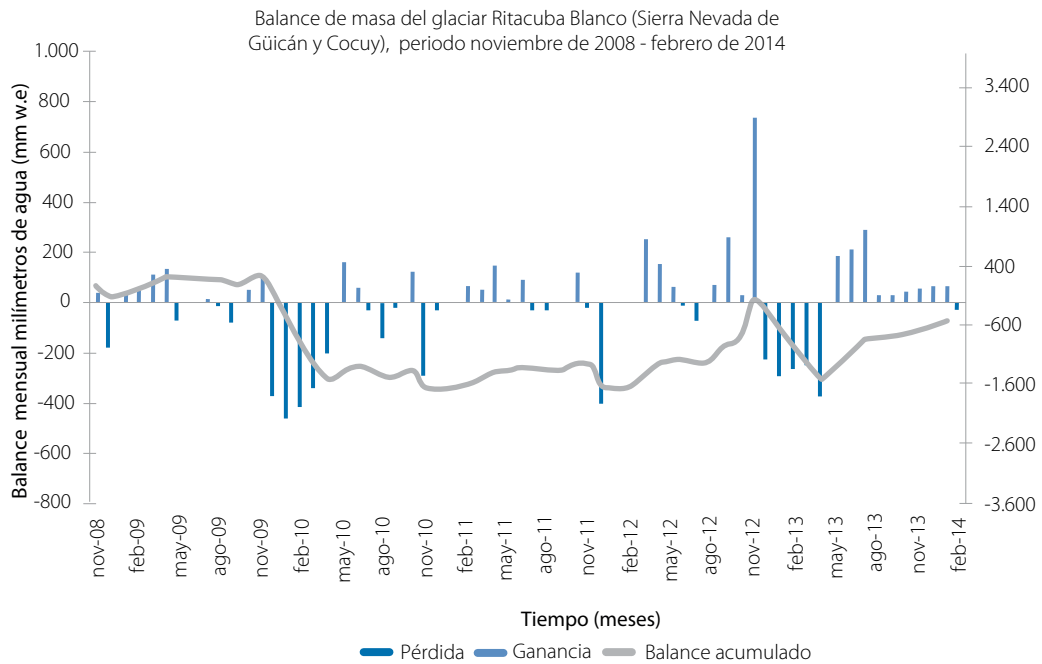


Figura 2.23 Balance de masa glaciológico del glaciar Ritacuba Blanco (Sierra Nevada del Cocuy o Güicán)

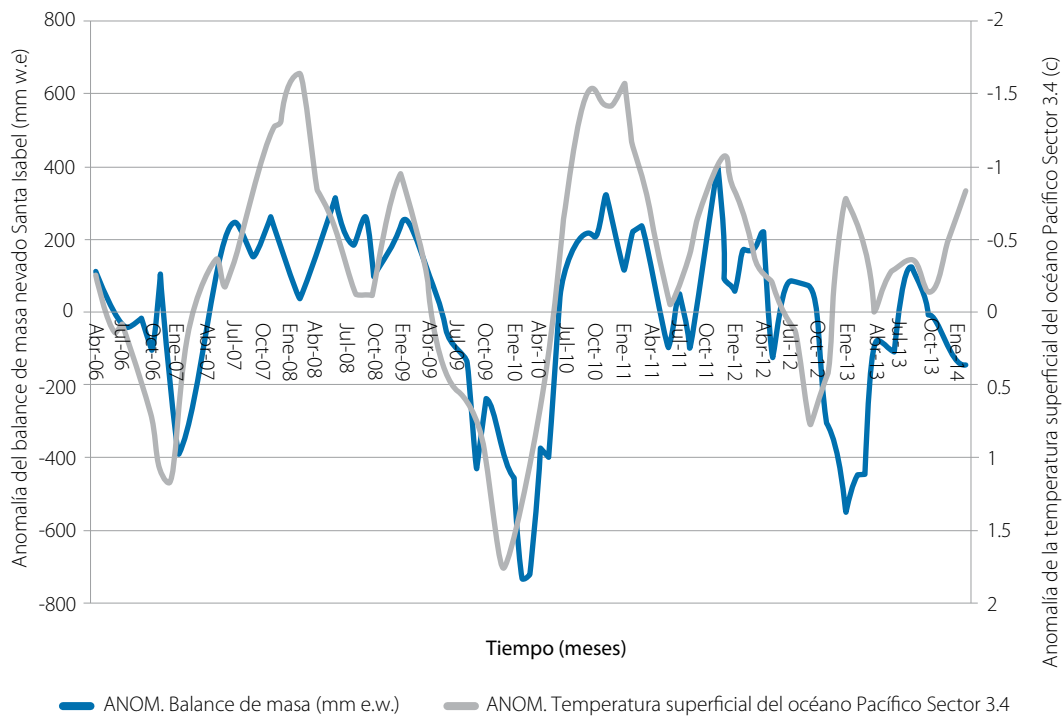


Figura 2.24 Correspondencia entre el balance de masa del nevado Santa Isabel y el ENSO

2.2.3 Tendencias

La información meteorológica de alta montaña y los estudios glaciológicos desarrollados por el IDEAM muestran un escenario con tendencia a la extinción de los glaciares, incremento de la temperatura y tendencia a la disminución de la precipitación y la humedad del aire, de manera que la disminución en disponibilidad del recurso hídrico está asociada, no solo a la extinción del glaciar, sino al cambio total del ciclo hidrológico y climático en la alta montaña colombiana. De persistir las actuales condiciones del clima de ascenso térmico de la baja atmósfera, en el transcurso de las próximas cuatro décadas podrían estar extintos los glaciares colombianos.

2.3 Características generales de cuerpos lénticos

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 del número de cuerpos de agua, tipo y extensión que cubren. En este estudio se presentan los resultados del ENA 2010 y se espera próximamente contar con la actualización y versión final de la delimitación de humedales y la caracterización de ecosistemas acuáticos realizados por el Instituto Alexander Von Humboldt y el IDEAM, respectivamente.

En la tabla 2.5 se presenta el consolidado de cuerpos de agua (ciénagas, embalses, lagunas y pantanos) en Colombia, por áreas y zonas hidrográficas.

Tabla 2.5 Resumen de cuerpos de agua en áreas hidrográficas (tomado de ENA 2010)

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Ciénagas		Embalses		Lagunas		Pantanos		TOTAL	
		Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	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	0	0,0	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	10.447,2	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	5.668,0
	Total Magdalena - Cauca	846	345.326,7	22	40.287,8	84	9.602,4	0	0,0	952	395.216,9
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	0	0,0	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 Orinoquia	0	0,0	3	3.171,7	977	86.935,3	179	92.823,0	1.159	182.930,0	

Continúa...

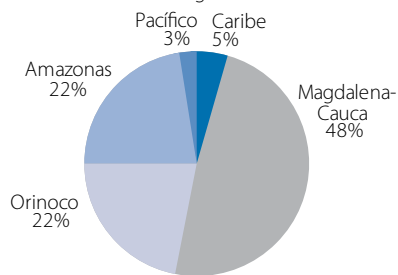
Continuación tabla 2.5

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Ciénagas		Embalses		Lagunas		Pantanos		TOTAL	
		Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área (ha)
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	0	0,0	0	0,0	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	

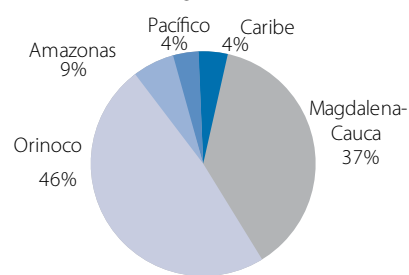
Se ha identificado un área cubierta por cuerpos de agua lénticos equivalente a 831.163,7 hectáreas; de las que 397.613,7 corresponden a ciénagas, 51.864,3 a embalses, 123.412 hectáreas son lagunas y 258.273 hectáreas están ocupadas por pantanos.

Las distribuciones porcentuales de estos cuerpos de agua lénticos se presentan en la figura 2.25.

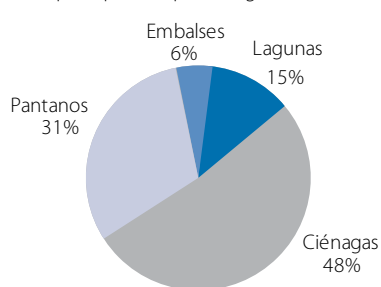
Distribución porcentual de área ocupada por cuerpos de agua lénticos, por área hidrográfica



Distribución del número de cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica



Distribución porcentual de área ocupada por cuerpos de agua lénticos



Distribución del número de cuerpos de agua lénticos

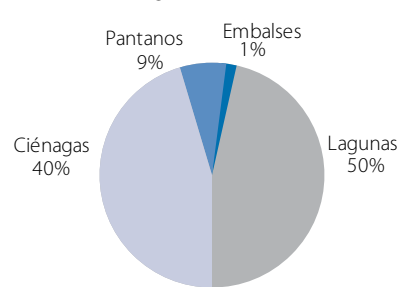


Figura 2.25 Distribución de cuerpos de agua lénticos en Colombia

De esta distribución ilustrada en la figura 2.25 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 asocia 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 que al Amazonas corresponde 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 está 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%; 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 de 450 km², 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 2.6 se relacionan las ciénagas más notables del territorio nacional, con sus áreas y perímetros correspondientes.

Tabla 2.6 Ciénagas más extensas del territorio nacional

Nombre	Zona hidrográfica	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 Pajara	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. Alfandoque	Bajo Magdalena	1.742,5	25,0
Cga. Betancí	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 2.7 Lagunas más extensas del territorio nacional (tomado del ENA 2010)

Nombre	Zona hidrográfica	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
Guáimara	Orinoco-directos	1.716,8	30,1
Grande	Caribe - La Guajira	1.321,1	39,4
Navío Quebrado	Caribe - La 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 - La 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)

La presencia de pantanos es la característica mayoritaria en la región de la Amazonia, 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 2.7 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. La máxima capacidad de almacenamiento del lago es de 1.650 Mm³, con el nivel de aguas máximas en la cota de 3.015 msnm (de acuerdo con batimetrías realizadas por el IDEAM en 2014). El lago ofrece agua a cerca de 300.000 personas de los municipios de Sogamoso, Nobsa, Aquitania, Tota, Cuítiva, Iza, Firavitoba y Tibasosa, y es fundamental en la producción agrícola de la región y en los procesos industriales como la producción de acero y cemento.

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 ha, distribuidas así: área de drenaje, 18.339 ha; área del lago o espejo de agua, 4.240 ha; isla La Corota, 11 ha (Corponariño, 2002). Se localiza a una altura de 2.745 msnm. 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 ha.³ Dado que en los ecosistemas de páramo se encuentra 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 resul-

3 Decreto 698 de abril de 2000, disponible en http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/2000/

tados de las lagunas identificadas se consolidan en la tabla 2.8, por los complejos de páramo considerados.

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, entre las que se destaca la 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 Las Hermosas, en el cual se han identificado más de 150 lagunas. En los análisis de humedales por área hidrográfica 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 para favorecer la regulación de las crecientes que, históricamente, se presentan en 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.

Tabla 2.8 Resumen de lagunas por complejo de páramo (tomada del ENA 2010)

Complejo	Total lagunas	Area total (ha)
Sierra Nevada de Santa Marta	175	1213
Cruz Verde	83	1044
Chingaza	47	209
Tota - Bijagual - Mamapacha	103	194
Guantiva - La Rusia	48	122
Almorzadero	56	112
Santurbán	70	226
Huila	45	209
Cocuy	60	1375
Hermosas	153	1026
Frontino - Urrao	7	9
Iguaque - Merchán	6	10
Rabanal y Río Bogotá	1	42
Guerrero	4	65
Doña Juana	21	58
La Cocha - Patascoy	4	26
Pisba	28	137
Sotara	10	71
Los Nevados	44	304
Chili - Barragán	37	183
Guanacas Puracé	63	179
TOTAL	1065	6814

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

En la tabla 2.9 se listan los embalses por área, zona y subzona hidrográfica, y se relacionan sus áreas, perímetros y volúmenes almacenados.

Tabla 2.9 Características geométricas de los embalses por zonas hidrográficas (actualizado del ENA 2010).

Localización hidrográfica			Embalse	Área (ha)	Perímetro (m)	Volumen (Mm ³)
Área	Zona	Subzona				
Caribe	Sinú	Medio Sinú	Urrá(2)	6.283	134.605	1.826
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	760
		Río Yaguará	Betania(2)	6.013	210.128	1300
		Directos río Magdalena (mi y md)	El Quimbo	8.250		1.824
	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 al 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 Fe	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 Sogamoso	Hidrosogamoso	7.000		4.800	
	Río Suárez	El Hato	120	9.213		
		Gachaneca	109	6.544		

Continúa...

Continuación tabla 2.9

Localización hidrográfica			Embalse	Área (ha)	Perímetro (m)	Volumen (Mm ³)
Área	Zona	Subzona				
Orinoco	Meta	Chivor	Chivor(2)	1.338	50.373	608
		Embalse del Guavio	Guavio(2)	1.341	50.334	794
		Río Guatiquía	Chuzá(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)

(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.

De la tabla 2.9 se colige 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. (Información adicional sobre los cuerpos lénticos puede ser consultada en el estudio anterior).

2.4 Sequías

2.4.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

El agua se encuentra disponible en diferentes fuentes: la humedad del suelo, aguas subterráneas, en forma de nieve, corrientes superficiales o reservorios. Los impactos ocasionados por eventos de sequía se pueden manifestar en la disminución de la oferta hídrica.

De esta forma, típicamente los eventos de corta duración asociados a sequías de tipo meteorológico tienen sus principales impactos en la reducción de humedad en el suelo (Mayorga, 2006), a diferencia de los eventos de sequía de tipo hidrológico que pueden afectar, según su duración e intensidad, la

disponibilidad de agua en corrientes superficiales y eventualmente en aguas subterráneas.

La afectación por los eventos de sequía, que implican reducción de los volúmenes de precipitación, es directamente proporcional a su duración e intensidad, es decir, largos periodos de déficit de precipitación se verán reflejados de manera secuencial en cada una de las diferentes etapas del ciclo hidrológico, escorrentía, humedad del suelo, caudales y finalmente aguas subterráneas (Mishra, 2010).

A fin de evaluar la duración e intensidad de los eventos se requiere un indicador sencillo y versátil que permita caracterizar la ocurrencia de este tipo de fenómenos en el país. Teniendo en cuenta la variedad de condiciones climáticas que ocurren en Colombia, se propone el uso del índice de precipitación estándar, en adelante SPI —sigla del inglés de Standard Precipitation Index— (OMM, 2012), el cual se calcula usando los datos estandarizados (normalizados) de series de precipitación.

El SPI presenta ventajas con respecto a las limitaciones e incertidumbres que implicaría el uso de otros índices que involucran otras variables estimadas. Un ejemplo de ello es la temperatura y la humedad del suelo, que se emplean para otro indicador de sequía, el índice de severidad de sequía de Palmer (Alley, 1984). En la aplicación de estos indicadores, además de las limi-

taciones de la metodología para normalizar los valores, se suman las de la representatividad de otras variables.

De acuerdo a la literatura, el SPI permite detectar los eventos de sequía de manera más rápida que el índice de Palmer, lo que aunado a su sencillez de cálculo permite monitorear la duración e intensidad de los fenómenos. Al poder estimarse con varios periodos de precipitación acumulada, se pueden identificar periodos secos con diferentes características.

2.4.1.1 Enfoque metodológico

El análisis se enfocó en dos perspectivas, la primera, evaluando los eventos secos ($SPI < -1$) de mayor extensión espacial a nivel nacional e identificando el año y mes respectivos. Se considera que los eventos de sequía inician cuando el índice alcanza valores inferiores a -1, y terminan en el momento en que el índice alcanza valores por encima de ese límite. De esta forma los eventos son caracterizados por su duración e intensidad, según el valor que alcanza el índice en cada uno de los meses de cada evento, en este caso considerando desde la categoría moderadamente seco a extremadamente seco.

El segundo enfoque abordado pretende identificar la persistencia del indicador en una categoría específica, en este caso la condición extremadamente seca ($SPI < -2$).

El cálculo del índice requiere inicialmente definir el número de meses en que se va a analizar la serie de precipitación acumulada, siendo empleados para este fin periodos de 1, 3, 6, 12, 18 y 24 meses.

De las diferentes funciones de probabilidad que pueden ser usadas para el ajuste de los datos de precipitación, originalmente la propuesta del profesor McKee para el indicador corresponde a la función de probabilidad Gamma, ampliamente usada en el ajuste de series de precipitación debido a su versatilidad. Sin embargo, a los efectos de este ejercicio se trabajó con distribuciones empíricas de probabilidad acumulada para cada estación.

Una vez determinada la serie acumulada de precipitación, se obtiene la función acumulada de precipitación correspondiente, la cual es normalizada a una función con media 0 y varianza 1 a fin de estandarizarla, estableciéndose el índice SPI. Este procedimiento permite definir el comportamiento de la precipitación histórica en términos de desviaciones estándar hacia arriba o abajo de la media en la serie, de tal forma que los valores positivos representan periodos de precipitación superiores a la media y los negativos periodos de lluvias con valores inferiores a la media de la serie en análisis (condiciones secas).

Una vez realizadas las transformaciones anteriores los resultados pueden ser clasificados de acuerdo con los límites definidos por Mackee⁴ (Mackee, 1993). Según esta metodología, los límites descritos corresponden de la misma forma en términos de probabilidad de ocurrencia; teniendo en cuenta su normalización, los valores correspondientes se presentan en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Categorías y probabilidades asociadas al índice de precipitación estándar (Mackee, 1993)

Categorías del índice de precipitación estándar		
Rango	Probabilidad de ocurrencia	Categorías
> 2,0	0,0228	Extremadamente húmedo
1,5 – 1,99	0,0668	Muy húmedo
1,0 – 1,49	0,1587	Moderadamente húmedo
-0,99 – 0,99	0,6915	Condiciones normales
-1,0 – -1,49	0,1587	Moderadamente seco
-1,5 – -1,99	0,0668	Muy seco
< -2,00	0,0228	Extremadamente seco

Dada su condición normalizada, el índice permite hacer comparaciones de comportamientos entre diversas estaciones con diferentes condiciones climáticas, aun cuando puedan tener distintas normales de precipitación.

4 McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (enero 12-17 de 1993). The relationship of drought frequency and duration time scales. Eighth Conference on Applied Climatology.

2.4.2 Resultados y análisis

En la metodología propuesta se identifican los principales eventos registrados en el país, los más representativos de acuerdo a la intensidad y duración. El análisis inicial de los resultados permitió identificar como los más significativos en el efecto de la escorrentía superficial los valores del indicador estimado con tres y seis meses de precipitación acumulada.

2.4.2.1 Eventos secos con mayor extensión espacial

Para el primer enfoque, que pretende evaluar la extensión de una condición seca, definida bajo las categorías del indicador, es importante indicar que se considera el inicio de un evento de sequía cuando el indicador SPI está por debajo del valor de menos uno (-1), a partir de este punto se establece la duración o persistencia del evento seco. Es decir, en este caso considera las categorías: moderadamente seco, muy seco y extremadamente seco del indicador. Las áreas de afectación presentadas deben considerarse como indicativas.

Con el fin de comparar los periodos secos identificados mediante el indicador SPI, se presentan en la tabla 2.11 los años El Niño con base en el índice ONI. Si bien en Colombia son más característicos o comúnmente recordados los eventos asociados a la fase seca del ENSO, el impacto de este fenómeno no es extensivo a todo al país y existen otras condiciones y procesos océano-atmosféricos que pueden condicionar la magnitud, duración y desplazamiento en el tiempo respecto a los periodos húmedos y secos característicos de nuestro país.

En el capítulo 8, sobre variabilidad hidroclimática, se presentarán algunas correlaciones entre variables, como la precipitación y el caudal, con otros índices océano-atmosféricos, resaltando zonas del país con relaciones diferentes a las habituales del océano Pacífico.

Tabla 2.11 Eventos históricos El Niño, con base en el ONI

Eventos El Niño	Valor de ONI más alto
JJA 1951 – DJF 1951/52	1,2
DJF 1952/53 – JFM 1954	0,8
MAM 1957 – JJA 1958	1,8
OND 1958 – FMA 1959	0,6
MJJ 1963 – JFM 1964	1,4
AMJ 1965 – MAM 1966	1,9
JAS 1968 – DJF 1969/70	1,1
AMJ 1972 – FMA 1973	2,1
ASO 1976 - JFM 1977	0,8
ASO 1977 – JFM 1978	0,8
AMJ 1982 – MJJ 1983	2,2
JAS 1986 – JFM 1988	1,6
AMJ 1991 – MJJ 1992	1,6
ASO 1994 – FMA 1995	1,2
AMJ 1997 – MAM 1998	2,4
AMJ 2002 – JFM 2003	1,3
JJA 2004 – DJF 2004/05	0,7
ASO 2006 – DJF 2006/07	1,0
JJA 2009 – MAM 2010	1,6

Fuente: ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions NCEP, NOAA, 16 de febrero de 2015.

SPI con precipitación acumulada de un mes

Es importante resaltar que el objeto de este análisis en particular es identificar las fechas en que se reportó el mayor número de estaciones bajo condición de sequía, de acuerdo con las categorías del SPI.

Para precipitación acumulada de un mes, se identifica a partir del SPI un evento seco registrado en febrero de 2007; en la figura 2.26 se puede observar la evolución de la condición seca a nivel nacional desde dos meses anteriores, es decir, iniciando en diciembre de 2006 hasta febrero de 2007. En febrero de 2007 se generaron 563 registros de SPI inferiores

a -1, es decir, en condiciones de sequía; este evento identificado a partir del SPI coincide con El Niño ocurrido durante 2006-2007.

Para precipitación acumulada de tres meses se identifica el mes de marzo de 1995, en el cual 625 estaciones presentan condición seca ($SPI < -1$), ello indica que en este periodo cerca del 50% de las estaciones involucradas en el análisis tienen valores deficitarios de precipitación respecto a la media. Dicho evento coincide con la ocurrencia de un evento El Niño, de acuerdo con la tabla referida.

SPI con precipitación acumulada de tres meses

De manera similar al anterior ejemplo, se identifican condiciones secas y su distribución en el territorio nacional al hacer una interpolación de los valores del índice para precipitación acumulada de tres meses, lo que puede apreciarse en la figura 2.27. Los resultados para este caso muestran que la categoría muy seco en febrero alcanza un área del 65% del país y en marzo, en la categoría de seco, un porcentaje de 69% (ver tabla 2.12).

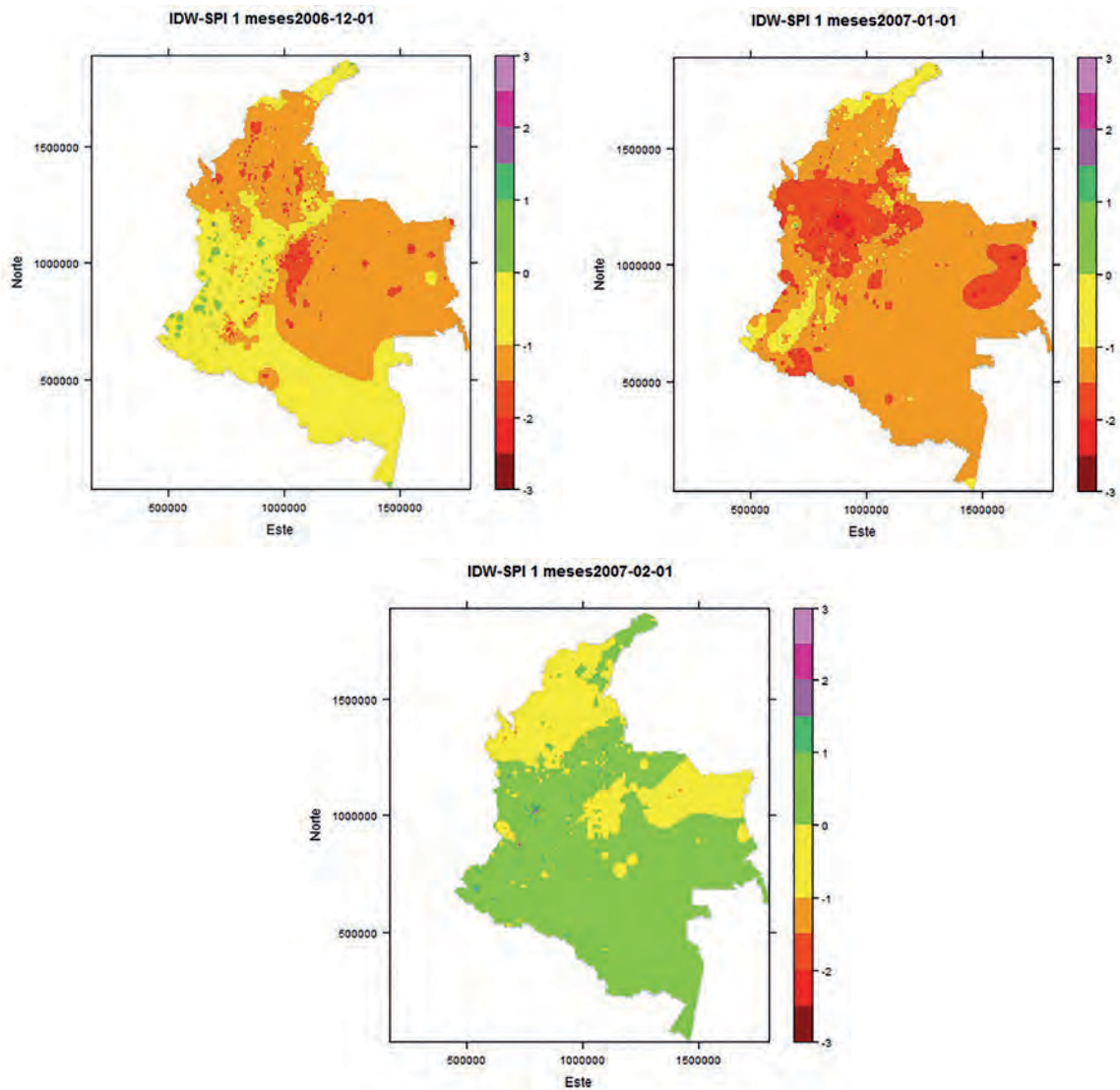


Figura 2.26 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a un mes

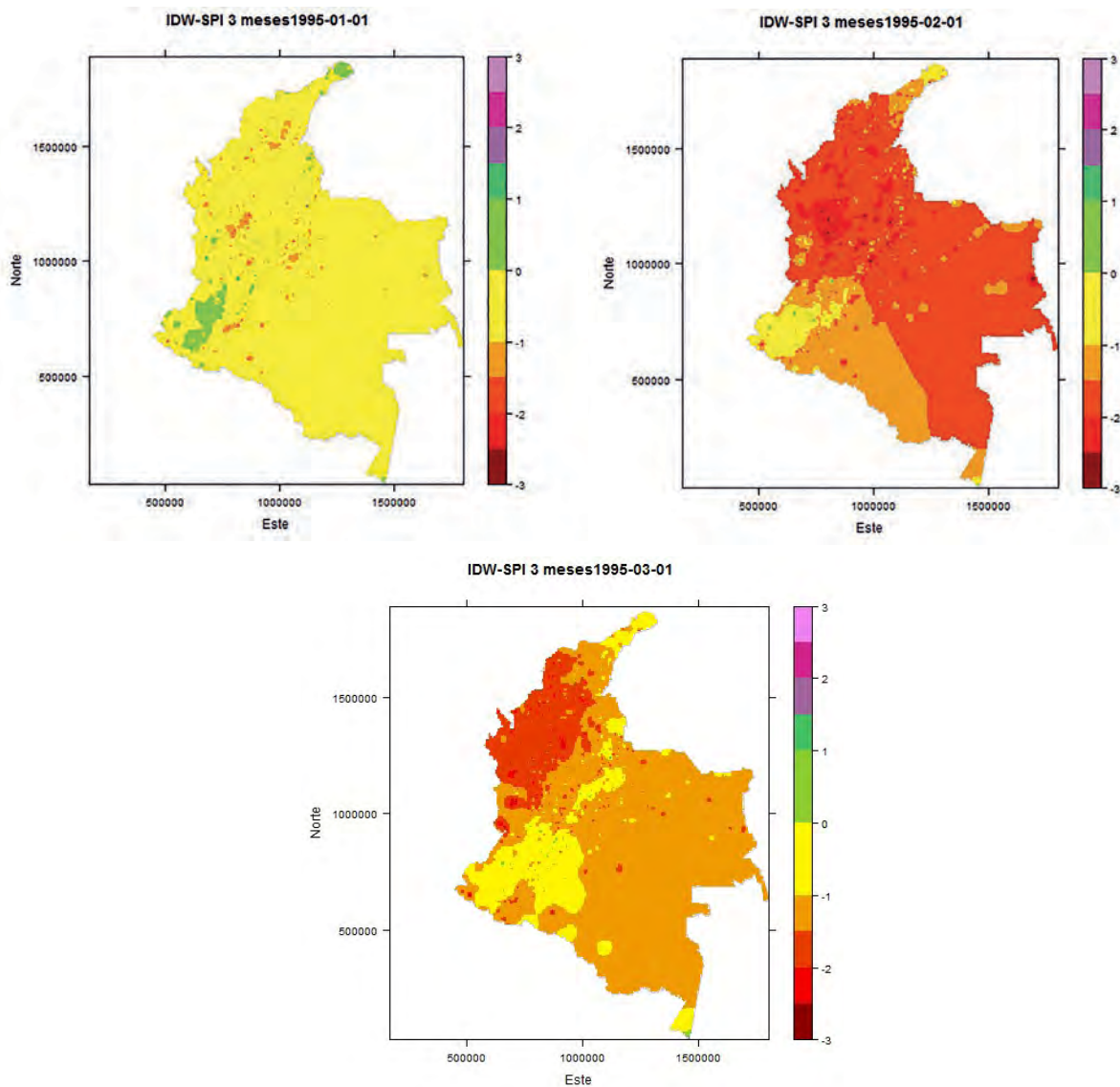


Figura 2.27 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a tres meses

Tabla 2.12 Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI en tres meses de precipitación acumulada para un evento

Fecha	Extremadamente húmedo (%)	Muy húmedo (%)	Húmedo (%)	Normal (%)	Seco (%)	Muy seco (%)	Extremadamente seco (%)
1/1/1995	0,00	0,01	0,04	97,74	2,09	0,12	0,00
1/2/1995	0,00	0,00	0,00	5,73	23,06	64,97	6,25
1/3/1995	0,00	0,01	0,01	16,62	68,14	14,49	0,72

SPI con precipitación acumulada de seis meses

Para periodos de análisis de seis meses de precipitación acumulada los resultados evidencian la ocurrencia de un evento de sequía representativo en mayo de 1988 (es decir, con reducción de precipitación desde diciembre de 1987 a mayo de 1988). Este evento fue registrado en 361 estaciones en el país y su alcance se observa en la figura 2.28, donde se aprecian las áreas generadas por las interpolaciones realizadas,

en las cuales predominan condiciones secas en la región Caribe y el Orinoco colombiano; las áreas estimadas por categoría se presentan en la tabla 2.13. Su efecto es menos notorio en la parte alta de la cuenca Magdalena-Cauca.

Este periodo coincide con la ocurrencia de un evento El Niño de características fuertes ocurrido en el periodo 1987-1988, el cual fue antecedido por un evento de condiciones medias en el periodo 1986-1987.

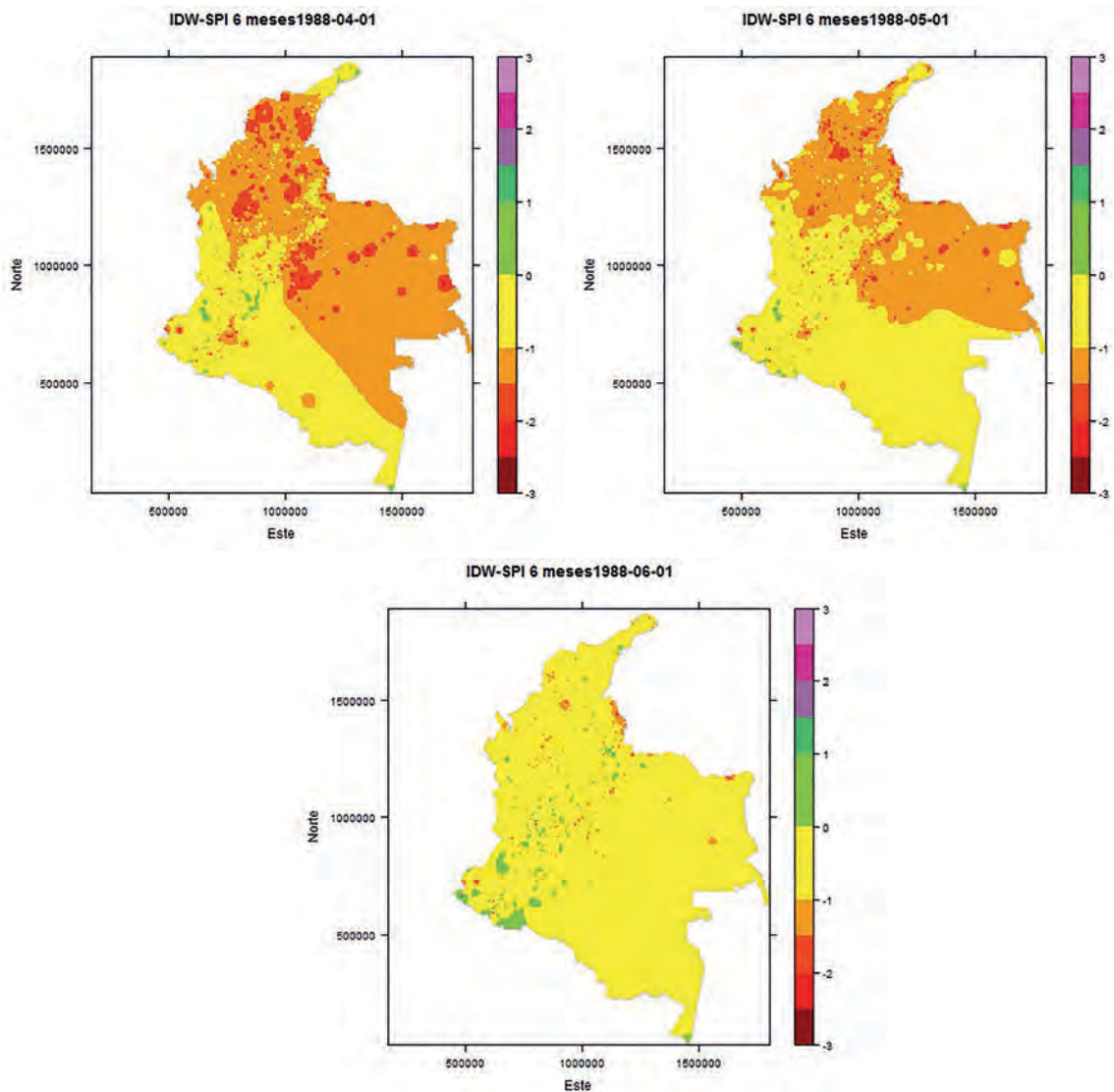


Figura 2.28 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada a seis meses

SPI para precipitación acumulada de doce meses

La identificación de eventos secos para precipitación acumulada de doce meses resalta el ocurrido en abril de 1998, coincidiendo con la ocurrencia de un evento El Niño de características fuertes en el periodo 1997-1998. Se puede considerar que los eventos registrados en este periodo de análisis no han tenido un impacto significativo en términos de área en el país, sin embargo es importante recabar en las afectaciones causadas sobre la población asentada en las zonas puntuales donde se concentraron los eventos.

Como se observa en la figura 2.29, en el mapa correspondiente a febrero de 1998 se encuentran zonas de los departamentos de Antioquia, Chocó, Tolima y Huila, y algunas zonas del Magdalena Medio, con categoría extremadamente seco de acuerdo al indicador; la extensión por categoría se presenta en la tabla 2.14. Lo anterior podría indicar disminuciones en la escurrentía e incluso impactos en el caudal de los ríos que se encuentran en las zonas indicadas.

SPI para precipitación acumulada de dieciocho meses

Para periodos de precipitación acumulada de dieciocho meses aplicando el SPI se encontró que la mayor cantidad de estaciones que presentaron condición de sequía de manera simultánea se encuentran en mayo de 1985, mes en el cual fueron registradas condiciones deficitarias de precipitación respecto a la media en 196 estaciones del país. De acuerdo con la serie histórica, en 1984 y 1985 no fueron registrados eventos tipo El Niño.

Las estaciones que evidencian la ocurrencia de valores de SPI inferiores a -1 se encuentran concentradas en zonas específicas del país, como se muestra en la figura 2.30 (para el caso de este evento, ubicada en la zona Caribe y parte de la Orinoquia principalmente). Esto permite evidenciar que debe haber otros patrones océano-atmosféricos que generan condiciones secas en el país aparte de los relacionados con la fase seca del ENSO, que se manifiestan de forma más puntual.

Tabla 2.13 Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para tres meses de precipitación acumulada en 1988

Fecha	Extremadamente húmedo (%)	Muy húmedo (%)	Húmedo (%)	Normal (%)	Seco (%)	Muy seco (%)	Extremadamente seco (%)
1/4/1988	0,00	0,00	0,02	38,29	53,57	7,56	0,56
1/5/1988	0,00	0,01	0,02	54,80	42,61	2,35	0,21
1/6/1988	0,00	0,01	0,07	98,28	1,47	0,14	0,02

Tabla 2.14 Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para doce meses de precipitación acumulada en 1998

Fecha	Extremadamente húmedo (%)	Muy húmedo (%)	Húmedo (%)	Normal (%)	Seco %	Muy seco (%)	Extremadamente seco (%)
1/2/1998	0,00	0,00	0,00	52,37	45,72	1,93	0,14
1/3/1998	0,00	0,00	0,00	61,22	37,84	1,01	0,09
1/4/1998	0,00	0,00	0,00	83,92	15,70	0,54	0,00

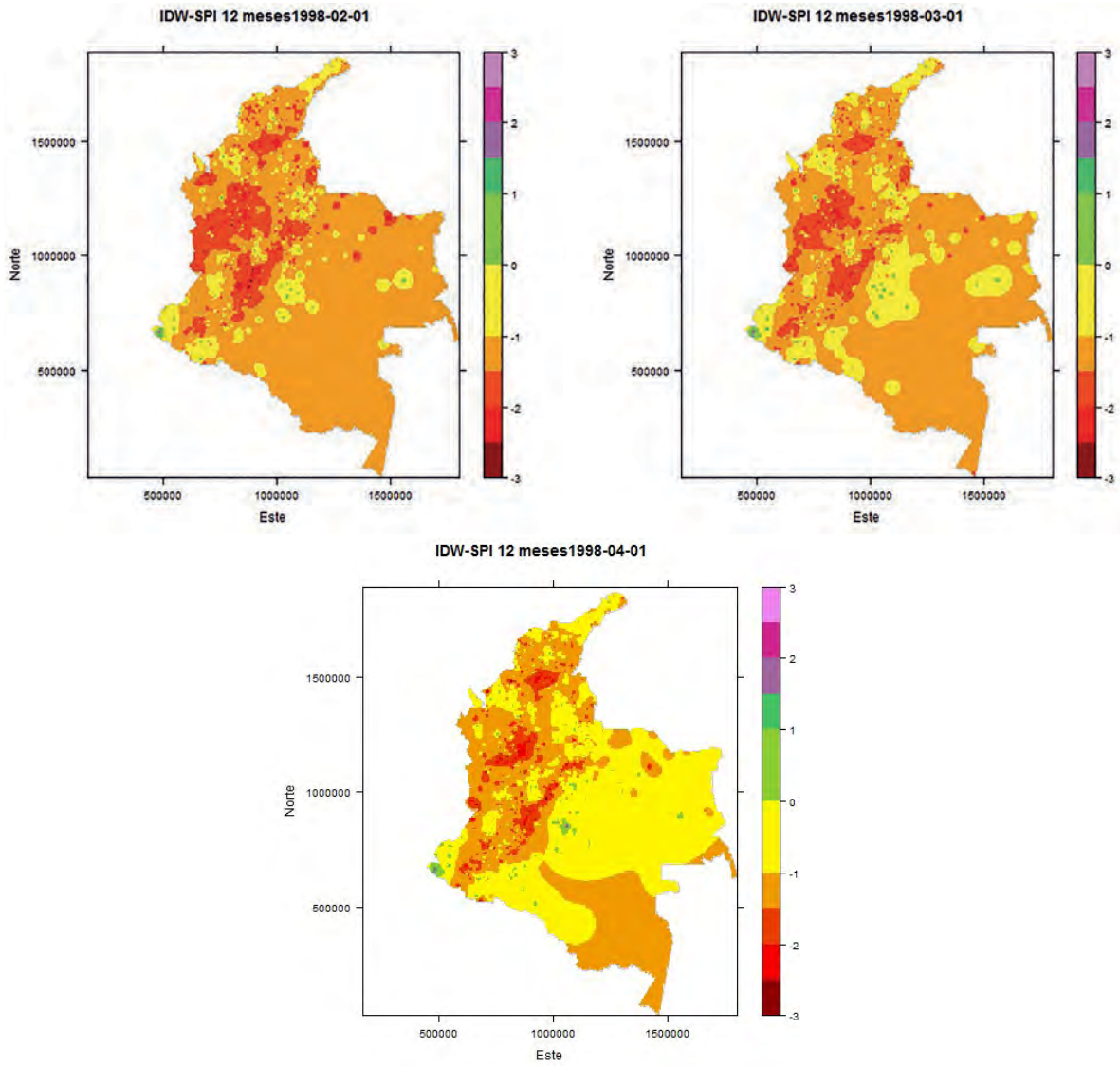


Figura 2.29 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo al SPI, empleando precipitación acumulada a doce meses

Tabla 2.15 Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para dieciocho meses de precipitación acumulada en 1985

Fecha	Extremadamente húmedo (%)	Muy húmedo (%)	Húmedo (%)	Normal (%)	Seco (%)	Muy seco (%)	Extremadamente seco (%)
1/4/1985	0,00	0,00	0,00	84,18	13,04	2,09	0,85
1/5/1985	0,00	0,00	0,13	94,18	4,34	1,22	0,29
1/6/1985	0,00	0,00	0,13	96,23	3,18	0,61	0,01

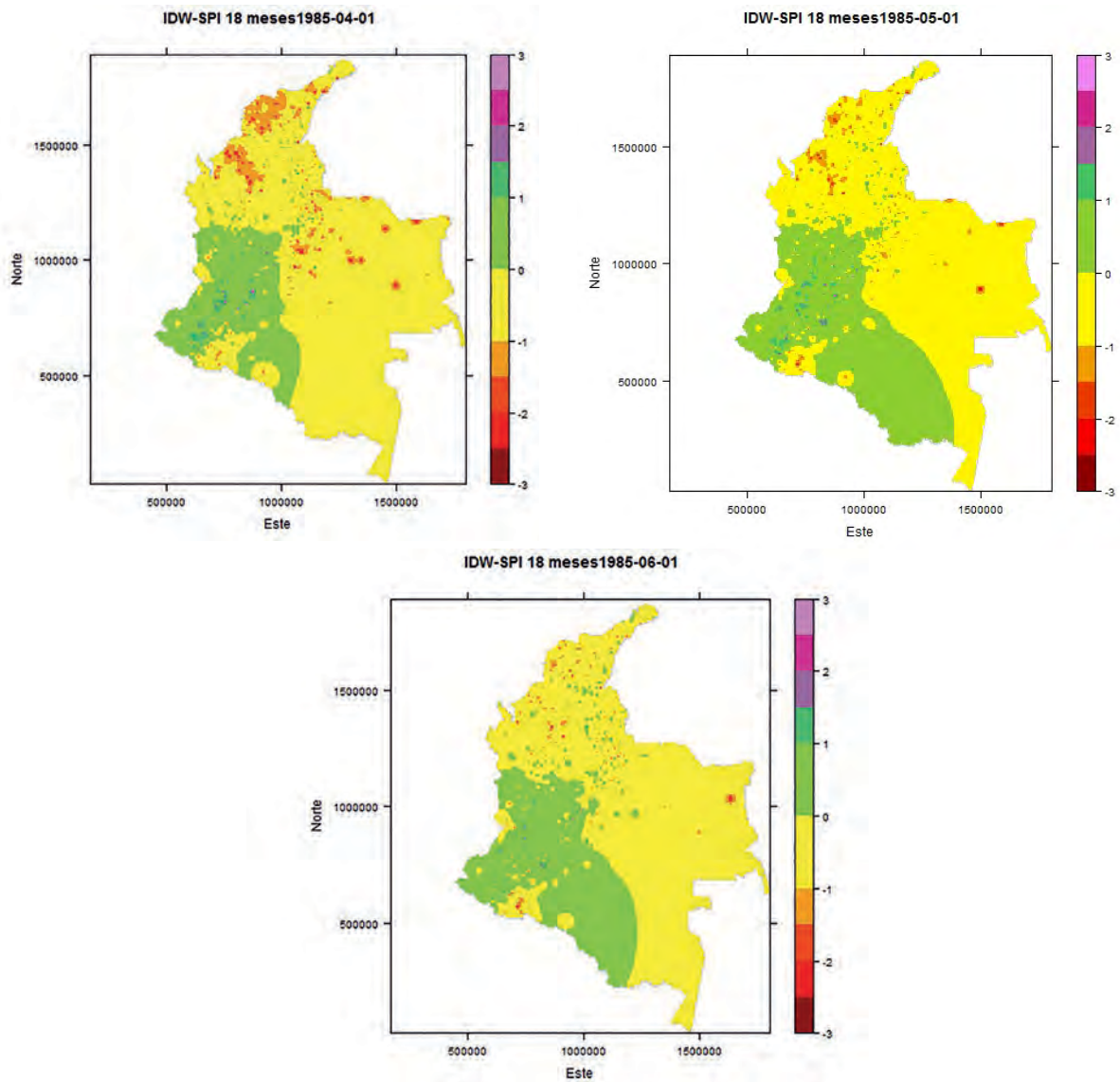


Figura 2.30 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo al SPI, empleando precipitación acumulada en dieciocho meses

SPI para precipitación acumulada de veinticuatro meses

Finalmente, para el periodo de agregación de veinticuatro meses el índice muestra condición seca en 115 estaciones de manera simultánea en marzo de 2003, lo cual presenta concordancia con los indicadores climáticos que evidenciaron la ocurrencia de un evento tipo El Niño moderado en el periodo 2002-2003, lo que podría explicar los déficits de precipitación en las estaciones mencionadas. Se observan en la figura

2.31 condiciones moderadamente secas en amplias zonas de la costa atlántica y los departamentos de Santander y Norte de Santander, siendo el más crítico en ese periodo el mes de marzo.

Es claro, de acuerdo a los valores adoptados por el índice, que en la medida en que se usa la precipitación acumulada en un periodo más largo el número de estaciones que revelan condición de sequía disminuye, pero refleja áreas susceptibles a reducciones prolongadas en la precipitación que trascienden la

compensación que el régimen intraanual de lluvias produce. Estas condiciones secas son perceptibles en el indicador a pesar de la compensación que un perio-

do húmedo pueda generar. Esto sucede en particular en las áreas hidrográficas Magdalena-Cauca y Caribe.

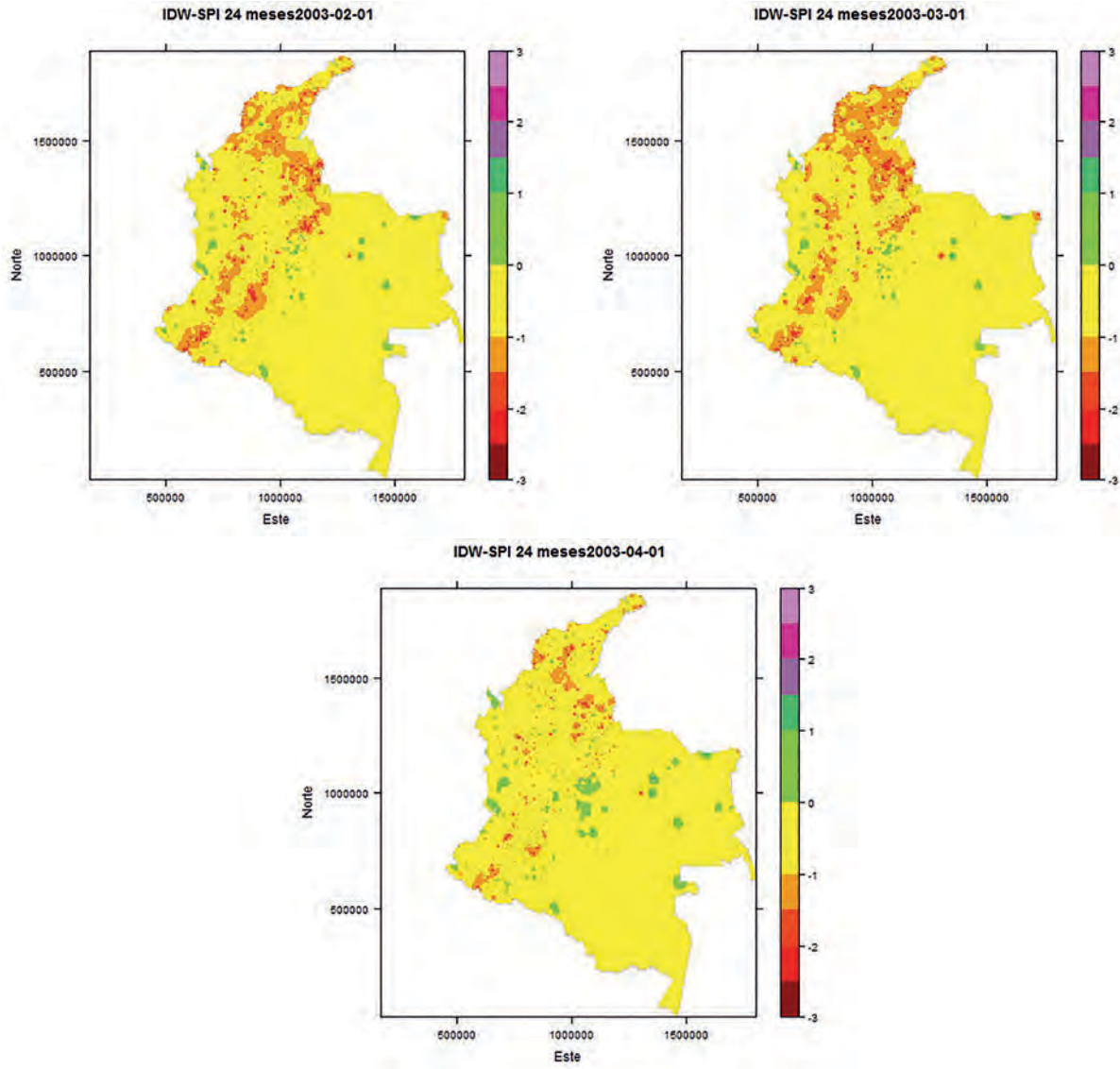


Figura 2.31 Zonas del país con condiciones de sequía de acuerdo con el SPI, empleando precipitación acumulada en veinticuatro meses

Tabla 2.16 Porcentaje de área del país bajo las diferentes categorías del SPI para veinticuatro meses de precipitación acumulada en 2003

Fecha	Extremadamente húmedo (%)	Muy húmedo (%)	Húmedo (%)	Normal (%)	Seco (%)	Muy seco (%)	Extremadamente seco (%)
1/2/2003	0,00	0,00	0,10	67,64	28,23	3,67	0,52
1/3/2003	0,00	0,00	0,06	62,32	34,30	3,26	0,22
1/4/2003	0,00	0,00	0,08	88,51	10,21	1,33	0,03

Se encuentra para Colombia que los eventos de sequía pueden estar localizados en regiones específicas del país y no siempre se extienden en amplias regiones de la geografía nacional. De acuerdo con el periodo de precipitación acumulada se identifican periodos de condición seca con diferente extensión, los cuales podrían afectar condiciones de humedad del suelo, generando afectaciones en particular sobre los cultivos, o hacerse visibles en la reducción del caudal en ríos principales o secundarios.

También se evidencia la necesidad de evaluar eventos secos asociados a condiciones diferentes del ENSO, relacionadas con otros procesos océano-atmosféricos.

2.4.2.2 Persistencia de condiciones secas. Análisis por área hidrográfica

La magnitud del efecto de una condición seca puede ser más drástica si esta se extiende en un periodo prolongado. En ese enfoque el índice de precipitación estándar se emplea para evidenciar la persistencia de una condición seca, asociada específicamente a la categoría extremadamente seca ($SPI < -2$), con el fin de reflejar los efectos en la escorrentía de las cuencas, en los eventos identificados.

En este caso, la aplicación del índice es para 1, 3, 6 y 12 meses de precipitación acumulada. Con dicho fin el SPI fue evaluado a partir de la precipitación media

mensual de las subzonas en las que está dividido el país. Se presentan en algunos casos los caudales mensuales en periodos identificados resaltando el caudal de excedencia del 75%, como referencia para mostrar cómo en la categoría extremadamente seco del SPI por lo general los caudales están por debajo de esa magnitud.

La aplicación de esta metodología permite identificar años en los que se han presentado periodos extremadamente secos ($SPI < -2$) por más de un mes consecutivo, lo cual se espera ver reflejado en términos de la respuesta hidrológica de la zona o subzona respectiva. Es importante considerar que, dada la variabilidad mensual del régimen hidrológico en el país, el déficit hídrico en cuencas de tamaño considerable (a nivel de subzona) puede ser compensado en el siguiente periodo húmedo.

Con el fin de identificar periodos críticos en cuanto a reducción de precipitación, a través del índice de precipitación estándar, se elige la categoría más extrema de este indicador, es decir, la condición extremadamente seca. Para observar los periodos más críticos en las subzonas hidrográficas se analiza cada condición de precipitación acumulada de manera que el SPI persiste en la categoría seleccionada. De lo anterior se pueden deducir periodos específicos comunes a estaciones y subzonas hidrográficas. Los resultados se sintetizan en la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Periodos y regiones donde se evidencia condición extremadamente seca ($SPI < -2$)

Año	Periodo	Precipitación acumulada (meses)	Persistencia (meses con $SPI < -2$)	Zona o subzona hidrográfica donde se evidencia la condición seca	Área
1977, 1979, 1985	febrero-marzo	3	3	Río Sinú	Caribe
1984	abril	6	1	Caribe – La Guajira (ríos Ancho, Tapias y Camarones)	Caribe
2010	enero	6	1	Caribe – La Guajira (ríos Ancho, Tapias y Camarones)	Caribe
1992	marzo	3	1	Catatumbo	Caribe
1995, 2003	febrero	3	1	Catatumbo	Caribe

Continúa...

Continuación tabla 2.17

Año	Periodo	Precipitación acumulada (meses)	Persistencia (meses con SPI < -2)	Zona o subzona hidrográfica donde se evidencia la condición seca	Área
2001	febrero-abril	3	2	Catatumbo, La Guajira	Caribe
1995, 1998, 2010	febrero-marzo	3	2, 3	Magdalena Alto, Saldaña	Magdalena - Cauca
1976, 1982, 1983, 1997, 2012	agosto-septiembre	3	2, 3	Magdalena Alto, Saldaña	Magdalena - Cauca
1992	noviembre-diciembre	3	2	Magdalena Alto (río Suaza)	Magdalena - Cauca
1992 - 1993	octubre/1992-febrero/1993	6	1	Río Bogotá	Magdalena - Cauca
1977, 1979, 1980, 1992, 2003, 2010	febrero-marzo	3	2	Río Sogamoso	Magdalena - Cauca
1975	diciembre-enero	3	2	Río Sogamoso	Magdalena - Cauca
1977	enero-febrero	3	2	Río Sogamoso	Magdalena - Cauca
1979, 1980, 1985, 1991, 1992, 1998, 2003	enero, febrero, marzo	3	2	Medio Magdalena	Magdalena - Cauca
1976, 1982, 1983, 1994, 1997, 2012	agosto-septiembre	3	2	Medio Magdalena	Magdalena - Cauca
1977, 1985, 1987, 1992, 1995, 2010	febrero-marzo	3	2	Río Cauca	Magdalena - Cauca
1976, 1982, 1990, 1997, 2012	agosto-septiembre	3	2	Río Cauca	Magdalena - Cauca
1974, 1977, 1979, 1982, 1992, 1997	febrero-marzo	3	2	Cesar	Magdalena - Cauca
1977, 1985, 1992, 1995	febrero-marzo	3	2	Bajo Magdalena (San Jorge)	Magdalena- Cauca
1977, 1985, 1995, 1998	febrero-marzo	3	2	Bajo Magdalena	Magdalena- Cauca
1979, 2002, 2010	enero-marzo	3	2, 3	Arauca	Orinoco
2001 (mar), 1984, 1985	febrero-marzo	3	2	Arauca (directos río Arauca) (md)	Orinoco
1985, 2010	febrero-marzo (1985); ene-feb (2010)	3	2	Casanare	Orinoco
2003	marzo-abril	6	3	Casanare (ríos Ariporo, Casanare, Cravo Norte)	Orinoco
1998 (feb-mar) 2010 (mar-abr)	febrero-abril	6	3	Casanare (río Cravo Norte)	Orinoco
1985	marzo-abril	6	2	Casanare (río Cravo Norte)	Orinoco
1973, 1985, 2001, 2008, 2010	febrero-marzo	3	2	Meta	Orinoco
1988	febrero-marzo	1, 3	2	Meta subzonas ríos Metica (Guamal - Humadea), Guayuriba, Guatiquía, Guacavía, Humea, Guavio, Garagoa, Lengupá, Upía, Negro	Orinoco

Continúa...

Continuación tabla 2.17

Año	Periodo	Precipitación acumulada (meses)	Persistencia (meses con SPI < -2)	Zona o subzona hidrográfica donde se evidencia la condición seca	Área
1985, 1988, 2008	febrero-marzo	3	2	Meta: subzonas, directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao; ríos Yucao, Melúa; caño Cumaral, río Manacacías	Orinoco
1985, 1988, 2008	febrero-marzo	3	2	Lago de Tota, río Túa, río Cusiana, directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi), río Cravo Sur, caño Guanápalo, río Pauto, directos al río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi), directos al Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md) y directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md)	Orinoco
1992, 1998, 2001, 2003, 2010	enero-marzo	3, 6, 12	2	Meta	Orinoco
1979, 1992, 2004, 2010	enero, febrero, marzo	3		Margua	Orinoco
1980, 1982, 1985, 1992, 2010	enero-marzo	3	2, 3	General	Amazonía
1980, 1982, 1996, 2011	enero, febrero, marzo	6	2, 4, 5	General	Amazonia
1981, 1996, 2011	octubre-febrero	12		En particular para ríos Caquetá y Putumayo	Amazonia
1982, 1989, 1995, 1997, 1998, 2001, 2004, 2005 y 2010	No predominante	1	1	General	Pacífico
1994	julio-septiembre	3	2	Río Mira	Pacífico
1976-1977, 1978	diciembre-febrero	3		Río San Juan Alto	Pacífico
1995	enero-marzo	3	2	Subzona hidrográfica río Tamaná y otros directos al San Juan (5402)	Pacífico
1983	febrero-abril	3	2	Subzona Tapaje Dagua - directos	Pacífico
1995	febrero-marzo	3	2	Río Mira	Pacífico
2001, 2005	agosto-octubre	3	2	Río Mira	Pacífico
2012	julio-septiembre	3, 6	2	Río Patía	Pacífico
1983, 1985	febrero-abril	3	2	Río San Juan	Pacífico
1985, 1993, 1995, 2001, 2012	febrero-abril	3	2	Río Tapaje	Pacífico
1973	febrero-abril	3	2	Ríos Tapaje y San Juan	Pacífico

Área hidrográfica Caribe

En la zona Atrato-Darién bajo condición extremadamente seca (con tres meses de precipitación acumulada), se evidencian reducciones de precipitación durante febrero-abril de 1977, enero-abril de 1983 y enero-marzo de 1987 y 1998, lo cual se refleja en el

comportamiento de los caudales, como se observa en la figura 2.32.

Es de aclarar que la condición se registra en algunas de las subzonas; no se da una condición generalizada, excepto en 1998, cuando se reporta esta categoría del indicador en nueve subzonas.

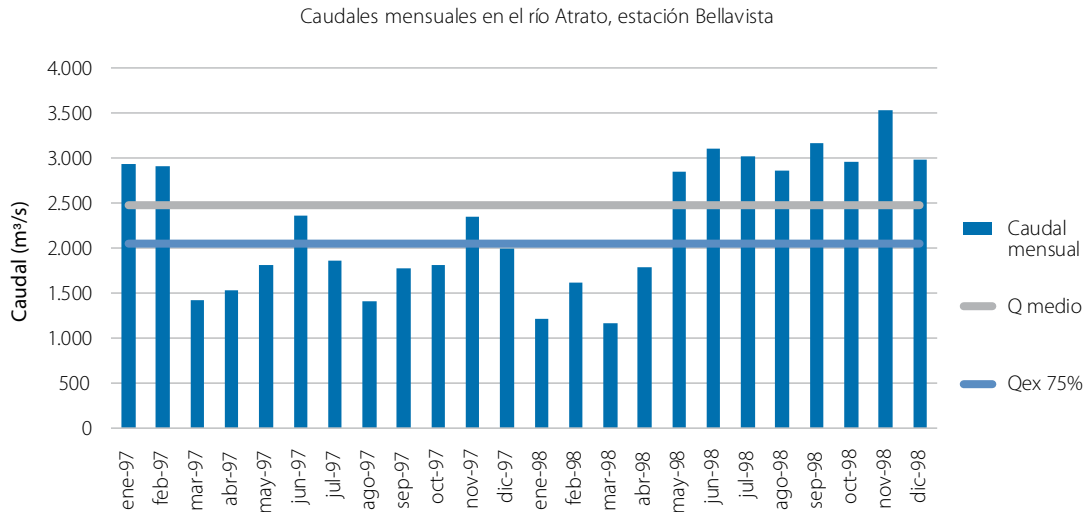


Figura 2.32 Caudales en el río Atrato para condición extremadamente seca a partir del SPI

En la zona hidrográfica del río Sinú se identifican eventos extremadamente secos, con precipitación acumulada de tres meses, durante los periodos febrero-marzo de 1977, 1979 y 1985, en al menos dos subzonas hidrográficas, lo cual se evidencia en térmi-

nos de caudales en la figura 2.33. También se aprecian meses por debajo del caudal de excedencia del 75% en 1979, que puede ocurrir a consecuencia de la reducción de precipitación identificada a través del SPI.

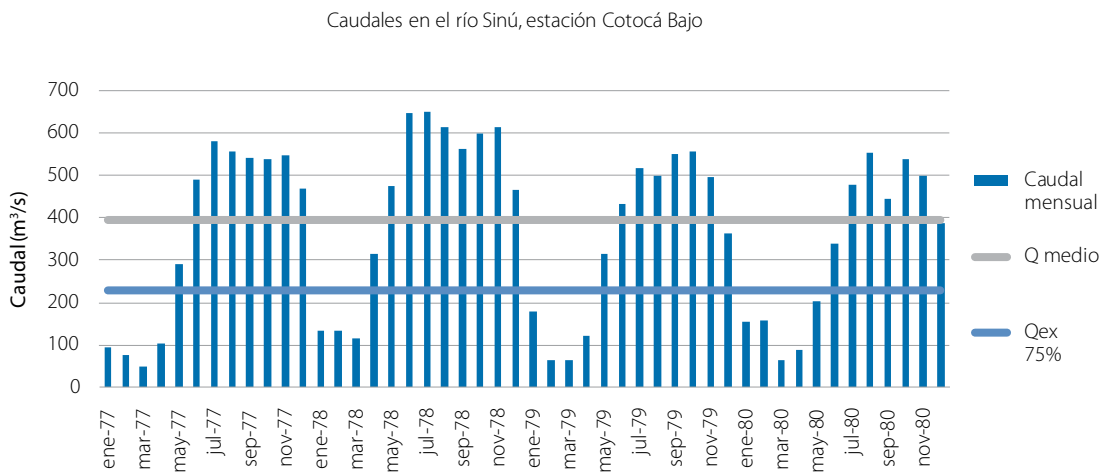


Figura 2.33 Caudales en el río Sinú para condición extremadamente seca a partir del SPI

En la tabla 2.12 se puede observar que no se da una condición extremadamente seca de forma generalizada, siendo marcadas las diferencias entre La Guajira y las demás corrientes al oeste del río Ranchería, esto quiere decir que las condiciones secas extremas no ocurren en los mismos periodos.

Respecto del área hidrográfica Caribe, los años donde se presentan periodos más significativos con el SPI en categoría extremadamente crítica corresponden a 1975, 1978, 1985, 1992 y 1998, en general para la precipitación acumulada a 1, 3, 6 y 12 meses.

Se identifican en el área Caribe periodos secos, algunos coincidentes con año El Niño y otros que no se pueden asociar directamente a las condiciones secas del ENSO, como en 1975, 1979 y 1985.

Área hidrográfica Magdalena-Cauca

Del área hidrográfica Magdalena-Cauca se realizó el análisis espacial del índice con periodo de agregación de tres meses, tomando como punto de referencia la situación más extensa, lo que ocurrió en febrero de 1995 de acuerdo con los resultados obtenidos.

Según lo anterior, se puede ver claramente cómo en febrero de 1995 la mayor parte de la región Andina se encontraba en situación de muy seca a extremadamente seca.

En el área hidrográfica Magdalena-Cauca, cinco de las nueve zonas existentes presentaron en marzo de 1995 valores de SPI inferiores a -2,00 (probabilidad de ocurrencia de 2,28%). Solamente la zona norte de la cuenca del río César, zona sur de las cuencas del Cauca y del Saldaña, y la zona baja de la cuenca del Alto Magdalena, presentaban valores de SPI cercanos a condiciones normales.

Si bien es cierto que en marzo de 1995 las cuencas ubicadas al norte del área hidrográfica Magdalena-Cauca presentaban condiciones críticas, las cuencas ubicadas en el sur aún conservaban condiciones de humedad cercanas a las normales.

En términos generales, los años que presentan una condición extremadamente seca, con más de dos periodos con el indicador en esta categoría y precipitación acumulada de tres meses, son 1973, 1976, 1977, 1979, 1985, 1992, 1995, 1998 y 2010.

Magdalena Alto y Saldaña

Se identificaron en esta zona años con condición extremadamente seca del indicador durante el periodo agosto-septiembre, o julio-septiembre, que corresponde al periodo intermedio entre los dos periodos húmedos en la zona.

Por ser este periodo menos bajo, en términos de caudales mensuales, que el del primer trimestre del año, esas condiciones no alcanzan por lo general a provocar condiciones de déficit marcados de agua, pero sí corresponden a condiciones de reducciones sustanciales de precipitación en dicho periodo.

La zona hidrográfica Sogamoso presenta periodos en condición extremadamente seca para tres meses de precipitación acumulada en algunas de las subzonas durante febrero-marzo de 1973, 1977, 1979, 1980, 1992, 2003 y 2010, diciembre-enero de 1975 y enero-febrero de 1977, como puede apreciarse en el comportamiento de los caudales ilustrados en la figura 2.34.

Medio Magdalena

Julio a noviembre de 1992 fue el periodo en el que se reflejó mayor incidencia en el río Magdalena, a la altura de Arrancaplumas (ver figura 2.35), con reducción en los caudales incluso en el periodo húmedo intermedio de abril a julio (característicamente de niveles más altos que en el primer trimestre); los demás valores identificados se pueden encontrar en la tabla 2-17.

Cuenca del río Cauca

Se presentan condiciones de baja precipitación estimando el SPI, en los periodos descritos en la tabla 2-12. Algunos de estos periodos representados en caudales se presentan en la figura 2.36.

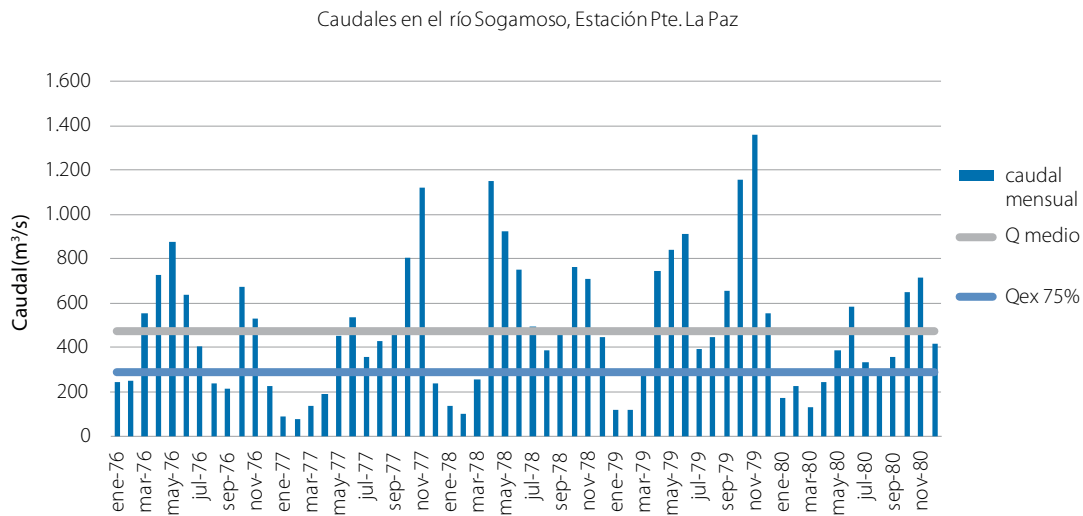


Figura 2.34 Caudales en el río Sogamoso en condición extremadamente seca a partir del SPI

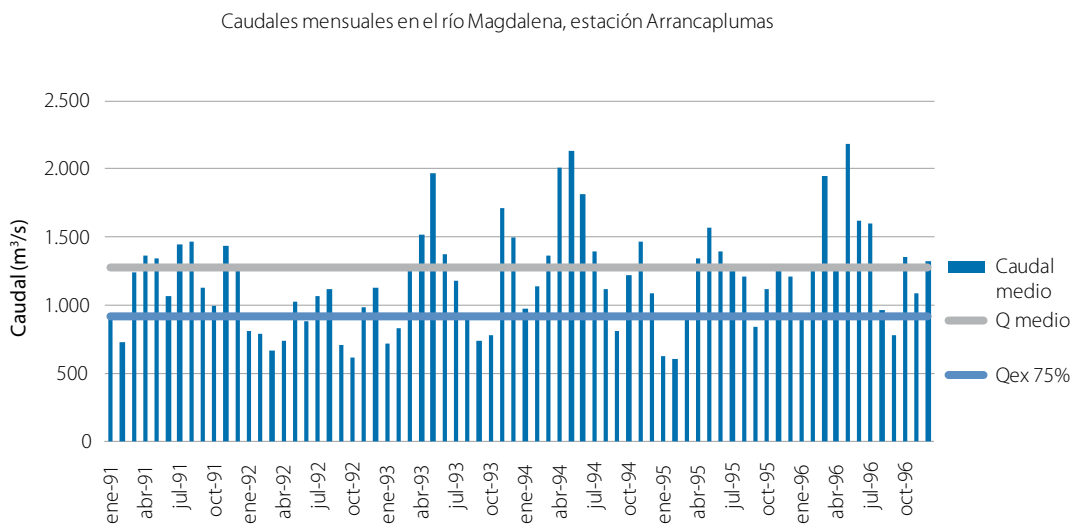


Figura 2.35 Caudales en el río Magdalena para condición extremadamente seca a partir del SPI

Zona hidrográfica del río Cesar

De los periodos con condiciones extremadamente secas definidas en la tabla 2.17, se destacan los de 1977 y 1992, los cuales corresponden a años bajo condición del Niño.

Área hidrográfica Orinoco

Zona hidrográfica del río Arauca

En esta zona, para la categoría de extremadamente seco del SPI, se evidencia que con excepción de 2010

los demás periodos secos identificados a partir del SPI no corresponden con condiciones El Niño.

Zona hidrográfica del río Casanare

La zona oriental del país presenta condiciones extremas de reducción de precipitación (bajo las categorías del SPI) en periodos diferentes a los correspondientes con El Niño, como en 1985.

En la figura 2.37 se presenta la serie mensual de caudales del río Casanare en Cravo Norte, en la que se pueden apreciar los caudales bajos en los primeros

meses de 2001, 2003, 2004 y 2010, algunos de los cuales coinciden con los valores de SPI para condición extremadamente seca y corresponden a valores por

debajo del caudal con probabilidad de excedencia del 75% del mes más seco en la estación de caudales.

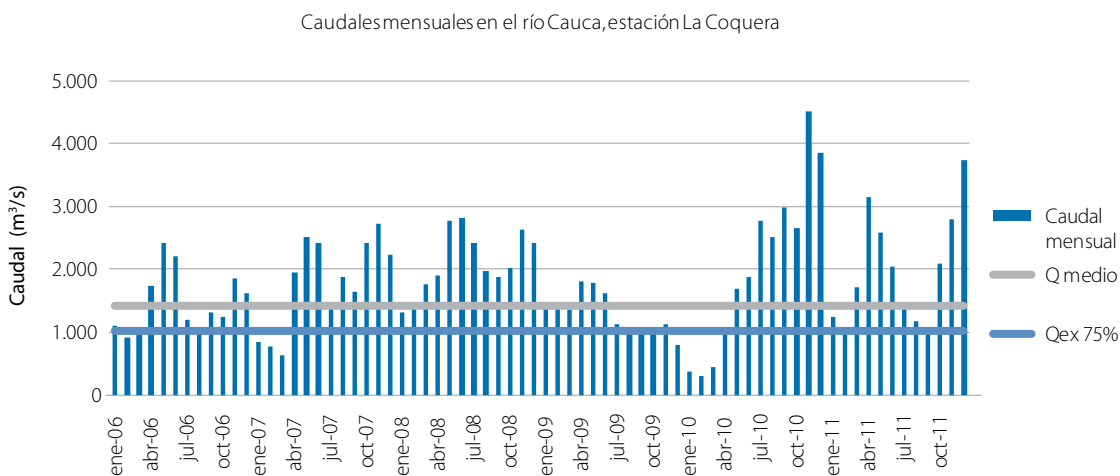
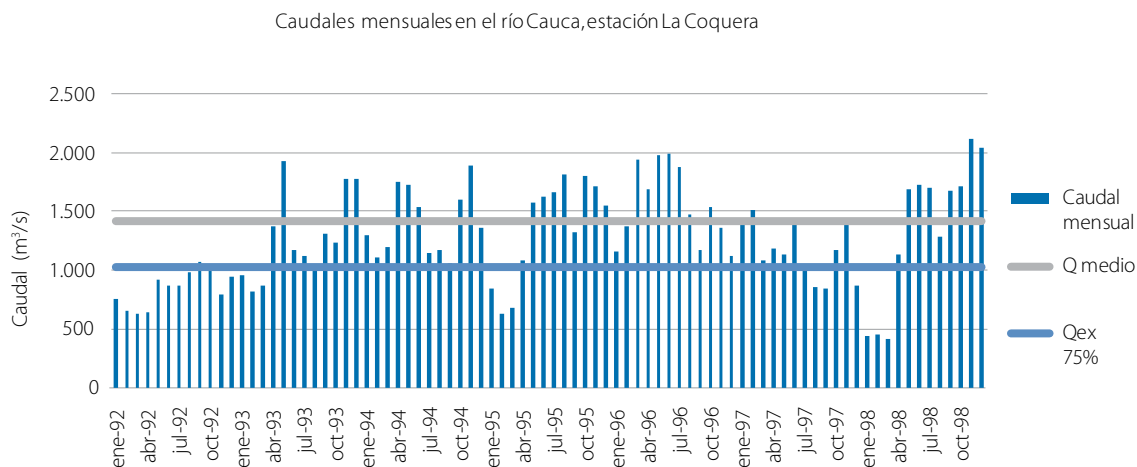


Figura 2.36 Caudales en el río Cauca para condición extremadamente seca a partir del SPI

Zona del río Meta

En las subzonas de los ríos Metica (Guamal-Humadea), Guayuriba, Guatiquía, Guacavía, Humea, Guavio, Gargoa, Lengupá, Upía y Negro, ubicadas en la parte suroriental, las cuales se encuentran con influencia del piedemonte, se encuentra un periodo común bajo la categoría extremadamente seco para uno y tres meses de precipitación acumulada, correspondiente a febrero-marzo de 1988.

En el lago de Tota se destaca además el periodo enero-marzo de 2010. En la subzona río Chitagá, periodos por debajo del caudal con probabilidad de excedencia mensual de 75% en el mes más seco —febrero en este caso— reflejan valores de SPI mensual por debajo de -2. Esta condición seca puede verse reflejada en los caudales mensuales, en la figura 2.38.

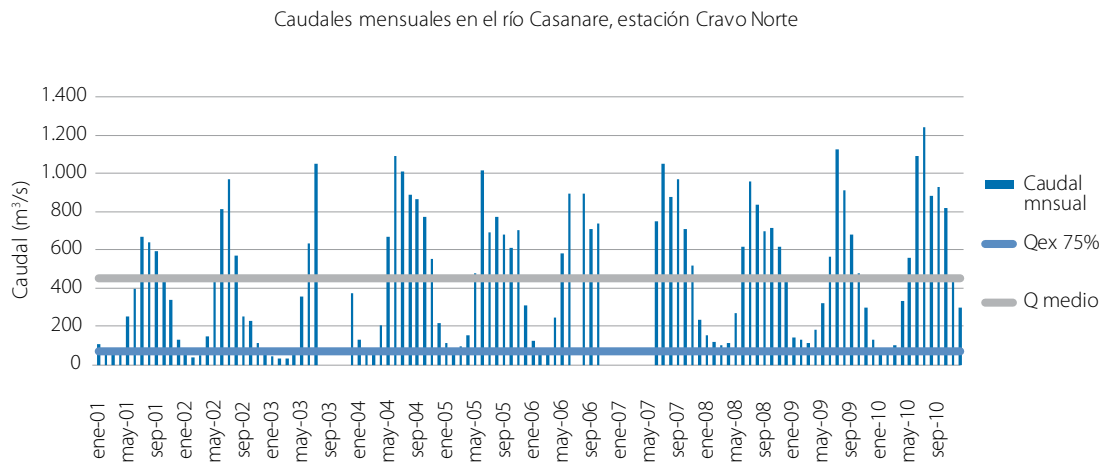


Figura 2.37 Condiciones de caudal en el río Cravo Norte asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI

Es característica la categoría extremadamente seca con persistencia de dos meses para SPI con tres meses de precipitación acumulada. Los periodos más prolongados definidos como categoría extremadamente seca del indicador, con duraciones de tres meses y SPI < -2 corresponden a enero-marzo de 1992 y febrero-abril de 2003, que corresponden a años catalogados bajo la influencia del Niño.

El año más crítico en la categoría de muy seco es 1992, siendo el de mayor persistencia en las estimaciones del indicador para 1, 3, 6 y 12 meses de precipitación acumulada. Durante ese año el SPI mantuvo esa categoría en cuatro periodos (esto quiere decir cuatro meses del SPI < -1.5 e influencia de seis meses hacia atrás de la precipitación). El SPI para tres meses de precipitación acumulada genera la menor magnitud del indicador, por lo cual se puede inferir que representa la condición más crítica. El SPI con categoría extremadamente seca se identifica en 2010 con una persistencia de dos meses.

Zona del río Margua

El indicador con precipitación acumulada de tres meses indica periodos extremadamente secos en febrero-marzo de 1979, enero-febrero de 1992,

febrero-marzo de 2004 y enero-febrero de 2010, siendo los más críticos en magnitud del indicador y duración febrero-marzo de 1979 y enero-febrero de 1992. La correspondencia con las condiciones de caudal a nivel mensual se pueden apreciar en la figura 2.39. Se encuentra correspondencia con años El Niño en 2004 y 2010.

Se puede apreciar para la Orinoquia colombiana que los periodos identificados dentro de la categoría extremadamente secos del SPI presentan algunas coincidencias en años El Niño, particularmente en subzonas cercanas al piedemonte, siendo características en el primer trimestre del año.

Es importante resaltar que existen periodos secos en condiciones diferentes al Niño, como las presentadas en 1985, 2001 y 2002, que ameritan ser estudiados desde el punto de vista de las asociaciones con procesos oceano-atmosféricos para poder avanzar en su caracterización, monitoreo y predicción. Estos análisis ayudan a describir mejor las condiciones secas que se presentaron en la Orinoquia colombiana en el periodo diciembre-marzo de 2013, condiciones que no se relacionaron con un año en condiciones El Niño.

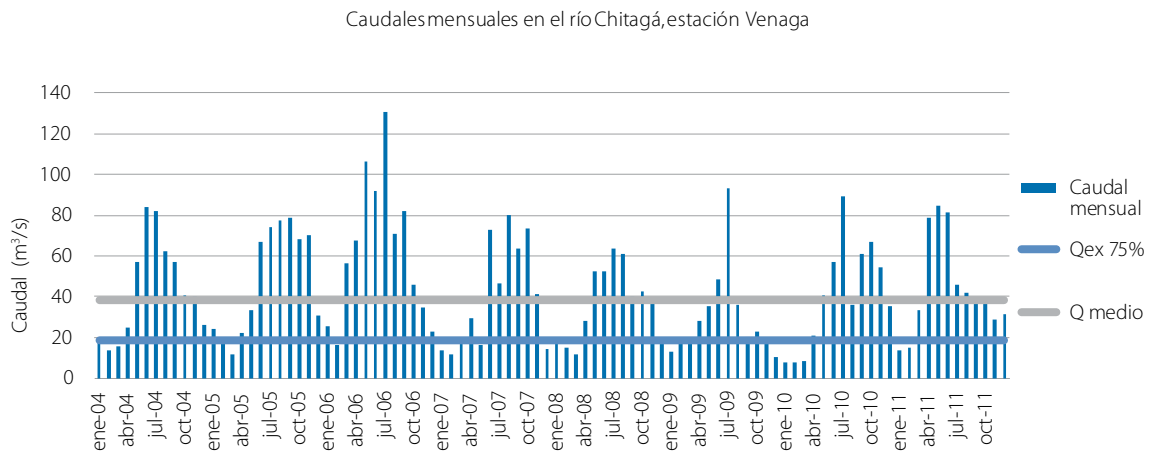
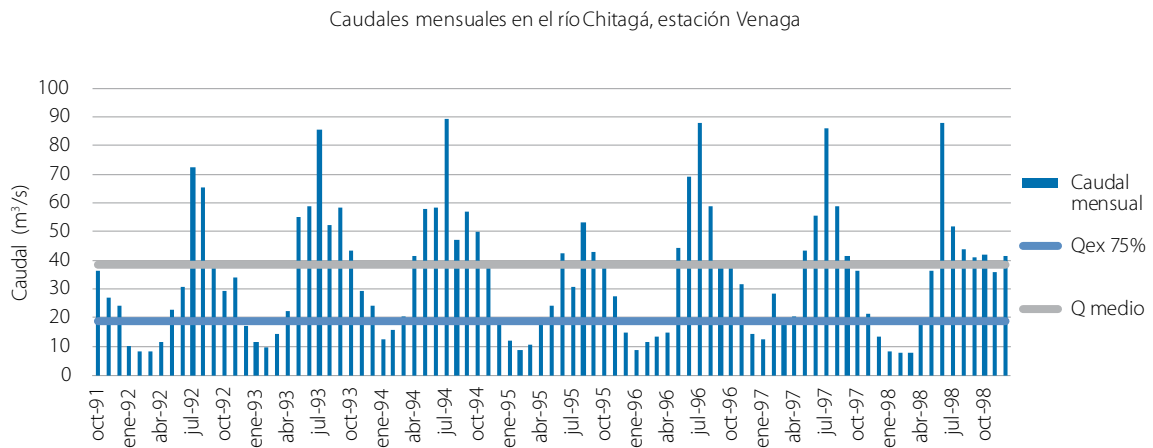


Figura 2.38 Condiciones de caudal en el río Chitagá asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI

Área hidrográfica Amazonia

En la Amazonia se identificaron años con meses bajo condición extremadamente seca a partir de la precipitación media en las subzonas. Sin embargo, la interpretación en esta área hidrográfica debe hacerse con precaución dado lo reciente de algunas estaciones de la red y el hecho de que hay zonas con baja densidad de estaciones. El análisis para esta área hidrográfica se hace a partir de 1980.

En el caso particular de 2010 la condición seca se evidencia en el periodo septiembre-noviembre en la zona del río Caquetá.

El indicador entra en categoría extremadamente seca en algunas subzonas, en el periodo octubre a febrero; lo anterior indica que en ciertas regiones del país las condiciones secas empiezan a evidenciarse en diferentes meses, no siendo tan marcados y estables como en otras regiones del país.

En la figura 2.40 puede apreciarse el efecto de la reducción de precipitación reflejada en los caudales del río Vaupés en la estación Mitú, particularmente durante el periodo diciembre de 2010-mayo de 2011.

Por su parte, en la figura 2.41 se denota la reducción de caudal en el río Caquetá, en la estación Santa Isabel.

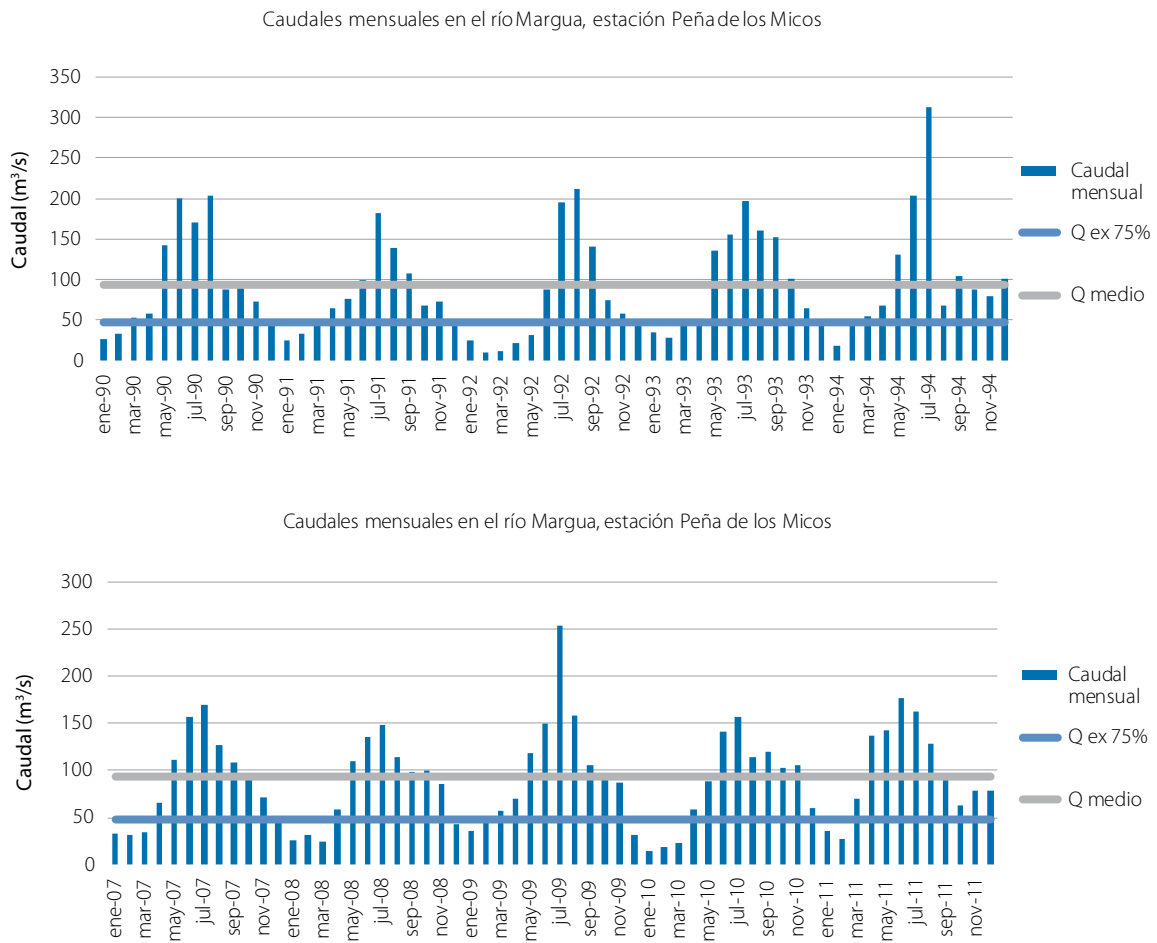


Figura 2.39 Condiciones de caudal en el río Margua asociadas a periodos extremadamente secos de acuerdo con el SPI

Puede verse el efecto de la reducción de precipitación para 2010 y 2011 en los caudales. Respecto de 2011 en particular, se puede notar que durante seis meses consecutivos el valor de caudal está por debajo del 75% de probabilidad de excedencia.

Las mayores duraciones con precipitación acumulada en los meses con condición extrema, que están entre cinco y siete meses continuos con valores de SPI < -2, el mes de inicio de la señal es diciembre, extendiéndose por tanto hasta mayo o junio; esta situación se encontró en las subzonas que componen el río Apaporis, Caquetá y Putumayo.

En cuanto al área hidrográfica Amazonas, se evidencian eventos secos coincidentes con eventos Niño, y eventos secos en la parte baja de la cuenca, sobre todo en las zonas de los ríos Caquetá y Vaupés, en condiciones opuestas al resto del país, por ejemplo, en 2011, periodo en que se encontraban bajo la condición más fuerte de La Niña. En las subzonas localizadas en el piedemonte se evidencian eventos secos, algunos coincidentes con los años Niño, y otros periodos secos en condiciones diferentes, como es el caso de 1985.

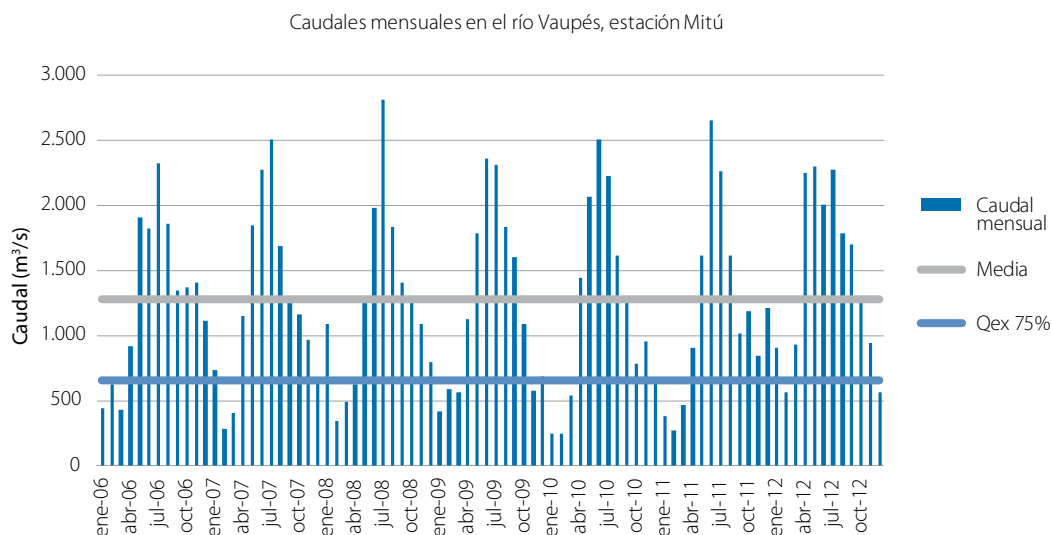


Figura 2.40 Caudales en el río Vaupés para un periodo con condición extremadamente seca de SPI

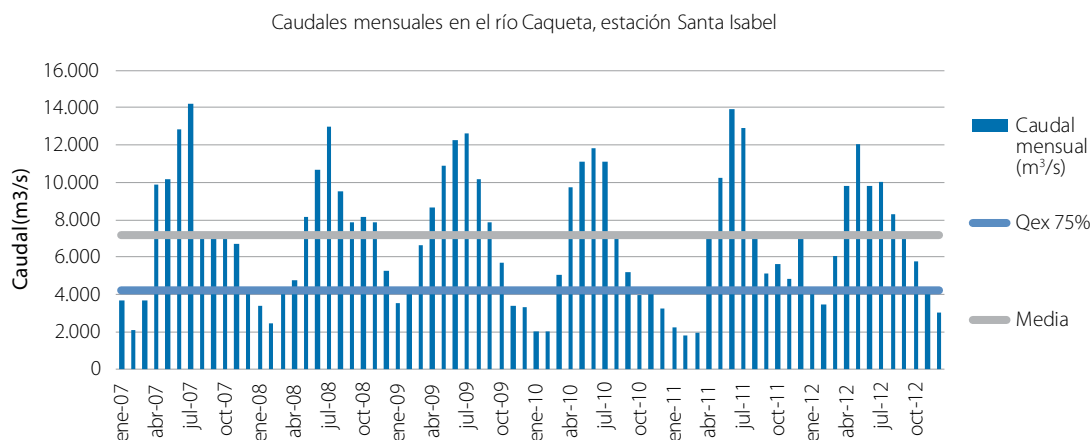


Figura 2.41 Caudales en el río Caquetá para un periodo con condición extremadamente seca de SPI

Área hidrográfica Pacífico

En el área hidrográfica del Pacífico colombiano las condiciones extremadamente secas identificadas a partir del indicador SPI no se dan tan generalizadas a nivel de área o zona, se identifican varios periodos secos a nivel de subzona distribuidos en diferentes meses del año.

Las condiciones secas más representativas de las zonas San Juan y Mira se pueden apreciar, en términos de caudal, en la figura 2.42.

En la zona del río Tapaje y San Juan se encuentra un periodo seco entre febrero y abril de 1973; en la

subzona San Juan, entre febrero y abril de 1983 y 1995; y entre julio y septiembre de 2012 en la zona hidrográfica del río Patía. Para el caso de precipitación acumulada de seis meses se destaca en la zona del río Patía el periodo septiembre-octubre de 2012, en el que se alcanza condición extremadamente seca del indicador con dos meses de persistencia.

En el área hidrográfica del Pacífico colombiano las condiciones extremadamente secas identificadas a partir del indicador SPI no se dan tan generalizadas a nivel de zona, se identifican varios periodos secos a nivel de subzona distribuidos en diferentes meses.

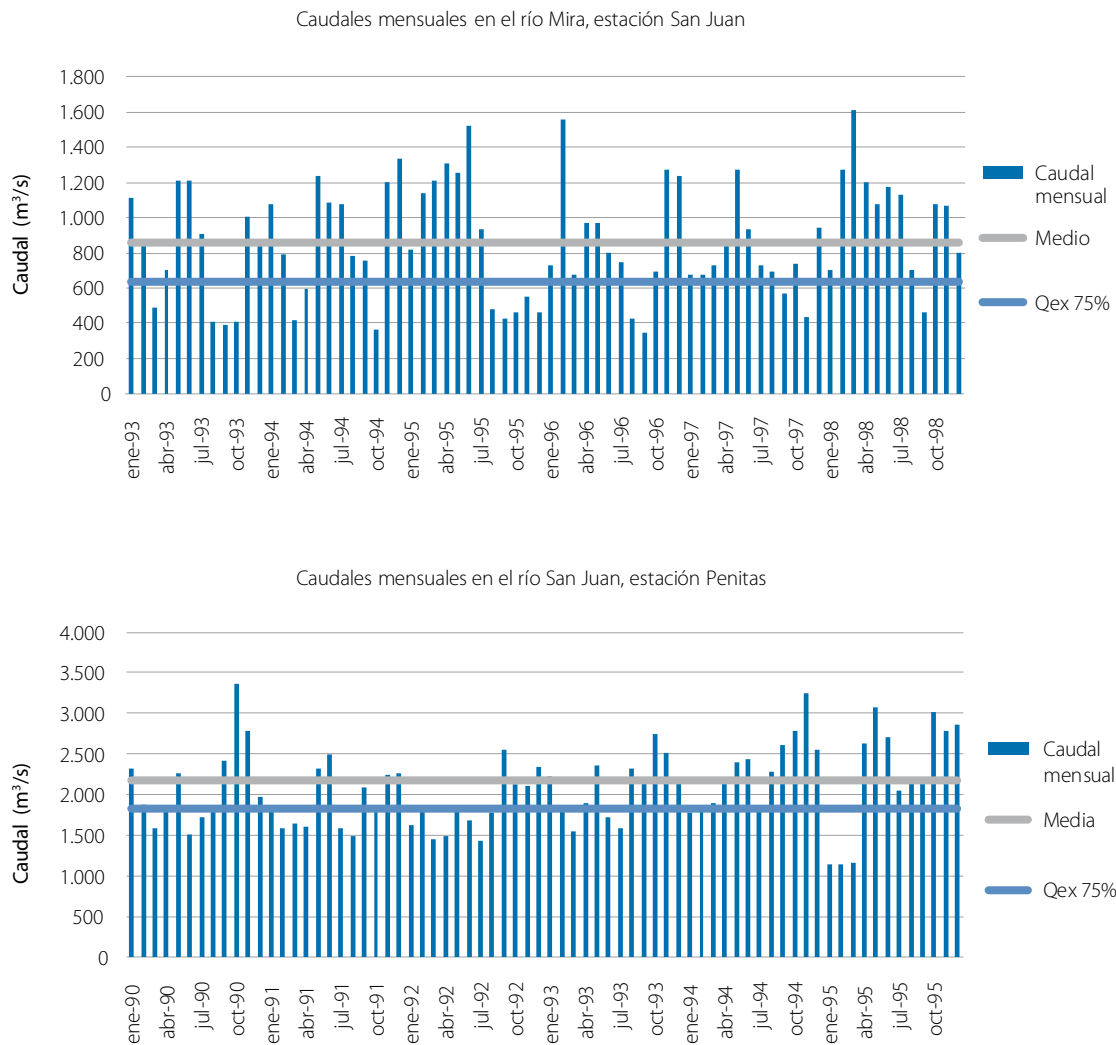


Figura 2.42 Caudales en las zonas de los ríos Mira y San Juan bajo condición extremadamente seca

2.5 Inundaciones

Las inundaciones, definidas como “1) el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”, o 2) “la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas” (WMO, 2012), pueden ser el resultado del desbordamiento de un cauce, el ascenso temporal del nivel del río, lago o el mar, la rotura de presas y los efectos de los tsunamis sobre las costas. Estas hacen parte de la dinámica del agua sobre la superficie terrestre y desempeñan un papel importante en la regulación de los sistemas hídricos.

Características como ocurrencia, espacialidad, permanencia e intensidad de las inundaciones corresponden esencialmente a la relación entre la hidrometeorología y el paisaje. Sin embargo, las modificaciones a los sistemas hídricos y la ocupación de áreas susceptibles de ser inundadas por los seres humanos pueden determinar la forma e intensidad como se expresan espacialmente.

La elaboración de mapas de inundación es un insumo importante para evaluar las amenazas por este fenómeno en los asentamientos y las actividades productivas e identificar el grado de intervención a los sistemas hídricos y su regulación por los seres humanos.

El IDEAM, ha venido elaborando metodologías y mapas de inundación para el país con base en la delimitación de las áreas que pueden ser cubiertas por láminas de agua en diferentes periodos de retorno y mapas de amenaza por inundación en zonas urbanas como resultado del conflicto entre estas y el emplazamiento de comunidades humanas.

En este documento se presentan los resultados de las investigaciones y mapas de inundaciones por desbordamiento de cauces, adelantados por la entidad, en el periodo comprendido entre 2010 y 2014, como un aporte importante a los estudios sobre la dinámica del agua, sus amenazas y los efectos amenazantes en las comunidades urbanas y rurales del país.

Los avances se ilustran y describen de acuerdo al tipo y resolución de los estudios y mapas elaborados, donde se abordan de manera resumida los aspectos conceptuales, metodológicos y la información resultante del convenio entre el IDEAM y la Universidad Nacional sede Medellín para la elaboración de mapas de inundación a nivel nacional, así como la evaluación, análisis y seguimiento por inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010-2011 y las zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas.

2.5.1 Mapas de inundación por desbordamiento a nivel nacional

A través del convenio entre el IDEAM y la Universidad Nacional sede Medellín se formuló e implementó la metodología para la elaboración de mapas de inundación del territorio nacional a escala 1:100.000. Este proceso se adelantó entre 2010 y 2012 y requirió el desarrollo de criterios metodológicos para la delimitación y zonificación de áreas inundadas, la elaboración de mapas de inundación para eventos extremos en tres cuencas y, finalmente, la implementación de un procesamiento de modelación para dos periodos de retorno en todo el territorio nacional.

2.5.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

Se contemplaron dos escenarios de análisis para delimitar áreas inundadas por desbordamiento de cauces, que corresponden al:

1. Comportamiento estacional de la dinámica de las aguas superficiales evaluado a través de la lámina de agua de precipitaciones máximas en un periodo de retorno de 2,33 años.
2. Desbordamientos asociados a eventos extremos, en un periodo de retorno de 20 años, donde se presenta alta probabilidad de ocurrencia del fenómeno La Niña.

La metodología para simular los eventos se basó en el análisis conjunto de la información sobre los niveles de láminas de agua registrados en la estaciones hidrometeorológicas y la distribución de altura del terreno.

La obtención de las manchas de inundación o áreas susceptibles de ser inundadas en diferentes periodos de retorno se realizaron mediante el desarrollo de una modelación en cada una de las 43 zonas hidrográficas del país, a partir de modelos digitales de elevación DEM, en los cuales se delimitaron las redes y los flujos de los drenajes, las estaciones pertinentes para la información de niveles de láminas de agua, y finalmente, se simuló las áreas con posibilidad de ser inundadas (ver figura 2.43).

El modelo digital de elevación empleado se procesó a partir de Aster DEM de la NASA, el cual tiene una resolución espacial de 30 m (tamaño de pixel). El Aster DEM fue objeto de ajuste y correcciones para su utilización en cada una de las 43 zonas hidrográficas. Posteriormente se generaron las redes de drenaje correspondientes, donde se establecieron el ancho y la dirección de los drenajes, así como las áreas de acumulación.

Una vez obtenido el mapa de drenajes, se procedió a elaborar el mapa de líneas de energía, que es una interpolación de los valores de niveles de las estacio-

nes por medio de la red de drenaje (de acuerdo con el período de retorno), lo que requiere determinar la selección de estaciones amarradas y no amarradas para la elaboración de procedimientos de interpolación adecuados y definir la precisión de los mapas sobre flujo de energía.

De las estaciones de nivel existentes se seleccionaron aquellas en las cuales pudo verificarse el amarre al sistema Magna Sirgas para hacer comparables los valores de niveles entre ellas, empleándose 102 estaciones, con una longitud promedio de 31 años. Se realizaron verificaciones sobre los cambios en el cerro de Mira para comparar los registros de nivel (IDEAM - Universidad Nacional sede Medellín, 2012). En términos de caudal, se emplearon 521 estaciones.

De las 43 zonas hidrográficas con las que se trabajó, 12 tienen estaciones de nivel amarradas, y en cada una de estas zonas se obtuvieron los mapas de inundación para los períodos de retorno de 2,33 y 20 años, utilizando la metodología del Hand (Renno *et al.*, 2008).

A fin de generar manchas de inundación en las zonas hidrográficas con estaciones de nivel no amarradas (es decir, sobre las cuales no se pudo realizar

referencia altitudinal entre sí), se revisó la variación de las tendencias de niveles estimados en los diferentes períodos de retorno (2,33 y 20 años) a partir de los niveles registrados en las estaciones; se descartan las áreas de drenaje menores a 1.000 km² por escala de trabajo.

Las manchas de inundación en zonas que no tienen estaciones fueron elaboradas utilizando estaciones virtuales cuya ubicación espacial está definida por el área de drenaje obtenida de las curvas Δh vs. área.

2.5.2 Resultados

Se obtuvieron para cada una de las zonas hidrográficas los mapas de la lámina de agua con un período de retorno de 2,33 y 20 años y un mosaico nacional a partir de la información generada por zonas. En las figuras 2.44 y 2.45 se presentan los mapas de láminas de agua con períodos de retorno de 2,33 y 20 años en el territorio nacional, y en la tabla 2.18 las áreas inundadas en cada una de las zonas hidrográficas, de acuerdo a los resultados obtenidos por la Universidad Nacional sede Medellín para el IDEAM en 2012.

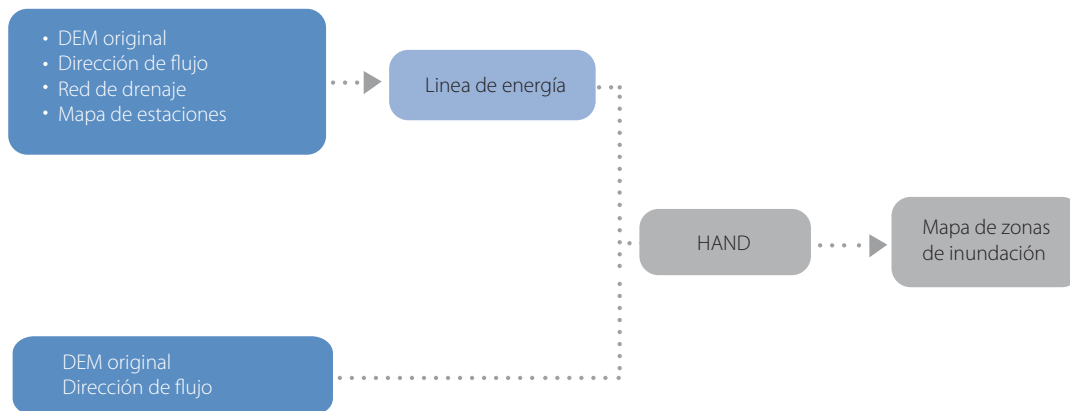


Figura 2.43 Proceso para determinar las zonas susceptibles de ser inundadas. (Tomado de Universidad Nacional sede Medellín, 2012)

Tabla 2.18 Áreas inundadas del territorio nacional. Tr = 2,33 y 20 años

Zona hidrográfica	Área inundada (ha)		Zona hidrográfica	Área inundada (ha)	
	Tr = 2,33 años	Tr = 20 años		Tr = 2,33 años	Tr = 20 años
Alto Magdalena*	422.327	512.076	Mira	163.624	189.472
Amarales-Dagua	223.191	280.443	Napo	76	120
Amazonas*	32.234	42.285	Nechí	50.309	72.924
Apaporis	1.284.730	1.692.377	Orinoco 1	302.420	346.828
Apure	230	272	Orinoco 2	325.875	452.035
Arauca	231.253	315.953	Orinoco 3	517.362	665.229
Atrato-Darién	544.505	689.531	Orinoco 4	484.773	667.351
Bajo Magdalena	903.072	1.193.107	Orinoco 5	232.303	338.785
Baudó	71.854	98.132	Pacífico - directos	72.087	80.157
Caguán	294.833	408.179	Patía	181.578	249.219
Caquetá	2.580.622	3.865.419	Putumayo	2.655.095	3.555.748
Caribe-Litoral	63.109	89.652	Saldaña	8.712	27.079
Casanare	809.368	1.235.742	San Jorge	657.910	817.857
Catatumbo	153.480	181.608	San Juan	233.097	278.824
Cauca	177.213	261.339	Sinú*	475.738	475.764
Cesar	297.340	331.077	Sogamoso*	26.932	23.049
Guainía	1.284.916	1.798.639	Tomo	864.371	1.164.261
Guajira	385.578	567.338	Urabá	322.745	353.590
Guaviare	385.578	3.599.498	Vaupés	1.726.182	1.992.645
Inírida	1.779.546	2.126.642	Vichada	913.758	1.194.417
Medio Magdalena	563.886	787.880	Yarí	1.294.427	1.799.717
Meta	2.210.540	3.568.100			

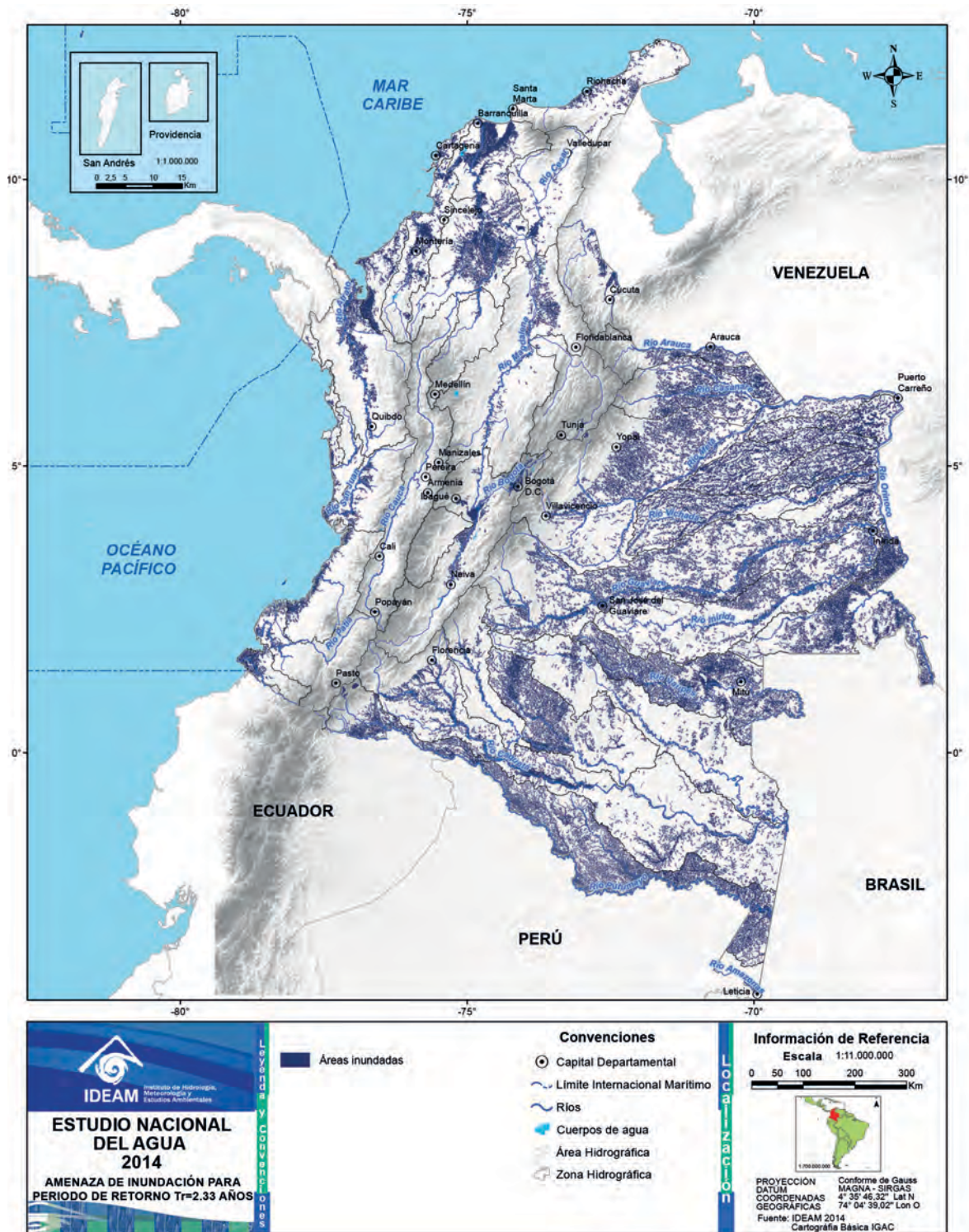


Figura 2.44 Amenaza de inundación para periodo de retorno. $T_r = 2,33$ años

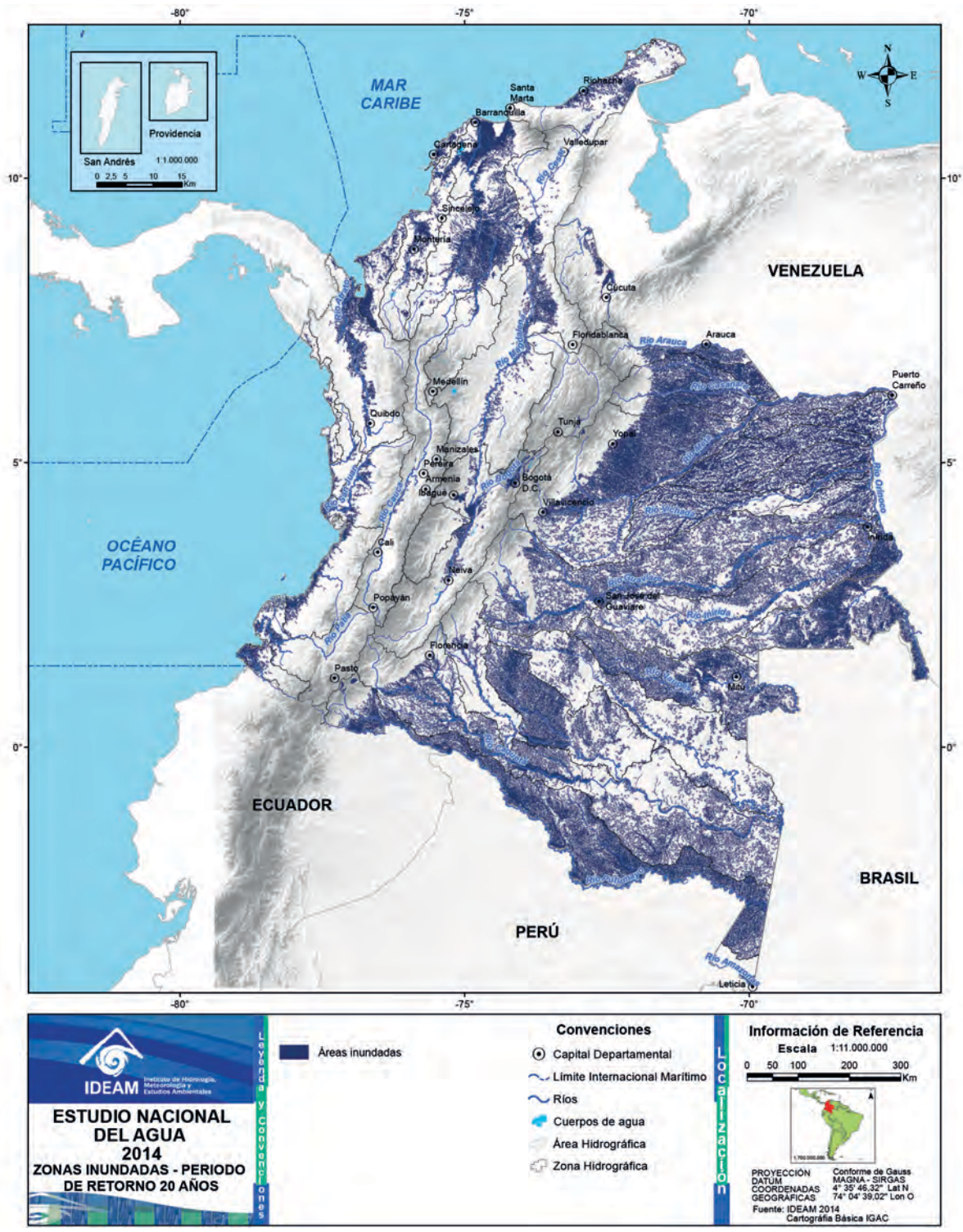


Figura 2.45 Amenaza de inundación para periodo de retorno. Tr = 20 años

2.5.3 Inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010-2011

El IDEAM, el IGAC y el DANE elaboraron en 2011 la evaluación, análisis y seguimiento por inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010-2011 con el fin de dar a conocer las afectaciones por las inundaciones 2010-2011 causadas por el fenómeno La Niña.

El procedimiento para determinar las afectaciones consistió en las siguientes actividades:

- Elaboración de la línea base para las zonas inundables.
- Delimitación de las áreas inundadas 2010-2011.
- Clasificación de usos del suelo en las zonas de inundación.
- Identificación de predios en la zona de afectación.
- Registro único de damnificados.

En el ENA 2014 se presenta la información a la línea base y la delimitación de las áreas inundadas 2010-2011 elaboradas por el IDEAM como insumo para evaluar las afectaciones por el fenómeno La Niña 2010-2011.

La construcción de la línea base tenía como propósito identificar las áreas inundadas de forma recurrente en el territorio nacional. Para ello se analizó el comportamiento de los fenómenos La Niña y El Niño durante los últimos cincuenta años en Colombia y se dedujo que la segunda temporada lluviosa en 2001 corresponde a una época en la cual predominaron condiciones normales de precipitación, lo que supone que las áreas anegadas durante esa temporada lluviosa hacen parte de las superficies de agua y coberturas asociadas como condición de referencia para las zonas inundables periódicamente.

La delimitación de estas áreas se realizó con las imágenes Landsat 7 ETM utilizadas para el mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y las coberturas de la

tierra con Corine Land Cover en la cuenca Magdalena-Cauca, escala 1:100.000.

En relación con la delimitación de áreas inundadas en 2010-2011 que no hacen parte de las áreas de inundación recurrente, se interpretaron 109 imágenes que fueron obtenidas a través de la Carta Internacional del Espacio y las Grandes Catástrofes (*Disasters Charter*), que reúne diferentes agencias espaciales internacionales con el fin de apoyar eventos de emergencia. A nivel nacional se contó con las imágenes de la Fuerza Aérea Colombiana y el IDEAM, mediante las cuales se obtuvo el mapa de inundaciones 2010-2011 para la mayor parte del territorio nacional (ver figura 2.46).

2.5.4 Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas

La zonificación de amenazas por inundación se hizo a través un estudio desarrollado entre la Universidad Nacional sede Medellín y el IDEAM, Subdirección de Hidrología. En este estudio se elaboraron los mapas de inundación para diez municipios que se clasificaron de acuerdo a la característica del evento: súbito o lento. Para inundaciones lentas se zonificó el área urbana de Puerto Boyacá (Boyacá), Plato (Magdalena), Momil (Córdoba), La Victoria (Valle del Cauca) y La Virginia (Risaralda); para inundaciones súbitas se zonificaron los municipios de Paipa (Boyacá), Pitalito (Huila), Girón (Santander), Fundación (Magdalena) y Tuluá (Valle del Cauca).

La metodología abordó la delimitación de las áreas a inundarse, al igual que la profundidad y velocidad asociadas, en diferentes períodos de retorno (2,33, 20 y 100 años). La amenaza de inundación se definió en tres categorías: baja, media y alta, las cuales están dadas en función de la velocidad y la profundidad del agua, como se señala en la figura 2.47.

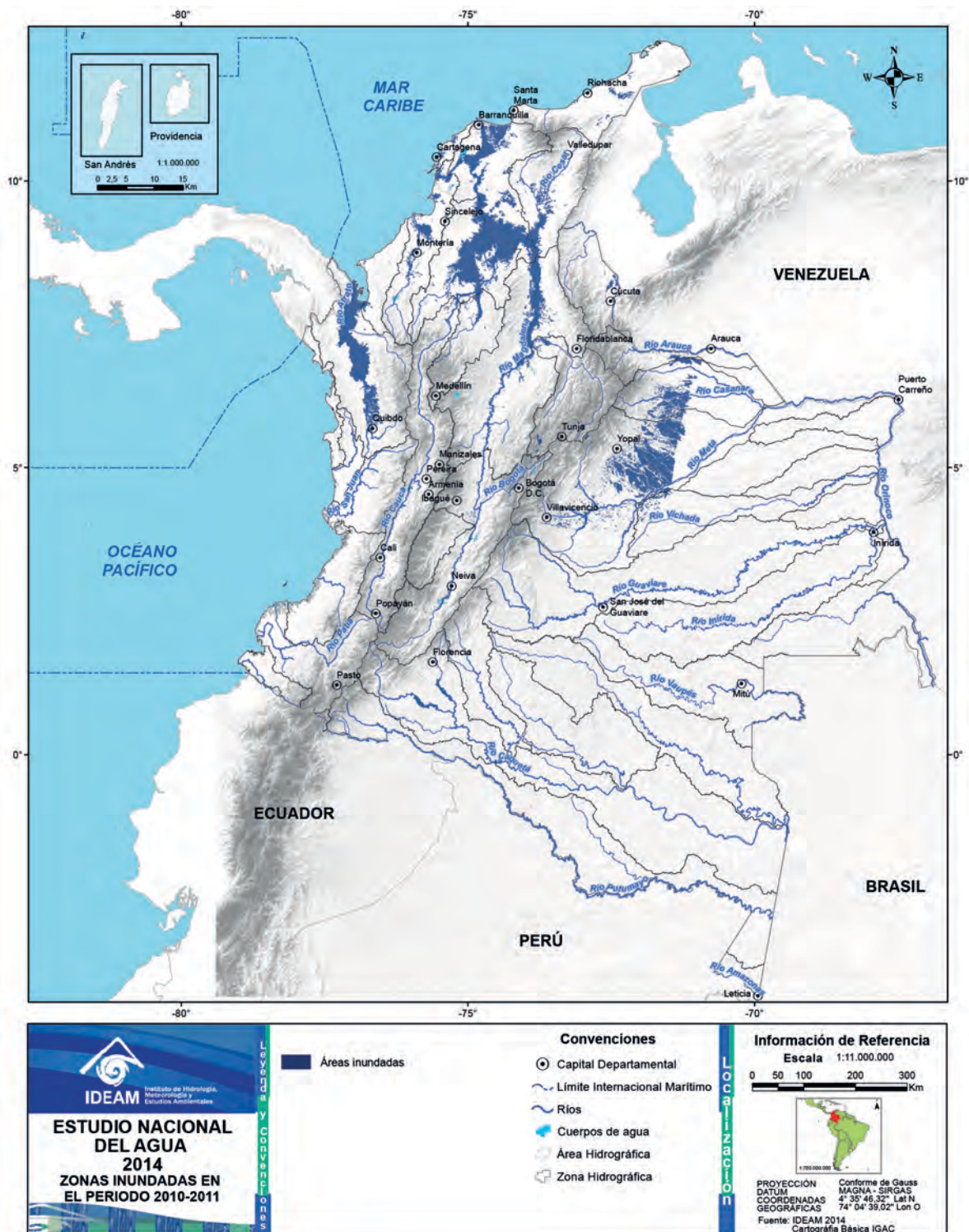


Figura 2.46 Zonas inundadas en el período 2010-2011

Los mapas de amenaza por inundación para los diez municipios pueden ser consultados en el IDEAM. Se presentan a manera de ejemplo los mapas de

inundación del casco urbano de La Virginia, donde se aprecia el alcance de la lámina de agua en los tres períodos de retorno mencionados (ver figura 2.48).

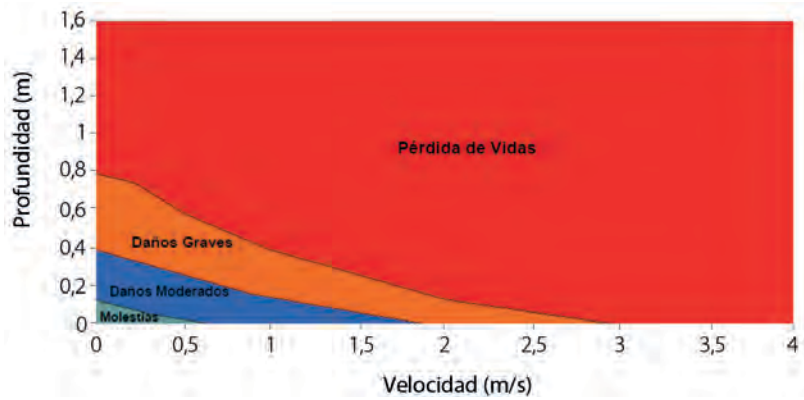


Figura 2.47 Tipos de daños por inundación y condiciones de flujo

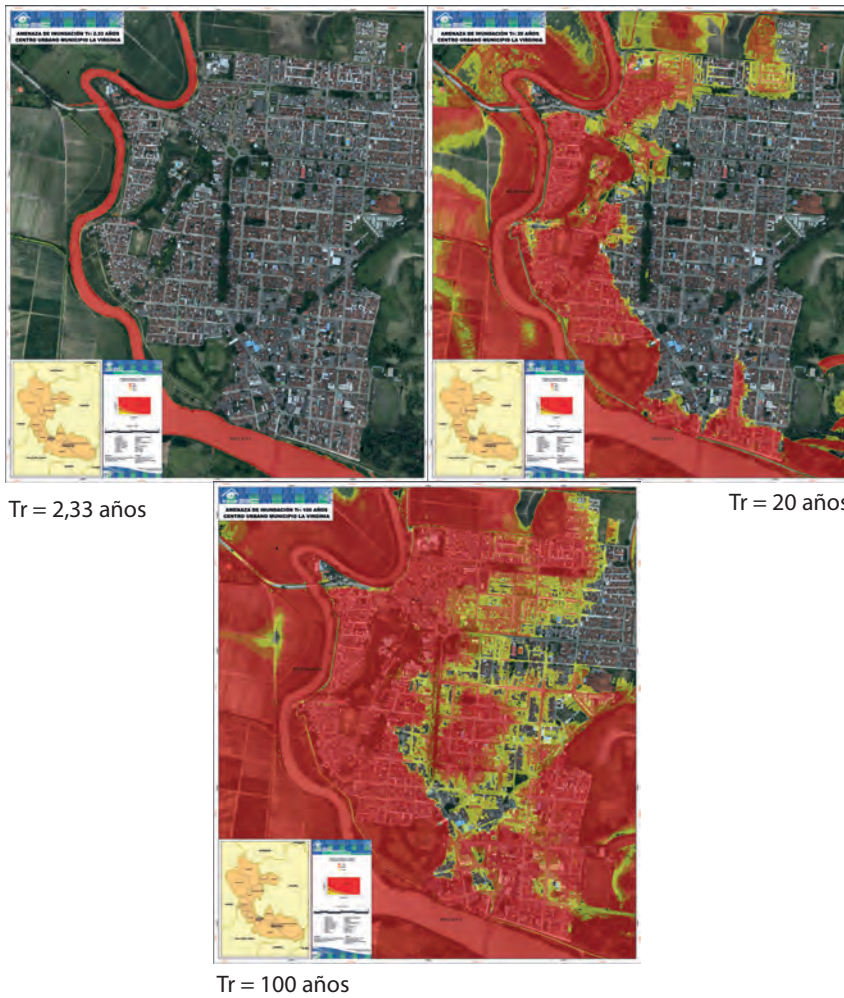


Figura 2.48 Amenaza por inundación en La Virginia, períodos de retorno: 2,33, 20 y 100 años

Capítulo 3

Agua subterránea

Claudia Lorena Garzón
Ana Karina Campillo
Omar Vargas

Fotografía: Leonel Inciarte ▶



Las aguas subterráneas constituyen importantes reservas de agua dulce con una menor susceptibilidad a procesos de contaminación y degradación en comparación con las fuentes superficiales. De ahí la importancia de conocer su ocurrencia, distribución y principales características hidráulicas, hidrológicas e hidrogeoquímicas para una gestión adecuada y sostenible del recurso.

El almacenamiento y flujo del agua en el subsuelo están determinados por las condiciones geológicas del suelo y subsuelo además de las características físicas, químicas, hidrológicas y climáticas que intervienen en la dinámica de recarga, tránsito y descarga de los sistemas acuíferos presentes en las diferentes regiones.

En el Estudio Nacional del Agua (ENA), el componente de aguas subterráneas forma parte de la evaluación del estado y dinámica de las aguas en el territorio nacional. En el ENA 2010, el país se subdividió en 16 provincias hidrogeológicas que fueron caracterizadas asociándoles información disponible para conocer su geometría, hidrostratigrafía, propiedades hidráulicas, hidrológicas, uso por los diferentes sectores y reservas estimadas basado en rendimientos específicos y espesores de unidades geológicas con potencial acuífero.

En el ENA 2014 se identifican Sistemas Acuíferos para todo el territorio colombiano, avanzando a una escala espacial de mayor resolución utilizando información y estudios locales y regionales publicados a la fecha por Autoridades Ambientales, Servicio Geológico Colombiano, IDEAM, Ministerios y universidades en cada área hidrográfica y provincia hidrogeológica.

Adicionalmente se consolidó un inventario de puntos de agua subterránea a nivel nacional (construido a partir de los inventarios locales, regionales y registro de bases de datos provenientes principalmente de las Autoridades Ambientales) y se actualizó la información

de usos y volúmenes de agua concesionada registrada a través del instrumento económico denominado “tasa por utilización del agua” reglamentada en el Decreto 0155 de 2004.

El documento fue construido en su totalidad con base en información secundaria. Se hace reconocimiento especial al trabajo realizado por el Servicio Geológico Colombiano (antiguo Ingeominas), entidad líder en la exploración hidrogeológica del país, a los aportes de las Autoridades Ambientales y universidades en su afán de mejorar el conocimiento regional y finalmente al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

En el anexo 4 se presentan las fichas que integran el conocimiento actual de 10 de los sistemas acuíferos con mayor información, en la versión digital de los anexos de este estudio se pueden consultar el total de los sistemas acuíferos identificados.

3.1 Aspectos conceptuales

En este aparte se precisan los conceptos utilizados para consolidar el componente de aguas subterráneas en el ENA 2014.

3.1.1 Provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos

Las unidades de análisis hidrogeológico corresponden a unidades mayores denominadas Provincias Hidrogeológicas en las cuales se identifican Sistemas Acuíferos que podrían ser subdivididos a nivel subregional en cuencas hidrogeológicas en función de su ambiente geológico y condiciones de conexión hidráulica (IDEAM, 2013c). La definición de cada unidad se presenta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Definición de unidades de análisis hidrogeológico

Unidad de Análisis	Conceptos
Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2010)	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 y a la escala nacional, corresponden a barreras impermeables representadas por fallas regionales y altos estructurales. Las barreras son consideradas impermeables a la escala nacional, pero a nivel regional pueden albergar sistemas acuíferos importantes con porosidad secundaria.
Sistemas Acuíferos (IDEAM, 2013)	Corresponde a un dominio espacial limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad práctica para la investigación o explotación (ITGE, 1971, 1987; WMO, 2012 en IDEAM 2013).
Acuífero (Decreto 1640 de 2012)	"Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas".

El IDEAM identificó en el país 16 Provincias Hidrogeológicas y un área potencial de acuíferos equivalente al 74,5% del territorio nacional con reservas estimadas del orden de 5.848 Km³ (IDEAM, 2010a). En el 2013 se realizó la clasificación y codificación hidrogeológica de Colombia en la cual estas provincias se agrupan en Provincias hidrogeológicas Montanas e Intramontanas (PM), Provincias hidrogeológicas Costeras e Insulares (PC) y Provincias hidrogeológicas Pericratónicas (PP) (IDEAM, 2013b).

La identificación y delimitación de los sistemas acuíferos que componen las diferentes provincias hidrogeológicas fue realizado inicialmente por el IDEAM en el año 2013, considerando información geológica detallada e informes técnicos existentes aportados por entidades estatales como el Servicio Geológico Colombiano y Autoridades Ambientales y universidades del país.

Se identificaron en ese entonces 44 Sistemas Acuíferos que abarcan entre el 10% y el 15% del área cubierta por las Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2013b). En el ENA 2014 se identificaron y caracterizaron 61 sistemas acuíferos y se cruzaron las capas de delimitación con las generadas en el Atlas Hidrogeológico de Colombia publicados por el Ingeominas, hoy SGC (Ingeominas, 2004).

3.1.2 Modelo hidrogeológico conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual (MHC), con base en el cual se elaboran las fichas de cada sistema acuífero identificado, se construye atendiendo los dominios, parámetros y variables que se ilustran en la Figura 3.1 (IDEAM, 2013c).

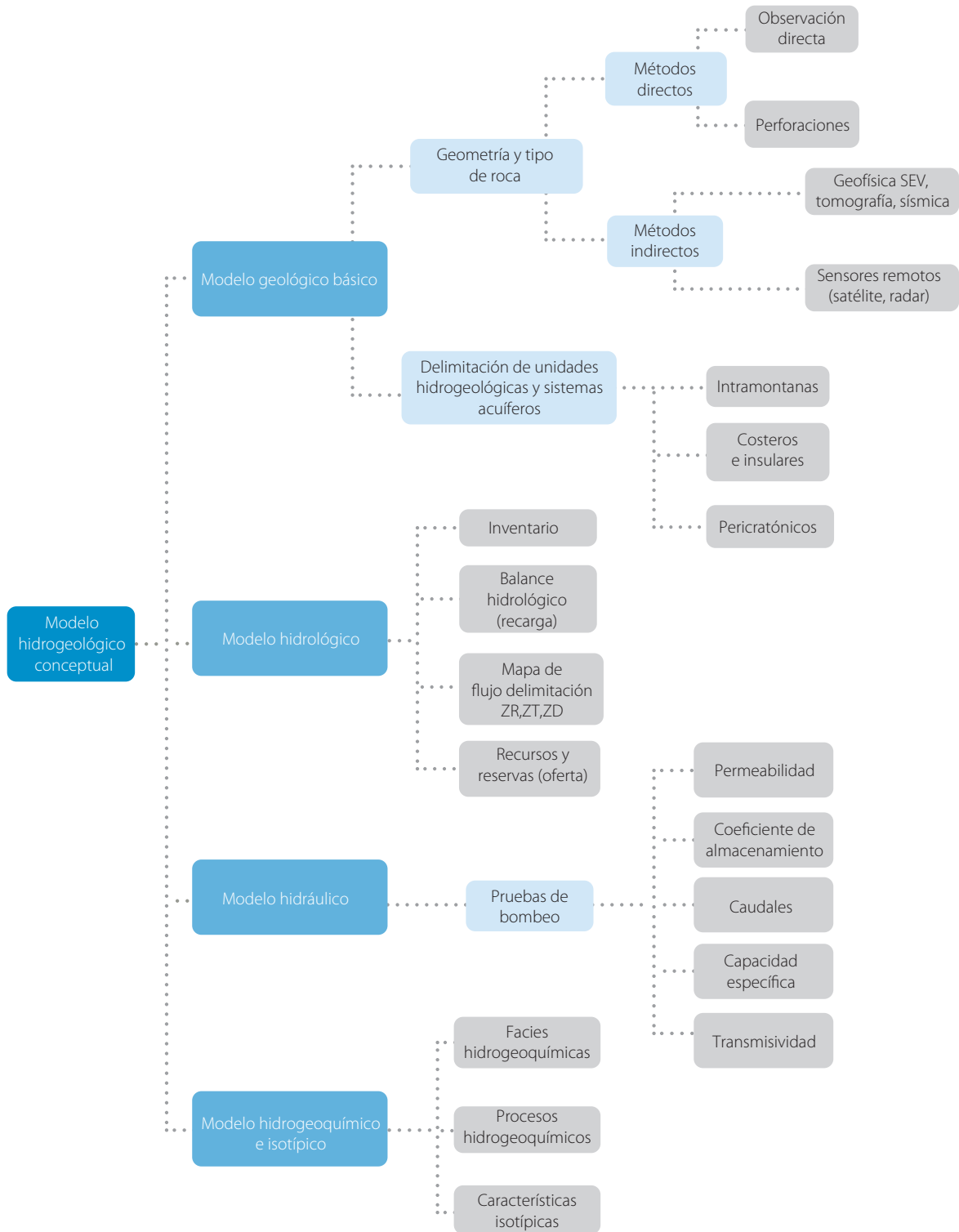


Figura 3.1 Modelo hidrogeológico conceptual
Fuente: (IDEAM, 2013c).

El Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) se considera de carácter dinámico dada la continua y periódica actualización de la información de las variables hidrogeológicas de cantidad y calidad, así como estadísticas de extracción y recarga (natural e inducida), que son obtenidas a partir de un monitoreo permanente y sistemático, este debe dar cuenta de la dinámica e interrelaciones con el medio físico (*Ibid*). Las características de cada componente se indican en la Tabla 3.2.

Este modelo que integra las evaluaciones geológica - geofísica, hidrológica, geoquímica, hidráulica e hidrodinámica

requiere mayor o menor resolución de acuerdo al propósito y a la escala de la unidad de análisis.

3.2 Aspectos metodológicos

La Figura 3.2 ilustra el procedimiento metodológico utilizado en este estudio para la actualización del componente de aguas subterráneas referente a la caracterización de los sistemas acuíferos, la consolidación del inventario nacional de puntos de aguas, la actualización de volúmenes de agua concesionada

Tabla 3.2 Descripción de componentes del modelo hidrogeológico conceptual

Componente	Características	Métodos
Evaluación geológica-geofísica	Permite la identificación y evaluación de las unidades estratigráficas con el propósito de determinar las condiciones de porosidad permeabilidad y el sistema estructural , el nivel de resolución de la información depende de los fines hidrogeológicos.	La evaluación se realiza a través de la combinación de métodos directos e indirectos: Métodos directos: observaciones de afloramientos, levantamiento de columnas estratigráficas, correlaciones estratigráficas, elaboración de secciones geológico-geofísicas, análisis de registros litológicos de perforaciones exploratorias. Métodos indirectos: procesamiento de imágenes de satélite, radar, fotografías aéreas e interpretación geofísica de Sondeos Eléctricos Verticales SEVs, registros sísmicos, tomográficas, magnetométricas y los correspondientes a perfilaje o registro geofísico de pozos.
Evaluación hidrológica	Permite reconocer la distribución espacio-temporal de la recarga y dinámica de flujo (zonas de recarga, tránsito y descarga).	Se representa en mapas de isopiezas construidos a partir de pozos con nivelación topográfica, balance hídrico y relaciones hidráulicas con subsistemas de agua superficial. El modelo hidrológico se construye a partir de información hidroclimática, uso de trazadores e inventarios de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales).
Evaluación hidrogeoquímica e isotópica	Permite reconocer facies hidrogeoquímicas, separar y reconocer sistemas de flujos, delimitar zonas de recarga, validar sistemas de flujo, identificar interacción entre uno o más acuíferos y relaciones entre agua superficial-agua subterránea. Además de precisar la edad, origen de las aguas subterráneas y reconocer afectaciones por actividad antrópica.	Se construye a partir del seguimiento en redes de monitoreo de hidrogeoquímica e isotopía y se complementa con información proveniente de inventarios de puntos de agua.
El modelo hidráulico e hidrodinámico	Permite reconocer tipos de acuíferos (libre, confinado, semiconfinado).	Parte de la interpretación y extrapolación de resultados de pruebas de bombeo (a caudal constante, escalonadas, slug test, etc.) que dan información de captaciones y del acuífero.

Fuente: modificado (IDEAM, 2013c).

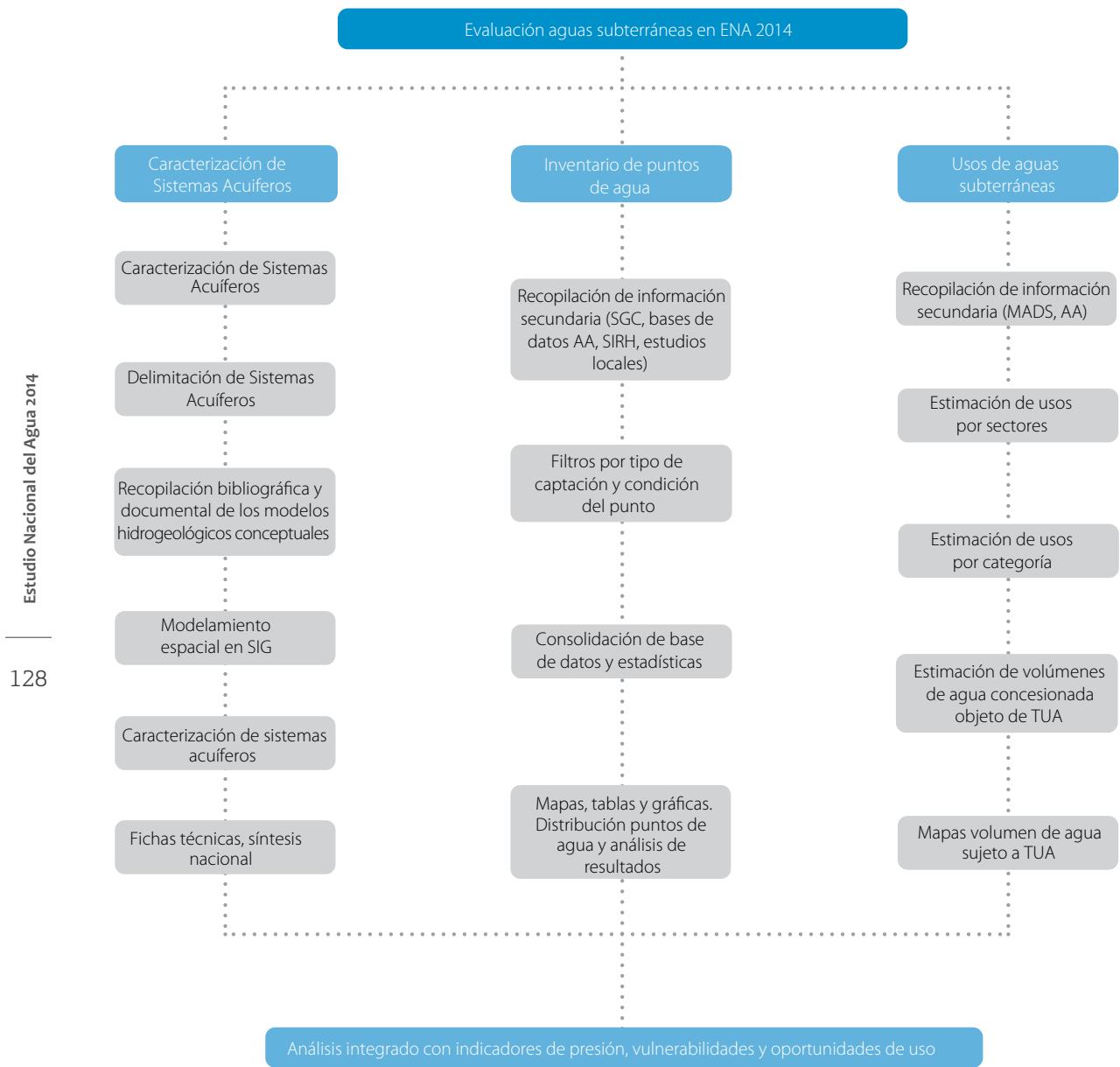


Figura 3.2 Esquema metodológico – Actualización y complementación del componente de aguas subterráneas

sujeta a cobro por TUA y el análisis integrado con indicadores de presión, vulnerabilidad y oportunidades de uso.

Las fuentes de información usadas para la síntesis propuesta, corresponden principalmente a datos de

estudios locales realizados por las Autoridades Ambientales, las memorias descriptivas de las planchas del Atlas Hidrogeológico elaborado por Ingeominas (2003-2004) así como estudios regionales de diversas instituciones de nivel nacional.

Para la consolidación del inventario nacional de puntos de agua subterránea se emplearon las bases de datos de: Autoridades Ambientales de Corpogujira (2000), CAR (2005), Corpocesar (2007 – 2009) en Armenta, (2014) y Vélez (2014); las bases de datos reportadas al SIRH (a la fecha de Agosto de 2014) correspondientes a la CAR, Carsucre, CAS, CDA, Coralina, Cormacarena, Cornare, Corpoboyaca, Corpocaldas, Corpogujira, Corpoguvio, Corpouraba, CVC y SDA; los reportes de la TUA utilizados para la actualización de datos de concesiones de agua y usos, los cuales corresponden a las bases de datos del año 2011 y finalmente los datos de inventarios reportados en los estudios locales y regionales indicados en las referencias bibliográficas.

Los estudios y las bases de datos usados proceden de diferentes periodos de tiempo (desde 1995 hasta la fecha), se integraron acorde a la distribución espacial de los sistemas acuíferos identificados. La información presentada por lo tanto, constituye una aproximación al conocimiento actual de las aguas subterráneas, que debe ser mejorada y complementada con estudios específicos actualizados.

Los datos usados para la consolidación del inventario de puntos de agua subterránea para el territorio nacional, provienen de fuentes dispersas, levantado en diferentes periodos de tiempo y con cobertura parcial referida al área de estudio específico. Aún considerando las limitaciones de información existente, el inventario preliminar constituye un referente de línea base para la identificación de las áreas de mayor explotación de aguas subterráneas, usos y características de captación.

De igual manera, la consolidación de los volúmenes de agua subterránea concesionada, se realizó de acuerdo con la información reportada por las Autoridades Ambientales a través del Formulario de Tasa por

Utilización de Agua, para la cual solo se reportan las concesiones que están sujetas a pago de la tasa. Los valores presentados corresponden a un porcentaje menor del volumen de agua subterránea explorado.

En consecuencia, el inventario nacional de puntos de agua y los volúmenes de agua reportados en este documento, deben ser actualizados y consolidados a través del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), con registros administrativos que cumplan todos los requisitos para el acopio y transferencia de datos, así como la implementación del Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas (Funias) como instrumento de captura de información básica.

3.3 Resultados y análisis

En este aparte se presentan los resultados obtenidos siguiendo la metodología ilustrada. En términos generales se consolida información correspondiente al avance de los modelos hidrogeológicos de los sistemas acuíferos, distribución espacial y cuantificación de puntos de agua, avances en el conocimiento sobre el uso de este recurso. Finalmente se realiza un análisis integrado para vislumbrar las posibilidades del agua subterránea y afectaciones frente a escenarios de dinámicas climáticas y de presiones del agua superficial.

3.3.1 Sistemas acuíferos

De acuerdo a la zonificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas (IDEAM, 2013a), Colombia está compuesta por 16 provincias hidrogeológicas distribuidas en cinco áreas hidrográficas (Figura 3.3), en las cuales se han identificado a la fecha 61 Sistemas acuíferos de carácter local y regional y cinco transfronterizos (Figura 3.4 y Tabla 3.3).

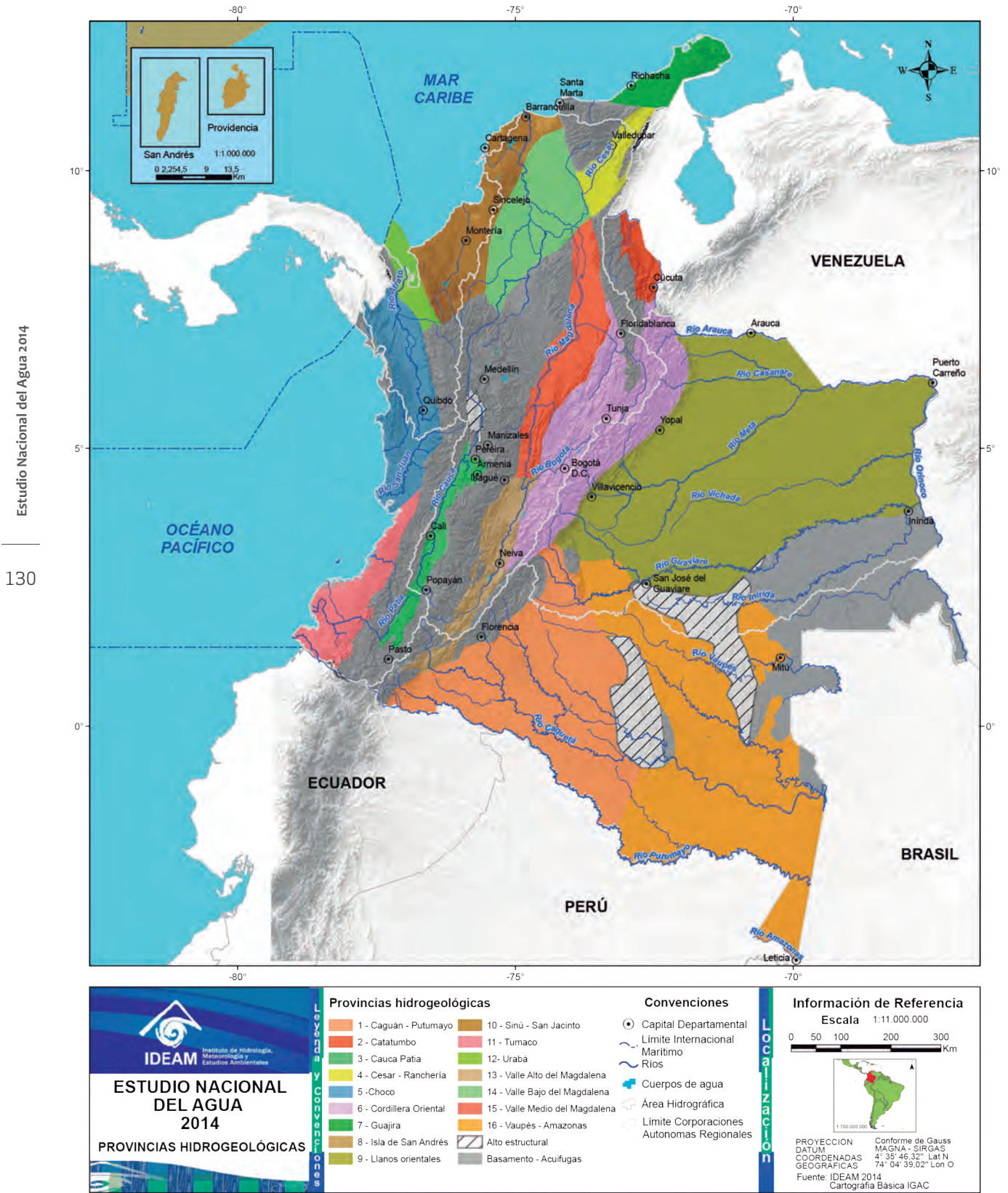
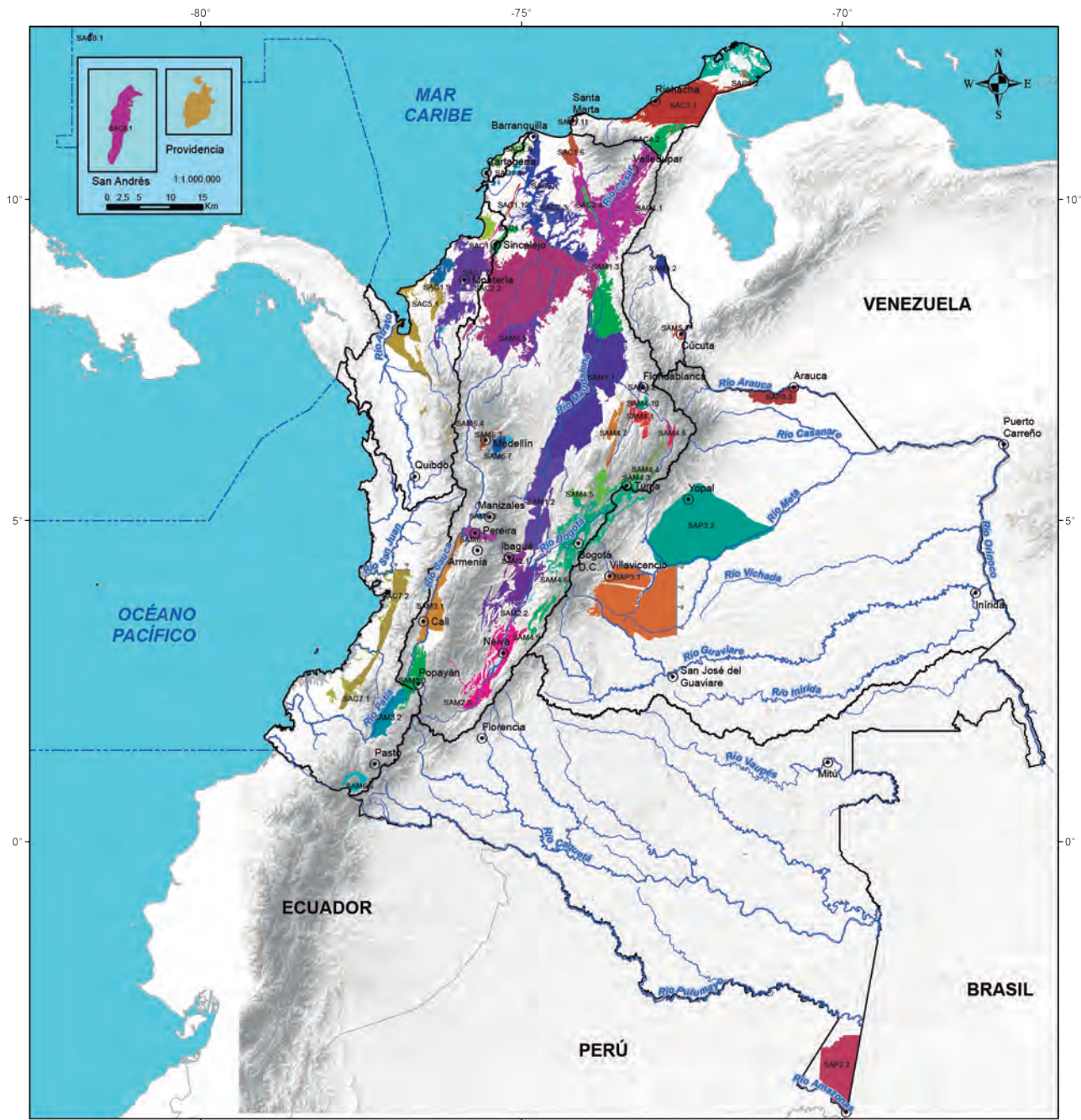


Figura 3.3 Distribución de provincias hidrogeológicas por área hidrográfica



Agua subterránea

131

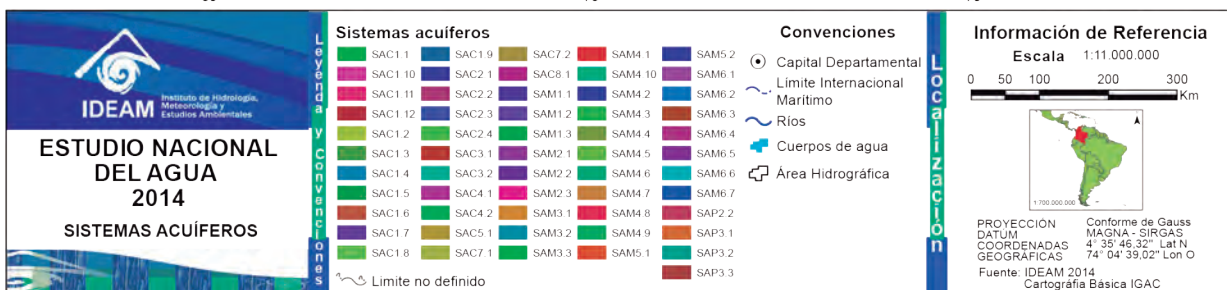


Figura 3.4 Localización de Sistemas Acuiferos de Colombia

Tabla 3.3 Distribución de sistemas acuíferos por áreas hidrográficas, provincias hidrogeológicas y sistemas acuíferos

Provincia hidrogeológica	Código	Sistema acuífero	Unidades hidrogeológicas	Tipo de acuíferos	Parámetros hidráulicos		Área superficial (Km ²)
Área hidrográfica del Caribe							
PC1 Sinú San Jacinto	SAC1.1	Morroa	Morroa Areno-conglomeráticas, Morroa Arenosa y Morroa Areno Arcillosa	Semiconfinados a confinados	B= 188 a 560 m K= 0.5 a 12 m/d	T= 7.5 - 603 m ² /d S= 1.1 x 10 ⁻³ a 1.1 x 10 ⁻⁴	645
	SAC1.2	Golfo de Morrosquillo	Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3	Libres, semiconfinados a confinados	B= 26 a > 75 m K=0.08 a 35 m/d	T= 30 - 500 m ² /d Ss= 5x10 ⁻² a 1.0x10 ⁻³ l/s/m	731
	SAC1.3	Arroyo Grande	Acuífero Cuaternario (ac), Acuífero Arroyo Grande (aT) y Acuífero Unidad Detrítica de la Popa (acH)	Libres a semiconfinados	B= 230 a 310m K= 0.5 a 12 m/d	Ss=3.0x10 ⁻⁷ a 5.0x10 ⁻¹ l/s/m	234
	SAC1.7	Rio Sinú	Acuífero depósitos aluviales aledaños al río Sinú, Acuífero depósitos de terraza	Libres a semiconfinados	B= 75 a 240 m K= 0.5 m/d	T= 30 a 80 m ² /d S= 1.0 x 10 ⁻³ a 7 x 10 ⁻³ Ss= 0.02 a 0.8 l/s/m	5.094
	SAC1.8	Turbará	Acuífero Turbará	Confinado multicapas	B= 600 m	T= 20 a 85 m ² /d S= 1.0 x 10 ⁻⁴ a 8.0 x 10 ⁻⁵	414
	SAC1.9	Arenas Monas	Acuífero depósitos aluviales aledaños al río San Juan y corrientes menores, Acuífero depósitos de terraza del río San Juan y Acuífero Arenas Monas	Libres a semiconfinados	B= 900 a 1800 m	Ss= 0.5 l/s/m	1.162
	SAC1.10	Tolú viejo	Acuífero Tolú viejo	Confinado	B= 350 m K= 2.5 a 10 m/d	T= 200 a 500 m ² /d S= 3.0 x 10 ⁻⁴ Ss= 0.7 a 2.0 l/s/m	203
	SAC1.11	Santa Marta	Acuífero Santa Marta, Acuífero Gayra y Acuífero Tamacá	Libres a semiconfinados			59
PC3 Guajira	SAC3.1 (3S)	Media Guajira (Maicao - Riohacha - Manaure)	Acuífero Llanura aluvial de la Guajira (Qal), Acuífero Castilletes (Ngm), Acuífero Terciario, Acuífero Cretácico	Libres a confinados	B= 50 a 1000 m	T= 1 a 1.400 m ² /d S= 1.5x10 ⁻⁴ a 5x10 ⁻³	7.670
	SAC3.2 (3S)	Alta Guajira	Acuífero Nazareth (Qal), Acuífero Llanura aluvial de la Guajira (Qal), Acuífero Castilletes (Ngm), Acuífero Siamana, Acuífero La Luna (Kism), Acuífero Cogollo, Acuífero Yuruma, Acuífero Moina y Acuífero Poschachi	Libres, semiconfinados a confinados	B= 10 a 660 m K= 0.06 a 0.6 m/d	T= 0.7 a 40 m ² /d	2.796
PC4 Cesar-Ranchería	SAC4.2	Ranchería	Acuífero Oca, Acuífero Fonseca - San Juan, Acuífero La Luna, Acuífero del Eoceno y Acuífero Cogollo	Libres, semiconfinados a confinados	B= 37.8 a >492 m K= 18 m/d	T= 745 m ² /d S= 3.5 x 10 ⁻³ Ss = 0.05 a 5.0 l/s/m	1.453
PC5 Urabá	SAC5.1	Golfo de Urabá	Unidad T2C, Unidad T2B, Unidad T2A, Unidad T21 y Depósitos llanura aluvial	Libres, semiconfinados a confinados	B=45 a 410 m K= 2 a 20 m/d	T= 30 a 1.780 m ² /d S= 1.0 x10 ⁻⁴ Ss= 0.3 a 4.68 l/s/m	4.313
PC6 Chocó	SAC6.1	Valles aluviales de grandes ríos	Sin información	Libres a semiconfinados			

Continúa...

Continuación Tabla 3.3

Provincia hidrogeológica	Código	Sistema acuífero	Unidades hidrogeológicas	Tipo de acuíferos	Parámetros hidráulicos		Área superficial (Km ²)
PC8 San Andrés Islas	SAC8.1	San Andrés	Acuífero San Andrés, Acuífero San Luis	Kárstico	B= 20 a 200 m K= 30 m/d		27
PM5 Catatumbo	SAM5.1 (2S)	Cúcuta - Villa del Rosario - Táchira	Acuífero Cuaternario, Acuífero Río Táchira y Acuífero Terciario	Libres, semiconfinados a confinados	B= 463 a 1132 m K= 2 a 13m/d	T= 25 a 350 m ² /d S= 5.0 x 10-4 a 1.8 x 10-3	223
	SAM5.2	Tibú	Acuífero Necesidad, Acuífero Guayabo	Libres a confinados	B= 600 m	Ss= 2 a 5 l/s/m	544
Área hidrográfica del Magdalena – Cauca							
PC1 Sinú San Jacinto	SAC1.1	Morroa	Morroa Areno-conglomeráticas, Morroa Arenosa y Morroa Areno Arcillosa	Semiconfinados a confinados	B= 188 a 560 m K= 0,5 a 12 m/d	T= 7.5 - 603 m ² /d S= 1.1 x 10-3 a 1.1 x 10-4	645
	SAC1.4	Turbaco	Acuífero de la Popa y Acuífero depósitos cuaternarios recientes (Acuífero Rotinet)	Libres	B= 50 a 100 m	T= 20 a 950 m ² /d S= 2x10-6 a 0.01	148
	SAC1.5	Sabanalarga	Formación Sabanalarga (Neógeno)	Libre	B= <200 m	T= 60 a 320m ² /d Ss= 1x10-4 l/s/m	41
	SAC1.6	Ciénega - Fundación	Acuífero Cuaternario – Terciario de Ciénega Fundación (Q-T2)	Libres a semiconfinados	B= 650 m K= 1 a 5 m/d	T= 10 a 1.800 m ² /d S= 0.001 a 0.05	867
	SAC1.8	Turbará	Acuífero Turbará	Confinado multicapas	B= 600 m	T= 20 a 85 m ² /d S= 1.0 x 10-4 a 8.0 x 10-5	414
	SAC1.12	Maco	Acuífero de la formación Maco	Libre a semiconfinado			184
PC2 Valle bajo del Magdalena	SAC2.1	Bajo Magdalena	Cuaternario aluvial somero y depósitos de terrazas aluviales	Libres a semiconfinados	B= <=150 m	T= 400 m ² /d	6.108
	SAC2.2	La Mojana	Acuífero Mojana, depósitos aluviales del río San Jorge, Acuífero Síncelejo, Acuífero Betulia arenoso y Acuífero El Cerrito	Libres, semiconfinados a confinados	B= >1.000 m K= 0,5 a 2,5 m/d	T= 2 a 100 m ² /d S= 2x10-4 a 4.3x10-2 Ss= 0.02 a 2 l/s/m	19.311
	SAC2.3	Chivoló	Terciario superior	Libre a semiconfinado	B= 70 m	T= 20 a 60 m ² /d	745
	SAC2.4	Ariguani	Cuaternario profundo	Confinado	B= 150 a 200 m K= 10 m/d	T= 1.200 m ² /d S= 1x10-4 Ss= >5l/s/m	341
PC4 Cesar-Ranchería	SAC4.1	Cesar	Acuífero de llanura aluvial (Qlla), Acuífero abanico aluvial de Valledupar (Qcal), Acuífero cuaternario aluvial reciente (Qal) reconocido como acuífero Cesar, Acuífero de terrazas (Qt), depósitos coluviales Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá, Acuífero Sedimentitas de Arjona, Acuífero de la formación Cuesta, Acuífero de la formación Cogollo y Acuífero de la formación La Luna y Aguas Blancas	Libres, semiconfinados a confinados y cársticos	B= 190 a 1.280 m K= 0,2 a 144 m/d	T= 30 a 1.300 m ² /d S= 1.0x10-5 a 1.0x10-3 Ss= 0.05 a >5 l/s/m	12.219

Continuación Tabla 3.3

Provincia hidrogeológica	Código	Sistema acuífero	Unidades hidrogeológicas	Tipo de acuíferos	Parámetros hidráulicos		Área superficial (Km ²)
PM1 Valle medio del Magdalena	SAM1.1	Valle medio del Magdalena	Acuífero Terrazas del río Magdalena, Acuífero depósito aluvial del Río Magdalena, Acuífero Mesa (NgQp), Acuífero Real (Ngc), Acuífero La Luna y Acuífero Tablazo y Rosablanca	Libres, semiconfinados a confinados y cársticos	B= 80 a >800 m K= 5 a 12 m/d	T= 150 a 280 m ² /d S= 4.0x10 ⁻⁴ a 6.0x10 ⁻⁴ Ss=1.0 a 2.0 l/s/m	14.913
	SAM1.2	Mariquita-Dorada-Salgar	Acuífero de depósitos aluviales y terrazas del río Magdalena, Acuífero del Cono aluvial de Lérida y del sistema volcánico, Acuífero del grupo Honda (Formaciones Mesay San Antonio), Acuífero San Juan de Rioseco y Acuífero Hoyón	Libre a confinado			5.714
	SAM1.3	Abanico de Aguachica	Depósitos coluviales Serranía los Motilones, Acuífero depósito fluvial del río Magdalena, Acuífero depósito coluvial de Aguachica (Qc) y Acuífero Abanico de Aguachica (NgQp)	Libres a semiconfinados	B= 80 a 400 m K= 0.2 a 8 m/d	T= 80 m ² /d S= 1.0x10 ⁻³	3.869
PM2 Valle alto del Magdalena	SAM2.1	Ibagué	Acuífero Abanico de Ibagué y acuífero Gualanday	Libres a semiconfinados	B= > 300 m K= 1 a 3m/d	T= 50 a 2.200 m ² /d Ss= 0.2 a 5 l/s/m	976
	SAM2.2	Purificación-Saldaña	Acuífero depósito aluvial Valle del río Magdalena (Qal2), Acuífero del Guamo Espinal (NgQp5), Acuífero Honda (Ngc2) y Acuífero Caballos – (Kit1)	Libres, semiconfinados a confinados	B= 120 m K= 3 a 8 m/d	T= 8 a 318 m ² /d S= 0.15x10 ⁻⁴ Ss= 0.2 a 2 l/s/m	3.788
PM2 Valle alto del Magdalena	SAM2.3	Neiva-Tatacoa - Garzón	Acuífero depósito aluvial Valle del río Magdalena (Qal2), Acuíferos depósitos aluviales de la Cordillera Oriental (Qal3), Acuífero Abanicos antiguos y recientes (Qc5), Acuífero Gigante (Ngp1) y Acuífero Gualanday (Pgc4)	Libres, semiconfinados a confinados	B= 600 a 800 m K= 0.16 a 6.3 m/d	T= 8 a 318 m ² /d S= 0,15x10 ⁻⁴ Ss= 0.13 a 6.2 l/s/m	4.277
PM3 Cauca-Patía	SAM3.1	Valle del Cauca	Unidad A y Unidad C	Libres a semiconfinados	B= 60 a 150 m K= 5 a 55 m/d	T= 300 a 2200 m ² /d S= 7.0x10 ⁻⁴ a 1.0x10 ⁻³	3.209
PM4 Cordillera Oriental	SAM4.1	San Gil-Barichara	Formación Silgará, Formación los Santos, Formación Rosablanca, Formación Tablazo y Formación Simití	Kársticos		T= 60 m ² /d S= 2x10 ⁻⁵	981
	SAM4.2	Bucaramanga-Piedecuesta	Acuífero Bucaramanga	Libre	B= 250 m K= 0.015 a 0.45 m/d	T= 10 a 25 m ² /d Ss= 0.0085 l/s/m	172
	SAM4.3	Tunja	Acuífero Tilatá y Acuífero Formación Bogotá	Libres a semiconfinados	B= 50 a 200 m K= 0.04 a 0.5 m/d	T= 10 a 130 m ² /d S= 1.5 x10 ⁻⁰⁷ a 2.0x10 ⁻⁰³	327

Continuación Tabla 3.3

Provincia hidrogeológica	Código	Sistema acuífero	Unidades hidrogeológicas	Tipo de acuíferos	Parámetros hidráulicos		Área superficial (Km ²)
PM4 Cordillera Oriental	SAM4.4	Duitama - Sogamoso	Acuíferos de las formaciones Cucho (Cc), Montebel (Jim), La Rusia (Jru), Tibasosa (Kit), Une (Kv2), Conejo (Kscn), Plaeners (Kg2), Labor y tierra (Kg1), Guaduas (Ktg), depósitos aluviales (Qa) y depósitos fluvio lacustres (Qpl)	Libres, semiconfinados a confinados	B= 100 m K=1.59 m/d	T= 8.5 a 52.2 m ² /d Ss= 0.11 a 3.3 l/s/m	566
	SAM4.5	Ubaté-Chinquinquirá	Acuíferos de depósitos Fluviolacustres y Acuífero Formación Regadera	Semiconfinados a confinados	B= 350 m K= 2 m/d	T= 20 a 130 m ² /d S= 2.5x10-4	1.388
	SAM4.6	Sabana de Bogotá	Acuífero Sabana, Acuífero Guadalupe, Acuífero Formación Tilatá	Libres, semiconfinados a confinados	B= >1000 m K= 4.4 a 750m/d	T= 4 a 480 m ² /d S= 2.4x10-5 a 2.2x10-3 Ss= 0.04 a 1.94 l/s/m	3.839
	SAM4.7	Tablazo	Acuífero Tablazo y Rosablanca	Kársticos	B= 150 a 325 m K= 0.35 m/d	T= 70 m ² /d S= 2x10-5	1.145
	SAM4.8	Conejo	Acuífero Conejo	Confinado	B= 600 m		365
	SAM4.9	Colombia - Dolores	Acuífero Gualanday, Acuífero Guadalupe y Acuífero de la formación la Tabla	Libres, semiconfinados a confinados			821
	SAM4.10	Mesa de los Santos	Acuíferos de la formación los Santos (miembros superior e inferior),	Cárstico			234
PM6 Otros sistemas acuíferos en región Cordillera Occidental-Central	SAM6.1	Glacis del Quindío	Unidad A1, Unidad A2 y Unidad A3	Libres	B= > 300 m	T= 1 a 65 m ² /d Ss= 0.05 a 7 l/s/m	893
	SAM6.2	Santágueda	Flujo de lodo de Santágueda (Qfls), Flujo de lodo Km 41 (Qflk), Flujo de lodo del Plan de Anserma (Qflp), formación Irra-Tres puertas (Tsic, Tsivs) y Formación Barroso (Kvb)	Libres, semiconfinados a confinados	B= 30 a >396 m	Ss= 0.009 a 1.8 l/s/m	84
	SAM6.3	Valle de Aburrá	Acuífero libre de Valle de Aburrá (A1), Acuífero semiconfinado del Centro y Sur del Valle (A2) y Acuífero de la Dunita de Medellín	Libres a semiconfinados y pseudocárstico	B= 0 a 156 m K= 0.003 a 54 m/d		222
	SAM6.4	Santa Fé de Antioquia	Acuíferos asociados a depósitos aluviales del río Cauca, Acuíferos asociados a materiales tributarios del río Cauca y Acuíferos asociados a depósitos de vertiente	Libres	B= 82 a 155 m K= 0.7 a 40 m/d	T= 22 a 985 m ² /d S= 5x10-3 a 0.047	103
	SAM6.5	Bajo Cauca Antioqueño	Acuífero U123, Acuífero U4 y Acuífero U5	Libre a confinado	B= 10 a 190 m K= 1 a 2 m/d		4.046
	SAM6.7	Valles de San Nicolás y la Unión	Unidades de alto potencial hidrogeológico, Unidades de potencial hidrogeológico medio, Unidades de bajo Potencial hidrogeológico	Libre a confinado	B= 100 a 250 m K= 0.2 a 8 m/d		642

Continuación Tabla 3.3

Provincia hidrogeológica	Código	Sistema acuífero	Unidades hidrogeológicas	Tipo de acuíferos	Parámetros hidráulicos		Área superficial (Km ²)
Área hidrográfica del Orinoco							
PP3 Llanos orientales	SAP3.1 (13S)	Villavicencio-Granada-Puerto López	Acuífero Cuaternario y Acuífero Terciario	Libres a confinados	B= 80 a >230 m	T= 102 a 215 m ² /d S= 9.9x10 ⁻⁴ a 1.5x10 ⁻³	13.753
	SAP3.2 (13S)	Yopal Tauramena (Maní)	Acuífero Terrazas de planicie aluvial (Qt), Acuífero de depósitos aluviales recientes (Qal)	Libres a confinados			17.446
	SAP3.3 (13S)	Arauca - Arauquita	C-D1-D2, F	Libres a confinados	B= 280 a 900 m K= 22.6 m/d	T= 650 a 750 m ² /d S= 0.3 a 3.2x10 ⁻⁴	1.807
Área hidrográfica del Amazonas							
PP1 Caguán-Putumayo	SAP1.1 (13S)	Valles aluviales y terrazas de grandes ríos	Sin información	Libres a semiconfinados			
	10S	Transfronterizo Tulcán - Ipiales	Sin información	Libres a semiconfinados			
PP2 Vaupés-Amazonas	SAP2.1 (13S)	Valles aluviales y terrazas de grandes ríos	Sin información	Libres a semiconfinados			
	SAP2.2 (13S)	Leticia	Acuífero Cuaternario (Qal) y Acuífero Terciario Superior Amazónico (Tsa)	Libre multicapa	B= 30 a 70 m		6.140
Área hidrográfica del Pacífico							
PM3 Cauca-Patía	SAM3.2	Patía	Acuífero Abanico aluvial (Qca), Acuífero Llanura aluvial (Qal) y Acuífero de la formación Galeón superior (TQgs)	Libres a confinados	B= 65 a 110 m K= 2 a 7 m/d	T= 20 a 200 m ² /d Ss= 0.1 a 3.0 l/s/m	2.110
	SAM3.3	Cauca	Acuífero Popayán y Acuífero Esmitia	Libres a confinados	K= 6.5 m/d		2.523
PC6 Chocó	SAC6.1	Valles aluviales de grandes ríos	Sin información	Libres a semiconfinados			
	1S	Transfronterizo Chocó - Darién	Sin información	Libres a semiconfinados			
PC7 Tumaco	SAC7.1	Acuíferos depósitos aluviales llanura del Pacífico	Acuífero de depósitos aluviales	Libres			1.526
	SAC7.2	Raposo	Acuífero Raposo	Libre a semiconfinado			3.120
PM6 Otros sistemas acuíferos en región Cordillera Occidental-Central	SAM6.6	Altiplano Nariñense	Acuífero de rocas volcánicas con porosidad secundaria y Acuífero de depósitos vulcanoclásticos	Libres, semiconfinados y confinados			655

B: Espesor saturado, K: Conductividad hidráulica, T: Transmisividad hidráulica, S: Coeficiente de almacenamiento, Ss: Almacenamiento específico.
 Nota: Los parámetros hidráulicos indicados corresponden a valores reportados para una o más unidades hidrogeológicas que componen cada sistema acuífero.

La presencia y la distribución del agua subterránea en cualquier región está controlada, en esencia, por sus características geológicas, y por lo tanto, sus límites y características físicas y geométricas se hallan determinados principalmente por la estructura geológica y la estratigrafía. Las cuencas hidrogeológicas, en la mayoría de los casos, no coinciden necesariamente con los límites fisiográficos ni con los hidrográficos (IDEAM, 2010a). Por esta razón se observa que parte de las provincias y Sistemas Acuíferos identificados, se comparten entre dos áreas hidrográficas.

El área superficial cubierta por estos Sistemas Acuíferos corresponden a 169.435 Km² y abarca 683 municipios aproximadamente. De los Sistemas Acuíferos identificados, 15 se localizan en el área hidrográfica del Caribe, 33 en el área de Magdalena – Cauca, 3 en el Orinoco, 3 en el Amazonas y 7 en el área del Pacífico (Tabla 3.3).

De acuerdo al Programa UNESCO/OEA Isarm Americas para los acuíferos transfronterizos de las Américas, se conoce la existencia de 5 Sistemas Acuíferos transfronterizos en Colombia. Dos se ubican en el área hidrográfica del Caribe: el primero se localiza en la provincia hidrogeológica de la Guajira (denominado 3S La Guajira), el cual es compartido entre Colombia – Venezuela (UNESCO, 2010). Este acuífero transfronterizo está conformado por el SAC3.1 y SAC3.2 respectivamente. El segundo, se encuentra en la provincia del Catatumbo, denominado 2S Táchira - Pamplonita, compartido igualmente entre Colombia – Venezuela y es conformado por el SAC5.1.

En el área hidrográfica del Orinoco y Amazonas se identifica un único sistema denominado 13S Sistema Acuífero Transfronterizo Amazonas, que comprende los países de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En el territorio nacional, está conformado en principio, por todos los sistemas acuíferos identificados en las provincias hidrogeológicas del Cagúan-Putumayo (PP1), Vaupés-Amazonas (PP2) y Llanos Orientales (PP3). El cuarto sistema acuífero transfronterizo se localiza en el extremo suroccidental de la provincia Cagúan-Putumayo (PP1), denominado 10S Tulcán – Ipiales, compartido con Ecuador. Por último, el quinto sistema es denominado 1S Chocó – Darién, compartido por Colombia – Panamá.

Aplicando criterios para clasificar el estado del conocimiento de los Sistemas Acuíferos basándose en la información disponible, se han identificado 16 Sistemas Acuíferos con un nivel de información y conocimiento suficiente para la gestión del agua subterránea (SAC1.1, SAC1.2, SAC1.3, SAC3.1, SAC4.2, SAC5.1, SAC8.1, SAC1.6, SAC1.11, SAM3.1, SAM4.6, SAM6.1, SAM6.2, SAM6.3, SAM6.5, SAM3.2) que representan el 27% del total identificado. Estos sistemas cuentan con estudios detallados que han permitido la elaboración de los modelos hidrogeológicos conceptuales (MHC) robustos, algunos en fase de formulación e implementación y otros en proceso de validación.

Estos sistemas se consideran prioritarios para el desarrollo urbano y económico en el ámbito local y regional. En algunas zonas representan la principal (en otras la única) fuente de abastecimiento considerando el comportamiento climático y la oferta hídrica superficial regional. Tabla 3.4.

Continuación Tabla 3.4

Provincia hidrogeológica	Sistemas acuíferos de provincias		Modelo geológico			Modelo hidrologico							Modelo hidráulico				Modelo hidroquímico						Modelo isotópico		
	Código	Nombre	Geometría	Tipo de roca	Delimitación de unidades hidrogeológicas	Inventario de puntos de agua (Tipo de puntos)	Inventario de puntos de agua (Condición del punto)	Identificación zonas de recarga	Cálculo de recarga	Mapa de flujo	Cálculo de reservas	Cálculo de demanda	Parámetros hidráulicos (K, T, S) de alguna de las Unid. Hidrogeológicas		Parámetros hidráulicos (K, T, S) de todas las Unid Hidrogeológicas		Información de alguna Unid Hidrogeológicas	Información de todas las Unid Hidrogeológicas	Parámetros mínimos (pH, T, Conductividad)	Caracterización de iones mayoritarios	Caracterización de iones minoritarios	Definición de Facies	Modelo isotópico		
													Unid. Hidrogeológicas	Parámetros hidráulicos (K, T, S) de alguna de las Unid. Hidrogeológicas	Unid. Hidrogeológicas	Parámetros hidráulicos (K, T, S) de todas las Unid Hidrogeológicas									
Área hidrográfica del Magdalena - Cauca																									
PC1 Sinú San Jacinto	SAC1.1	Morroa																							
	SAC1.4	Turbaco																							
	SAC1.5	Sabanalarga																							
	SAC1.6	Ciénaga - Fundación																							
	SAC1.8	Turbará																							
	SAC1.12	Maco																							
PC2 Valle bajo del Magdalena	SAC2.1	Bajo Magdalena																							
	SAC2.2	La Mojana																							
	SAC2.3	Chivoló																							
	SAC2.4	Ariguani																							
PC4 Cesar-Ranchería	SAC4.1	Cesar																							
	SAM1.1	Valle medio del Magdalena																							
PM1 Valle medio del Magdalena	SAM1.2	Mariquita-Dorada-Salgar																							
	SAM1.3	Abanico de Aguachica																							
	SAM2.1	Ibagué																							
PM2 Valle alto del Magdalena	SAM2.2	Purificación-Saldaña																							
	SAM2.3	Neiva-Tatacoa - Garzón																							
PM3 Cauca-Patía	SAM3.1	Valle del Cauca																							

Continuación Tabla 3.4

Provincia hidrogeológica	Sistemas acuíferos de provincias		Modelo geológico			Modelo hidrológico						Modelo hidráulico						Modelo hidroquímico						Modelo isotópico
	Código	Nombre	Geometría	Tipo de roca	Delimitación de unidades hidrogeológicas	Inventario de puntos de agua (Tipo de puntos)	Inventario de puntos de agua (Condición del punto)	Identificación zonas de recarga	Cálculo de recarga	Mapa de flujo	Cálculo de reservas	Cálculo de demanda	Parámetros hidráulicos (K, T, S) de alguna de las Unidades hidrogeológicas	Parámetros hidráulicos (K, T, S) de todas las Unidades hidrogeológicas	Información de alguna Unidad hidrogeológica	Información de todas las Unidades hidrogeológicas	Parámetros mínimos (pH, T, Conductividad)	Caracterización de iones mayoritarios	Caracterización de iones minoritarios	Definición de Facies				
Área hidrográfica del Amazonas																								
PPI Caguán-Putumayo	SAP1.1 (13S)	Valles aluviales y terrazas de grandes ríos																						
	10S	Transfronterizo Tulcán - IpiALES																						
PP2 Vaupés-Amazonas	SAP2.1 (13S)	Valles aluviales y terrazas de grandes ríos																						
	SAP2.2 (13S)	Leticia																						
Área hidrográfica del Pacífico																								
PM3 Cauca-Patía	SAM3.2	Patía																						
	SAM3.3	Cauca																						
PC6 Chocó	SAC6.1	Valles aluviales de grandes ríos																						
	1S	Transfronterizo Chocó - Darién																						
PC7 Tumaco	SAC7.1	Acuíferos depósitos aluviales llanura del Pacífico																						
	SAC7.2	Raposo																						
PM6 Otros sistemas acuíferos en región Cordillera Occidental-Central	SAM6.6	Altiplano Nariñense																						

Cuarenta y cuatro (44) Sistemas Acuíferos correspondientes al 73% del total identificado no cuentan con un nivel adecuado de conocimiento hidrogeológico; de estos, 23 tiene un conocimiento muy bajo y se ubican principalmente en las áreas hidrográficas del Pacífico, Orinoco y Amazonas. Los estudios de referencia para estos sistemas han sido realizados principalmente por el Servicio Geológico Colombiano (antiguo Ingeominas) así como estudios específicos para pozos particulares en diferentes zonas de las regiones involucradas. No se cuenta con información hidrogeológica detallada para estos sistemas acuíferos que permita la consolidación de un modelo hidrogeológico conceptual. La descripción existente es referida a las unidades hidrogeológicas que son potenciales acuíferos para la explotación y algunas características hidráulicas de acuerdo a datos aislados sobre cada sistema.

3.3.1.1 Características de los sistemas acuíferos por áreas hidrográficas

En el área hidrográfica Caribe, el 60% de los sistemas acuíferos son considerados estratégicos, ya que constituyen la principal fuente de abastecimiento de la población. Éstos corresponden al SAC1.1 (Morroa), SAC1.2 (Golfo de Morrosquillo), SAC1.3 (Arroyo Grande), SAC3.1 (Media Guajira), SAC3.2 (Alta Guajira), SAC4.2 (Ranchería), SAC8.1 (San Andrés) y SAM 5.1 (Cúcuta – Villa del Rosario – Táchira). El SAC5.1 (Golfo de Urabá) es la fuente principal de abastecimiento para la agroindustria del banano y para comunidades urbanas y rurales del Golfo de Urabá.

El 40% restante, correspondiente a los sistemas acuíferos SAC1.7 a SAC1.11, y SAC5.2, a pesar de que la mayoría no cuenta con estudios hidrogeológicos detallados, son explotados como fuente alternativa de abastecimiento dado el empobrecimiento de la calidad de agua en las fuentes superficiales de la región.

En el área hidrográfica del Magdalena – Cauca, se localiza el 52% del total de sistemas acuíferos reconocidos a la fecha a nivel nacional. Concentra 10 de los 16 sistemas con nivel de conocimiento hidrogeológico adecuado y 16 de los 22 sistemas con nivel de conocimiento medio, ubicados en las provincias PC1 (Sinú San Jacinto), PM3 (Cauca – Patía), PM4 (Cordillera Oriental) y PM6 (Otros sistemas Cordillera Occidental – Central).

Alberga los principales sistemas explotados para actividades económicas motores de desarrollo regional y nacional, los cuales corresponden a los sistemas SAC1.6 (Ciénaga – Fundación), SAM3.1 (Valle del Cauca) y SAM4.6 (Sabana de Bogotá). Aproximadamente el 90% de los sistemas acuíferos del área hidrográfica se explotan para consumo humano y doméstico y actividades mixtas supliendo el bajo rendimiento hídrico del área. Sin embargo, estos sistemas se han constituido en la fuente alternativa de abastecimiento y no la prioritaria como en el área del Caribe; en el valle del Cauca su uso es primordialmente agrícola.

En las áreas hidrográficas del Orinoco y del Amazonas, el estado del conocimiento hidrogeológico es bajo, a pesar de que los Sistemas Acuíferos son estratégicos para el abastecimiento de centros urbanos como Villavicencio y Leticia, y poblaciones de menor tamaño como Maní (Casanare). El Sistema Acuífero con mayor cantidad de estudios del Orinoco corresponde al SAP3.1 ubicado en los municipios de Villavicencio, Acacías, Guamal, Castilla la Nueva, Granada y Puerto López.

Principalmente la información hidrogeológica está referida al acuífero Cuaternario, pero se carece de un modelo hidrogeológico conceptual regional. El SAP3.2 (Yopal- Tauramena) ha sido estudiado parcialmente en la población de Maní (Casanare), donde el agua subterránea constituye la fuente de abastecimiento de la población dada la falta de infraestructura de servicios públicos (acueducto y alcantarillado).

En el área del Amazonas, desde el punto de vista hidrogeológico su conocimiento se reduce a modelos geológicos y columnas estratigráficas generalizadas y documentadas por la industria petrolera en la mayoría de los casos. Solo se conocen estudios hidrogeológicos locales en el municipio de Leticia, zona de mayor desarrollo urbano, donde las necesidades de agua subterránea se han incrementado en los últimos años debido a los problemas de abastecimiento en la localidad por el déficit de la oferta hídrica que presenta la microcuenca de la quebrada Yahuaraca y el deterioro de su calidad de agua por contaminación (Consortio GEAM – Funcatagua, 2006).

El área hidrográfica del Pacífico, en general no ha sido objeto de estudios hidrogeológicos con excepción del área del Patía. La principal provincia estudiada corresponde al Cauca – Patía (PM3) donde se ubica el Sistema Acuífero SAM3.2 (Patía), una de las principales fuentes de abastecimiento alternas de la región. Ingeominas (2009) realizó estudios preliminares al sistema SAM6.6 (Altiplano Nariñense) donde se detalló el modelo geológico identificando las unidades de potencial hidrogeológico.

3.3.2 Inventario nacional de puntos de agua subterránea

La distribución del agua subterránea en Colombia y las necesidades de cada región para el desarrollo social y económico según su uso, ha estimulado la formulación y elaboración de estudios locales y regionales, a cargo de las Autoridades Ambientales y entidades del orden nacional (como el Servicio Geológico Colombiano, IDEAM, Ministerios, entre otros), para la construcción de modelos hidrogeológicos conceptuales que permiten tener un mayor conocimiento de las aguas subterráneas.

Los estudios generalmente tienen como base la identificación de los puntos de agua subterránea a

través de inventarios y la caracterización de las zonas de mayor potencial de los recursos hídricos. Los inventarios de puntos de agua son la base de referencia para información sobre demanda, la calidad y los usos de las aguas subterráneas. Así mismo, las Autoridades Ambientales para la cuantificación de los puntos de agua a nivel regional, han desarrollado bases de datos de usuarios para consolidar la información.

La información reportada constituye una base preliminar del inventario nacional que debe ser mejorada a futuro, ésta obedece a la recopilación de información existente en diferentes periodos de tiempo que datan desde 1995 hasta la actualidad. Aun así, se evidencia que el agua subterránea se constituye en la fuente de abastecimiento como solución individual asociado a la presencia de aljibes de común uso para abastecimiento humano.

Los registros publicados, muestran la falta de implementación del Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas (Funias) como instrumento para la recolección de información básica. El total de puntos de agua subterránea consolidado que se puede estimar está por debajo de la cantidad de puntos existentes en la actualidad a nivel nacional, dada la dispersión de la información y la ausencia de registro en zonas del país donde es conocido el uso del agua subterránea para abastecimiento individual.

Con base en los estudios locales, regionales, bases de datos y acorde a la metodología planteada para la conformación del inventario nacional de puntos de agua subterránea en el numeral 3.2, se consolidó información de volúmenes de agua subterráneas concesionadas (Figura 3.5) que se encuentran sujetas al cobro TUA para 23 Autoridades Ambientales encargadas de la gestión de los recursos hídricos y un primer inventario nacional de puntos de agua subterránea en el área de jurisdicción de 33 Autoridades Ambientales (Figura 3.6 y tabla 3.5).

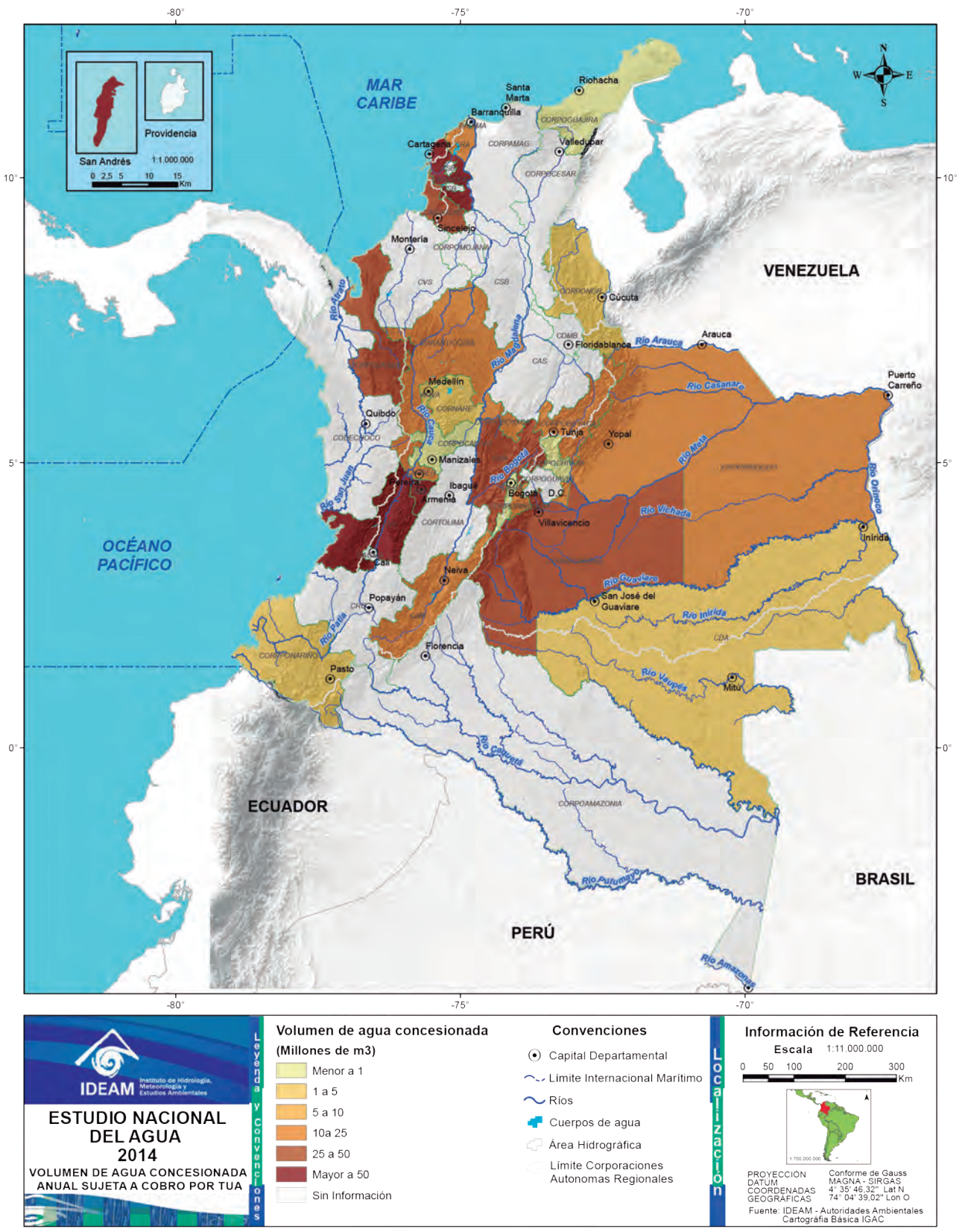
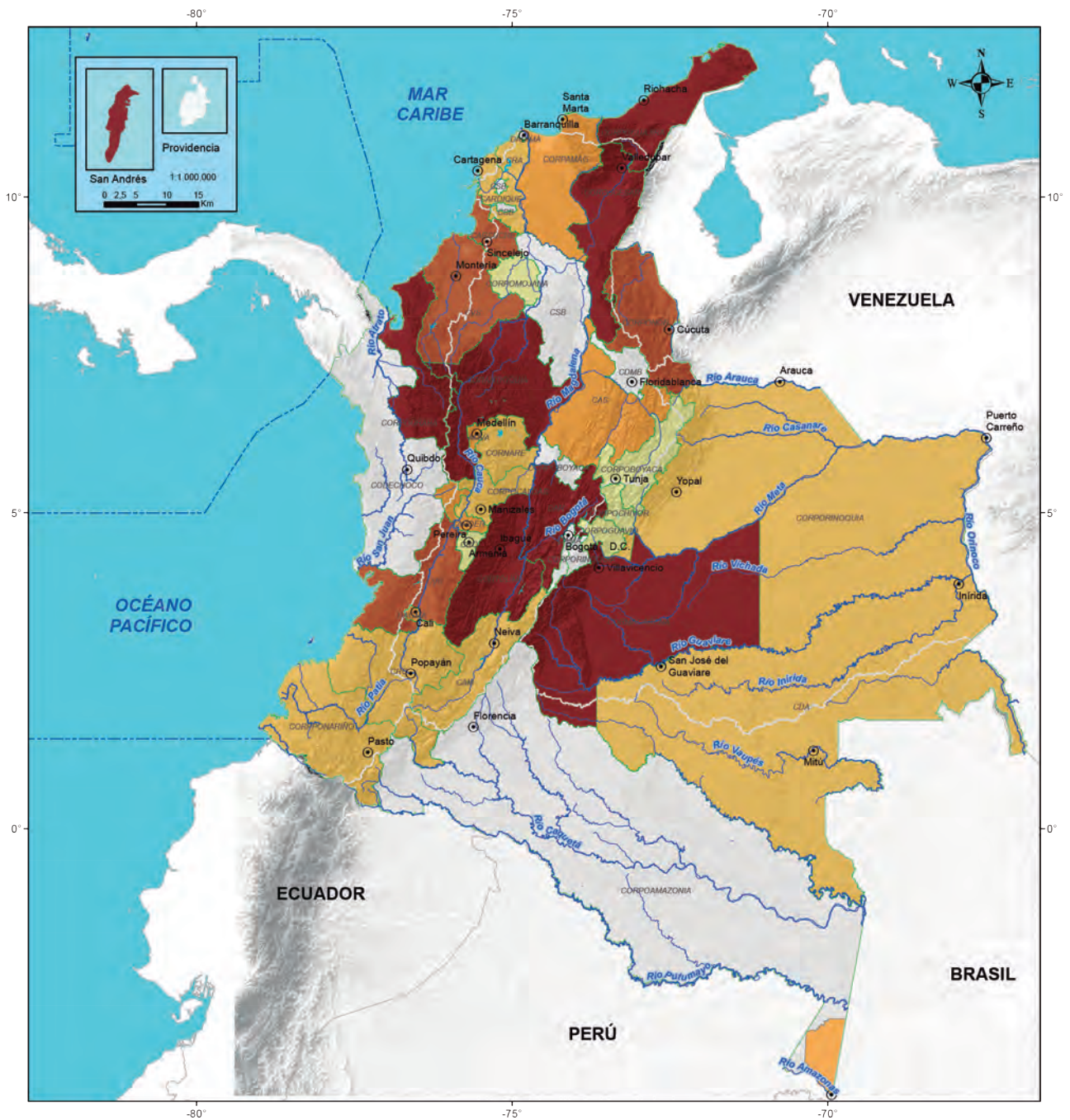


Figura 3.5 Volúmenes de agua subterránea concesionada objeto de cobro TUA



Agua subterránea

145

ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014
INVENTARIO CONSOLIDADO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

N° Puntos de Agua Subterránea por autoridad ambiental

- 0 - 100
- 101 - 500
- 501 - 1000
- 1001 - 2000
- 2001 - 10000
- Sin información

Convenciones

- Capital Departamental
- Limite Internacional Marítimo
- Ríos
- Cuerpos de agua
- Área Hidrográfica
- Limite Corporaciones Autónomas Regionales

Información de Referencia

Escala 1:11.000.000

0 50 100 200 300 Km

PROYECCION: Conforme de Gauss
DATUM: MAGNA - SIRGAS
COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 4° 35' 46,32" Lat N, 74° 04' 39,02" Lon O
Fuente: IDEAM - Autoridades Ambientales Cartografía Básica IGAC

Figura 3.6 Distribución del inventario de puntos de agua por Autoridad Ambiental

Tabla 3.5 Inventario preliminar de puntos de agua subterránea por área de jurisdicción de las autoridades ambientales

Autoridad Ambiental	Año del reporte	Tipo						Condición						Fuente	
		Pozo	Aljibe	Manantial	Otros	S.I.	Total	Productivo	Reserva	Abandonado	Inactivo	Monitoreo	S.I.		Total
AMVA	2013	47	696	12	4	0	759	0	0	0	0	0	0	759	(AMVA, 2013)
CAM	2011					146	146	146	0	0	0	0	0	146	(CAM, 2011)
CAR	2005	3.821	912	532	0	0	5.265	2.400	628	1.878	45	4	310	5.265	(CAR, 2005)
Carder	2014	114	357	0	4	269	744	264	139	10	23	39	269	744	(Moncada, 2014)
Cardique	1999,2006	49	44	18	0	0	111	19	0	2	0	10	80	111	(Cardique, 1999), (Cardique, 2006a), (Cardique, 2006b)
Carsucre	2005,2011	1.713	0	0	0	0	1.713	1.653	0	9	4	47	0	1.713	(Carsucre, 2005), (Carsucre, 2011)
CAS	2010	49	167	320	0	126	662	0	0	0	0	0	662	662	(Ingeominas, 2009b), (Ingeominas & Universidad Industrial de Santander, 2010)
CDA	2011					106	106	106	0	0	0	0	0	106	(CDA, 2011)
Coralina	2010	33	6.002	0	0	0	6.035	0	0	0	0	0	6.035	6.035	(Coralina & Universidad Nacional de Colombia, 2010)
Corantioquia	2004,2008	167	2.358	32	0	0	2.557	0	0	0	0	0	2.557	2.557	(Corantioquia & Universidad Nacional de Colombia, 2004), (Mejía, 2008)
Cormacarena	2014	360	1.717	922	984	585	4.568	280	163	94	340	0	3.691	4.568	(Ortiz, C, 2014)
Comare	2011	306	144	0	0	1	451	0	0	0	0	0	451	451	(Comare, 2014)
Corpamag	1998	344	205	0	0	0	549	0	0	0	0	0	549	549	(Ingeominas, 1998)
Corpoamazonia	2008	87	781	0	0	0	868	809	0	0	59	0	0	868	(García, 2008)
Corpoboyaca	2011	65	0	3	6	0	74	0	0	0	0	0	74	74	(Corpoboyacá, 2014)
Corpocaldas	2006,2009,2010,2011	112	329	51	4	0	496	213	27	73	0	1	182	496	(Corpocaldas & Proaguas, 2006),(Corpocaldas & GEOSUB, 2009), (Corpocaldas, 2010),(Corpocaldas, 2011)
Corpocesar	2009	1.117	3.658	78	1	2	4.856	2.942	568	343	30	0	973	4.856	(Corpocesar, 2014)
Corpochivor	2011					1	1	1	0	0	0	0	0	1	(Corpochivor, 2011)
Corpogujaira	2007,2010,2011	1.148	1.170	4	309	0	2.631	257	0	160	4	0	2.210	2.631	(Molinares, 2007), (Corpogujaira - Universidad de Antioquia, 2011), (Corpogujaira, 2011)
Corpoguaiy	2011	17	0	0	0	0	17	17	0	0	0	0	0	17	(Corpoguaiy, 2014)
Corpomojana	2014	75	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	75	75	(Fondo Nacional de Adaptación & Hidrocron Ltda, 2014)
Corponariño	2009	8	307	38	0	0	353	0	0	0	0	0	353	353	(Ingeominas, 2009a)
Corporon	2003,2007,2011	14	642	5	0	539	1.200	510	30	15	1	0	644	1.200	(IDEAM y Corporon, 2007), (Ingeominas & Universidad Industrial de Santander, 2010)
Corporinoquia	2007					349	349	349	0	0	0	0	0	349	(Corporinoquia, 2011)
Corpouyaba	2014	781	7.422	17	26	0	8.246	0	0	0	0	0	8.246	8.246	(Villegas, 2014)
Cortollima	2003, 2010	134	3.600	17	0	0	3.751	0	0	0	0	0	3.751	3.751	(Ingeominas, 2003f), (Camargo & Atehortua, 2010)
CRA	2003					114	114	114	0	0	0	0	0	114	(CRA, 2011)
CRC	2014	16	105	0	0	0	121	109	0	0	12	0	0	121	(CRC - Universidad del Valle, 2014)
CRQ	2011					73	73	73	0	0	0	0	0	73	(CRQ, 2011)
CVC	2014	1.743	0	0	0	0	1.743	1.367	0	337	39	0	0	1.743	(Rengifo, 2014)
CVS	2004	253	375	58	0	0	686	0	0	0	0	0	686	686	(Ingeominas, 2004c)
Dagma	2014	293	373	0	17	17	700	0	0	0	0	0	700	700	(Vélez, 2014)
SDA	2010	0	0	0	0	472	472	0	0	0	0	0	472	472	(SDA, 2010)
Total		12.866	31.364	2.107	1.355	2.800	50.492	11.629	1.555	2.921	557	101	33.729	50.492	

*Otros: galería filtrante, jagüey, piezómetros** NRD: No reporta datos

La distribución del tipo de punto por área hidrográfica (Figura 3.7) indica que en la Amazonia, Pacífico y Caribe las captaciones son principalmente aljibes (90%, 87% y 75% respectivamente), mientras que para el Magdalena – Cauca la proporción de aljibes y pozos es de 39% y 35% del total de puntos en el área hidrográfica respectivamente. En la Orinoquia, la distribución de tipo de captaciones es más homogénea, el 34% corresponde a aljibes, 18% a manantiales y 7% a pozos. Los manantiales registrados se distribuyen proporcionalmente en la Orinoquia y Magdalena – Cauca

(41% y 52% respectivamente) de manera preferencial en las jurisdicciones de Cormacarena, CAR y CAS.

La distribución de la información por áreas hidrográficas muestra que para el Caribe y la Orinoquia se presenta la mayor cantidad de puntos sin información de estado (86,3% y 73,2% respectivamente), mientras que en la Amazonia, el 93,2% de los puntos son productivos. En el Magdalena – Cauca, los puntos sin información corresponden al 50,4% mientras que el 37,7% son considerados productivos y el 5,8% se reportan en estado de reserva (Figura 3.8).

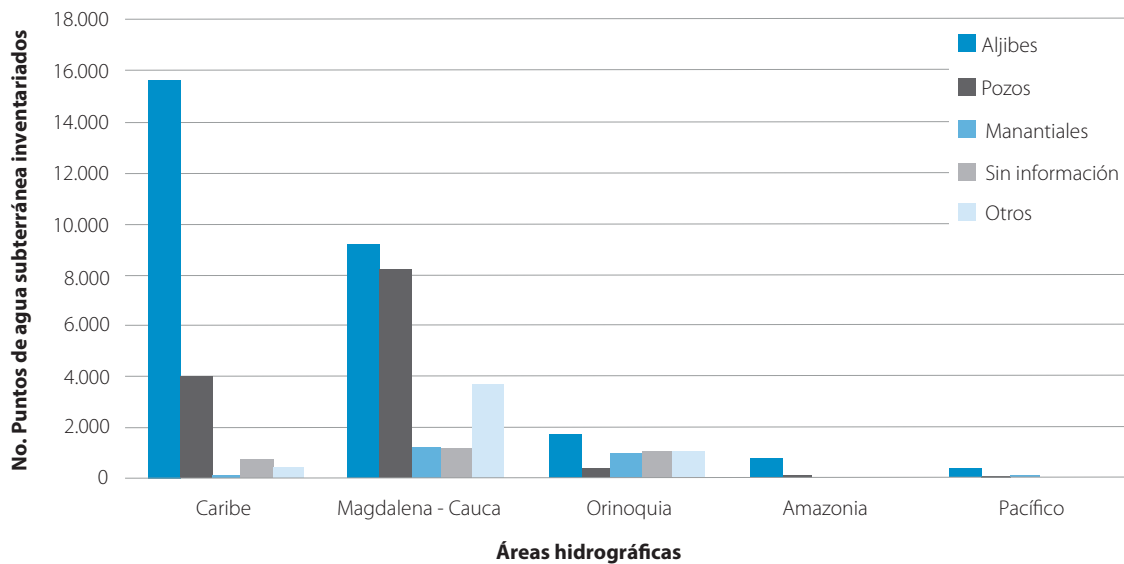


Figura 3.7 Distribución de tipo de puntos de agua subterránea por área hidrográfica

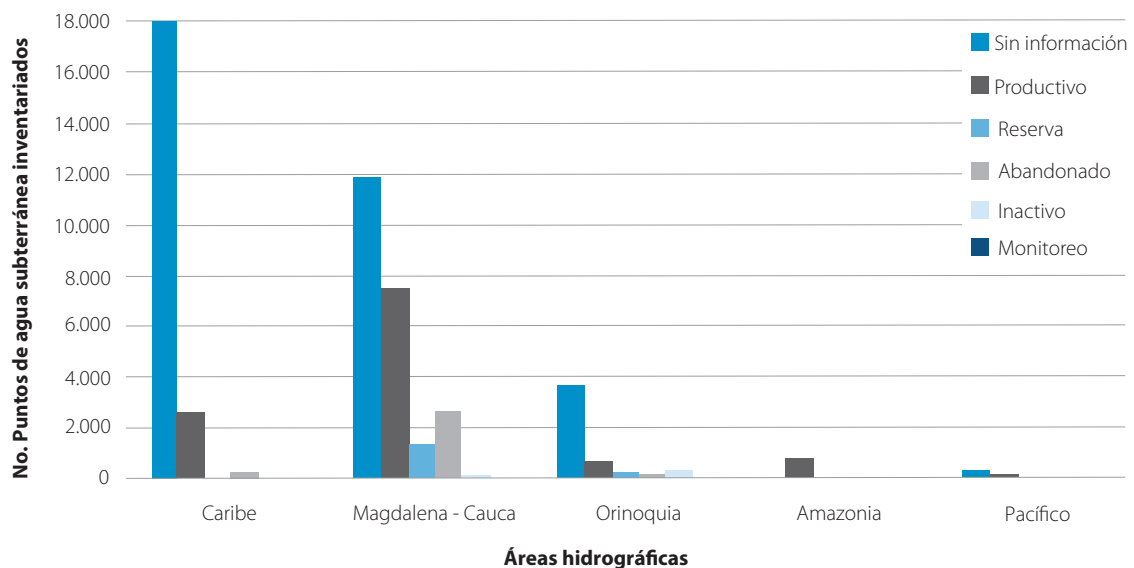


Figura 3.8 Distribución de condición de puntos de agua subterránea por área hidrográfica

El tipo de captación más común a nivel nacional corresponde a aljibes generalmente de profundidades no mayores a 20 metros seguidos de pozos profundos, tal como se observa en la Figura 3.9. Existen inventariados 1.355 puntos entre piezómetros, jagüeyes y galerías filtrantes, ubicados principalmente en las áreas de jurisdicción de Cormacarena y Corpoguajira. También se reportan 2.800 puntos sin información, que a pesar de ser identificados no registra el tipo, siendo el caso para la totalidad de puntos consolidados de Corporenoquia, CAM, CRA, CDA, CRQ y Corpochivor.

Respecto a las condiciones de estado, se desconoce el funcionamiento para 66,8% del total de puntos de agua y solo se reconoce al 23% como productivos (Figura 3.10). Se cuenta con el registro de 101 pozos empleados para redes de monitoreo, distribuidos en las áreas de Carsucre y Carder con un 47% y 39% del total inventariado respectivamente.

En el Caribe se localiza el 41,1% del total de puntos inventariados, principalmente en las jurisdicciones de Corpourabá, Coralina y Corpoguajira, siendo Corpourabá la entidad con mayor número de puntos de agua registrados (8.246).

En el área hidrográfica del Magdalena – Cauca se localiza el 46,3% del total de puntos, concentrado en

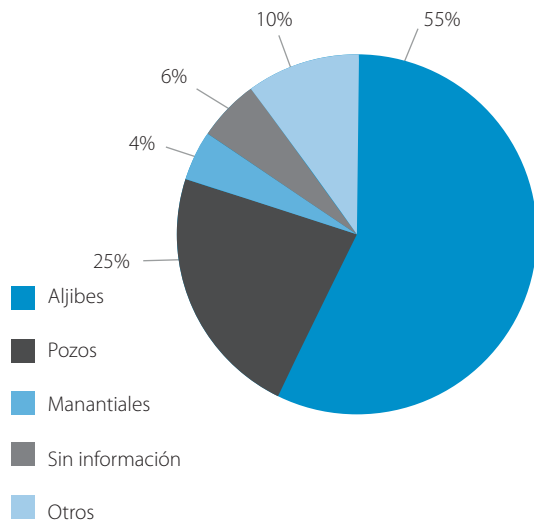


Figura 3.9 Distribución de tipo de puntos de agua subterránea a nivel nacional

las áreas de jurisdicción de la CAR, Corpocesar, Corantioquia y CVC. El área de la Orinoquia, registra el 10% del total de puntos del país, localizado principalmente en la jurisdicción de Cormacarena. El valor reportado en el área hidrográfica de la Amazonia corresponde al inventario realizado en la ciudad de Leticia y constituye el 1,7% del total.

3.3.3 Actualización de usos de agua subterránea

La actualización de usos de agua subterránea se realizó con base en registros de los volúmenes concesionados sujetos a cobro por Tasa de Utilización de Agua (TUA) para el año 2011, reportada por las Autoridades Ambientales al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La información se presenta consolidada por uso de agua acorde con el Decreto 3930 del 2010 (Tabla 3.6). Las autoridades reportan en algunos casos, usos diferentes a los reglamentados a través del decreto en mención, por tal motivo, se creó una clasificación denominada usos múltiples que corresponde al reporte de usos de agua combinados, por ejemplo doméstico – pecuario. La información sin descripción de usos se clasifica como sin Información.

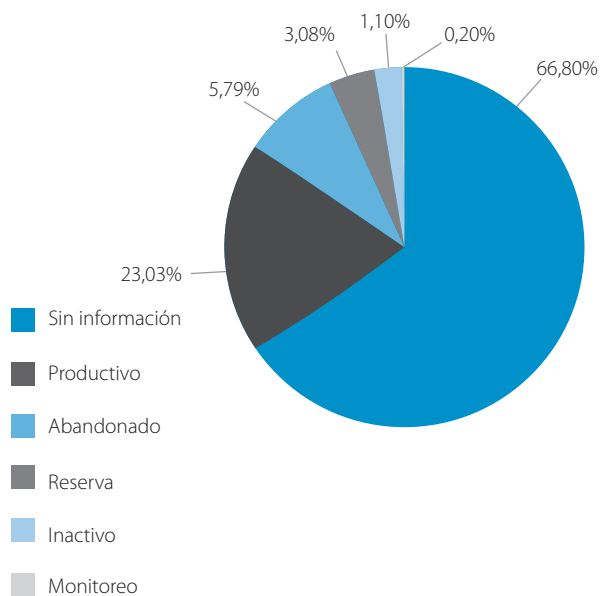


Figura 3.10 Distribución de la condición de puntos de agua subterránea a nivel nacional

Tabla 3.6 Usos del agua subterránea en la jurisdicción de las Autoridades Ambientales acorde a registros de agua concesionada sujeta a cobro TUA

Autoridad ambiental	Número concesiones 2011	Tipo de uso Decreto 3930 - 2011 (Volúmenes concesionados en m³)										Total (m³)
		Consumo humano y doméstico	Agrícola	Pecuario	Recreativo	Industrial	Pesca, maricultura y acuicultura	Otros	Usos múltiples	S.I.		
CAM	146	761.426						15.654.332				16.415.758
CAR	464	19.433.437	5.900.634					13.624.019				38.958.090
Carder	20	1.485.346		47.304		15.077.362		63.072				16.673.083
Cardique	9	6.307.200	47.308.100		78.840			946.080		7.726.320		62.366.540
Carsucre	208	35.955.508	105.120	-	23.652	336.384		2.112.912		-		38.533.576
CDA	106	639.984			3.110	487.382		33.891		286		1.164.653
Coralina	47	5.193.666	4.968									5.198.634
Corantioquia	12	1.873.951				14.744.876				1.929.692		18.548.520
Cormacarena	266	29.439.530	2.466.858	608.626	230.489	1.646.405		701.654		4.827.165		39.920.727
Cornare	148	785.622	596.581	163.918		985.354						2.531.475
Corpoboyaca	74	16.343.532	205.772			5.974.747				1.858.426		24.382.478
Corpocaldas	4	382				142						524
Corpochivor	1	4.599										4.599
Corpogujira	145	1.57E-01	4.56E-02	2.37E-02		2.56E-01		4.38E-01				9.21E-01
Corponariño	79	577.740	24.598			1.148.888		416.591		15.768		2.183.584
Corponor	140	737.285				3.994.684						4.731.970
Corporinoquia	349	13.497.934			111.352	2.122.050		275.728		961.851		16.968.916
Corpouraba	304	443.149	18.474.849			279.669		14.401.714		10.587.909	308.324	44.495.613
CRA	114	1.866.753	166.440	1.795.629	18.645	1.699.110		4.015.094		72.072		10.239.023
CRQ	73	37.444.240	7.115.255	494.823		183.844.198		5.262.490		2.231.928		236.411.579
CVC	1.367	11.422.985	416.288.223			22.319.502						450.030.710
SDA	98	9.998	15.409			316.493		6.474		223.804		572.177
AMVA	172	29.599			1.037	1.468.401		212.742		4.809	8.467	1.725.055
Total	4.346	184.253.865	498.672.807	3.110.300	467.126	256.445.646	1.359.469	56.991.248	30.367.957	388.863		1.032.057.282

*S.I.: Sin información **SD: Sin dato ***NR: No registra información

Fuente: Reportes al MADS en Formulario de Tasa por Utilización de Agua (TUA), 2011.

De acuerdo con la información, en el año 2011 se concesionó un volumen de agua a nivel nacional de 1.032 millones de m³ para 4.346 usuarios, distribuidos por áreas hidrográficas como se indica en los datos presentados en la Tabla 3.7.

El mayor consumo de agua subterránea se da en el área hidrográfica del Magdalena – Cauca, el cual representa el 78,1% del volumen concesionado registrado a nivel nacional. En la jurisdicción de la CVC (43,61%),

CRQ (22,91%) y CAR (3,77%) se registran los mayores volúmenes concesionados del área.

En el Caribe, el mayor consumo se da en la jurisdicción de Cardique (6,04%) y Corpourabá (4,31%); mientras que en la Orinoquia, Cormacarena registra el 3,87% del total nacional. Las autoridades que reportan concesiones sujetas a cobros por TUA superiores a 5 millones de m³ anuales se muestran en la Figura 3.11.

Tabla 3.7 Volumen de agua concesionada sujeta a cobro TUA por área hidrográfica – año 2011

Área hidrográfica	Volumen de agua (m ³)	Número concesiones	Distribución porcentual volúmenes de agua concesionada
Caribe	165.565.354	967	16,0
Magdalena - Cauca	806.249.448	2.578	78,1
Orinoquia	58.058.894	722	5,6
Amazonia	0	0	0,0
Pacífico	2.183.584	79	0,2
Total	1.032.057.282	4.346	100,0

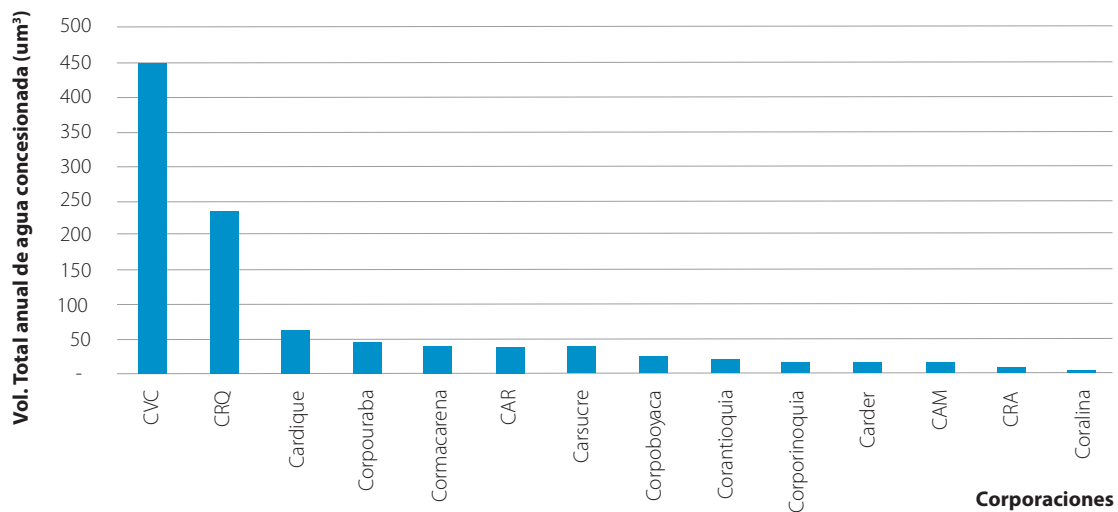


Figura 3.11 Autoridades ambientales que reportan un volumen total anual de agua concesionada > 5 millones de m³ sujeta a cobro de Tasa por Utilización de Agua – TUA (MADS, 2011)

La distribución de los usos del agua se presenta en la Figura 3.12, en ella se observa que el sector agrícola e industrial concesiona alrededor del 73,2% del volumen total, mientras que el consumo humano y doméstico representa el 17,8%. El uso más extendido en el sector agrícola se da en el Valle de Cauca, el cual representa el 83% del total agrícola nacional. Las mayores concesiones para consumo humano y doméstico se presentan en la CRQ y Carsucre con un porcentaje cada una igual del 20%.

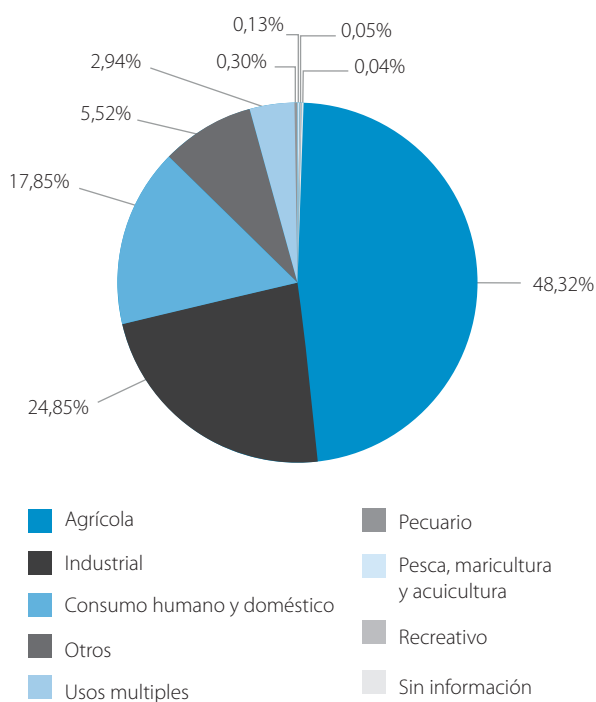


Figura 3.12 Usos del agua concesionada sujeta a cobro TUA (MADS, 2011)

El mayor uso pecuario se da en la jurisdicción de la CRA consumiendo el 58% del total pecuario nacional y el 72% del volumen para uso industrial se registra en la CRQ. Los usos múltiples de agua se presentan principalmente en jurisdicción de Cormacarena y Corpouraba, con porcentajes del orden del 16% y 35% del total del uso a nivel nacional respectivamente.

Los volúmenes de agua concesionada publicados corresponden a un dato indicativo del panorama nacional, dado que solo se reporta aquellas concesiones

que están sujetas a cobro por TUA. Para consolidar valores más robustos es necesario contar con datos provenientes de registros administrativos consistentes, derivados de instrumentos desarrollados para el acopio de la información como lo es el SIRH.

3.3.4 Volumen nacional estimado del uso de agua subterránea

Con base en la información de las concesiones y asumiendo que cada una corresponde a un punto de agua, se tendría una información reportada de 1.032 millones de metros cúbicos que corresponden a 7.5 l/s por pozo. Si esta información se proyecta con el inventario total se tendría un estimado de 3.000 millones de metros cúbicos para los 12.866 pozos y 1.000 millones de metros cúbicos para los 31.364 aljibes (asumiendo extracciones de 1 l/s para estos puntos). En total se estima un volumen extraído de 4.000 millones de metros cúbicos de aguas subterráneas que corresponde al 12% de la demanda total.

3.3.5 Aguas subterráneas frente a indicadores hídricos

Teniendo en cuenta la importancia de las aguas subterráneas, como posible medida de adaptación para suplir demandas en épocas críticas en regiones que son afectadas de manera importante por efectos de fenómenos extremos o variabilidad climática (como Niño y Niña); se ha analizado integralmente, la distribución de los Sistemas Acuíferos de Colombia con los indicadores hídricos, atendiendo el concepto sistémico de la Gestión Integral del Agua.

La comparación de los resultados de indicadores y la ubicación geográfica de Sistemas Acuíferos permiten identificar subzonas y fuentes hídricas abastecedoras con condiciones críticas, donde el agua subterránea podría significar una alternativa muy importante para asegurar el abastecimiento y constituirse en una medida de adaptación ante los

efectos en la hidrología de la variabilidad y cambio climático en estas zonas.

En efecto, se puede observar que el área hidrográfica Caribe está caracterizada por un índice de aridez entre moderado a altamente deficitario, por lo tanto, es de esperarse que gran parte de los centros urbanos y rurales utilicen el agua subterránea como fuente alterna de abastecimiento. En algunos casos ésta se constituye como la única fuente de abastecimiento. En este sentido, se tiene que los Sistemas Acuíferos de la Alta y Media Guajira, Ranchería, Santa Marta, Turbaco, Ariguaní, Cesar, Morroa, entre otros deben ser interés prioritario para aumentar el conocimiento sobre la dinámica y el funcionamiento de los mismos.

Asimismo, en el área hidrográfica Magdalena Cauca, varios Sistemas Acuíferos podrían suplir las necesidades de abastecimiento para aquellas subzonas hidrográficas que cuentan con un índice de aridez moderado a deficitario: Sistema Acuífero Bucaramanga Pidecuesta, Tunja, algunas zonas del Sistema Acuífero Sabana de Bogotá, Neiva Tatacoa, entre otros. Para las otras áreas hidrográficas, se puede observar que

se tienen pequeños focos donde el índice de aridez se torna moderado, tal es el caso del departamento del Meta y Casanare, donde los Sistemas Acuíferos Villavicencio, Yopal-Tauramena, (Maní) son utilizados para abastecimiento de agua.

Adicionalmente, fueron analizadas, las subzonas donde se combinan las mayores restricciones por disponibilidad de agua debido a las presiones por uso (índice de uso del agua), con menores capacidades de regulación (índice de retención), con alta presión por contaminación sobre los sistemas hídricos (local) Figura 3.13. En color rojo se relacionan los sistemas acuíferos ubicadas en zonas con mayores afectaciones por presión por uso y contaminación de fuentes superficiales.

Cada una de estas subzonas tiene asociado los sistemas acuíferos que en términos espaciales coinciden en el área y se convierten en una posible alternativa para el manejo de los problemas relacionados con la cantidad, calidad y regulación hídrica. En el anexo 4 se puede observar los sistemas acuíferos que coinciden espacialmente con las subzonas.

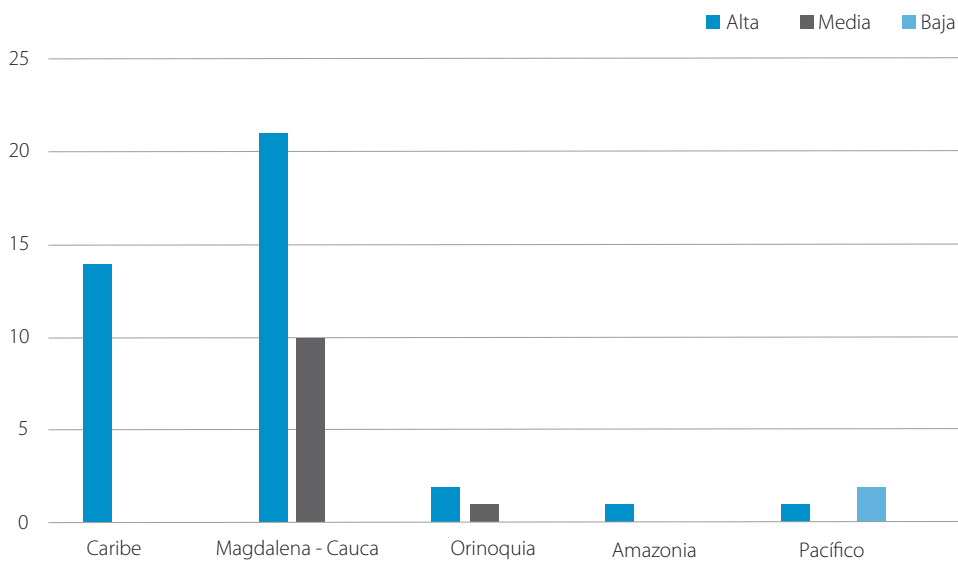


Figura 3.13 Sistemas acuíferos prioritarios como fuente alterna de abastecimiento por área hidrográfica

Con base en la figura 3.13, se infiere que todos los sistemas acuíferos que hacen parte del área hidrográfica Caribe (incluyendo islas de San Andrés y Providencia) y Magdalena Cauca son de particular relevancia y deben considerarse prioritarios. En tercer lugar, para el Área Hidrográfica de la Orinoquia se infiere que los Sistemas Acuíferos identificados hasta el momento (Villavicencio-Meta-SAP3.1, Yopal Tauramena-SAP3.2 y Arauca Arauquita SAP.3.3 son de interés particular para el abastecimiento público y para las actividades económicas de la región.

Así mismo, para el área hidrográfica Amazonas, no se aprecian subzonas con condiciones desfavorables teniendo en cuenta estos indicadores. Sin embargo, de la recopilación de información hidrogeológica se deduce que el municipio de Leticia utiliza el agua subterránea como fuente de abastecimiento, por lo tanto, debe considerarse como un sistema acuífero prioritario. Finalmente, el Sistema Acuífero Patía en el área hidrográfica del Pacífico, debe ser objeto de

estudio para proyectarlo como una fuente alterna de abastecimiento.

Estos mismos indicadores pero relacionados con las cuencas abastecedoras de cabeceras municipales muestran donde hay mayor vulnerabilidad al desabastecimiento de la población (versión digital del Anexo 4). En este sentido, todos los sistemas acuíferos identificados se constituyen en una alternativa de particular relevancia para disminuir la vulnerabilidad al desabastecimiento de la población en al menos una de las cabeceras municipales que están sobre los sistemas acuíferos.

De acuerdo con esta información se identifica la necesidad de priorizar estas subzonas y realizar evaluaciones para el manejo integrado de agua superficial y subterránea, considerar la utilización del agua de sistemas acuíferos como una posible medida de adaptación a los efectos en la escorrentía y disponibilidad de agua por fenómenos extremos, variabilidad y cambio climático en aquellas subzonas con mayores posibilidades de afectación.

Capítulo 4

Demanda hídrica

Consuelo Helena Onofre

Diego Arévalo
(Demanda agrícola)

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



La evaluación de la demanda de agua tiene como propósito, en el Estudio Nacional del Agua – ENA, conocer cómo y en qué medida se está utilizando, la variación en su uso y las tendencias. En este sentido, al conocer la demanda hídrica se pueden identificar las presiones que ejercen los diferentes sectores usuarios sobre la disponibilidad del agua superficial y subterránea.

La relación de la demanda sobre la oferta disponible indica el grado de presión sobre la oferta (Índice de uso de agua), y da señales sobre su vulnerabilidad. Con el análisis de las tendencias y proyecciones de demanda y oferta se identifican posibles limitaciones para su aprovechamiento.

En esta versión del Estudio Nacional del Agua, se considera 2012 como año base de cálculo de la demanda. La evaluación se construye sobre parámetros, unidades de análisis, niveles de desagregación espacial y periodos de referencia definidos por la Subdirección de Hidrología.

La demanda de agua estimada para el año 2012 corresponde a la cantidad o volumen de agua usado por los sectores económicos y la población. Considera el volumen de agua extraído o que se almacena de los sistemas hídricos y que limita otros usos; contempla el volumen utilizado como materia prima, como insumo y el retornando a los sistemas hídricos.

En este documento la estimación de la demanda amplia la cobertura de actividades del ENA 2010 mejora la aproximación para hidroenergía y sector avícola y analiza sectores adicionales como hidrocarburos y minería.

En esta versión se evalúa el volumen de agua utilizado para los sectores *a) Agrícola*: riego y post cosecha; *b) Pecuaria*: población bovina, población porcina, población avícola y lugares de alojamiento; *c) Acuicola*; *d) Industrial*: manufactura y agroindustria en sacrificio; *e) Construcción*; *f) Energía*: hidroenergía (embalses, pequeñas centrales hidroeléctricas) y centrales tér-

micas; *g) Minería*: carbón y oro; *h) Servicios*: hospitales, establecimientos educativos y hoteles y; *j) Doméstico*. El sector de *hidrocarburos* se estimó a nivel nacional, no se tuvo disponible información para desagregar a nivel de área, zona o subzona hidrográfica.

El 93% de los datos de la demanda hídrica para diferentes usos a nivel nacional se representa espacialmente en las áreas, zonas y subzonas hidrográficas. El análisis de la demanda hídrica se complementa con el concepto, aplicación y análisis de huella hídrica verde y azul para sectores *agrícola, pecuario, industrial, hidroeléctrico, doméstico y minero* (extracción de petróleo).

4.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

El concepto básico de Demanda Hídrica en este estudio comprende “*La sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica 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*” (IDEAM, 2010a).

4.1.1 Demanda de agua y huella hídrica

En el documento se hace una evaluación de la demanda y de la huella hídrica. Los conceptos relacionados con estos dos componentes tienen una estrecha relación que mirados en conjunto complementan, enriquecen y dan soporte a la evaluación del agua que se usa para satisfacer las necesidades de los ecosistemas, de los sectores productivos y el sector doméstico.

El esquema comparativo de la Figura 4.1, permite visualizar los aportes conceptuales adicionales, frente al trabajo previo del ENA 2010, a partir de la inclusión de la huella hídrica y sus conceptos asociados.

La inclusión del concepto y estimación del agua verde complementan la evaluación de la demanda al considerar el agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación en secano. Considera como usuarios del agua a los ecosistemas y permite establecer el conflicto o competencia del uso de agua verde entre estos y el sector agrícola y pecuario.

La demanda hídrica es entendida como la extracción de agua azul (agua superficial y subterránea) y la huella hídrica azul como parte que no retorna a la cuenca de la que se extrajo. La huella hídrica azul debe ser entendida como un subconjunto de la de-

manda, representa el impacto del aprovechamiento del recurso hídrico en la unidad hídrica de análisis. La huella azul puede ser igual a la demanda, cuando se extrae de la unidad hídrica de análisis para trasvasarse a otra cuenca, dado que no hay retorno.

4.1.2 Conceptos básicos de demanda

El agua puede ser usada para la satisfacción directa de las necesidades humanas, como parte de un proceso productivo o demandada por los ecosistemas para su sostenimiento. Contribuye a la elaboración de bienes finales cuando en el proceso productivo es combinado con otros bienes intermedios. En tal sentido, cumple una función como materia prima o como insumo.

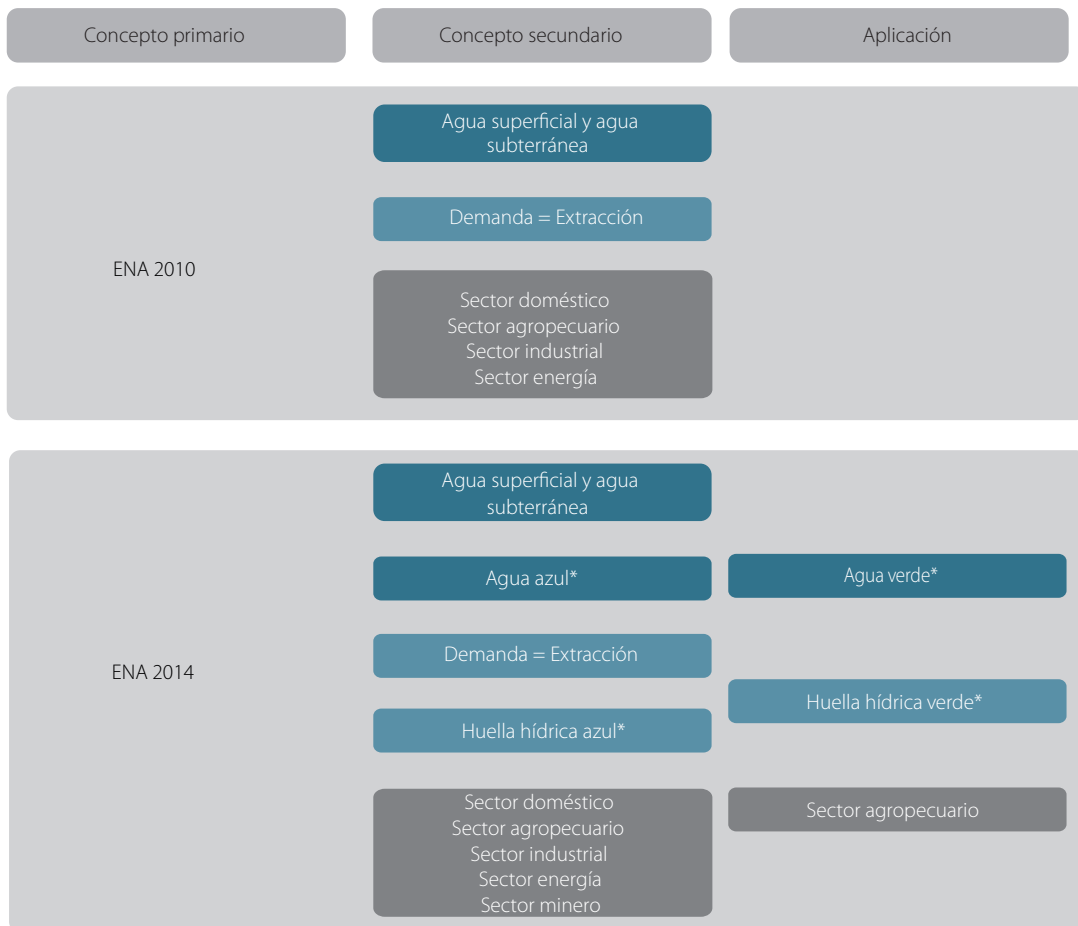


Figura 4.1 Esquema comparativo de la demanda ENA 2010 y ENA 2014

En este contexto, los conceptos básicos para la demanda hídrica se ilustran en la Figura 4.2, en la cual se clasifican los sectores de acuerdo al uso principal sin desconocer que en algunos de ellos se usa el agua como insumo y como materia prima.

***Uso de agua como materia prima:** se entiende como aquella que se incorpora en los procesos de transformación como en la industria alimentaria (cárnicos, alimentos y bebidas) en las que el agua es una proporción del producto final (bien de consumo).

***Uso de agua como insumo:** aquella que no se incorpora en el bien pero hace parte de los procesos que requieren de refrigeración en actividades industriales, en el transporte y la decantación de material en la minería o en la industria de celulosa y la producción de papel, como elemento de transferencia de temperatura

en procesos tanto de calentamiento como de enfriamiento, en actividades de lavado, o como contenedor de residuos industriales.

Cuando se usa como insumo o como materia prima, el agua retorna en mayor o menor proporción al ciclo natural en un periodo de tiempo variable y no necesariamente en el mismo lugar en el que fue extraída. También se considera al sector de hidroenergía un usuario de agua como insumo.

***Cadenas de uso de agua:** Es aplicable al uso que se hace del agua en cada una de las etapas de los procesos productivos sectoriales. (IDEAM, 2010a).

***Caudal o flujo de Retorno:** es el volumen de agua que se reincorpora o es devuelto a la red de drenaje de la cuenca como remanente de los volúmenes usados o aprovechados en los procesos productivos de las

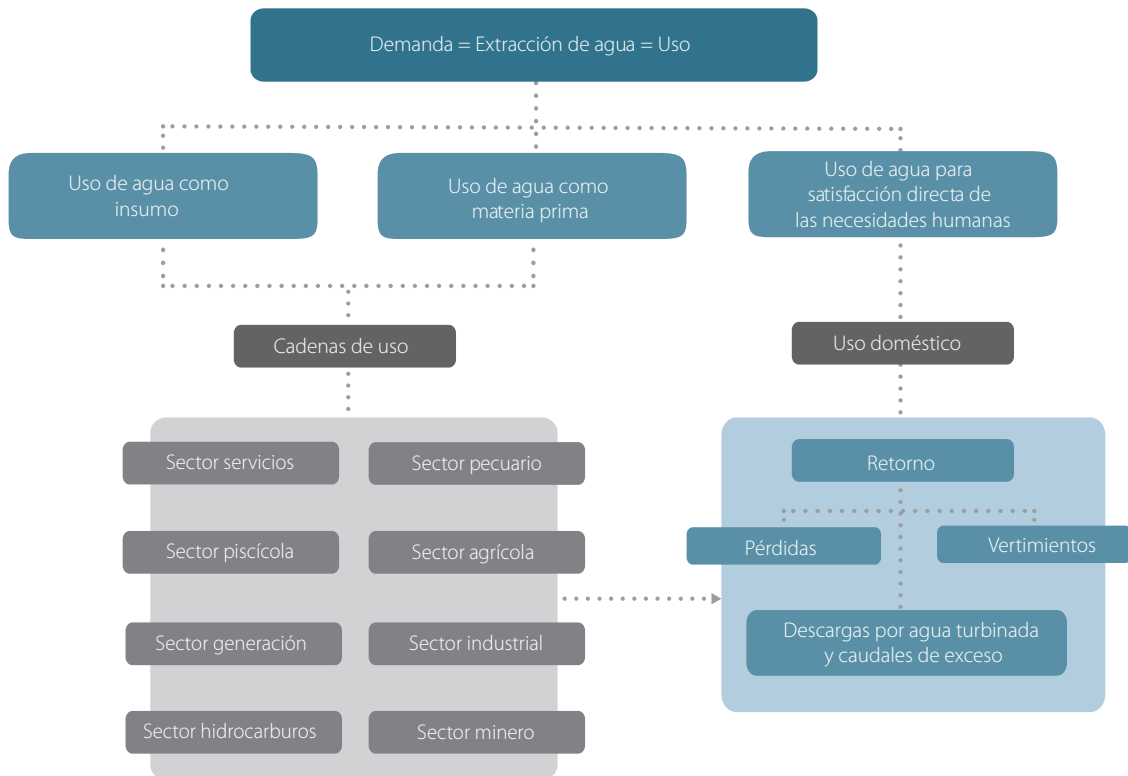


Figura 4.2 Conceptos asociados a la demanda por uso del agua

actividades económicas y en el consumo humano. Las descargas por agua turbinada y los vertimientos industriales conforman una parte del caudal de retorno. El agua que no fue utilizada en el proceso productivo se retorna a las fuentes hídricas, incluyendo las pérdidas.

Las pérdidas de un sistema de acueducto que hacen parte de los flujos de retorno se definen como los volúmenes de agua estimados de fugas y filtraciones causadas por perforaciones, fisuras, daños, mal estado de las redes de captación, tratamiento y distribución (pérdidas técnicas). No hacen parte de los flujos de retorno las conexiones clandestinas, o los errores de medición (pérdidas comerciales).

Los volúmenes de rebose de las infraestructuras hidráulicas como los embalses y los tanques de almacenamiento hacen parte de los flujos de retorno. Se considera como pérdida, los procesos de evaporación y evapotranspiración en la agricultura y la generación de energía térmica e hidráulica. Figura 4.3.

4.1.2.1 Demanda hídrica total

La demanda hídrica total, de acuerdo con el Decreto 2930 de 2010, corresponde a la suma del volumen de agua utilizada para los diferentes usos: doméstico, servicios, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, recreativo, Industrial, energía, minería e hidrocarburos, pesca, maricultura y acuicultura, navegación, transporte y caudal de retorno.

De estos usos de agua se calculan volúmenes para los sectores, actividades y cadenas de uso que se relacionan en la Figura 4.4.

En el sector de industria se incluye el sacrificio de ganado bovino, porcino y aves. El sector de la construcción se calcula de manera separada.

Se incluye el uso del agua del sector hidrocarburos y minería de oro y carbón. En el sector de energía se considera además del agua utilizada en las grandes centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, el agua usada para generación en pequeñas centrales hidroeléctricas PCH.

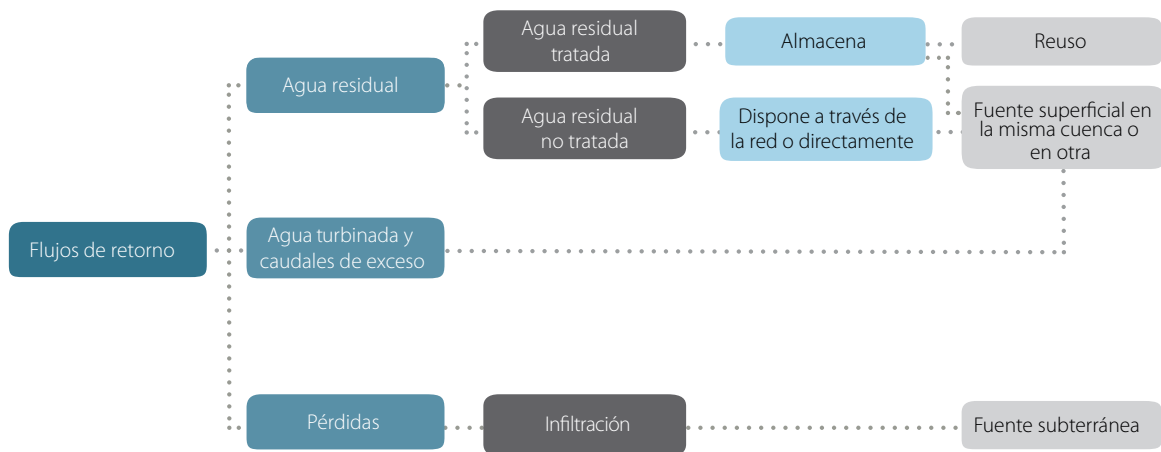
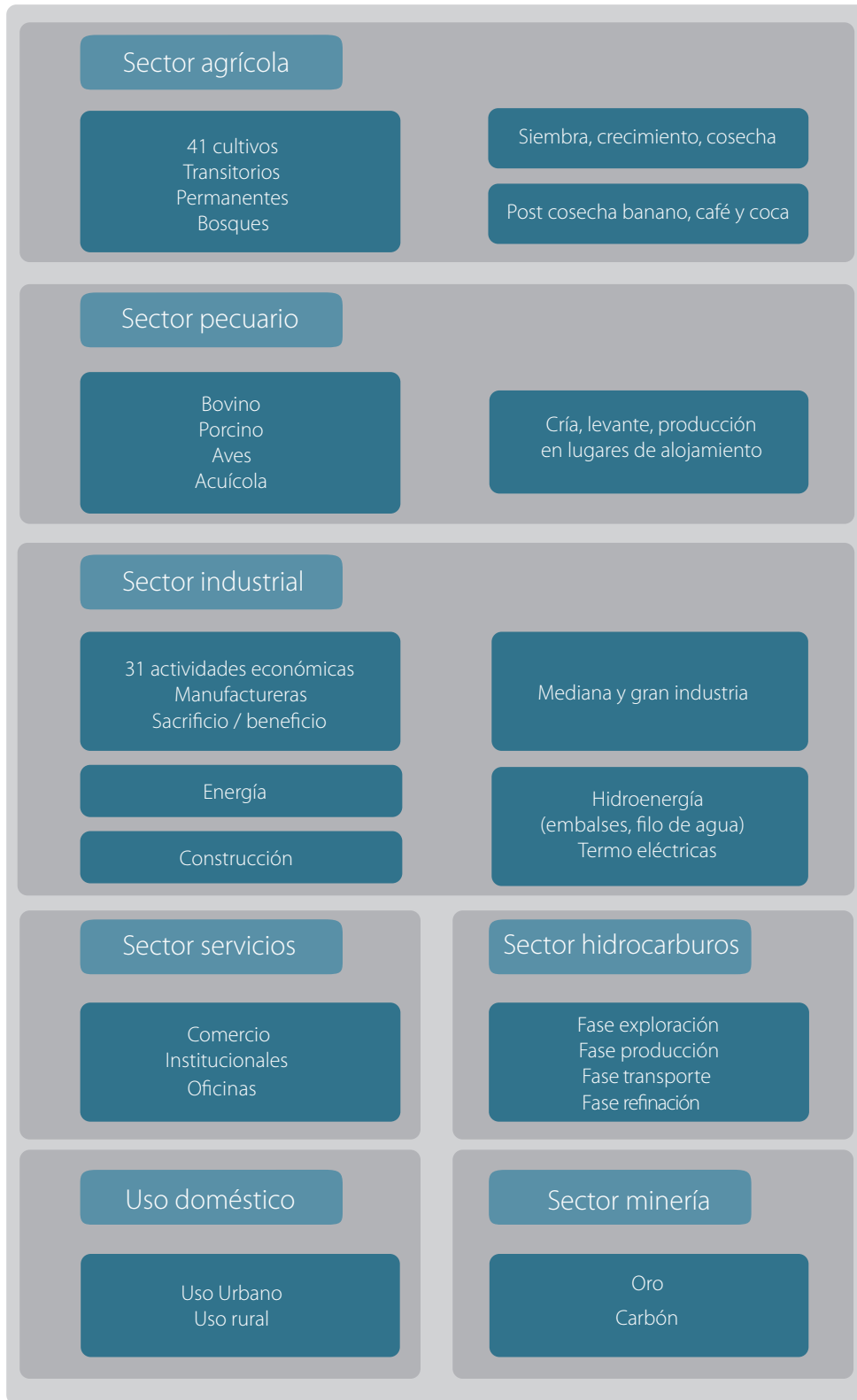


Figura 4.3 Flujos de retorno



Por municipios y sub zona hidrográfica

Figura 4.4 Sectores, actividades, cadenas de uso incluidos en el ENA 2014

4.1.3 Procedimiento metodológico

A continuación se describen las consideraciones metodológicas tomadas en cuenta para estimar la demanda de agua en los diferentes sectores económicos.

4.1.3.1 Demanda para uso doméstico

El volumen calculado de la demanda del sector doméstico se basa en la asignación de la dotación de agua para consumo humano de la Reglamentación Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS 2000-(Resolución 2320 de 2009 MAVDT) que clasifica los municipios de acuerdo al nivel de complejidad de los sistemas (Tabla 4.1).

Los datos fueron comparados con la información de la Superintendencia de Servicios Públicos que registra el uso de agua de los suscriptores, para 478 municipios (78% de la población del país). Para el restante 22% de municipios se complementó la información realizando una equivalencia entre municipios de acuerdo con el nivel de importancia municipal⁵ Tabla 4.2.

La información faltante de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios se concentra en los municipios de importancia económica baja (6 y 7) que corresponden a 7.326.000 habitantes de 288 municipios.

Tabla 4.1 Niveles de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Dotación máxima neta para poblaciones con clima frío o templado (l/hab/día)	Dotación máxima neta para las poblaciones con clima cálido (l/hab/día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Resolución 2320 de 2009 MAVDT

Tabla 4.2 Estado de la información de uso doméstico de agua de la Superintendencia de Servicios Públicos

Nivel de importancia	Municipios	Datos existentes SSPD	Población con dato	Datos a estimar	Población sin datos	Población total
7	584	171	1.471.000	413	3.841.000	5.312.000
6	284	117	2.357.000	167	3.485.000	5.842.000
5	125	84	3.034.000	41	1.452.000	4.486.000
4	57	41	2.420.000	16	662.000	3.082.000
3	47	32	3.548.000	15	694.000	4.242.000
2	29	26	8.335.000	3	114.000	8.449.000
1	8	7	15.144.000	1	18.200	15.162.200
Total	1.134	478	36.309.000	656	10.266.200	46.575.200
		42%	78%	58%	22%	

Fuente: Elaboración IDEAM, 2014 con información de la SSPD y el DANE.

5 Es una clasificación establecida y utilizada por el DANE (resolución 1127 de 2013) para fijar la participación de cada municipio en el PIB nacional, donde al nivel 7 corresponden los municipios menos importantes y el nivel uno es el más importante.

4.1.3.2 Demanda hídrica en la industria

Se utiliza el Registro Único Ambiental –RUA- como fuente base de información para el cálculo de la demanda en el sector industrial, teniendo en cuenta que esta registra el uso de agua en las industrias grandes, medianas y pequeñas. Con respecto a las fuentes de información del ENA 2010 (DANE y SSPD), el RUA tiene una mayor cobertura. Se complementa con información de las Autoridades Ambientales registrada en bases de datos para cobro de la Tasa por Uso de Agua (TUA).

El cálculo del volumen de la demanda para el sector de la construcción se limita a los registros de la Superintendencia de Servicios Públicos, del Sistema Único de Información y Servicios Públicos –SUI que se dan para las solicitudes de los procesos constructivos.

de uso en las fases y procesos de esta actividad obtenida de los registros de las empresas y opinión de expertos. Los parámetros utilizados en el cálculo de la demanda en la minería del oro y carbón son tamaño y tipo de explotación (cielo abierto y subterráneo). El esquema de la Figura 4.5, sintetiza en forma genérica los usos de agua identificados en los procesos de minería de oro y carbón.

El cálculo para el ENA se hace asumiendo un factor de uso tomado de la investigación mencionada, multiplicado por la producción de carbón y oro, según tipo de producción, respectivamente. Esta información permite una aproximación que suple la carencia de estadísticas del sector en este tema en particular.

4.1.3.3 Demanda hídrica en minería

La metodología de cálculo se basa en el resultado de la investigación realizada por el IDEAM (IDEAM, 2012) con el cual se construyó un soporte conceptual y metodológico para establecer volúmenes

4.1.3.4 Demanda hídrica para hidrocarburos

La demanda se calcula a partir de la investigación realizada en 2012 por el IDEAM donde se identifican las actividades relacionadas con la producción de hidrocarburos en las fases de exploración, producción, transporte y refinación ajustadas con el sector como se ilustra en la Figura 4.6.

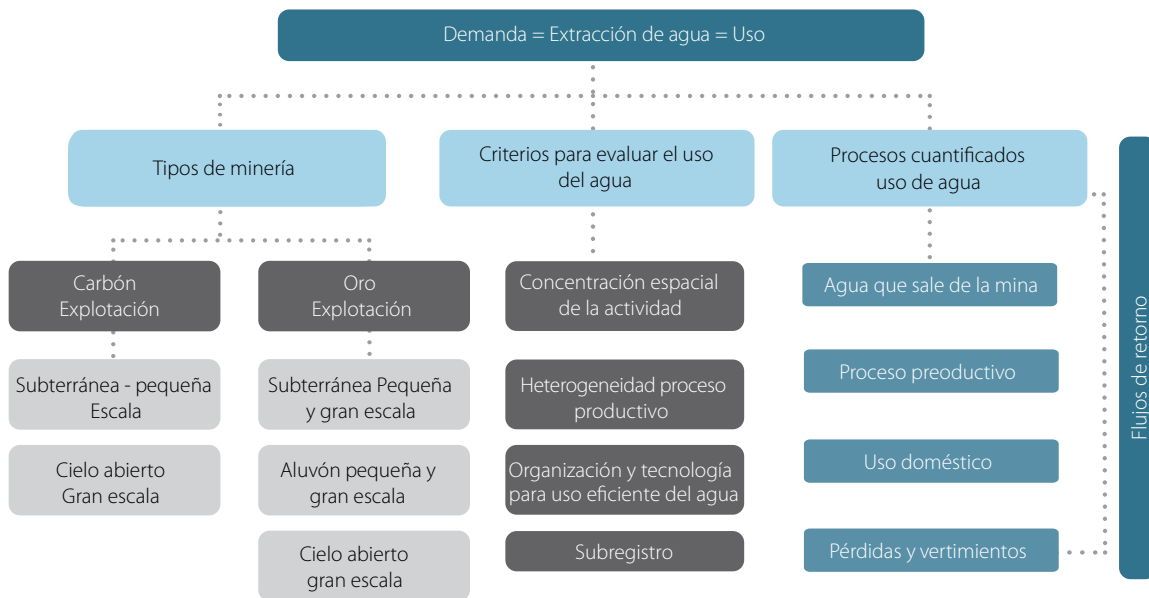


Figura 4.5 Usos de agua para minería de carbón y oro

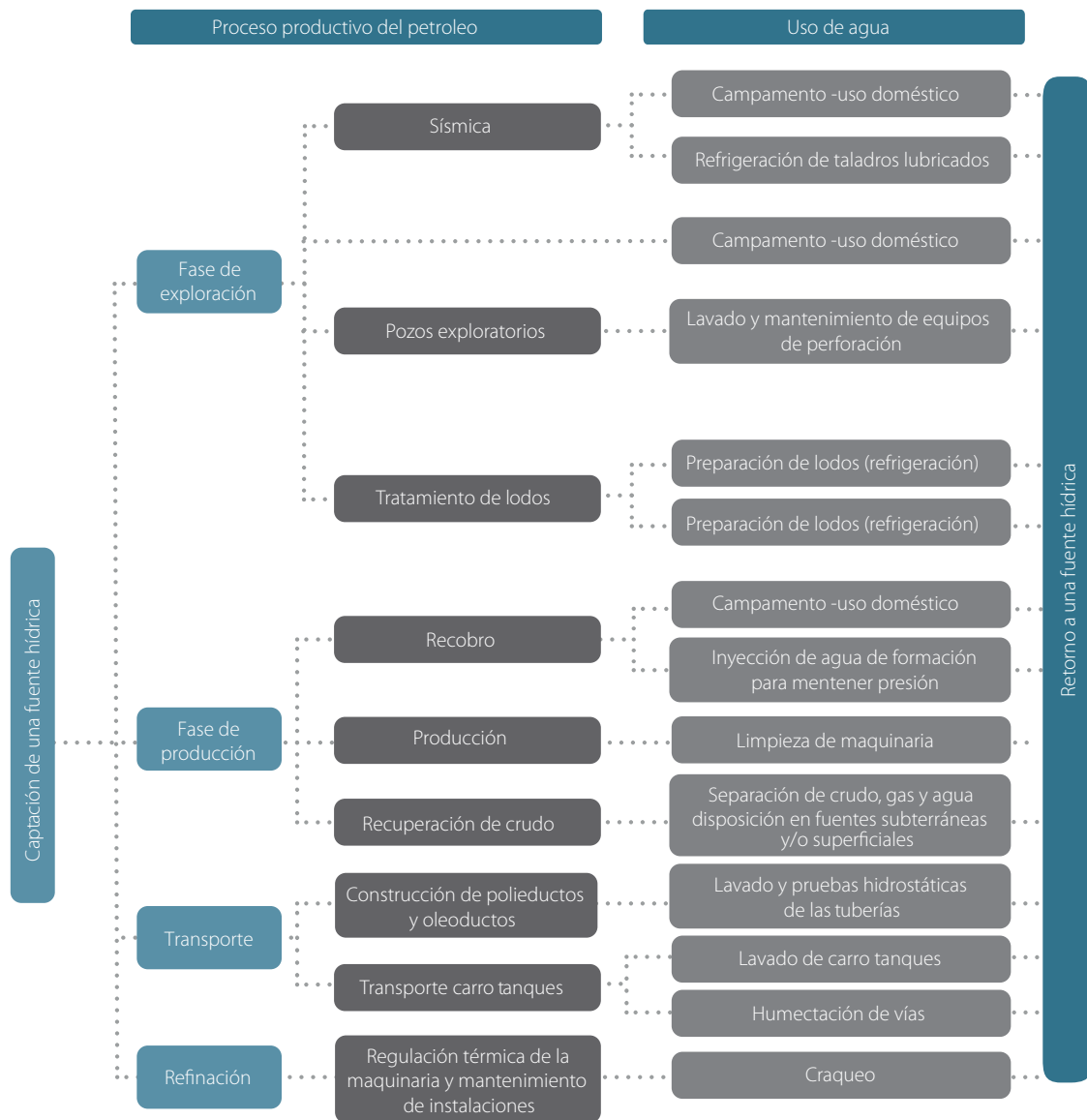


Figura 4.6 Actividades en el proceso productivo de hidrocarburos que utilizan agua
Fuente: Elaborado con base en la literatura y verificado con ACP (2014).

El volumen de agua usada para el proceso productivo de hidrocarburos se calcula como la sumatoria del agua utilizada en los procesos productivos, y el uso doméstico (Figura 4.6).

El cálculo se realiza a partir de los módulos de consumo identificados por la ACP resultado de un trabajo de campo con las empresas asociadas. Se estimó el

uso de agua por fases de producción: volumen (m^3) por unidad de exploración, unidad de producción, unidad de transporte y unidad de refinación. Estos módulos se multiplican por el número de unidades correspondientes a cada actividad aplicando los valores de la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Factores de uso de agua en las fases productivas en hidrocarburos

Fases - Actividades	Unidad	Valor
Sísmica		
Consumo de agua industrial	m ³ /Km de sísmica	9,19
Consumo de agua doméstico	m ³ /Km de sísmica	7,65
Vertimientos	m ³ /Km de sísmica	11,94
Perforación exploratoria		
Consumo de agua uso industrial	m ³ /1.000 pies perforación	190,2
Consumo de agua uso doméstico	m ³ /1.000 pies perforación	31,51
Vertimientos industriales	m ³ /1.000 pies perforación	66,54
Vertimientos domésticos	m ³ /1.000 pies perforación	22,71
Pozos en desarrollo		
Consumo de agua uso industrial	m ³ /1.000 pies perforación	190,2
Consumo de agua uso doméstico	m ³ /1.000 pies perforación	31,51
Vertimientos industriales	m ³ /1.000 pies perforación	66,54
Vertimientos domésticos	m ³ /1.000 pies perforación	22,71
Producción		
Consumo de agua uso industrial	m ³ /Barril producido	0,106
Consumo de agua uso doméstico	m ³ /Barril producido	0,004
Vertimientos industriales	m ³ /Barril producido	0,095
Vertimientos domésticos	m ³ /Barril producido	0,002
Aguas de producción	m ³ /Barril producido	1,56
Reinyección para recobro mejorado	m ³ de agua reinyectada/m ³ de agua de producción	0,118
Inyección como disposición final	m ³ de agua reinyectada/m ³ de agua de producción	0,461
Vertimiento a cuerpos de agua	m ³ de agua vertida/m ³ de agua de producción	0,417
Riego en vías	m ³ de agua vertida/m ³ de agua de producción	0,002
Aspersión	m ³ de agua vertida/m ³ de agua de producción	0,001
Vertimiento entregado a terceros	m ³ de agua vertida/m ³ de agua de producción	0,00056
Transporte		
Consumo de agua uso industrial	m ³ /Barril transportado	0,00064
Vertimientos industriales	m ³ /Barril transportado	0,0006
Refinación		
Consumo de agua uso industrial	m ³ /Barril refinado	0,2477
Vertimientos industriales	m ³ /Barril refinado	0,156
Vertimientos domésticos	m ³ /Barril refinado	0,0003

Fuente: ACP (2014) Indicadores de Gestión Ambiental del Sector Hidrocarburos de Colombia.

4.1.3.5 Demanda hídrica para energía

En el ENA 2014 se considera la demanda de agua para energía la utilizada en las grandes centrales hidroeléctricas, en las pequeñas centrales – PCH y en las termoeléctricas. El uso del agua en la generación se considera un uso industrial (Decreto 3930 de 2010, Cap. IV; Art.16).

En el marco central del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) en su documento de 2013 reafirma el concepto de extracción y uso de agua en hidroeléctricas de esta manera: "La extracción se define como la cantidad de agua que se retira de cualquier fuente, sea en forma permanente o temporal, en un período de tiempo. El agua utilizada para la generación

hidroeléctrica se considera extraída y se registra como un uso del agua por quien la extrae". (UN, SCAE, 2013).

El agua una vez genera energía retorna al sistema en un alto porcentaje pero hay un volumen de agua que permanece almacenada y no está disponible para otros usos durante el año considerado, siendo por tanto un uso excluyente.

En este contexto para efectos del ENA 2014 se retoma el concepto de ENA 2010 en el que se considera como demanda en la generación de hidroenergía el agua embalsada estimada como el promedio anual del volumen útil diario reportado por los agentes operadores a la UPME. A esta demanda de agua se le agrega el volumen de agua usado por las termoeléctricas y el evaporado del embalse (calculado como huella hídrica azul).

Como datos complementarios se presentan los volúmenes de agua usados en la generación de energía, turbinados, tanto en las grandes centrales hidroeléctricas como en las pequeñas. Este valor se registra como el agua usada en la producción de energía. Sin embargo, como hay un retorno cercano al 100% e inmediato a la fuente, no se toma para la contabilización de la demanda en el Índice de uso de agua.

4.1.3.6 Demanda hídrica para servicios

El cálculo del volumen de demanda de agua del sector servicios a nivel nacional se realiza con los registros municipales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios clasificados como suscriptores comerciales, oficiales, especiales, temporales y multiusuario mixto; esta información no desagrega los diferentes servicios que integran el sector.

La demanda hídrica del sector a nivel de zona y subzona hidrográfica se desagrega apoyándose en la información de los Ministerios de Salud, Educación y Comercio e Industria y Turismo, donde se obtienen los datos de camas de hospitales, habitaciones hoteleras, estudiantes matriculados en educación básica

y universitaria en todas las jornadas para los programas de pregrado y postgrado. A estos valores se les calcula el uso de agua por los módulos de consumo establecidos en la literatura. Se tiene en cuenta un valor promedio de pérdidas del 40% basado en los porcentajes admisibles definidos en el RAS para un nivel de complejidad bajo.

4.1.3.7 Demanda hídrica para el sector agrícola y pecuario

La demanda hídrica del sector agrícola se enfoca en estudiar los requerimientos de agua en los cultivos, para ello se analiza su interrelación con las variables climáticas y de suelos para toda Colombia.

El requerimiento hídrico de los cultivos se determina a partir del cálculo de la evapotranspiración de los cultivos y del balance de agua en el suelo, definiendo mes a mes, el agua que el suelo retiene proveniente de la lluvia o del riego y que el cultivo puede extraer en su zona radicular.

La Figura 4.7, ilustra los procesos de balance de agua en el suelo (FAO, 2006).

La evapotranspiración de los cultivos⁶ **ETa** es proporcional a la evapotranspiración del cultivo de referencia **ETo** (FAO, 2006), ajustada con un factor de cultivo **kc** (adimensional) que representa la variación de la evapotranspiración de cada cultivo con respecto al cultivo de referencia. Adicionalmente se ajusta la evapotranspiración de los cultivos con un factor de estrés hídrico **Ks** según la ecuación

$$ETa = ks * kc * ETo$$

El balance de agua en el suelo de acuerdo con metodología FAO consiste en "evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo" (FAO, 2006) para determinar los requerimientos de riego del cultivo.

⁶ A nivel de metodología de cálculo se hablará de cultivos para referirse indistintamente a los cultivos permanentes, transitorios y pastos.

ADT es el agua disponible total que representa la cantidad de agua que el suelo puede retener en contra de las fuerzas de gravedad y que un cultivo puede extraer de su zona radicular.

AFA es el agua fácilmente aprovechable corresponde a la fracción del ADT que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico.

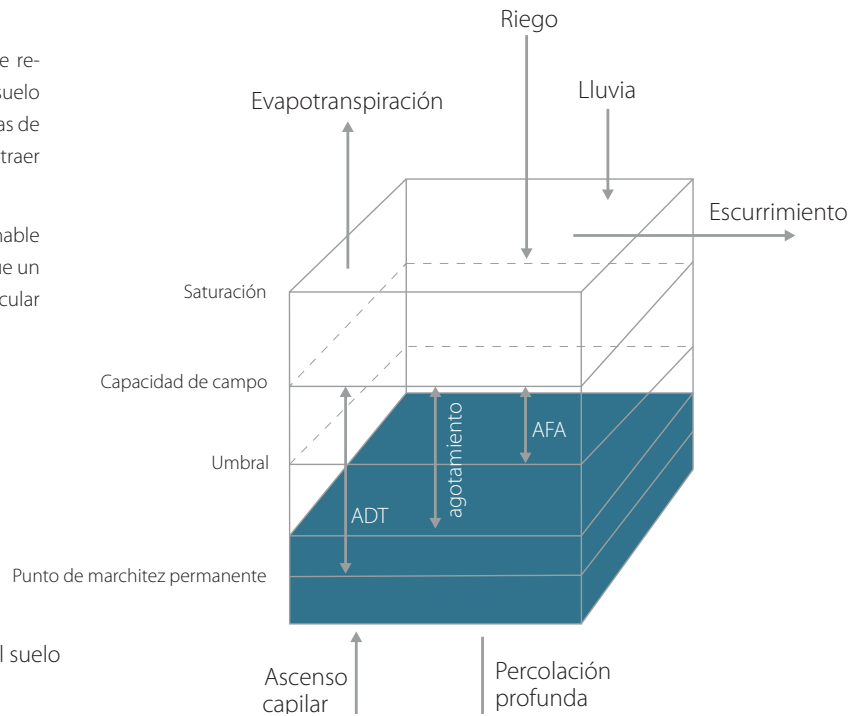


Figura 4.7 Balance de agua en el suelo
Fuente:(FAO, 2006).

Teniendo en cuenta que la necesidad de riego se genera en condiciones de agotamiento, se utiliza esta variable del balance para determinar en qué momento y en qué cantidad se requiere. Este se calcula a partir del balance (Figura 4.7) y mide la disminución del agua previamente disponible en la zona radicular del suelo, bajo condiciones de humedad del suelo, precipitación y riego efectivo. La condición inicial de agotamiento para el mes de inicio, octubre de 2011, se asume con un valor cero, es decir igual a la capacidad de campo.

Una vez definido el agotamiento inicial, se calcula el factor de estrés hídrico del mes y la evapotranspiración ajustada (*E_{ta}*). No hay necesidad de riego, si al hacer el balance excede la capacidad de campo (parte de la precipitación no puede ser retenida y fluye por escorrentía como pérdida) o cuando la humedad del suelo resultante esté por encima del umbral de estrés.

Para el agotamiento al final de cada mes se toman los valores de pérdidas y de riego, como condición inicial para el balance del mes siguiente, se considera el agotamiento del mes anterior.

La determinación del momento y la cantidad de riego requerido parte de los siguientes criterios:

- Los cultivos no sufren estrés, por lo tanto el tiempo de riego estaría dado por un agotamiento igual al umbral de estrés (para evitar una reducción mayor de la humedad en el suelo).
- La cantidad de riego aplicada es la necesaria para alcanzar la capacidad de campo, o lo que es igual, para llevar el nivel de agotamiento a cero sin generar pérdidas.
- La humedad del suelo en promedio al final del mes corresponde a la cantidad de agua que el suelo pueda retener (ADT) menos la mitad del agua fácilmente aprovechable (AFA).

Finalmente, se discrimina la evapotranspiración que se suple con el riego, relacionada directamente con el Agua Azul y definida como la ***E_{ta}_{azul}*** y la parte que se suple con agua de lluvia relacionada directamente con el Agua Verde ***E_{ta}_{verde}***

Información estadística agrícola en Colombia

La demanda hídrica para el sector agrícola se calcula para los principales cultivos permanentes y transitorios (95% área sembrada del territorio colombiano).

La información de cultivos se tomó de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2013a) cuya información tiene como fuente los datos recopilados por las Umata que por auto declaración entregan los cultivadores. Los valores totales de áreas sembradas se concertaron con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el DANE, luego de analizar datos adicionales reportados por los gremios.

La fuente de información en ENA 2014 para el cálculo de la demanda de este sector, difiere de la del ENA 2010. Para 2010 se tuvo como fuente oficial los datos del CCI del Ministerio de Agricultura, los cuales posteriormente (2010) fueron transferidos al DANE. Las metodologías utilizadas en estudios anteriores fueron modificadas por el DANE. Para el ENA 2014 se toma la

información oficial vigente y acordada con el sector para el año de análisis 2012. Este cambio de fuente y metodología limita la comparación de resultados con los obtenidos en el estudio anterior.

El reporte de los cultivos transitorios es semestral, el ENA 2014 utiliza la información relacionada con el segundo semestre de 2011 y primero de 2012. La distribución de áreas sembradas en cada mes del año se elabora con base en los calendarios de siembra y cosecha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2013c) y los tiempos totales teóricos de cada cultivo entre la siembra y la cosecha. En la Tabla 4.4, se presentan las áreas sembradas en los dos semestres seleccionados para las 18 categorías de cultivos transitorios y una adicional denominada como “otros permanentes”.

Tabla 4.4 Áreas concertadas para los cultivos permanentes en Colombia, año 2012

Cultivo	Código FAO	Área sembrada (ha)
Aguacate	572	35.594,00
Banano	486	63.486,00
Cacao	661	95.307,00
Café	656	931.060,00
Caña	156	418.063,00
Caucho	836	43.785,00
Cítricos	512	60.388,59
Coca	9991	47.788,00
Coco	249	21.758,23
Fique	800	18.416,60
Flores y follajes campo	99921	4.240,86
Flores y follajes invernadero	99922	2.418,00
Guayaba	5711	14.008,36
Mango	5712	22.771,00
Mora	558	7.007,00
Naranja	490	33.313,00
Ñame	137	34.042,15
Palma de aceite	254	455.805,00
Plátano	4891	354.552,00
Piña	574	18.481,19
Tomate de árbol	6031	11.104,38
Otros permanentes	9993	91.475,28

Tabla 4.5 Áreas concertadas para los cultivos transitorios en Colombia, semestre A del 2012 y semestre B del 2011⁷

Cultivo	Código FAO	Área sembrada semestre A (ha)	Área sembrada semestre B (ha)
Algodón	328	4.346,70	24.631,30
Arroz de riego	2701	115.320,00	124.973,00
Arroz seco manual	2703	8.386,79	3.262,33
Arroz seco mecanizado	2702	143.231,00	32.528,00
Arveja	187	16.767,86	18.101,43
Cebolla de bulbo	4021	6.229,82	7.704,40
Cebolla de rama	4022	7.870,64	6.395,31
Frijol	176	27.442,76	39.499,21
Hortalizas	463	24.391,38	14.741,50
Maíz	56	176.829,79	191.354,26
Papa	116	71.076,01	76.719,80
Sorgo	83	4.465,20	4.881,86
Soya	236	4.031,80	18.640,84
Tabaco	826	5.615,50	2.937,28
Tomate	388	2.903,01	4.120,85
Trigo	15	3.943,31	1.305,17
Yuca	125	57.731,30	22.637,06
Zanahoria	426	4.572,26	3.569,48
Otros transitorios	9994	27.969,08	20.504,85

En la Tabla 4.5, se presenta la información de áreas sembradas de cultivos permanentes en el año 2012 para las 21 categorías seleccionadas y una denominada como “otros transitorios”.

Los pastos utilizados para la ganadería en Colombia se consideran de manera independiente y la información se obtuvo en la base de datos de áreas con pastos de Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2013b), en donde se consolida el área en pastos para cada municipio según cinco categorías que se presentan en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Áreas concertadas para pastos en Colombia 2012

Categoría	Área sembrada (ha)
Patos de corte	1.289.209,30
Forraje	526.620,98
Pastos mejorados	12.092.772,42
Pastos naturales	24.386.146,89
Sistema silvopastoril	576.756,59
Total	38.871.506,18

⁷ En la base de datos consultada no se presentaban los datos de áreas sembradas para el semestre B de 2012.

Estimación de la demanda hídrica del sector agrícola

La demanda hídrica del sector agrícola como extracción de agua destinada a suplir el requerimiento hídrico de los cultivos y los pastos mediante la aplicación de riego (IDEAM, 2010), se calcula de manera detallada con los requerimientos específicos de cada cultivo en cada uno de los polígonos definidos como agroclimáticamente homogéneos. En este cálculo se puede identificar claramente el componente asociado con el riego y con las fuentes superficiales y subterráneas que lo abastecen, identificado con la Evapotranspiración (ET) azul.

Se estima la ET azul y ET verde para los cultivos agrícolas y para los pastos en 6.587 polígonos para el sector agrícola (cultivos) y 6.699 polígonos para el sector pecuario (pastos). En el sector agrícola, el cálculo se realizó según el tipo de cultivo, para 22 cultivos permanentes (Tabla 4.4) y 19 cultivos transitorios (Tabla 4.5).

El cálculo de la demanda hídrica de pastos utilizados para ganadería parte de la hipótesis de que los pastos de corte y forraje, por su naturaleza y tipo de cultivo, generan un requerimiento hídrico que puede ser atendido mediante riego, mientras que los pastos mejorados, los pastos naturales y los sistemas silvo-pastoriles, por su extensión y su uso, son considerados cultivos en seco.

En cada polígono se halla el valor de ET verde y azul por mes para cada cultivo. El cálculo tiene en cuenta las siguientes consideraciones: 1) las áreas sembradas de los cultivos permanentes no presentan variaciones en el año, (2) las áreas sembradas de los cultivos transitorios tienen una variación mensual definida según los calendarios de siembra y cosecha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2013c), las áreas sembradas de pastos se consideran constantes en todo el año.

La estimación de la demanda en el marco de este estudio se realizó a partir de la estimación del requerimiento de riego teórico y la eficiencia de los sistemas de riego a nivel nacional según lo reportado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural (Incoder, 2007). Estos distritos de riego se presentan por municipio y para sus cultivos asociados. Para asignar las eficiencias de riego los distritos fueron clasificados según el tipo de riego en: aspersión, goteo y gravedad, o por la combinación de alguno de ellos tal como se muestra en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Eficiencias asignadas al tipo de riego de los sistemas de riego en Colombia

Tipo de riego	Eficiencia de riego (%)
Aspersión	75
Gravedad	50
Goteo y aspersión	90
Aspersión y gravedad	60
Aspersión y goteo	75
Gravedad y aspersión	65
Sin información	70

Fuente: elaborada con base en (Cabezas D., Carrasco F., Mafla E, 2002 e IDEAM, 2010).

Las eficiencias se asignaron para cada cultivo reportado en el sistema de riego y por municipio. En el caso que no se tuviera información se asumió una eficiencia de riego del 70%. Para el cultivo de arroz se tomó la eficiencia del 25% asumida en el ENA 2010. La estimación de la demanda se realiza con la siguiente relación:

$$Demanda = \frac{\text{Requerimiento riego teorico}}{\text{Eficiencia(\%)}}$$

Demanda para post cosecha de banano

Se utilizan factores de uso de agua para la post cosecha de banano tipo exportación, en función del tamaño de finca y tecnología asociadas, de la siguiente manera (Tabla 4.8).

Tabla 4. 8 Factores de uso de agua en post cosecha de banano

Tamaño de finca	Uso de agua (l/ caja)
>50 hectáreas	122
20 y 50 hectáreas	137
10 y 20 hectáreas	152
1 a 10 hectáreas	297

El cálculo del consumo de agua en post cosecha del banano para exportación se hace con la información suministrada por la Secretaría Técnica de la Cadena del Banano del Ministerio de Agricultura (Augura) y la cartilla “Diagnóstico del consumo de agua y eficiencia en la remoción en diversos sistemas de tratamiento de aguas para el lavado del banano” (Augura, 2010).

Demanda de procesamiento de Coca

El Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos Simci ha realizado ejercicios experimentales en los que han determinado que para producir un kilo de base de cocaína, se requieren 660 kg de hoja de coca y 300 litros de agua y para otros insumos del proceso de reoxidación de un kilo de base se requieren 15 litros de agua. Además plantea que en los últimos tres años, el proceso de obtención de la pasta básica no es realizado por el mismo cultivador.

La distribución espacial se hace de acuerdo con la información donde el cultivo y procesamiento se realizan en el mismo sitio.

4.1.3.8 Demanda hídrica del sector pecuario

Bovinos

La demanda hídrica necesaria para la cría, levante y mantenimiento de bovinos se calcula con el inventa-

rio de los mismos del año 2012, el cual se ajusta para la desagregación por edad y sexo con el inventario de 2011; para la distribución municipal y departamental de cabezas de bovino se asumió la distribución del inventario del año 2006 del Ministerio de Agricultura.

El consumo de agua utilizada en el sacrificio de bovinos se realiza a partir de los archivos de Fedegan sobre la estructura de recaudo del impuesto de sacrificio. Se supone que el municipio con un recaudo más alto en relación con otro, es porque tiene una proporción mayor de reses sacrificadas en su jurisdicción. Por lo tanto, la participación de los recaudos municipales se asimila a la proporción de cabezas sacrificadas en la región. Se considera el mismo factor de pérdidas (40%) que se utilizó en el ENA 2010, teniendo como soporte la literatura y el recomendado en el RAS como mínimo para complejidad baja.

Aves

Para la estimación de la demanda de agua en el sector se utilizó el inventario suministrado por Fenavi 2012, (pollos de engorde y ponedoras), obtenidos del registro del Fondo Nacional Avícola - Fonav. En cuanto al uso de agua, se contó con dos fuentes de información CIEM y Fenavi. De acuerdo con los datos de CIEM la demanda promedio de un pollo de engorde es de 350 cm³/día y de una ponedora es de 250 cm³/día.

El parámetro para uso de agua en lugares de alojamiento durante el vacío sanitario (desinfección, termonebulización, lavado de tuberías y equipos de comederos) se realizó con información de Fenavi. Para limpiar una estructura para 50.000 aves, se utiliza la cantidad que consume este número de animales en un día, es decir, 17.5 m³ de agua en el proceso de termonebulización y lavado.

Los factores de uso de agua para el cálculo de la demanda hídrica pecuaria para aves 2012, se realiza bajo los criterios aportados por Fenavi y CIEM, presentándose algunos cambios en los factores con respecto al ENA 2010 sugeridos por el sector, Tabla 4.9

Los registros del Fondo Nacional Avícola - Fonav, se compone de los datos enviados por las empresas incubadoras, las cuales deben reportar el número de aves vendidas (un día de nacidos) a nivel municipal sobre los cuales se cobra la tasa de fomento avícola según la legislación colombiana. La representación espacial del consumo de agua se hizo a partir de factores de distribución obtenidos de esta base de información que no incluye los departamentos de Chocó, Risaralda, Caquetá, Amazonas, Casanare, Guainía y Vichada.

Porcinos

La distribución municipal de la información del uso de agua en la producción de porcinos se realizó a partir de la investigación previa de los anuarios estadísticos departamentales del año 2009. Se obtuvo información para los municipios de los departamentos de Huila, Valle del Cauca, Cundinamarca, Antioquia, Risaralda y Tolima, los cuales representan el 67% del inventario del país en el año 2012 como se recoge en la Tabla 4.10. Se asume que la distribución departamental de 2009 es similar a la de 2012.

La distribución municipal del uso de agua en el sacrificio de porcinos se realiza a partir de los archivos de Fedegan como se hizo para el sacrificio bovino.

Tabla 4.9 Factores de consumo ENA 2010 y ENA 2014

Sistema productivo	ENA 2010	ENA 2014
Pollo de engorde	240 l/día-1000 aves	350 (cc /día – ave)
Postura levante	240 l/día-1000 aves	250 cc /día
Postura producción	240 l/día-1000 aves	250 cc /día
Genética levante	240 l/día-1000 aves	250 cc /día
Genética producción	240 l/día-1000 aves	250 cc /día
Sacrificio	16 l/día -100 aves	26lt/animal
Lugares de alojamiento	20 l/día por animal	17,3 m ³ /lavado y termonebulización

Fuente: CIEM y Fenavi, 2012.

Tabla 4.10 Participación departamental de las cabezas de ganado porcino

Departamento	Cabezas - 2012	Participación nacional
Antioquia	1.865.115	42,3%
Cundinamarca	530.581	12,0%
Valle del Cauca	222.436	5,0%
Risaralda	135.615	3,1%
Tolima	106.087	2,4%
Huila	90.260	2,0%

Fuente: Anuarios estadísticos departamentales, 2009.

4.2 Resultados y análisis de demanda hídrica en Colombia

Se presenta la síntesis de las estimaciones del uso de agua para el año 2012 y se evalúan los volúmenes de agua usados en el país por sectores productivos y en su conjunto. Se muestra y se analizan los resultados de esta demanda por área hidrográfica y la representación espacial de las presiones por uso de agua en las subzonas hidrográficas que integran estas áreas.

4.2.1 Características y evaluación de la demanda de agua en Colombia

Teniendo como base los conceptos y metodologías se presenta el consolidado de la demanda de agua en Colombia para el año 2012 para las actividades económicas consideradas uso doméstico.

La demanda hídrica nacional alcanzó 35.987 millones de m³. En la Tabla 4.11 y en la Figura 4.8 se presenta los estimativos por sector usuario del recurso y su participación porcentual. Se muestran en la misma tabla los volúmenes de que retornan y las pérdidas en el proceso de uso de agua

El sector agrícola usa 16.760,33 millones de m³ equivalentes al 46,6% del total del volumen de agua que se utiliza en el país. El uso para generación de energía participa con el 21,5%, el sector pecuario con el 8,5% y el uso doméstico con el 8,3%.

Con los datos disponibles y los cálculos a partir de factores, se estima que se retorna a las fuentes hídricas el 20% del agua extraída y usada en procesos específicos de los sectores usuarios del recurso. El concepto de uso de agua supone la extracción, pero también el agua almacenada no disponible para otros usos. El retorno para uso en energía se refiere al realizado por las centrales térmicas, 17% del total de agua demandada para energía, teniendo en cuenta que un volumen de 6.100 millones de metros cúbicos permanece en los embalses y 293 millones se evaporan de los mismos.

Tabla 4.11 Uso de agua en Colombia

Usos del agua	Uso Total de agua 2012	Participación porcentual	Flujos de retorno	Pérdidas
	Mm ³		Mm ³	Mm ³
Doméstico	2963,4	8,2%	1670,5	921,6
Agrícola	16760,3	46,6%	s.l	s.l
Pecuario	3049,4	8,5%	s.l	563,4
Acuícola	1654,1	4,6%	1654,1	s.l
Industria	2106,0	5,9%	2000,7	493,5
Energía	7738,6	21,5%	1273,6	364,4
Hidrocarburos	592,8	1,6%	s.l	s.l
Minería	640,6	1,8%	s.l	s.l
Servicios	481,8	1,3%	433,6	137,7
Total Nacional	35987,1	100%	7032,6	2480,5

s.l: Sin Información

Mm³ = Millones de metros cúbicos.

Los factores de retorno de agua fueron tomados de (BID, IMTA, MINAE, 2008).

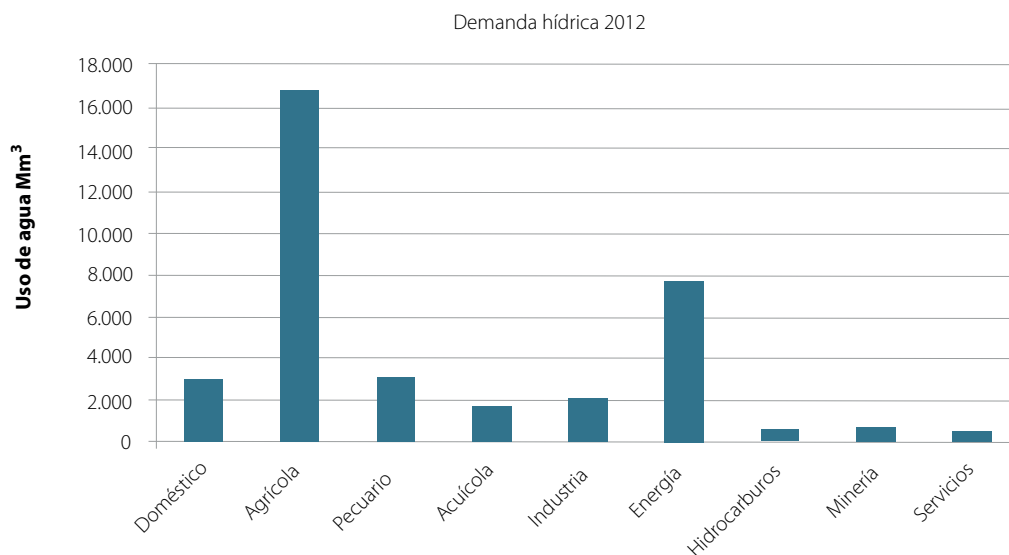


Figura 4.8 Uso total de agua en Colombia

La distribución espacial de la demanda hídrica total en Colombia y su distribución en las subzonas hidrográficas se presenta en el mapa de la Figura 4.9. Es importante anotar que por reserva estadística para actividades industriales y deficiencias en los datos de localización de algunas actividades en particular hidrocarburos, se representó espacialmente por subzonas el 85% de los volúmenes de agua demandados y consignados en la Tabla 4.11.

En la figura 4.9, se muestran espacialmente la demanda anual de agua en las 316 subzonas hidrográficas del país y se identifican las subzonas que tienen los mayores volúmenes de uso de agua para las actividades antrópicas en su conjunto.

El mayor uso de agua se concentra en el área hidrográfica de los ríos Magdalena y Cauca con el 67% de la demanda total del país. En esta área hidrográfica se usan los mayores volúmenes de agua por parte de todos los sectores considerados en el ENA 2014, con excepción del sector hidrocarburos cuya mayor participación se concentra en el área del Orinoco. El Caribe Colombiano demanda el 16% del volumen total de agua y el Orinoco el 12%.

4.2.1.1 Trasvases entre subzonas hidrográficas

La unidad de análisis básica del Estudio Nacional de Agua es la subzona hidrográfica. En la Tabla 4.12, se relaciona el volumen de agua superficial que interviene en los principales trasvases entre subzonas hidrográficas en el año 2012. En algunos casos estos trasvases se dan entre áreas hidrográficas, como el del río Guatiquía al río Bogotá.

Se referencia este tema dentro del estudio por las implicaciones que tienen para disponibilidad hídrica en las subzonas hidrográficas de donde se extrae el agua y en las subzonas que reciben los aportes.

Aunque dentro del concepto de uso, en ENA 2014, una extracción (trasvase) debe considerarse como una demanda, en el agregado nacional este volumen estaría ya incluido en la demanda de agua de sectores que usan este recurso en la subzona que recibe el agua trasvasada.

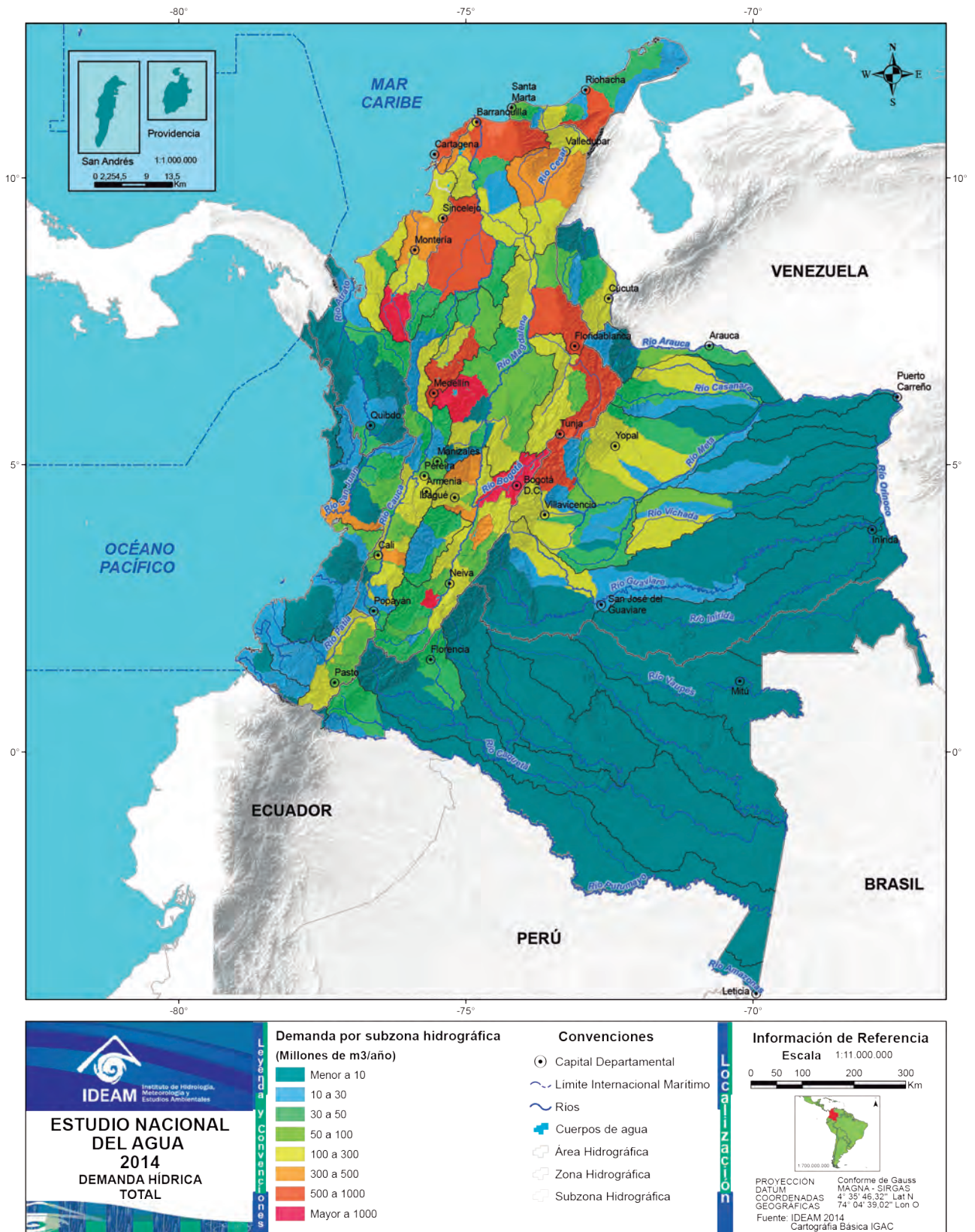


Figura 4.9 Demanda hídrica anual en Colombia

Tabla 4.12 Volumen de agua de trasvases entre subzonas hidrográficas

De área hidrográfica	Subzona hidrográfica		Área hidrográfica	Subzona hidrográfica		Volumen anual trasvase Mm ³
Orinoco	3503	Río Guatiquía	Magdalena - Cauca	2120	Río Bogotá	440,3
Magdalena Cauca	2702	Alto Nechí	Magdalena - Cauca	2701	Río Porce	822,8
	2308	Río Nare		2701	Río Porce	65,2
Orinoco	3508	Río Lengupá	Orinoco	3507	Río Garagoa	386,2
	3506	Río Guavio		3507	Río Garagoa	282,8
Volumen total de agua trasvasada (millones de metros cúbicos -Mm ³)						1.557

4.2.1.2 Uso de agua en generación de hidroenergía

Para la generación de energía hidroeléctrica en el 2012 se utilizaron para turbinar *44.737 millones de m³*, de los cuales *42.857 millones de m³* se emplean para generar en las grandes centrales y *1.880 millones de m³* en pequeñas centrales PCH. De este volumen de agua utilizada para generar retorna a las fuentes hídricas en forma casi inmediata el 97% como lo muestran los datos de la Tabla 4.13 y la Figura 4.9.

El uso de agua para generación de energía se concentra en el área hidrográfica Magdalena Cauca con el 78% del total, el Caribe y Orinoco demandan el 9% y 8% respectivamente, como se ilustra en la Figura 4.10.

El agua embalsada que no está disponible para otros usos y el agua utilizada en termoeléctricas se contabilizan en los volúmenes de demanda total para el país que se consignaron en la Tabla 4.11 y en las Figuras 4.8 y 4.9.

4.2.2 Demanda anual de agua por sectores usuarios

La representación espacial de la distribución de volúmenes de agua en las 316 subzonas hidrográficas que integran el país se presenta en los mapas de las Figuras 4.11 a 4.15. Estos mapas ilustran sobre la presión por demanda de agua de los sectores: agrícola, doméstico, servicios, pecuario y piscícola, industrial y construcción, energía y minería e hidrocarburos.

Tabla 4.13 Uso de agua en generación de hidroenergía eléctrica

Área hidrográfica Mm ³	Centrales hidroeléctricas Mm ³	PCH Mm ³	Total uso generación hidroenergía Mm ³	Retornos Mm ³
Caribe	3.795	226	4.021	4.189
Magdalena Cauca	33.837	1.334	35.171	34.257
Orinoco	3.533	0	3.533	3.414
Amazonas		10	10	10
Pacífico	1.692	310	2.002	1.904
Total uso energía	42.857	1.880	44.737	43.774

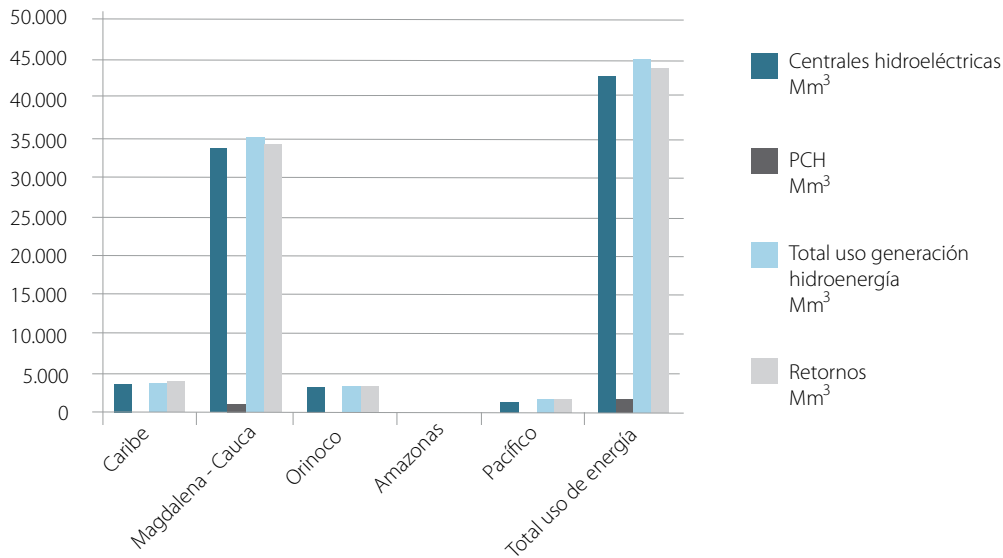


Figura 4.10 Uso de agua en generación de hidroenergía

La presión por el uso de agua para la producción agrícola a nivel de subzona hidrográfica se muestra en el mapa de la Figura 4.11, donde se identifican los diferentes grados de uso y en particular se identifican las subzonas con las mayores presiones del sector sobre los sistemas hídricos. Las subzonas donde se concentra el uso del recurso hídrico para este son las correspondientes a: Río Bogotá, Ciénaga Grande de Santa Marta, Arroyos Directo Caribe, Río Ranchería y Canal del Dique Margen Derecho que alcanzan el 20% del total agrícola.

El uso de agua en el *sector agrícola* alcanza 16.760 millones de m³, cifra inferior a los volúmenes de agua estimados para el sector en ENA 2010. Este cambio tiene soporte en el afinamiento metodológico considerando los calendarios de siembra para determinar las necesidades de riego de los cultivos transitorios.

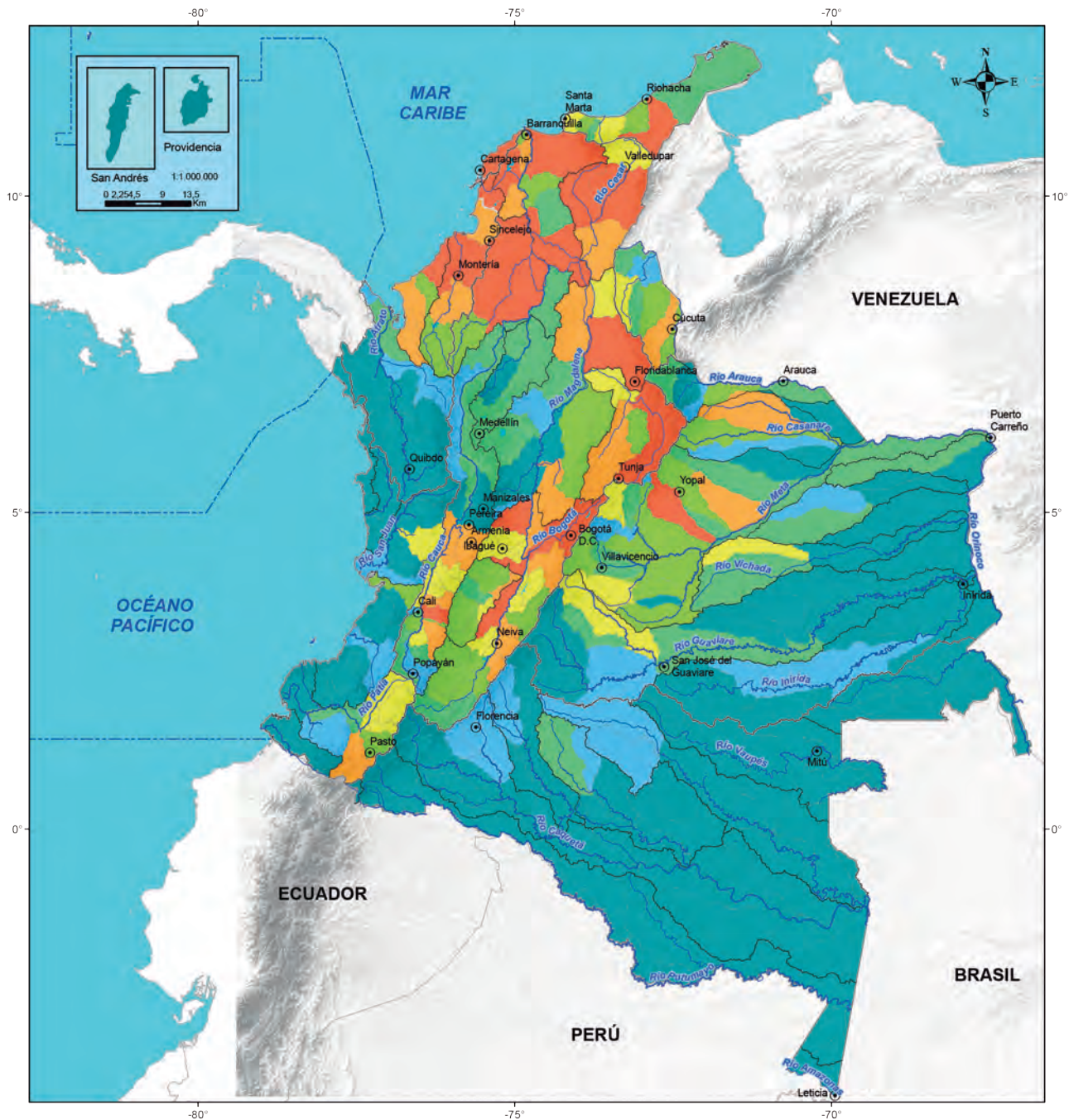
Otro factor que afecta el estimativo se relaciona con las áreas de pastos manejados y de forraje, puesto que hay incertidumbre en las áreas de cultivo y sobre las que suplen con riego las necesidades identificadas en el balance hídrico agrícola, en particular para regiones de Orinoco y Amazonas. Igualmente para el cultivo de café y bosques plantados en el proceso de validación, se identificó con los gremios que las necesidades de agua

para estos cultivos no se suplen con riego, lo cual fue considerado en el ENA 2010. En este contexto se considera que hay subestimación en el volumen de agua utilizado por el sector que puede ser cercano al 20%.

En cuanto al *sector pecuario* que usa 3.049 millones de m³, 8,5% del total de la demanda hídrica del país, las subzonas más presionadas por esta actividad corresponden con las cuencas de los ríos: Bogotá, Porce, Lebrija y otros directos al Magdalena, Sumapaz, y Guyuriba que abarcan el 32,4% del volumen total. La representación espacial de los diferentes grados de uso se muestra en el mapa de la Figura 4.12.

El 75% de la demanda del recurso hídrico por *actividad piscícola*, 1.654 Mm³ se concentra en las subzonas hidrográfica de los ríos Yaguará, Iquira, directos Magdalena, Neiva y Porce, como se muestra en el mapa correspondiente de la Figura 4.12.

Los sectores *doméstico* y *servicios* que en conjunto alcanzan 3.444 Mm³ (9,5 % del total del país) tienen mayor representación, en su orden, en las subzonas de los ríos: Bogotá, Porce, Lili, Meléndez y Cañaveralejo, directos al Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (mi), Lebrija y otros directos al Magdalena, en conjunto usan el 39% del total sectorial doméstico (Figura 4.13). El 46% de la demanda para



Demanda hídrica

177

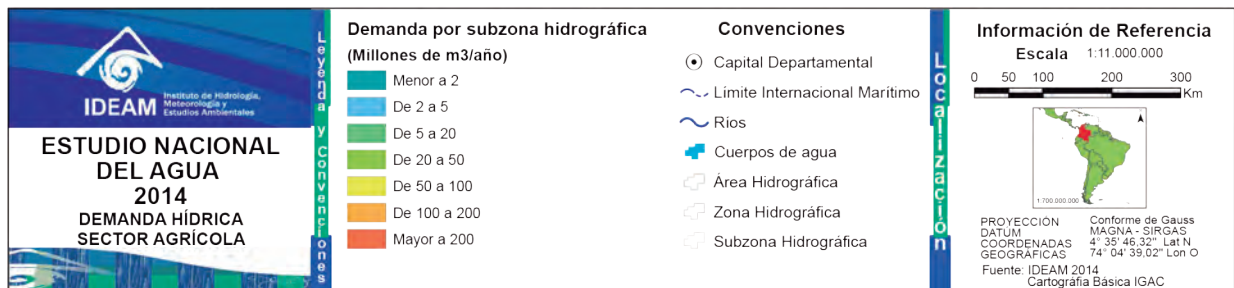


Figura 4.11 Demanda hídrica del sector agrícola

servicios también se concentra en los ríos Bogotá, Porce, Lebrija directos al Magdalena junto con los de las subzonas de los ríos Sumapaz, y Guayuriba.

En relación con las subzonas hidrográficas más afectadas por *demanda para la industria*, las cuencas de los ríos: Arroyohondo – Yumbo - Mulalo-Vijes, Yotoco. Mediacanoa y Piedras, Bogotá, Palo, Ciénaga de Mayorquín y Porce concentran y recogen el 56% del total de este sector (Figura 4.14).

El sector minero ejerce las mayores presiones por uso de agua en las subzonas de los ríos: Bajo Nechí, Ranchería, Medio Cesar, Bajo Cesar y Quito con el 36% del uso total del sector. El uso de agua para la producción de hidrocarburos se concentra en las subzonas: Alto Vichada, río Metica (Guamal y Humadea) río Cravo Sur, directos Magdalena entre ríos Negro y Carare y río Cravo Norte que en conjunto alcanzan 57% del volumen de agua demanda por este sector. (Figura 4.15).

Finalmente el 57% de la demanda para uso en la *generación de energía*, se concentra en las cuencas de las subzonas hidrográficas de los ríos: Nare, alto Sinú -Urra, Bogotá, Yaguará, Iquira y Guavio.

4.2.3 Demanda anual de agua por áreas hidrográficas

La distribución del volumen de agua demandada por sector y área hidrográfica se sintetiza en las Tabla 4.14.

El área hidrográfica con mayor demanda de agua es Magdalena - Cauca con 20.247,23 millones de metros cúbicos seguida de Orinoco, Caribe, Pacífico y Amazonas en su orden.

La distribución de todos los usos de agua por sectores económicos y uso doméstico, se concentra en el área Magdalena - Cauca, a excepción del sector hidrocarburos que solo representa el 19,36%. En contraste, el área con menor concentración de demanda de agua es Amazonas. (Tabla 4.15).

Tabla 4.14 Usos de agua por área hidrográfica y por sector

Uso de agua	Área hidrográfica del Caribe	Área hidrográfica del Magdalena Cauca	Área hidrográfica del Orinoco	Área hidrográfica del Amazonas	Área hidrográfica del Pacífico
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³
Doméstico	368,85	2.210,28	148,64	68,84	166,55
Agrícola	2.674,38	9.358,74	1.340,93	32,28	560,56
Pecuario	235,75	1.932,89	397,03	38,89	39,12
Acuícola	3,09	1.174,8	53,26	0,17	1,42
Industria	5,62	252,52	1,3	0	0,11
Construcción	0,7	23,34	3,75	0,02	0,03
Energía Hidro y Termo	1.433,49	4.634,64	1.320,89	0	349,57
Hidrocarburos	1,7	83,38	328,64	16,84	0
Minería	154	322,18	2,63	2,37	159,23
Servicios	27,31	254,47	27,41	3,52	4,63
Total	4.904,88	20.247,23	3.624,49	162,93	1.281,22

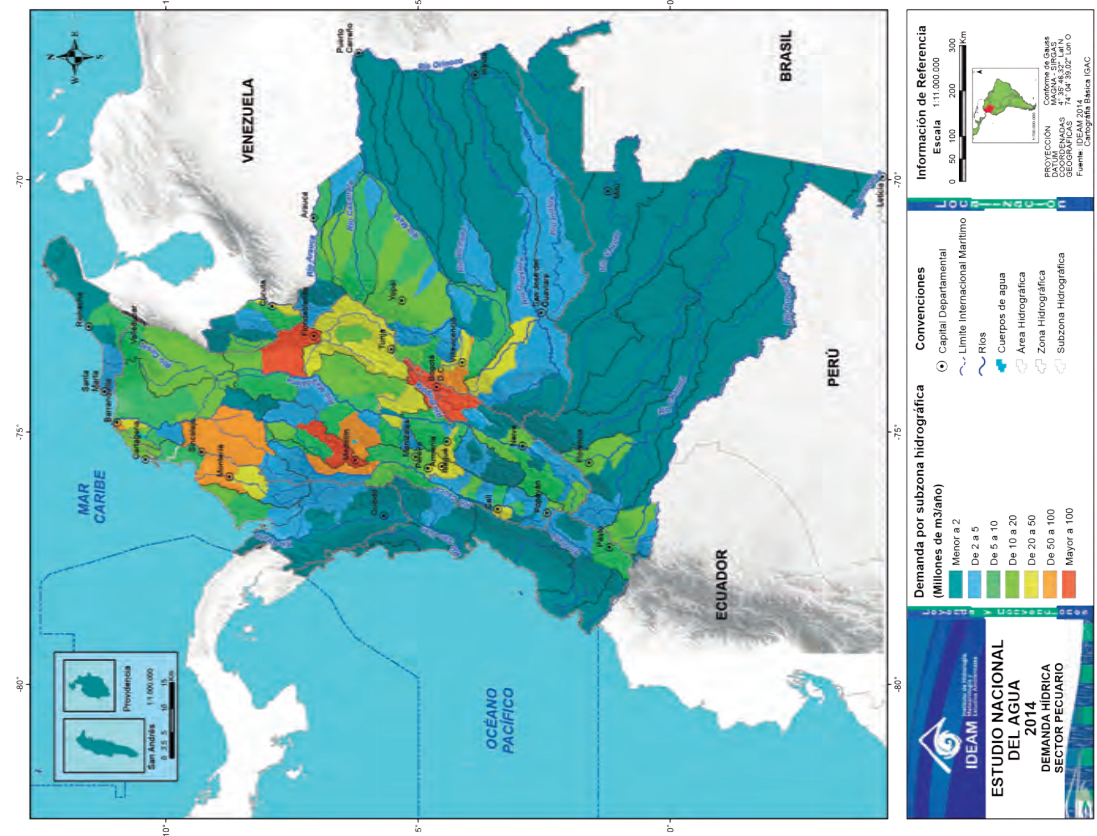
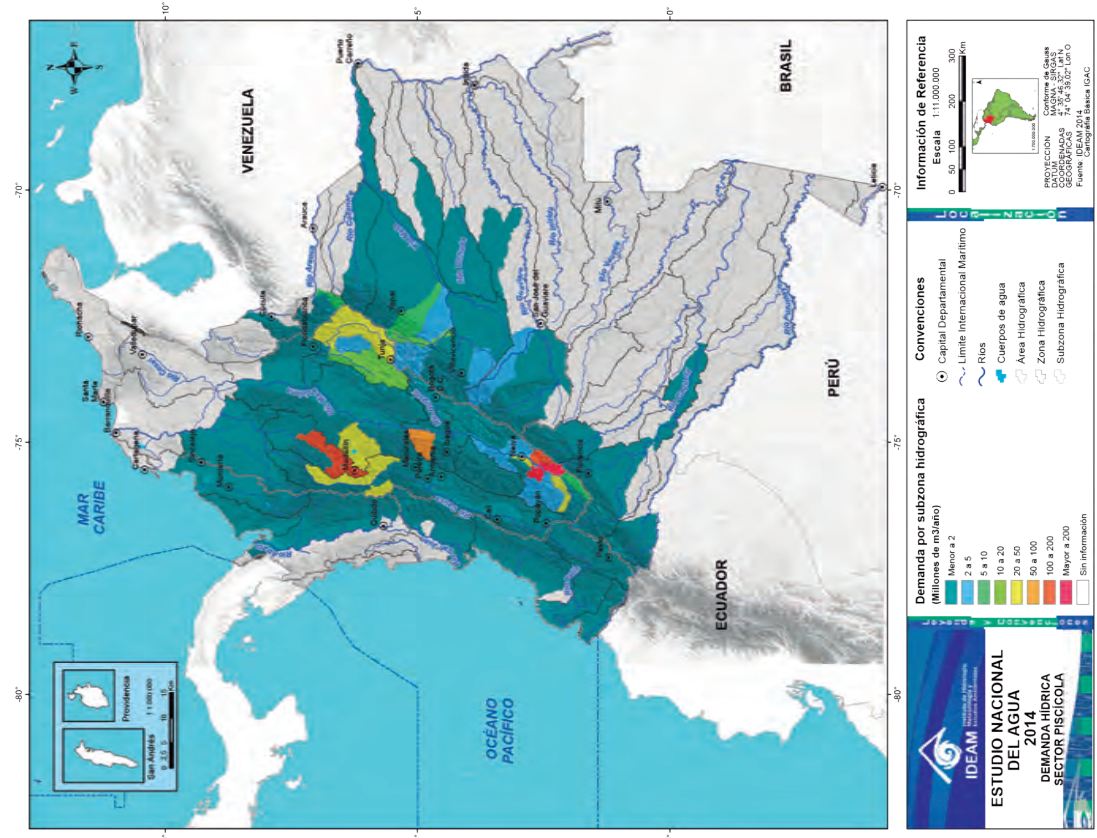


Figura 4.12 Demanda hídrica para uso pecuario y piscícola

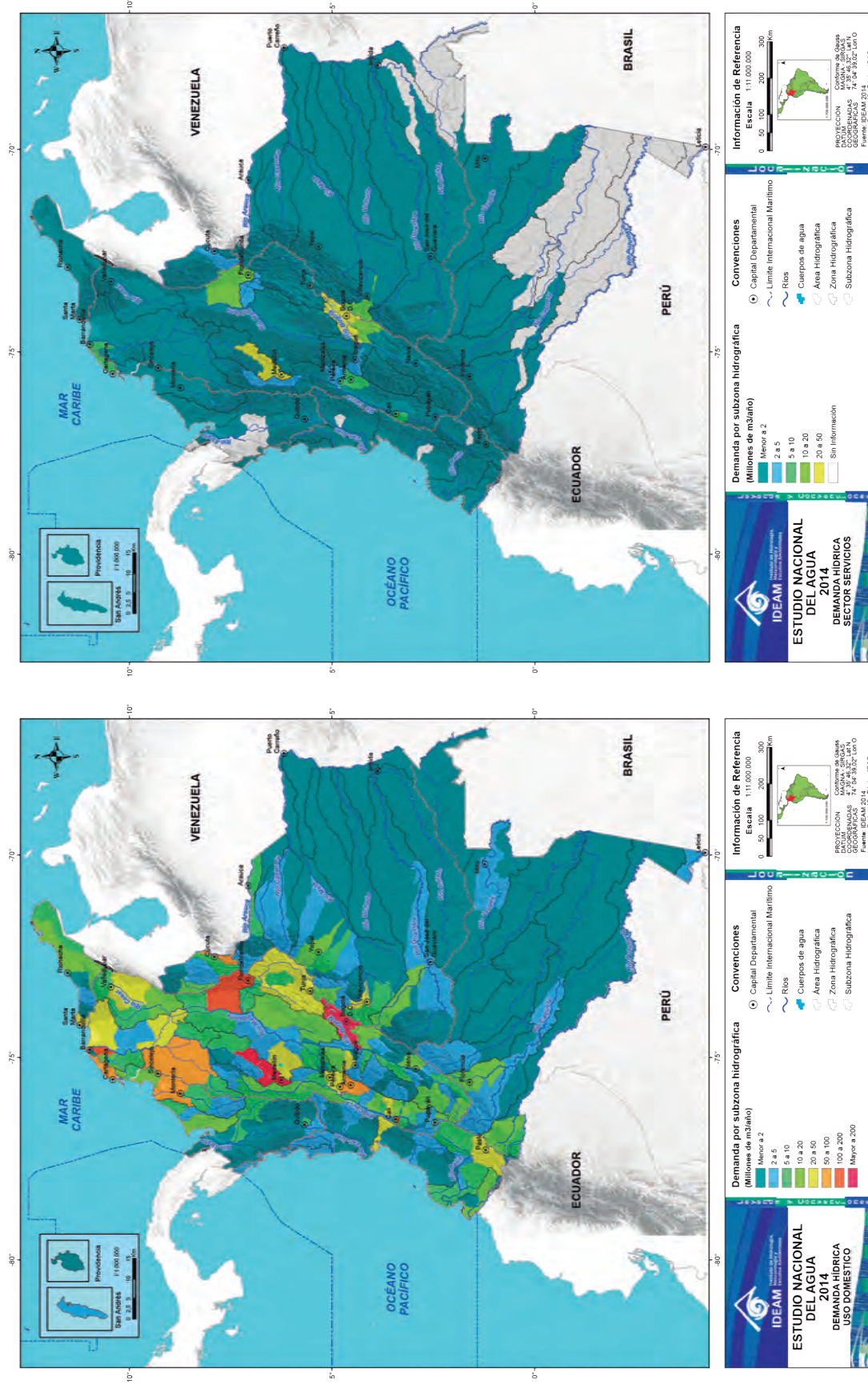


Figura 4.13 Demanda anual de agua para uso doméstico y servicios

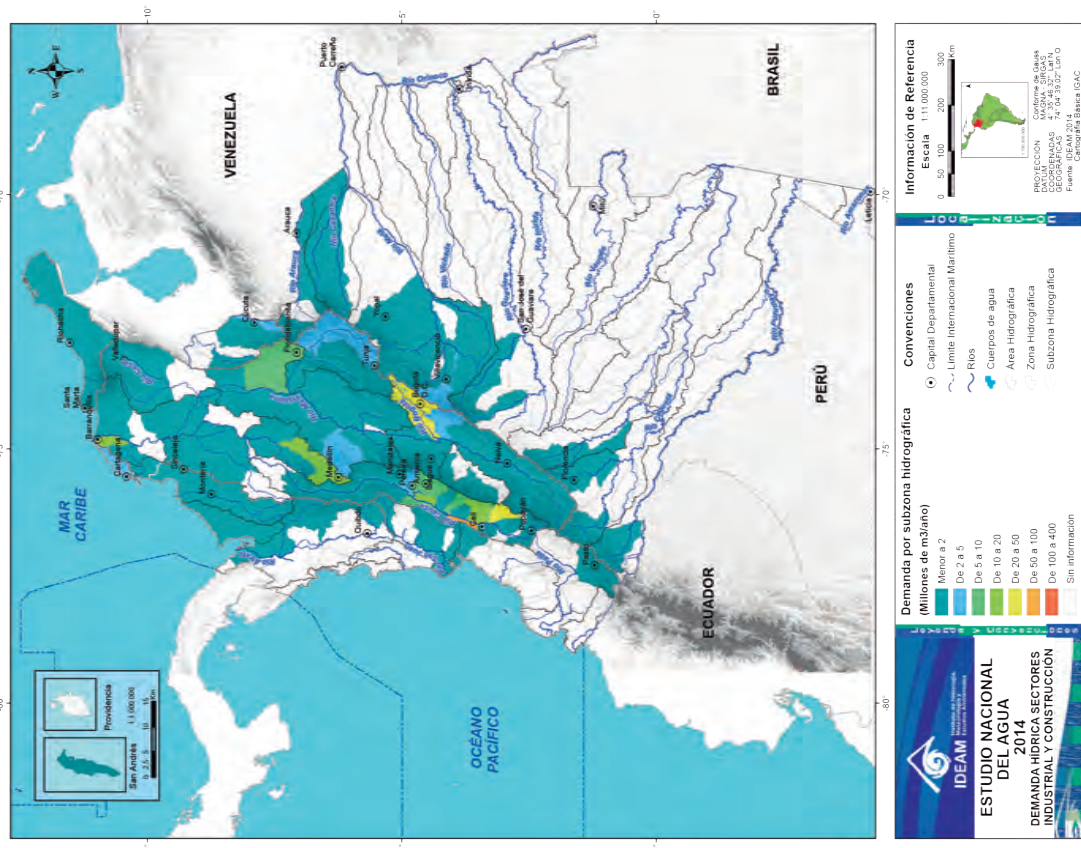
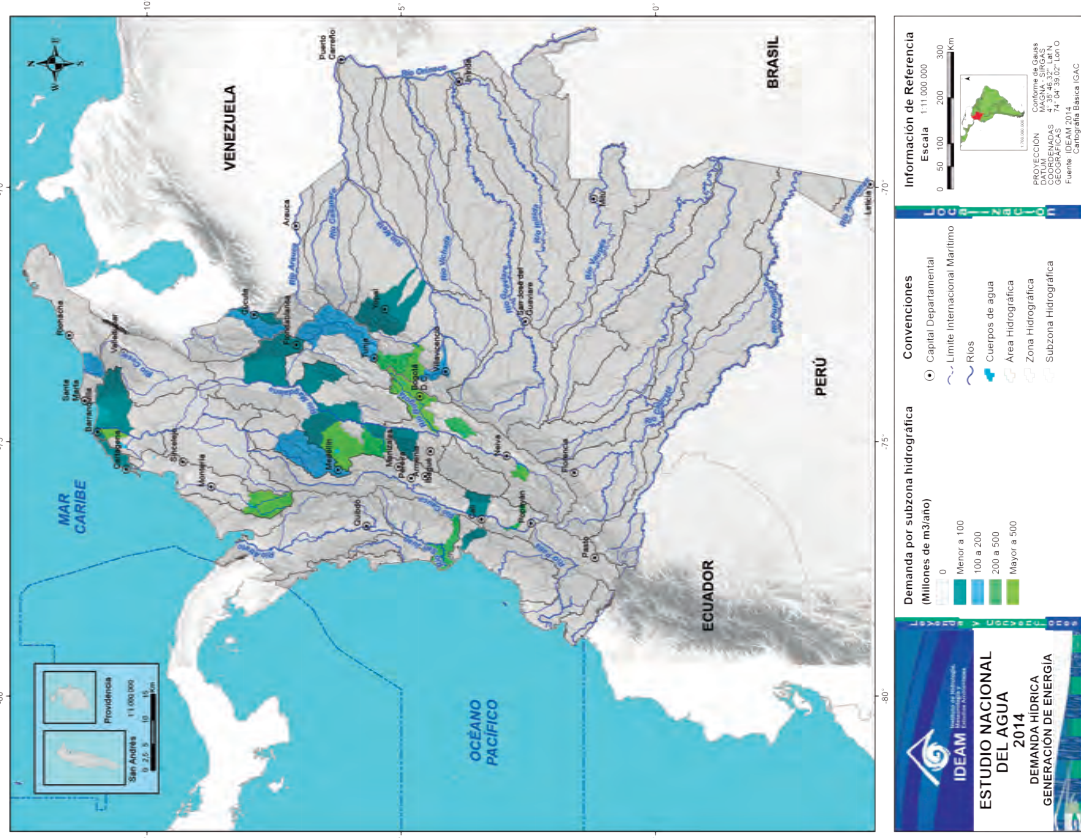


Figura 4.14 Demanda anual de agua para uso industrial y generación de energía

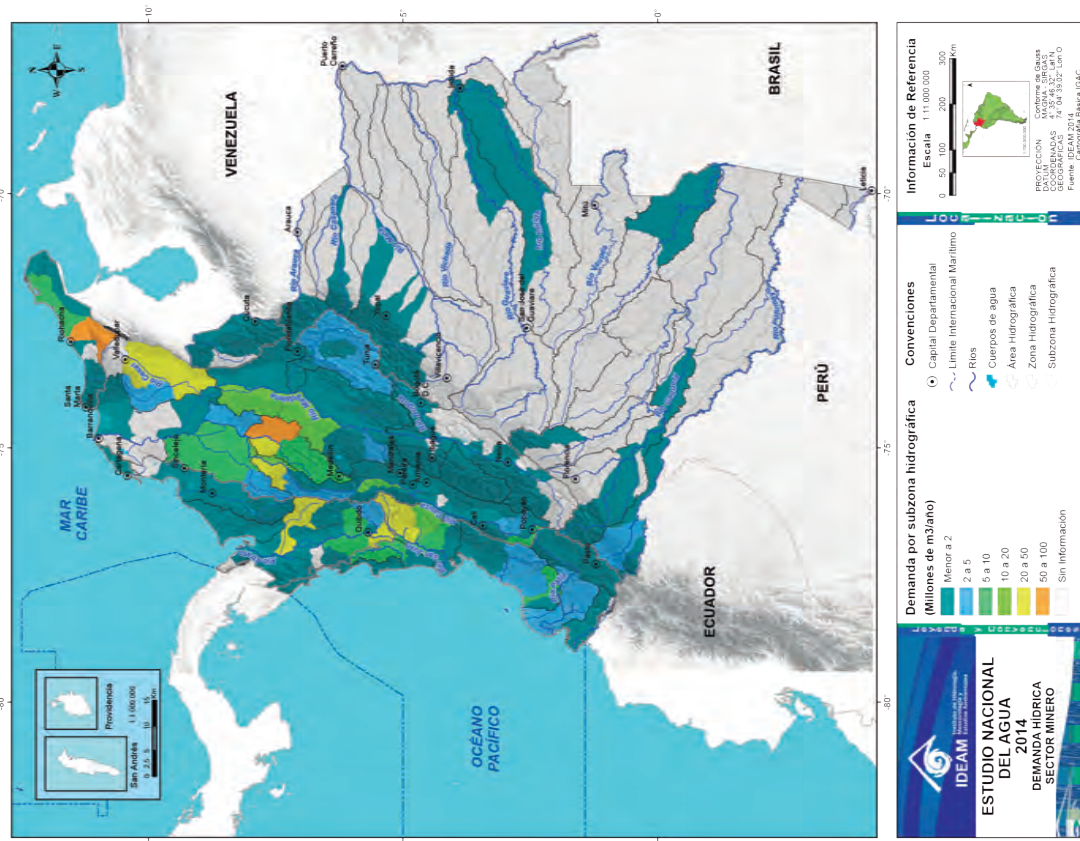
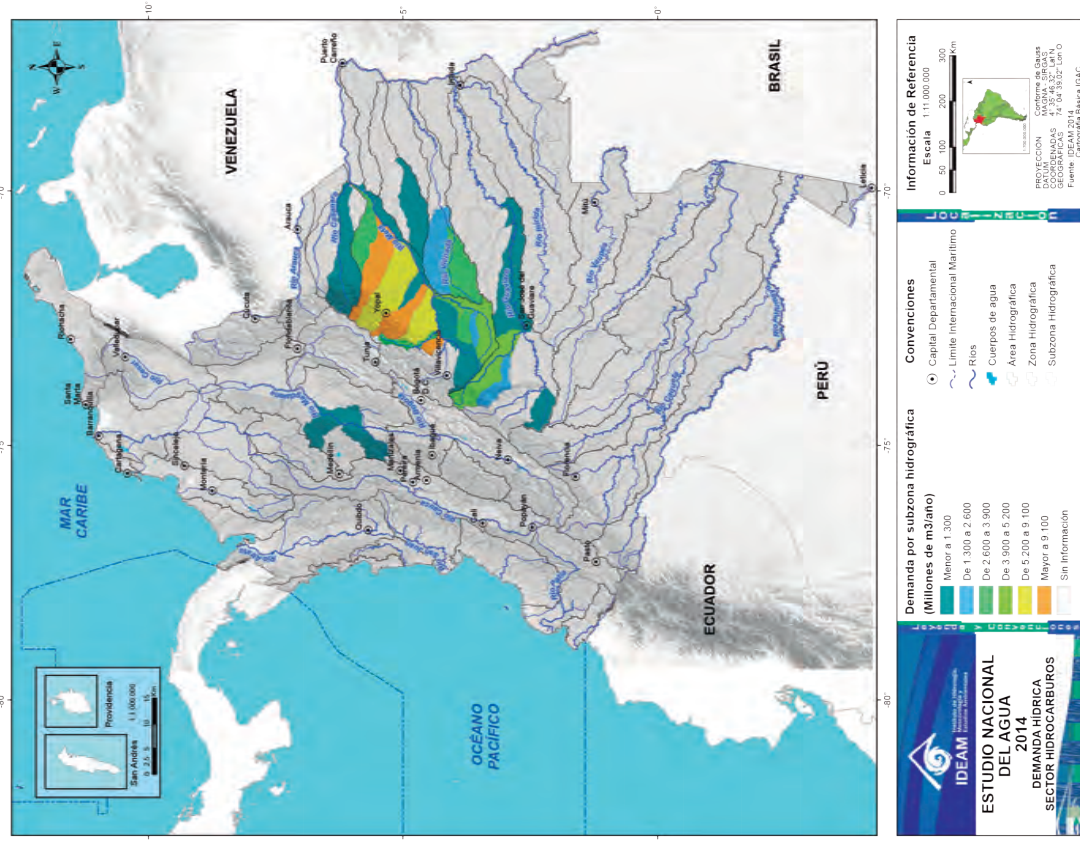


Figura 4.15 Demanda anual de agua para uso en minería e hidrocarburos

Tabla 4.15 Distribución porcentual del uso de agua por sectores económicos y uso doméstico en las áreas hidrográficas

Uso de agua	Área hidrográfica del Caribe	Área hidrográfica del Magdalena Cauca	Área hidrográfica del Orinoco	Área hidrográfica del Amazonas	Área hidrográfica del Pacífico	Total
Doméstico	12,5	74,6	5,0	2,3	5,6	100,0
Agrícola	19,2	67,0	9,6	0,2	4,0	100,0
Pecuario	8,9	73,1	15,0	1,5	1,5	100,0
Acuícola	0,3	95,3	4,3	0,0	0,1	100,0
Industria	2,2	97,3	0,5	0,0	0,0	100,0
Construcción	2,5	83,8	13,5	0,1	0,1	100,0
Generación de energía Hidro y Termo	18,5	59,9	17,1	0,0	4,5	100,0
Hidrocarburos	0,4	19,4	76,3	3,9	0,0	100,0
Minería	24,1	50,3	0,4	0,4	24,9	100,0
Servicios	8,6	80,2	8,6	1,1%	1,5	100,0

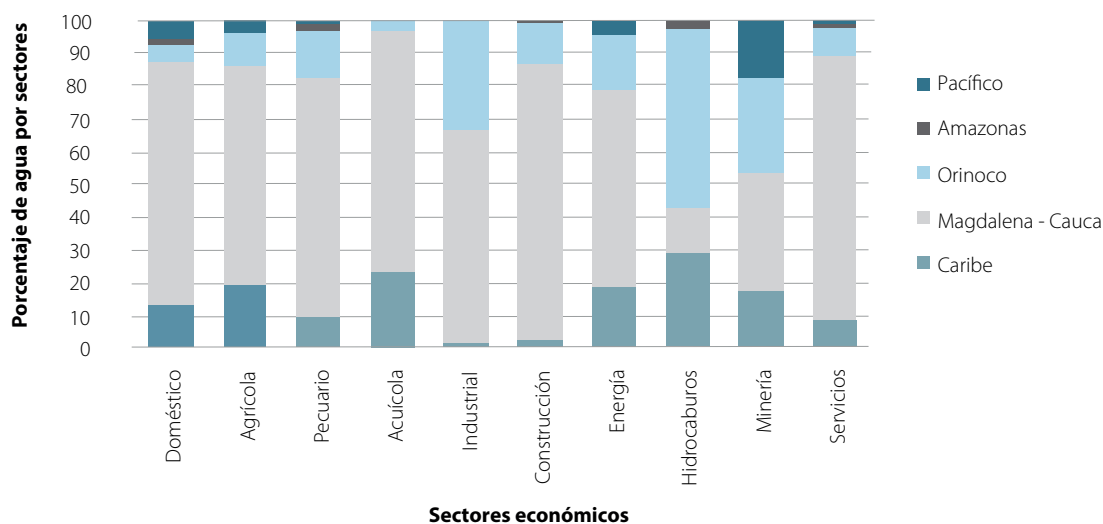


Figura 4.16 Distribución porcentual de usos de agua por sectores económicos en cada área hidrográfica

La Figura 4.16, ilustra sobre la participación recogida en la Tabla 4.13. Es importante destacar que las áreas Magdalena - Cauca, Caribe y Pacífico concentran el 98% del uso de agua en minería. El sector de hidrocarburos en el área Orinoco alcanza el 76,3% y el agua demandada por la actividad acuícola se concentra en el área Magdalena - Cauca.

La distribución del total de agua usada por área hidrográfica permite identificar el sector que ejerce mayor presión sobre los sistemas hídricos en cada área. Dentro del área de los ríos Magdalena y Cauca los sectores agrícola, pecuario y acuícola demandan el 55% del agua que se utiliza en la cuenca, seguido del uso de agua para energía con el 29%. En general en las áreas hidrográficas

los sectores de mayor demanda hídrica son el agrícola y el de generación de energía (Tabla 4.16).

Para el área del Caribe predominan los usos agrícolas y generación de energía. En el área del Orinoco, igualmente, predominan el sector agrícola y generación de energía cuya suma alcanza el 73%, el 20% corresponden con el uso de agua en los sectores de hidrocarburos y pecuario. En el área hidrográfica del Amazonas prima el uso doméstico representando el 42%, que junto con el pecuario alcanzan el 86% del volumen de agua que se demanda en esta cuenca. Para el Pacífico los usos agrícolas, generación eléctrica y doméstico representan el 84% del volumen de agua usada en esta área hidrográfica.

4.2.4 Zonas hidrográficas con mayores presiones por uso de agua

Con base en los estimativos de demanda del recurso hídrico la Figura 4.17 sintetiza las zonas hidrográficas, al interior de las cinco áreas hidrográficas, donde hay mayores presiones por uso de agua y el sector usuario que ejercen esta presión.

Área hidrográfica Caribe. La integran 6 zonas hidrográficas. El área participa con 16.23% del agua usada en el país. Este volumen de agua utilizado se concentra en la zona del Sinú (1.654 millones de m³) seguida de Caribe Litoral (1.391 millones de m³). La zona del Sinú representa el 34% del total del área del Caribe y cerca del 6% del volumen usado en el país.

Área hidrográfica Magdalena - Cauca. La conforman 9 zonas hidrográficas y en total se utiliza el 67% del volumen de agua demandada en el país. Las mayores presiones por uso se ejercen en las zonas: Alto Magdalena (6.792 millones de m³) con el 34% del volumen usado en el área hidrográfica que corresponde con el 23% del volumen demandado en el país. Cauca demanda el 17.3% del área hidrográfica y el 11.58% del agua usada en el país. El Medio Magdalena representa el 14,8% del volumen usado en el área hidrográfica y el 9,91% del país.

Área hidrográfica Orinoco con 9 zonas hidrográficas demanda el 11,99% del agua usada en el país, la cual se concentra en las zonas del Meta (2.815,1 millones de m³) con el 78% del volumen utilizado en esta área hidrográfica y el 9,32% del volumen usado en el país.

Tabla 4.16 Distribución porcentual del uso de agua al interior de cada área hidrográfica

Uso de agua	Área Hidrográfica del Caribe	Área Hidrográfica del Magdalena Cauca	Área Hidrográfica del Orinoco	Área Hidrográfica del Amazonas	Área Hidrográfica del Pacífico
Doméstico	7.5%	10.9%	4.1%	42.3%	13.0%
Agrícola	54.5%	46.2%	37.0%	19.8%	43.8%
Pecuario	4.8%	9.5%	11.0%	23.9%	3.1%
Acuícola	0.1%	5.8%	1.5%	0.1%	0.1%
Industria	0.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%
Construcción	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
Energía Hidro y Termo	29.2%	22.9%	36.4%	0.0%	27.3%
Hidrocarburos	0.0%	0.4%	9.1%	10.3%	0.0%
Minería	3.1%	1.6%	0.1%	1.5%	12.4%
Servicios	0.6%	1.3%	0.8%	2.2%	0.4%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Área hidrográfica Amazonas, comprende 9 zonas hidrográficas y solo participa con menos del 1% agua usada en el país. Este volumen se usa principalmente en las zonas del Putumayo (60 millones de m³), Caquetá (54,7 millones de m³) y Apaporis (9,032 millones de m³) que en conjunto alcanzan cerca del 80% del agua usada en el Amazonas.

Área hidrográfica Pacífico con 7 zonas hidrográficas en la que se usa el 4,24% del volumen anual de agua que se demanda en el país, el cual se usa principalmente en las zonas de Tapaje – Dagua – Directos (102,2 millones de m³), Patía (600 millones de m³) y San Juan (539 millones de m³). Estas tres zonas alcanzan en conjunto a utilizar el 97% del agua en esta área hidrográfica.

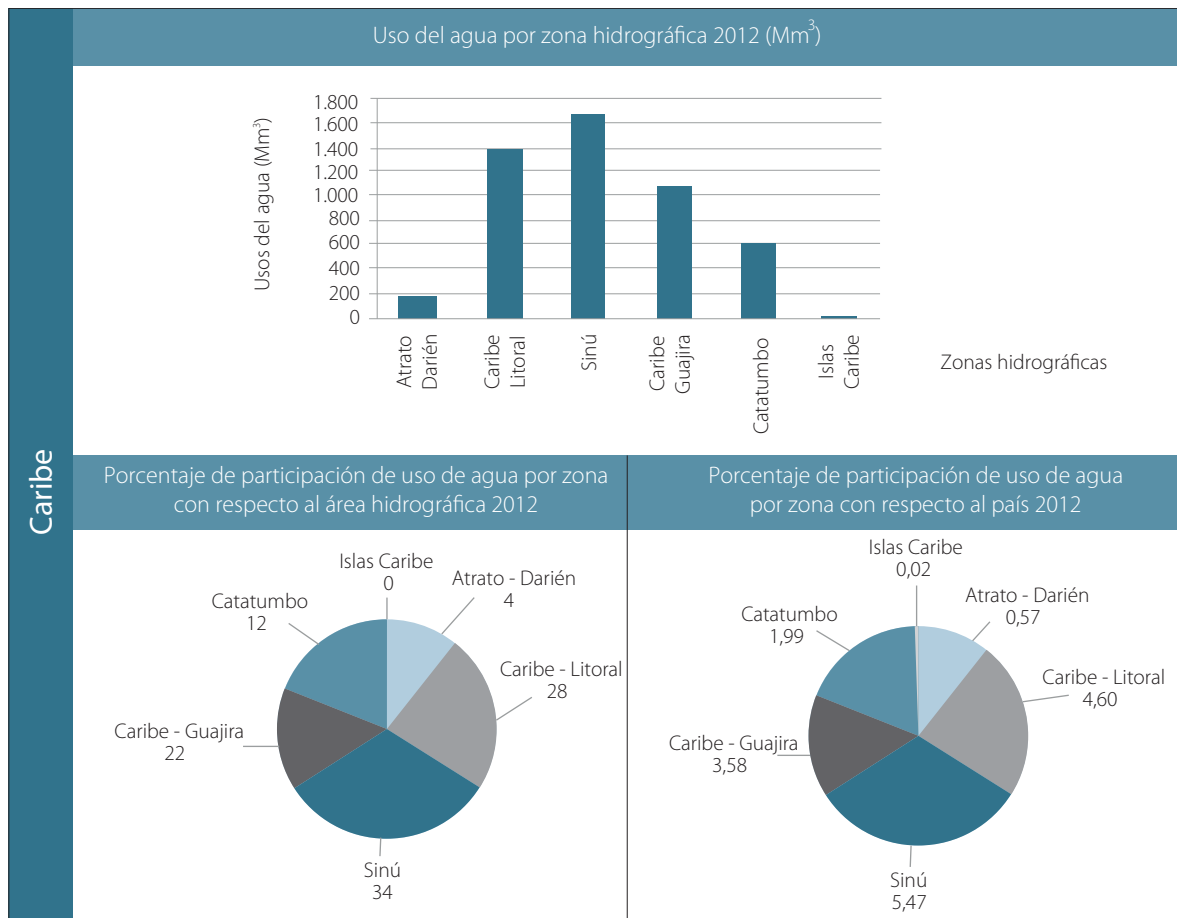


Figura 4.17 Uso de agua en zonas hidrográficas y porcentajes de participación en el área y en el total nacional

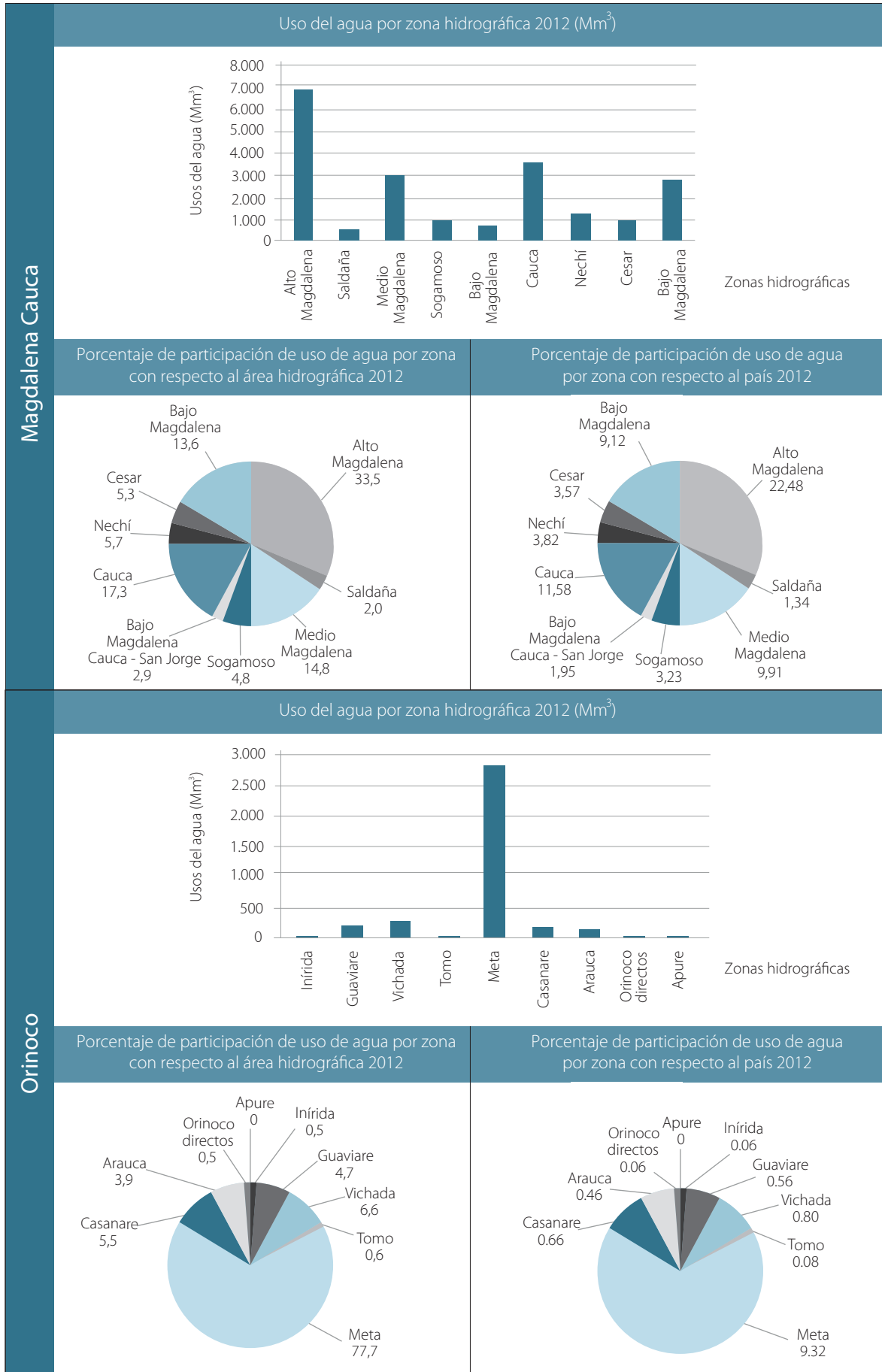


Figura 4.17 Uso de agua en zonas hidrográficas y porcentajes de participación en el área y en el total nacional

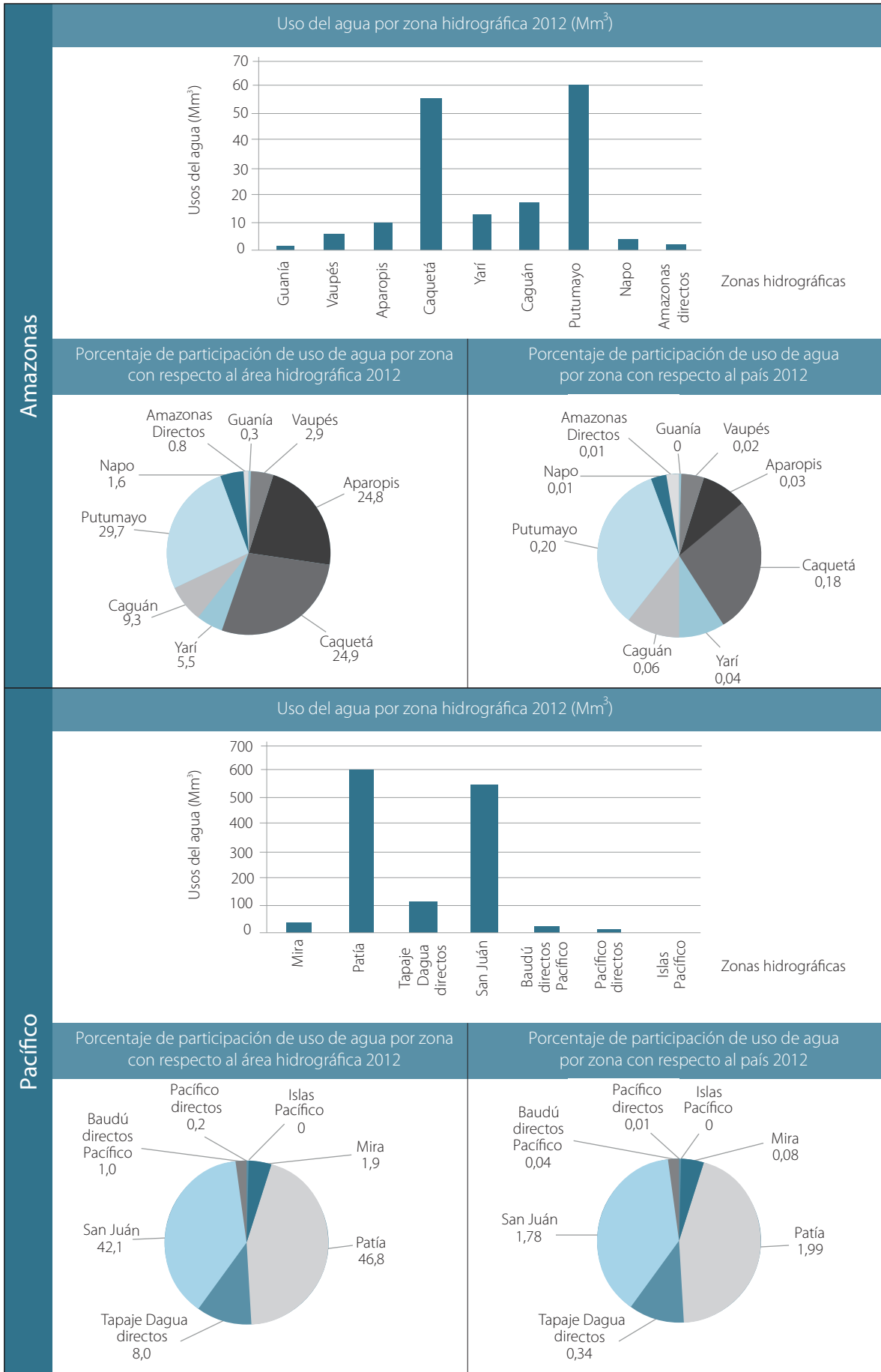


Figura 4.17 Uso de agua en zonas hidrográficas y porcentajes de participación en el área y en el total nacional

The background of the page is a dark gray color with a repeating pattern of thin, light gray wavy lines that create a textured, water-like effect.

Capítulo 5
Huella hídrica

Centro de Ciencia y Tecnología de
Antioquia - CTA

Claudia Campuzano
Carolina Rodríguez
Juan Esteban González
Andrea Guzmán

Good Stuff International
Latinoamérica y Caribe - GSI-LAC

Diego Arévalo
Gabriela Parada
Erika Zarate

Con el apoyo de:
Agencia Suiza de Desarrollo
y Cooperación - COSUDE
Diana Rojas

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



El Estudio Nacional del Agua ENA introduce el concepto y evaluación de la huella hídrica en Colombia como una herramienta importante en la evaluación del estado actual de agua y sus tendencias que complementa los análisis de demanda que se han realizado en estudios anteriores. Da cuenta de la presión que ejerce el sector agrícola sobre los ecosistemas y del agua que no retorna a una cuenca.

La evaluación realizada se hace a nivel de subcuenca hidrográfica en todo el territorio nacional y comprende la determinación del agua verde disponible, la huella verde, el indicador de presión del sector agrícola sobre los ecosistemas, la huella azul de las diferentes actividades humanas, el índice de presión de la huella azul sobre la oferta disponible y el indicador de relación entre la huella azul y la demanda.

5.1 Aspectos conceptuales

La Huella Hídrica fue concebida inicialmente como una herramienta que permitía estimar el contenido de agua oculta en cualquier bien o servicio consumidos por un individuo o grupo de individuos de un país, en analogía de la huella ecológica como concepto que permite analizar el impacto de los hábitos de vida y consumo de la población bajo un escenario de recursos naturales finitos (Wackernagel & Rees, 1996). Actualmente el desarrollo del concepto ha ampliado su rango de aplicación, llegando a ser una herramienta complementaria a las convencionales para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en una cuenca.

La huella hídrica se basa en un desarrollo amplio de tres conceptos previos: Agua Verde, Agua Azul (Ver Capítulo 1 - Enfoque Conceptual y Metodológico) y Agua Virtual, los cuales proveen la mayor parte de la base conceptual y metodológica.

El concepto de “agua virtual” fue introducido por el profesor Tony Allan a principios de los años noventa (Allan, 1993) y casi una década después se comenzó

a reconocer la importancia de este tema, que trascendió desde el ámbito científico al de la política internacional^{8,9}.

El contenido de agua virtual se refiere al volumen de agua requerida o contaminada para la producción de un producto o servicio, medida a lo largo de su cadena de suministro. De esta forma, si una nación exporta o importa un producto, se exporta o importa el agua virtual asociada a ese producto.

5.1.1 Concepto de huella hídrica

La *Huella Hídrica* corresponde al volumen usado de agua para un proceso antrópico que no retorna a la cuenca de donde fue extraída o retorna con una calidad diferente a la original. A diferencia del agua virtual (equivalente a la huella hídrica de un producto en términos cuantitativos), la huella hídrica ofrece la posibilidad de un análisis multidimensional, espacial y temporalmente explícito, orientado a entender la interacción entre las actividades antrópicas y la relación del agua con la cuenca.

La huella hídrica tiene tres componentes, dos de ellos asociados a la cantidad de agua (verde y azul) y uno a la calidad del agua (gris).

- *La huella hídrica verde* como apropiación humana de agua almacenada en el suelo para un uso antrópico indica el grado de competencia del sector agropecuario con los ecosistemas naturales.
- *La huella hídrica azul* como apropiación humana de agua de los sistemas hídricos superficiales, subsuperficiales y subterráneos para un uso antrópico que no retorna a la cuenca origen, señala los conflictos por uso en relación a la oferta hídrica disponible y por tanto, aporta a determinar la vulnerabilidad del agua en una cuenca.

8 Reunión internacional de expertos sobre comercio de agua virtual. 12 y 13 dic. 2002. IHE Delft, Holanda.

9 El tercer Foro Mundial del Agua (TWWF), organizado por el Gobierno de Japón y el Consejo Mundial del Agua. 16 a 23 mar. de 2003. Kyoto, Shiga y Osaka. Japón.

- La *huella hídrica gris* como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor, expresa la reducción de la disponibilidad por afectación a la calidad del agua.

La evaluación ambiental de las huellas hídricas en una cuenca, se basa en la comparación entre estas, que reflejan el agua demandada (extraída del sistema) y no retornada, y la disponibilidad de agua a nivel de cuenca, contando para ello con la determinación previa del origen del agua, humedad contenida en el suelo o agua de cuerpos de agua superficial, la cual esta diferenciada por colores, agua verde y azul, respectivamente.

5.1.2 Cuantificación y componentes de la huella hídrica

En la Figura 5.1, se presenta un esquema general que identifica los tres grandes componentes de la huella hídrica y su relación con la visión tradicional de la gestión del agua. La huella hídrica ofrece una visión innovadora que incorpora los usos indirectos y las huellas verde y gris, asociada al agua verde y al impacto sobre la calidad, respectivamente. Estos componentes permiten identificar el valor agregado que aporta la huella hídrica, ya que han sido excluidos en el análisis tradicional, el cual se ha centrado exclusivamente en el agua azul, gestionada desde la demanda.

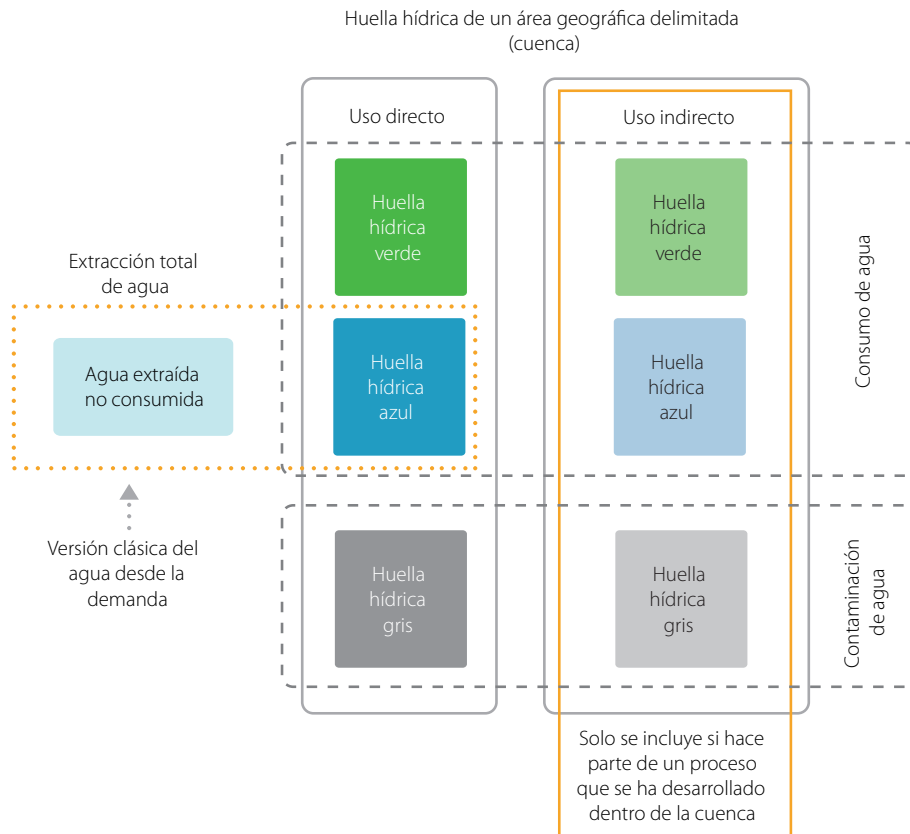


Figura 5.1 Componentes de la huella hídrica en una cuenca

La cuantificación de la huella hídrica parte de la identificación y caracterización de procesos antrópicos que afectan el agua verde o azul, dando origen a las huellas hídricas verde y azul respectivamente. El componente que muestra la afectación en términos de calidad del agua reconoce los procesos antrópicos que devuelven parte del agua usada en forma de vertimiento con diferente calidad a la natural.

La cuantificación de la huella hídrica se basa en la definición de *Apropiación Humana de Agua*, que se puede dar de manera directa o indirecta. Se entiende que existe *Apropiación Humana de Agua*, y por tanto *huella hídrica*, siempre que exista un uso del agua para un proceso antrópico y una parte del volumen usado no retorna a la cuenca de donde fue extraída o retorna con una calidad diferente a la original. Por lo tanto, la huella hídrica refleja el impacto territorial del uso del agua en términos de la disponibilidad de agua, cantidad o calidad, a partir de un proceso antrópico determinado. La apropiación humana de agua se da por uno o varios de los siguientes procesos: incorporación en un producto, evaporación en el proceso y trasvase entre cuencas.

5.1.2.1 Huella hídrica verde

Se refiere a la apropiación humana de agua verde (almacenada en el suelo). Se cuantifica mediante la estimación del agua evapotranspirada por la vegetación asociada a un proceso antrópico (cultivos) que no tiene como origen el agua de riego (agricultura en seco).

La huella hídrica verde permite una aproximación numérica a la competencia por el agua verde entre el sector agropecuario y los ecosistemas naturales.

5.1.2.2 Huella hídrica azul

Se refiere a la apropiación humana de agua azul (ríos, lagos, acuíferos). Es cuantificada mediante la estimación del volumen de agua, asociado a la extracción

o retención de la misma en una fuente superficial y/o subterránea, para satisfacer el requerimiento hídrico de un proceso antrópico y que no retorna a la cuenca origen. La huella hídrica azul está presente en el sector agrícola como riego y en todos los otros sectores como la parte del agua usada que no retorna a la cuenca por lo que se considera no disponible para otro uso.

La huella hídrica azul está asociada con la demanda hídrica, por tanto al potencial conflicto por uso. Un valor alto de huella hídrica en relación a la oferta disponible se considera como un indicador de vulnerabilidad del recurso hídrico en una cuenca.

5.1.2.3 Huella Hídrica Gris

Se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar y diluir la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor de forma que se garanticen condiciones de calidad de agua para el ambiente, las personas y las actividades humanas, de acuerdo a la normatividad vigente.

Debido a la limitación de información sobre calidad del agua a nivel nacional y al avance metodológico del tema, se toma la decisión de incluir la huella hídrica gris a nivel de concepto, y excluirla en términos de cálculo y análisis de resultados, de forma que se pospone la cuantificación y evaluación posterior.

5.1.3 Evaluación de huella hídrica verde y azul

En la aplicación de la huella hídrica en el ENA 2014 se realiza la cuantificación y una evaluación de sostenibilidad descritos metodológicamente y detallados en el análisis de resultados.

5.1.3.1 Evaluación y análisis de huella hídrica verde

En la evaluación de la huella hídrica verde total de una cuenca, se calcula el agua verde total disponible

allí durante un periodo de tiempo determinado, la disponibilidad de agua verde para actividades antrópicas, la huella hídrica de las actividades agropecuarias y compara la disponibilidad del agua con la huella hídrica para analizar el grado de competencia entre los ecosistemas y las actividades agropecuarias.

La disponibilidad de agua verde para las actividades humanas agropecuarias en un periodo de estudio, corresponde a la diferencia entre la ET real de la cuenca y la procedente de las ET de ecosistemas naturales y áreas no productivas para el sector agropecuario.

La huella hídrica verde en una cuenca se define como la suma de las huellas hídricas verdes de todos los procesos agropecuarios que se desarrollan al interior de la misma y se interpreta como el requerimiento hídrico del cultivo, que se encuentra satisfecho sin necesidad de riego (cultivo en seco), lo cual se da total o parcialmente para todos los cultivos. El concepto de huella hídrica verde permite entender el riego de cultivos como una manifestación de escasez de agua verde que debe ser suplida mediante acción humana con agua azul.

La evaluación de la huella hídrica verde consiste en la comparación del agua verde disponible para actividades productivas, con la huella verde de estas actividades. El resultado del análisis permite identificar zonas en competencia por agua verde entre el sector agropecuario y ecosistemas naturales.

5.1.3.2 Evaluación y análisis de huella hídrica azul

La huella hídrica azul en una cuenca se define como la suma de las huellas azules de los procesos multisectoriales que se desarrollan al interior de la misma. Se interpreta como la porción del volumen de riego teórico¹⁰ que se aplica a los cultivos o que

se incorpora, trasvasa o evapora en los procesos sectoriales, por lo tanto, se convierte en un volumen que se pierde físicamente de la cuenca. En tal sentido, la huella hídrica no supera o es inferior el valor de la demanda hídrica en una cuenca.

La fase de evaluación de la huella hídrica azul se basa en la comparación de esta en una cuenca, con la oferta disponible para cada una de ellas, para un periodo de tiempo determinado. Es importante hacer los análisis de comparación para la oferta natural y la oferta regulada (embalses y trasvases), debido a que la infraestructura hidráulica altera de manera importante la oferta y demanda hídrica de una cuenca.

5.1.3.3 Análisis de flujos de agua virtual

Para el análisis del comportamiento del agua virtual se parte por analizar la huella hídrica y demanda agropecuaria en relación con la balanza comercial y sus implicaciones frente a la gestión del agua para el año de estudio y para el año horizonte (2022).

Los resultados de este análisis permiten identificar el volumen de agua virtual de los principales productos de exportación, adicionalmente permite estimar si esta es agua verde o azul.

5.2 Aspectos metodológicos y análisis de resultados de huella hídrica

Se presenta en este punto la metodología y los resultados de la cuantificación de la huella hídrica verde y azul para los sectores agrícola y pecuario, huella hídrica azul de los sectores doméstico, generación de energía hidroeléctrica y termoeléctrica y minero - energético del proceso de extracción de petróleo.

¹⁰ El riego teórico es equivalente al concepto de demanda hídrica y es calculado para cada cultivo y localización en el territorio nacional, bajo un modelo de interrelación entre disponibilidad hídrica, características de cultivo, tipo de suelo y eficiencia teórica de cada sistema de riego.

5.2.1 Huella hídrica verde y azul del sector agrícola y pecuario

Se parte de la metodología reportada en el Capítulo 4 – Demanda Hídrica, y se obtienen resultados de huella hídrica azul y verde para el sector agrícola a nivel nacional. En el caso del sector agrícola, se presentan resultados por cultivos permanentes, transitorios y pastos de cultivo (Pastos de corte y forrajero) por subzonas hidrográficas.

La huella hídrica se estimó para los 21 cultivos permanentes priorizados y la categoría de agrupación “otros” que permite incluir la totalidad de los cultivos permanentes reportados en la información oficial.

En lo relativo a los cultivos transitorios se priorizaron 18 de ellos y la categoría “otros” que permite incluir la totalidad de los cultivos transitorios reportados en la información oficial. Es de resaltar que la escala temporal de cálculo definida para el ENA 2014 es mensual, lo cual tiene un impacto importante en los cultivos transitorios, que implica considerar el calendario de siembra y cosecha mensual municipal para toda Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2013c) y permite entender la dinámica territorial de rotación de cultivos y ajustar los cálculos y resultados a la presencia real de cada cultivo en el territorio mes a mes.

Para la cuantificar la huella hídrica de los pastos de cultivo asociados a un proceso agrícola, se parte de las siguientes premisas de base:

- De las cinco categorías de pastos reportados a nivel municipal por el Ministerio de Agricultura para el año 2012, (Tabla 4.6 capítulo 4, áreas concertadas para pastos en Colombia 2012), se toman dos categorías agrícolas: pastos de corte y forrajeros, dado que estos tipos de pastos son cultivados y cosechados con un propósito económico y siguiendo una dinámica muy similar a la de un cultivo agrícola. La sumatoria de los pastos de corte y forrajeros

se estimó en 1.815.830 hectáreas¹¹ (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

- Las tres categorías restantes quedan asociadas a la ganadería extensiva: pastos naturales, mejorados y en sistema silvopastoril. Estas categorías permiten estimar que el área de pastos que potencialmente fueron usados por la ganadería extensiva en el año 2012 son 37.055.676 hectáreas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Los pastos agrícolas (de corte y forrajero) recibieron el tratamiento metodológico de un cultivo, por lo que se estimó que se pueden regar siempre que el clima no sea favorable y la especie vegetal lo demande.
- Para los pastos ganaderos (naturales, mejorados y en sistema silvopastoril), se considera que no existe la posibilidad de suministrar riego a los potreros, siendo esta la práctica cultural más arraigada en el territorio nacional y una de las principales causas del empobrecimiento del suelo en estas zona y la generación de grandes extensiones de territorios con potreros de bajo rendimiento con muy baja densidad ganadera.

5.2.1.1 Huella hídrica azul para el sector agrícola

La huella hídrica azul se interpreta como la porción del volumen de riego teórico¹² que se aplica a los cultivos y es efectivamente evapotranspirado, por lo tanto, se convierte en un volumen que se pierde físicamente de la cuenca. El mayor valor se da para el cultivo de palma de aceite, caña y plátano. El cultivo de café, pese a ser el cultivo con mayor número de hectáreas cultivadas en Colombia, no presenta huella hídrica azul debido

¹¹ Información tomada de la base de datos oficial del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con corrección del dato reportado de pasto forrajero en el municipio de San Martín, Meta.

¹² El riego teórico es equivalente al concepto de demanda hídrica y es calculado para cada cultivo y localización en el territorio nacional, bajo un modelo de interrelación entre disponibilidad hídrica, características de cultivo, tipo de suelo y eficiencia teórica de cada sistema de riego.

a que se considera como cultivo de secano bajo la práctica convencional en Colombia.

En la Tabla 5.1, se relacionan los resultados de huella azul para cultivos permanentes, cultivos transitorios y pastos.

En los cultivos permanentes, el cultivo con mayor huella hídrica azul es la palma de aceite, seguido del cultivo de plátano y de caña de azúcar, por su parte el cultivo con menor huella hídrica azul es el café, siendo el cultivo con la mayor huella hídrica verde de Colombia (Figura 5.2).

Tabla 5.1 Huella hídrica azul del sector agrícola

Cultivo permanente	Huella hídrica azul (MHm ³)	Cultivo transitorio	Huella hídrica azul (Mm ³)	Cultivo de pastos	Huella hídrica azul (Mm ³)
Café	-	Arroz secano manual	-	Pastos de Forraje	432,09
Coca	0,01	Arroz secano mecanizado	-	Pastos de corte	1.744,84
Fique	11,21	Soya	0,56		
Piña	14,17	Trigo	1,83		
Mora	15,64	Tomate	3,19		
Guayaba	16,34	Sorgo	4,83		
Flores y follajes de campo	21,94	Tabaco rubio	5,07		
Aguacate	28,32	Cebolla de bulbo	6,28		
Coco	29,19	Zanahoria	6,55		
Tomate de árbol	32,93	Cebolla de rama	8,06		
Naranja	33,33	Frijol	10,03		
Flores y follajes de invernadero	34,14	Arveja	10,27		
Cítricos	62,52	Algodón	13,34		
Caucho	63,51	Hortalizas	27,85		
Cacao	119,38	Otros transitorios	42,71		
Mango	133,43	Yuca	47,16		
Otros permanentes	163,30	Maíz	103,17		
Ñame	211,96	Papa	111,70		
Banano	238,15	Arroz de riego	444,54		
Caña	774,87				
Plátano	938,31				
Palma de aceite	975,72				
Total permanentes	3.918,37	Total transitorios	847,14	Total pastos	2.176,93

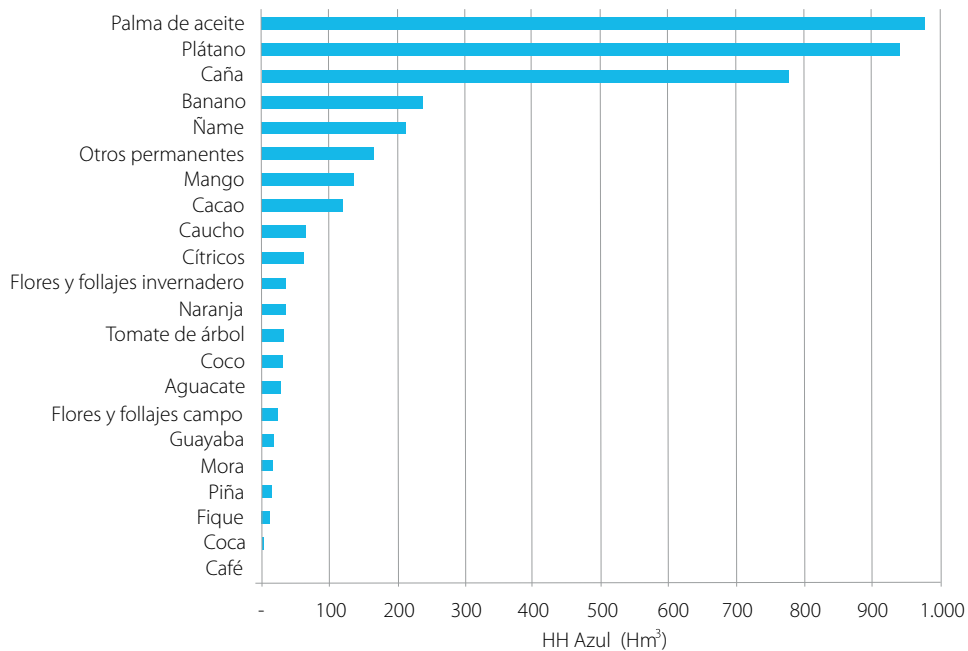


Figura 5.2 Huella hídrica azul de los cultivos permanentes, año 2012

Se puede observar que en los cultivos transitorios, el cultivo con mayor huella hídrica azul es el arroz de riego, seguido del cultivo de papa y maíz. El cultivo con menor huella hídrica azul es el de soya (Figura 5.3).

La huella hídrica azul de los pastos de cultivo se estima en 2.176,93 Millones de m³. Para las áreas hidrográficas de Orinoquia y Amazonia se considera que las prácticas de producción son diferentes al resto de los cultivos de pastos de corte y forrajeros, se comportan como cultivos transitorios de secano que no reciben riego, y la huella hídrica azul asociada a estos cultivos es cero.

5.2.1.2 Huella hídrica verde para el sector agrícola

La huella hídrica verde corresponde al requerimiento hídrico del cultivo, que se encuentra satisfecho sin necesidad de riego (cultivo en secano), lo cual se da total o parcialmente para todos los cultivos. El concepto de huella hídrica verde permite entender el riego de cultivos como una manifestación de escasez de agua verde que debe ser suplida con agua azul.

El mayor valor lo presenta el cultivo de café, seguido por el cultivo de caña, palma de aceite y plátano. En la Tabla 5.2, se pueden apreciar los valores de huella hídrica verde para los cultivos permanentes, transitorios y pastos.

El cultivo con mayor huella hídrica verde es el café, seguido por la caña de azúcar y la palma de aceite. El fenómeno del café se debe al cultivo en secano del café en ladera, practica claramente arraigada en la cultura de producción cafetera de Colombia (Figura 5.4).

Se observa que el cultivo con mayor huella hídrica verde es el maíz, seguido del arroz de riego y el secano mecanizado. Por su parte las menores huellas hídricas verdes las presentan la zanahoria, el tomate y el trigo (Figura 5.5).

La huella hídrica verde de los pastos de cultivo se estima en 10.825,98 Millones de m³. Como se mencionó en la huella azul los pastos de corte y forrajeros en la Orinoquia y Amazonia se comportan como cultivos transitorios de secano lo que implica que el cultivo se soporta con agua verde, por lo tanto toda su huella hídrica es verde.

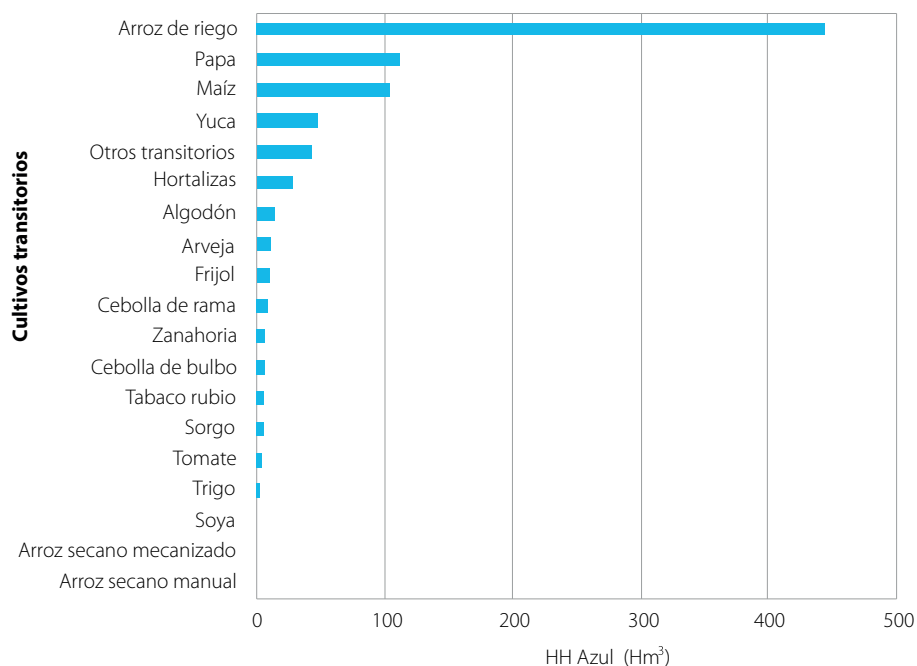


Figura 5.3 Huella hídrica azul de los cultivos transitorios, año 2012

Tabla 5.2 Huella hídrica verde para cultivos permanentes, transitorios y pastos

Cultivo permanente	Huella hídrica verde (Hm³)	Cultivo transitorio	Huella hídrica verde (Hm³)	Pastos	Huella hídrica verde (Hm³)
Flores y follajes invernadero	-	Trigo	20,39	Pastos de cultivo (corte y forraje)	10.825,98
Flores y follajes campo	39,20	Tomate	29,66		
Mora	85,79	Zanahoria	30,24		
Tomate de árbol	140,35	Cebolla de bulbo	31,05		
Guayaba	171,70	Tabaco rubio	32,49		
Fique	172,20	Sorgo	40,96		
Piña	202,74	Cebolla de rama	66,30		
Mango	280,60	Soya	74,39		
Coco	307,10	Arroz seco manual	96,88		
Coca	362,44	Arveja	102,07		
Naranja	400,34	Hortalizas	140,29		
Aguacate	417,00	Algodón	145,48		
Ñame	444,00	Frijol	178,75		
Caucho	641,02	Otros transitorios	223,73		
Cítricos	711,06	Papa	515,30		
Banano	933,23	Yuca	556,21		
Otros permanentes	1.166,97	Arroz seco mecanizado	1.410,21		
Cacao	1.260,95	Arroz de riego	1.427,88		
Plátano	5.381,50	Maíz	2.078,90		
Palma de aceite	5.928,92				
Caña	6.018,33				
Café	11.822,33				
Total	36.887,77	Total	7.201,18	Total	10.825,98

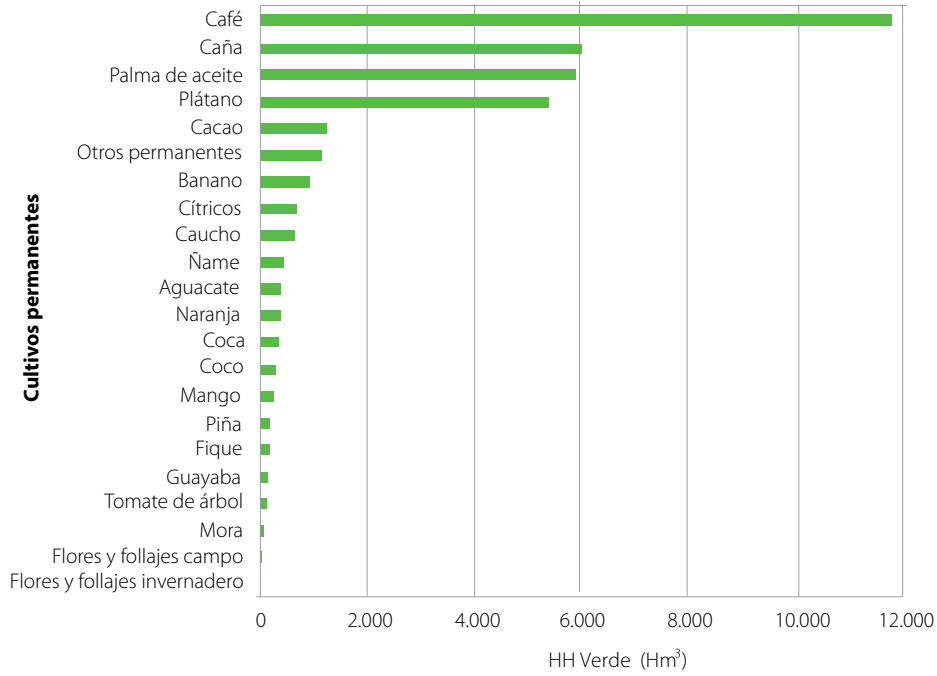


Figura 5.4 Huella hídrica verde de los cultivos permanentes, año 2012

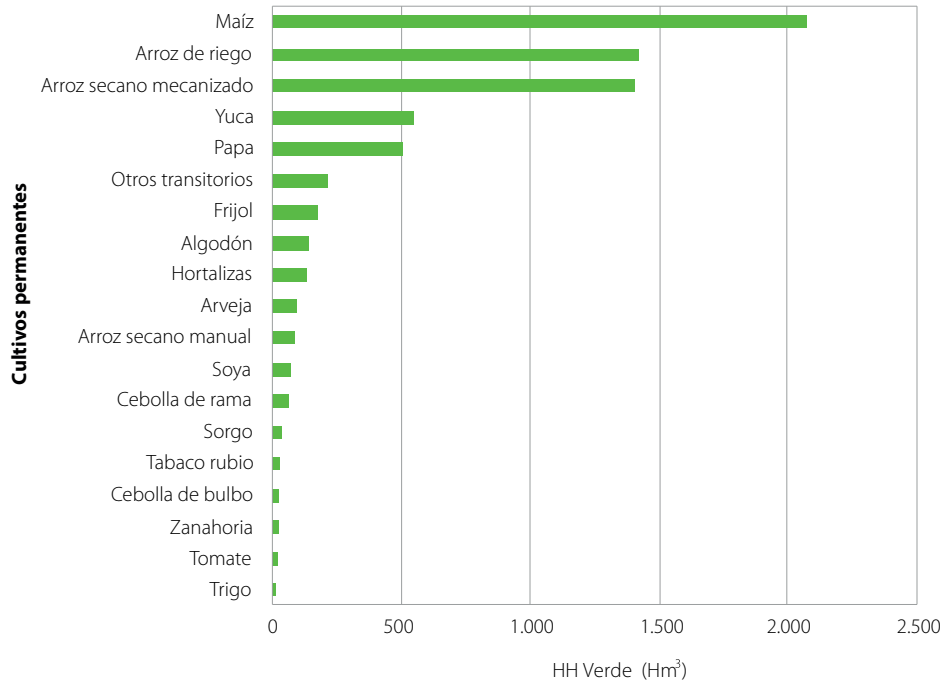


Figura 5.5 Huella hídrica verde de los cultivos transitorios, año 2012

5.2.1.3 Huella hídrica verde para sector pecuario (Pastos ganaderos)

La huella hídrica solamente se genera por apropiación humana de agua. Para el caso de la ganadería, la apropiación se da de manera indirecta vía alimentación del ganado que consume pasto por un fin económico asociado a la producción de leche o carne. Bajo este esquema, la huella hídrica verde pecuaria se calcula a partir de la relación entre la disponibilidad potencial de pastos y el inventario ganadero municipal, que para 2012 son 24.340.148 cabezas de ganado vacuno (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014), Tabla 5.3.

En área de pastos ganaderos sobresalen, respecto al valor total nacional, departamentos como Vichada con 12%, Meta 9%, Casanare 9%, Antioquia 8%, Arauca 5% y Córdoba 5%, que abarcan cerca de la mitad de todo el pasto de ganadería extensiva de Colombia. En relación con el inventario ganadero el departamento del Meta alcanza el 7%, Casanare 8%, Antioquia 11%, Arauca 4%, Caquetá 6%, Santander 7% y Córdoba 8%, los cuales cubren cerca de la mitad de todo el inventario ganadero de Colombia.

Para establecer la relación entre el inventario ganadero y la disponibilidad de pastos para ganadería extensiva reportada se utilizan los siguientes factores de producción del sector pecuario:

Consumo materia seca /día x peso en pie – Propósito carne	10%
Consumo materia seca /día x peso en pie - Propósito leche	15%
Rendimiento potrero (ton/ha/cosecha)	2,2
Periodo rotación de potreros (días)	45

Considerando los datos anteriormente citados se obtiene una relación con el inventario bovino que permite estimar que con aproximadamente 19,18 millones de hectáreas de pastos, bajo esas condiciones, es suficiente para alimentar a la totalidad de las cabezas de ganado reportadas para el año 2012 a nivel

Tabla 5.3. Número total de cabezas de ganado vacuno por departamento

Departamentos	Número total de cabezas de ganado vacuno para año 2012
Amazonas	7.730
Antioquia	2.582.327
Arauca	1.019.750
Archipiélago de San Andrés	1.428
Atlántico	207.822
Bolívar	875.598
Boyacá	934.457
Caldas	393.301
Caquetá	1.521.485
Casanare	1.864.535
Cauca	321.029
Cesar	1.651.317
Chocó	170.030
Córdoba	2.053.006
Cundinamarca	1.314.921
Guainía	2.804
Guaviare	428.443
Huila	478.282
La Guajira	345.289
Magdalena	1.294.589
Meta	1.604.162
Nariño	378.651
Norte de Santander	519.376
Putumayo	139.693
Quindío	75.271
Risaralda	96.083
Santander	1.793.877
Sucre	856.209
Tolima	706.009
Valle del cauca	490.812
Vaupés	1.945
Vichada	209.919
Total	24.340.150

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014.

nacional, lo que implica que hay aproximadamente 18 millones de hectáreas de pastos que podrían ser susceptibles a transformación de uso, sin penalizar la producción del sector agrícola.

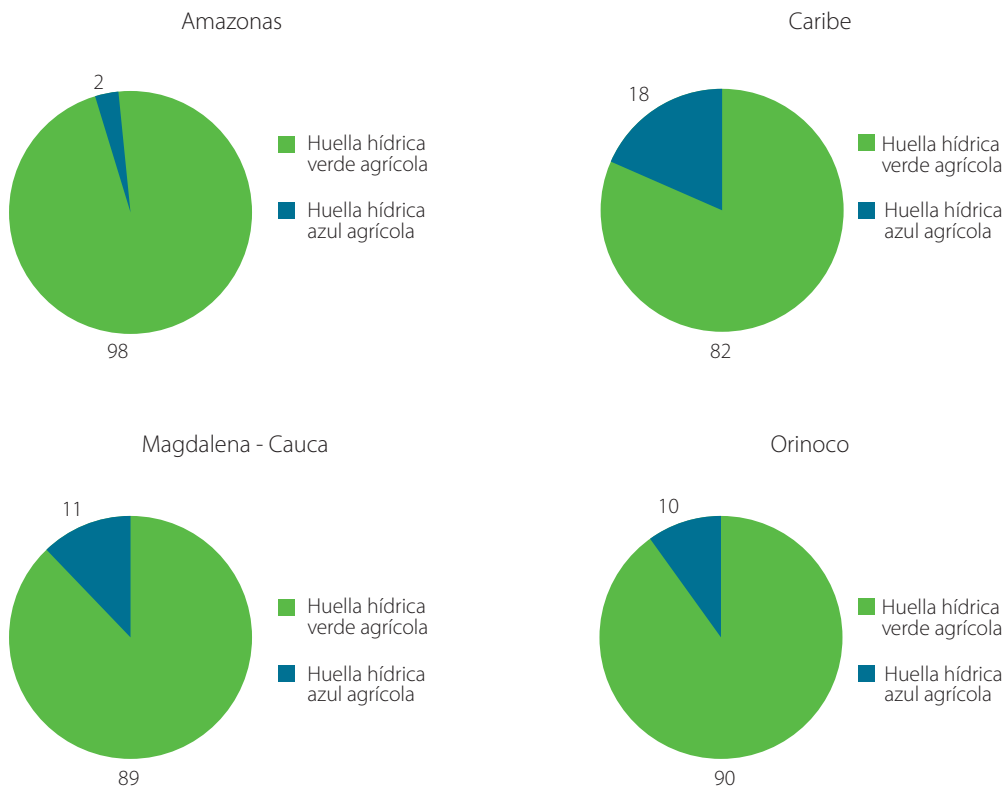
El resultado final de la huella hídrica verde del sector pecuario asciende a un total de 245.537 Millones de m³/año, lo cual es aproximadamente cinco veces la huella hídrica verde del sector agrícola. Este resultado mantiene una relación esperada para Colombia considerando que existen aproximadamente 5 millones de hectáreas agrícolas frente a casi 40 millones de hectáreas de pastos a nivel nacional.

5.2.1.4 Cuantificación nacional de la huella hídrica verde y azul agropecuaria

Los resultados de cuantificación de huella verde y azul para el sector agrícola y pecuario, como único sector con las dos huellas, permiten identificar una participación porcentual de 11% de huella hídrica azul y 89% de huella hídrica verde.

Estos valores plenamente coherentes con resultados previos de referencia y la distribución porcentual son representativos de un país con alta disponibilidad hídrica y vocación agrícola, especialmente de seco con un uso marginal del agua de riego. No obstante, la relación porcentual de huella hídrica verde y azul presenta variaciones a nivel de área hidrográfica, zona y subzona hidrográfica. A este último nivel se identifican 7 subzonas hidrográficas, una relación entre huella hídrica verde agrícola y huella hídrica azul agrícola mayor o igual a 50% (Códigos 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 2904, 2909) y un total de 97 subzonas hidrográficas con un valor superior al promedio nacional de 11%, lo que implica una mayor dependencia de riego que el promedio nacional y por tanto mayor presión sobre el recurso y riesgo hídrico asociado.

En la Figura 5.6, se puede apreciar la variación porcentual para cada área hidrográfica.



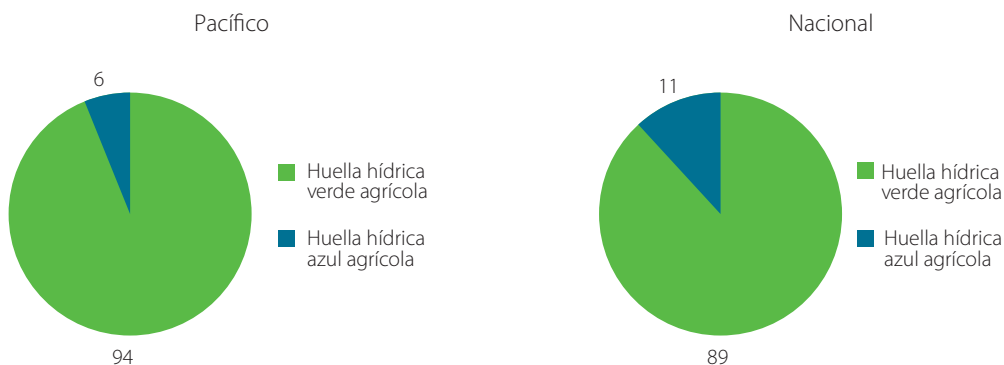


Figura 5.6 Distribución porcentual de la huella hídrica verde y azul por área hidrográfica para el sector agrícola, año 2012. Transitorios, año 2012

En cuanto a la incidencia de cada una de las huellas en cada área hidrográfica se identifica que el 68% de la huella hídrica verde agrícola y el 66% de la huella hídrica agrícola azul se encuentra ubicada en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, lo cual ratifica la concentración de la presión sobre el recurso hídrico que existe en esta área hidrográfica desde el sector agrícola (Figura 5.7)

La variación temporal es otro factor determinante para la identificación de zonas críticas con base en la información aportada por la huella hídrica. (Figura 5.8 y 5.9)

5.2.1.5 Cuantificación geográfica de huella hídrica verde para sector agrícola

La huella hídrica verde está relacionada con el agua verde que visibiliza a los ecosistemas naturales como un sector más que demanda recursos hídricos en forma de agua verde, y a la agricultura como una actividad antrópica que compite por el agua verde mediante el cambio de uso del suelo que pasa de bosque nativo o vegetación natural a zona de explotación agrícola, en el proceso conocido como “ampliación de la frontera agrícola”.

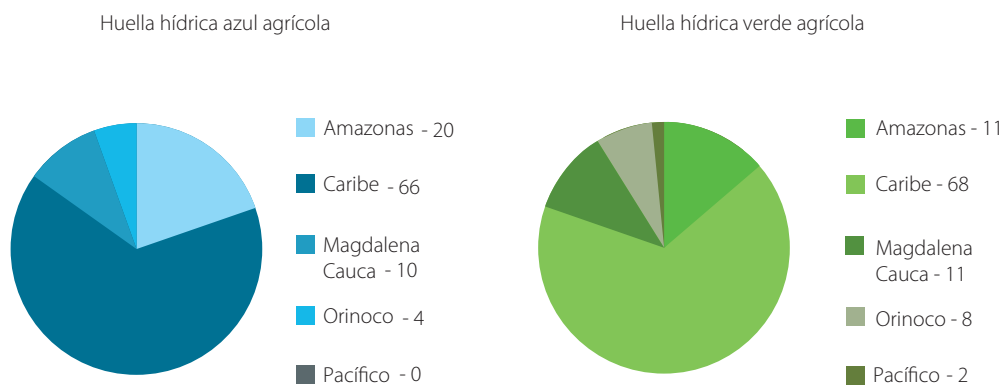


Figura 5.7 Distribución porcentual de la huella hídrica verde y azul agrícola por cada área hidrográfica, año 2012

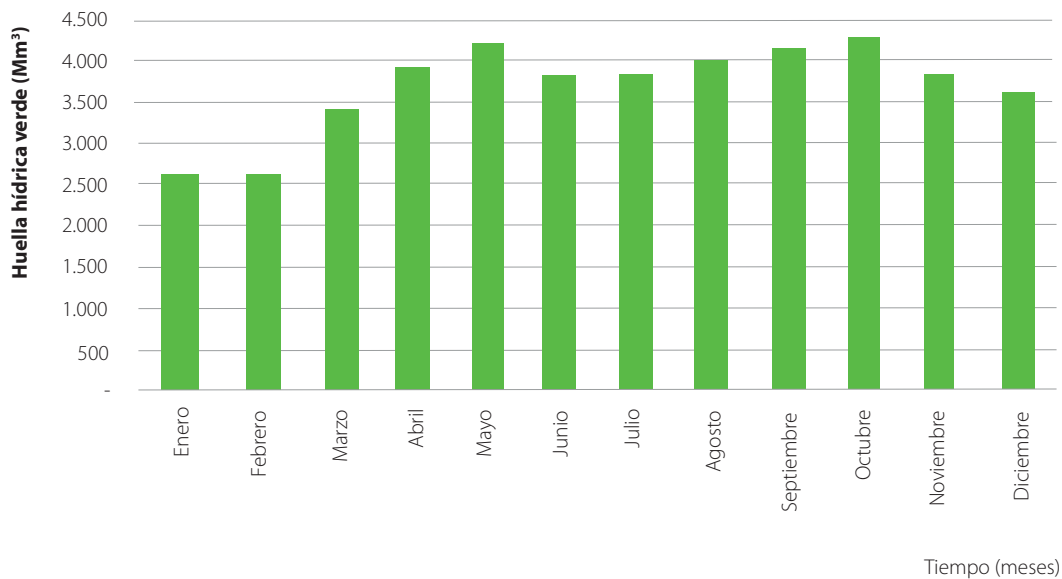


Figura 5.8 Distribución mensual de la huella hídrica verde de Colombia para el sector agrícola, año 2012

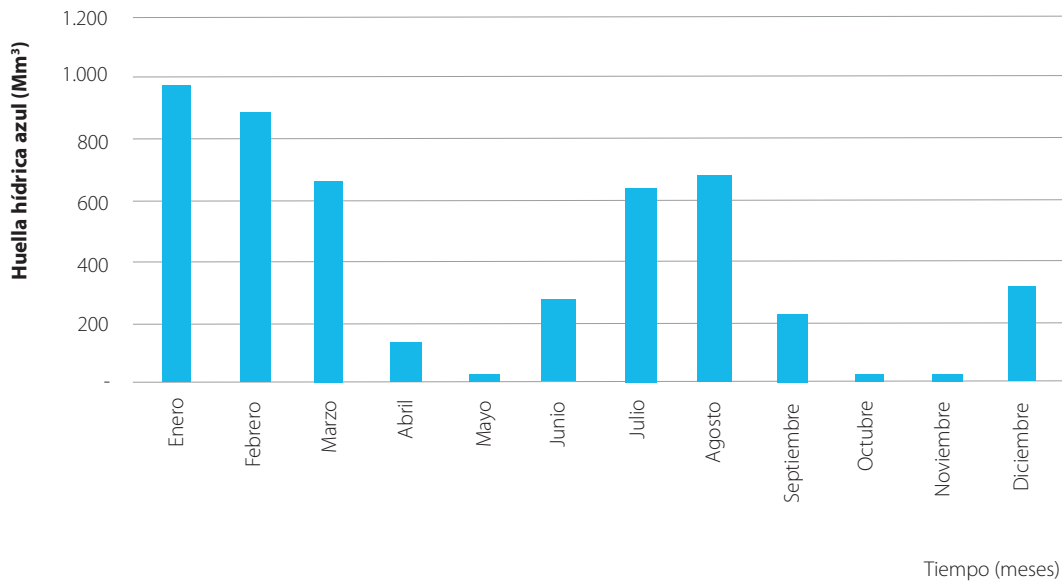


Figura 5.9 Distribución mensual de la huella hídrica azul de Colombia para el sector agrícola, año 2012

La conceptualización del agua verde como recurso cuantificable que por apropiación humana con un propósito económico está sometido a competencia y potencial conflicto, permite tener una primera aproximación a la cuantificación y evaluación de la sostenibilidad de los ecosistema naturales proveedores de servicios ecosistémicos, frente al crecimiento del sector agropecuario.

La huella hídrica verde por área y por zona hidrográfica se relaciona en la Tabla 5.4. La distribución espacial de la huella hídrica verde anual para el sector agrícola se observa en el mapa de la Figura 5.10 y su distribución mensual en los mapas de la Figura 5.11.

Tabla 5.4 Huella hídrica verde del sector agrícola por área y por zona hidrográfica, año 2012

AH	Nombre AH	HH verde agrícola (Mm³)	ZH	Nombre zona hidrográfica	HH verde agrícola (Mm³)
1	Caribe	6.192,82	11	Atrato – Darién	735,7
			12	Caribe – Litoral	2.336,5
			13	Sinú	1.030,4
			15	Caribe – Guajira	637,3
			16	Catatumbo	1.452,8
			17	Islas Caribe	0,1
2	Magdalena - Cauca	37.262,62	21	Alto Magdalena	6.956,4
			22	Saldaña	1.829,5
			23	Medio Magdalena	6.653,2
			24	Sogamoso	3.091,9
			25	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	1.422,6
			26	Cauca	11.950,9
			27	Nechí	761,4
			28	Cesar	1.794,8
3	Orinoco	6.116,79	29	Bajo Magdalena	2.801,9
			31	Inírida	110,8
			32	Guaviare	879,8
			33	Vichada	263,1
			34	Tomo	63,3
			35	Meta	4.084,6
			36	Casanare	383,7
			37	Arauca	320,7
			38	Orinoco Directos	10,8
4	Amazonas	972,9	39	Apure	0,0
			41	Guanía	0,6
			42	Vaupés	35,8
			43	Apaporis	95,6
			44	Caquetá	371,8
			45	Yarí	113,2
			46	Caguán	136,0
			47	Putumayo	209,6
			48	Amazonas – Directos	10,0
5	Pacífico	4.369,88	49	Napo	0,2
			51	Mira	526,2
			52	Patía	2.328,7
			53	Tapaje - Dagua - Directos	772,4
			54	San Juan	595,2
			55	Baudó - Directos Pacifico	135,0
			56	Pacífico – Directos	12,4
57	Islas Pacífico	-			

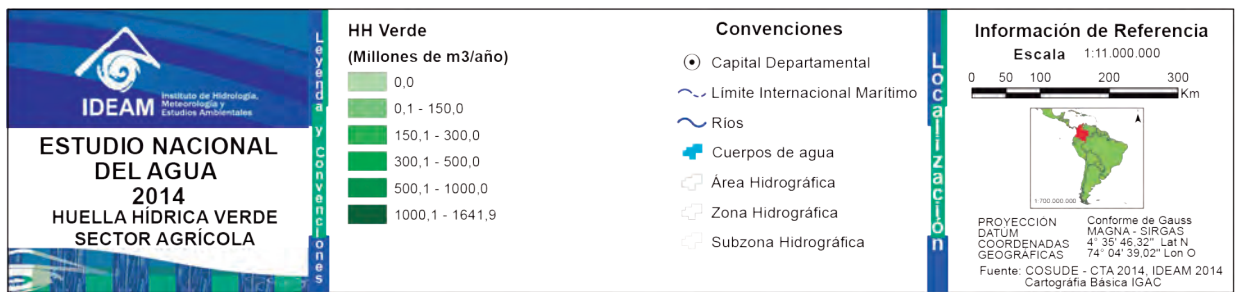
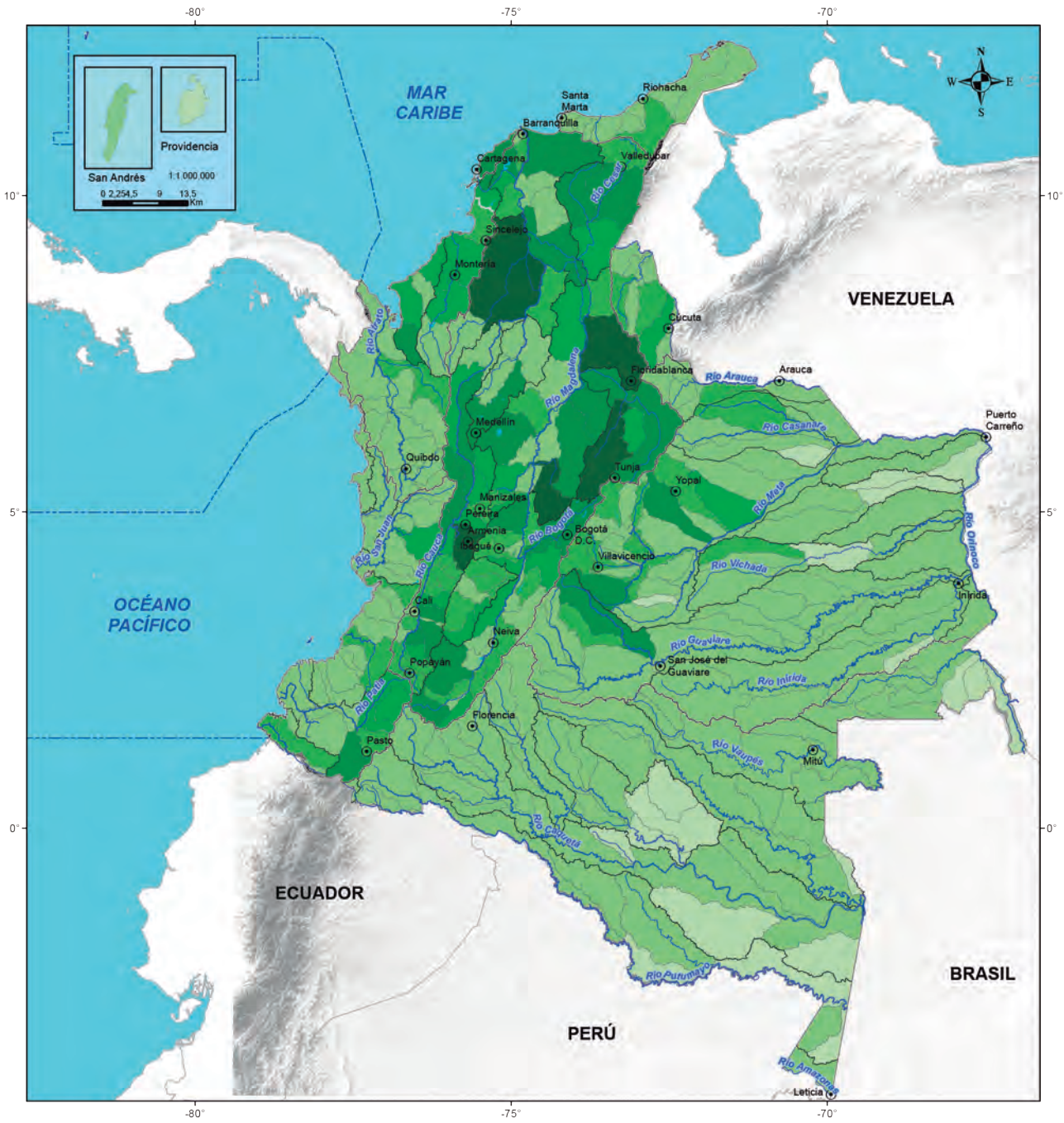


Figura 5.10 Huella hídrica verde anual para el sector agrícola 2012

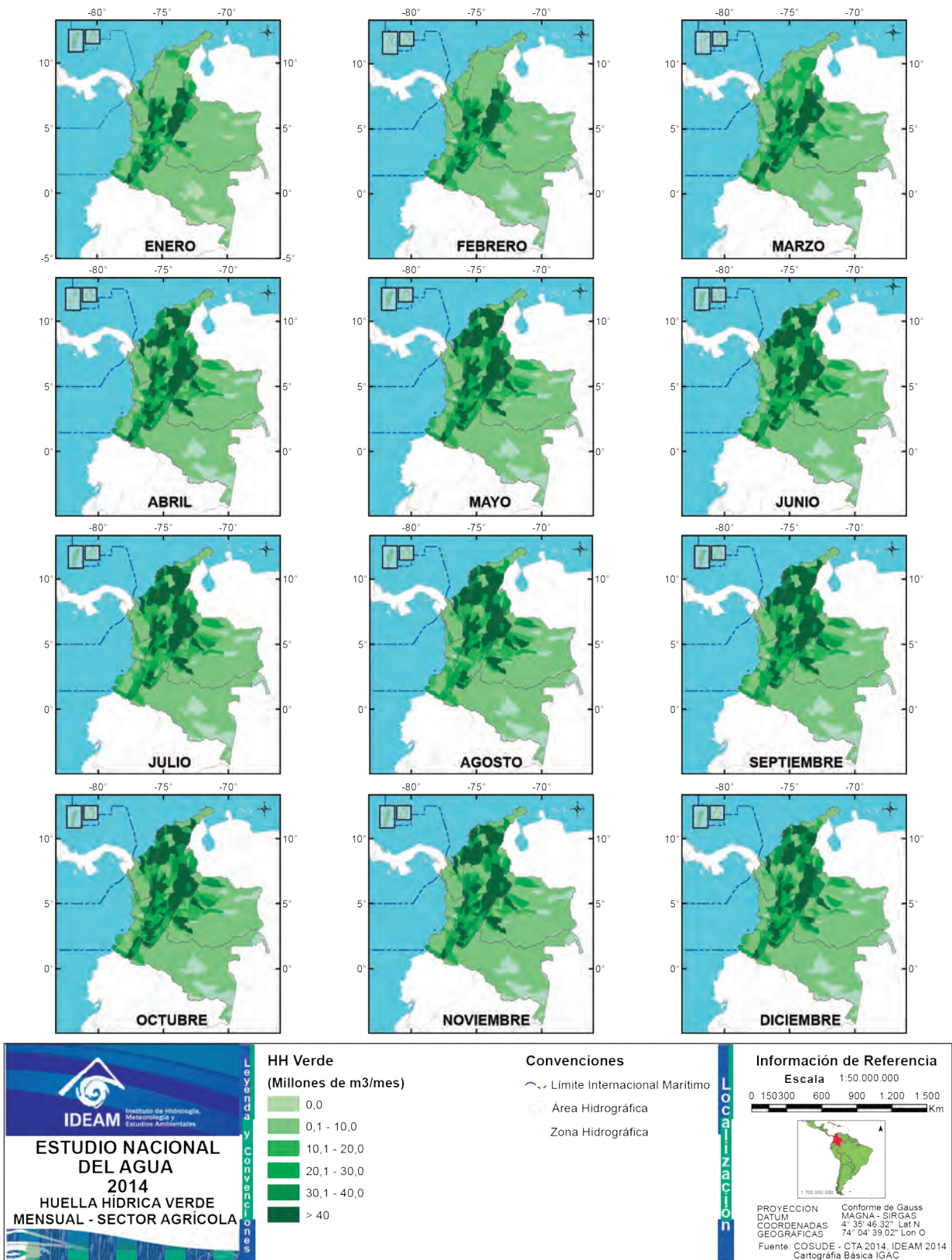


Figura 5.11 Huella hídrica mensual verde para el sector agrícola

5.2.1.6 Cuantificación de huella hídrica verde para sector pecuario

Huella hídrica verde para sector pecuario

La huella hídrica verde pecuaria por área y por zona hidrográfica se muestra en la Tabla 5.5.

Las 13 subzonas hidrográficas con mayor valor de huella hídrica verde pecuaria de Colombia (calculada como relación de disponibilidad de pastos para ganadería extensiva y uso efectivo para producción ganadera) que representan aproximadamente el 30% del total nacional se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.5 Huella hídrica verde del sector pecuario por área y por zona hidrográfica, año 2012

AH	Nombre AH	HH verde pecuaria (Hm³)	ZH	Nombre zona hidrográfica	HH verde pecuaria Hm³
1	Caribe	29.374,59	11	Atrato – Darién	4.473,8
			12	Caribe – Litoral	9.530,9
			13	Sinú	9.396,3
			15	Caribe - Guajira	2.252,2
			16	Catatumbo	3.721,5
			17	Islas Caribe	-
2	Magdalena Cauca	132.454,59	21	Alto Magdalena	14.634,5
			22	Saldaña	2.147,3
			23	Medio Magdalena	32.845,1
			24	Sogamoso	10.744,2
			25	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	16.576,0
			26	Cauca	15.228,4
			27	Nechí	6.281,3
			28	Cesar	16.321,1
			29	Bajo Magdalena	17.676,8
			3	Orinoco	62.216,13
32	Guaviare	10.540,3			
33	Vichada	1.239,9			
34	Tomo	446,1			
35	Meta	34.297,3			
36	Casanare	8.951,3			
37	Arauca	3.840,6			
38	Orinoco Directos	716,0			
39	Apure	-			
4	Amazonas	16.005,0			
			42	Vaupés	698,1
			43	Apaporis	522,6
			44	Caquetá	6.067,6
			45	Yarí	501,7
			46	Caguán	6.856,0
			47	Putumayo	1.260,3
			48	Amazonas - Directos	-
			49	Napo	98,7

Continuación tabla 5.5

AH	Nombre AH	HH verde pecuaria (Hm ³)	ZH	Nombre zona hidrográfica	HH verde pecuaria Hm ³
5	Pacífico	5.486,36	51	Mira	422,5
			52	Patía	3.934,8
			53	Tapaje - Dagua - Directos	388,4
			54	San Juan	692,3
			55	Baudó - Directos Pacifico	7,5
			56	Pacífico - Directos	40,8
			57	Islas Pacífico	-

Tabla 5.6 Subzonas hidrográficas con mayor huella hídrica verde pecuaria de Colombia

SZH	NOMSZH	Huella hídrica verde sector pecuario (Millones de m ³ /año)
1303	Bajo Sinú	5.239,63
2312	Río Carare (Minero)	4.781,22
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	6.611,60
2401	Río Suárez	4.573,45
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	13.906,17
2802	Medio Cesar	5.879,12
2804	Río Ariguani	4.928,46
2805	Bajo Cesar	4.194,15
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	4.249,40
2908	Ríos Chimuica y Corozal	4.002,65
3206	Río Ariari	4.584,87
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	7.303,02
3603	Río Cravo Norte	4.091,51

En la Figura 5.12, se puede observar la huella hídrica verde anual en millones de metros cúbicos para el sector agropecuario (cultivos, pastos ganaderos), y su distribución espacial.

5.2.1.7 Cuantificación geográfica de huella hídrica azul para sector agrícola

La huella hídrica azul agrícola por área y por zona hidrográfica se muestra en la Tabla 5.7 y su distribución espacial en las figuras 5.13 (anual) y 5.14 (mensual).

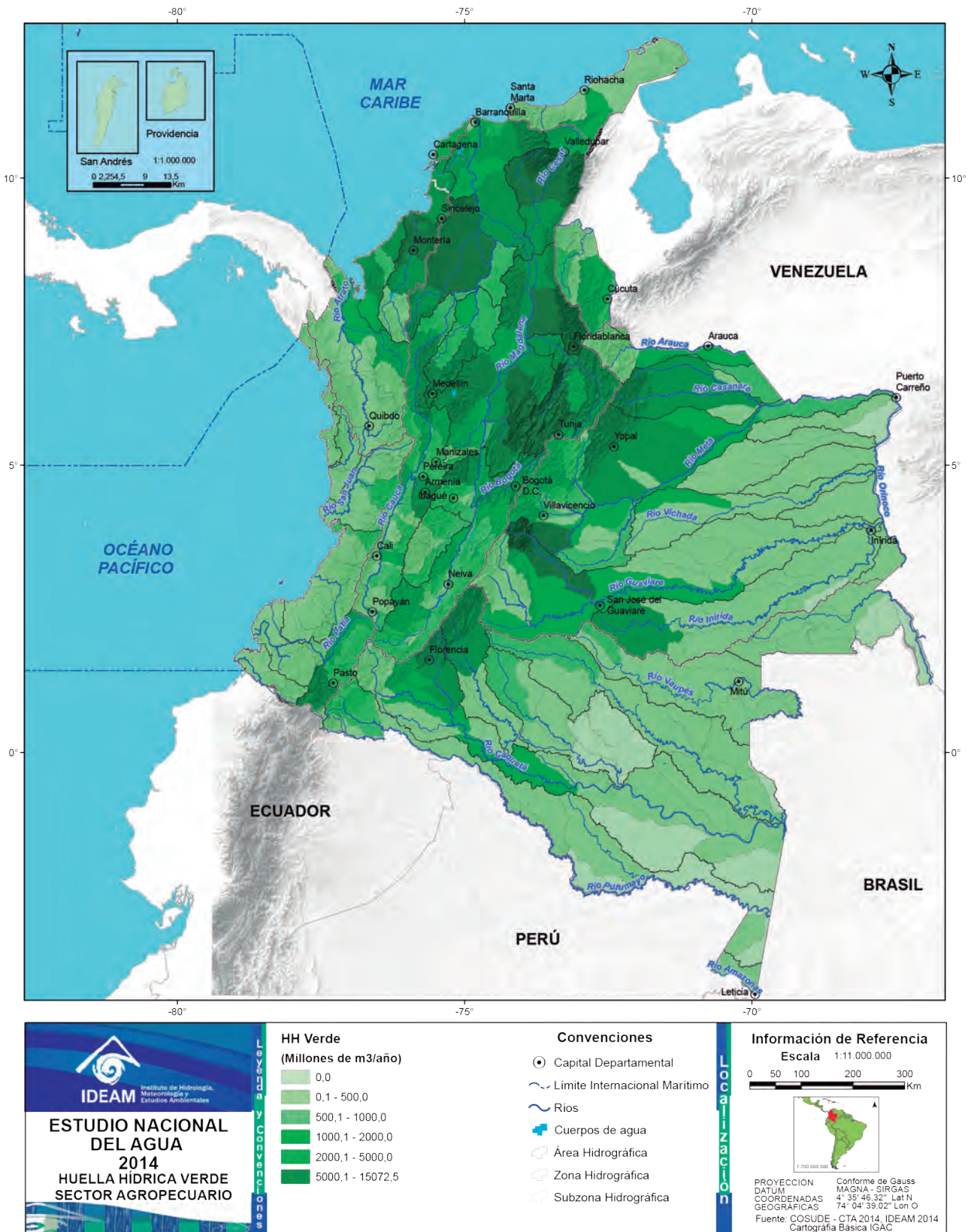


Figura 5.12 Distribución espacial de la huella hídrica verde anual para el sector agropecuario (cultivos, pastos ganaderos), año 2012

Tabla 5.7 Huella hídrica azul del sector agrícola por área y por zona hidrográfica, año 2012

AH	Nombre AH	HH Azul agrícola (Mm ³)	ZH	Nombre zona hidrográfica	HH Azul agrícola (Mm ³)
1	Caribe	1.347,65	11	Atrato - Darién	20,3
			12	Caribe - Litoral	612,0
			13	Sinú	223,6
			15	Caribe - Guajira	359,0
			16	Catatumbo	132,8
			17	Islas Caribe	-
2	Magdalena Cauca	4.604,47	21	Alto Magdalena	1.152,3
			22	Saldaña	170,6
			23	Medio Magdalena	378,0
			24	Sogamoso	278,2
			25	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	218,2
			26	Cauca	946,6
			27	Nechí	12,4
			28	Cesar	468,6
3	Orinoco	675,80	29	Bajo Magdalena	979,7
			31	Inírida	4,0
			32	Guaviare	55,1
			33	Vichada	55,2
			34	Tomo	10,1
			35	Meta	433,2
			36	Casanare	74,3
			37	Arauca	40,5
			38	Orinoco Directos	3,4
4	Amazonas	17,2	39	Apure	0,0
			41	Guanía	-
			42	Vaupés	0,7
			43	Apaporis	2,9
			44	Caquetá	3,3
			45	Yarí	5,2
			46	Caguán	4,1
			47	Putumayo	1,0
			48	Amazonas - Directos	0,0
5	Pacífico	297,29	49	Napo	0,0
			51	Mira	0,6
			52	Patía	248,7
			53	Tapaje - Dagua - Directos	15,5
			54	San Juan	32,4
			55	Baudó - Directos Pacifico	-
			56	Pacífico - Directos	0,0
57	Islas Pacífico				

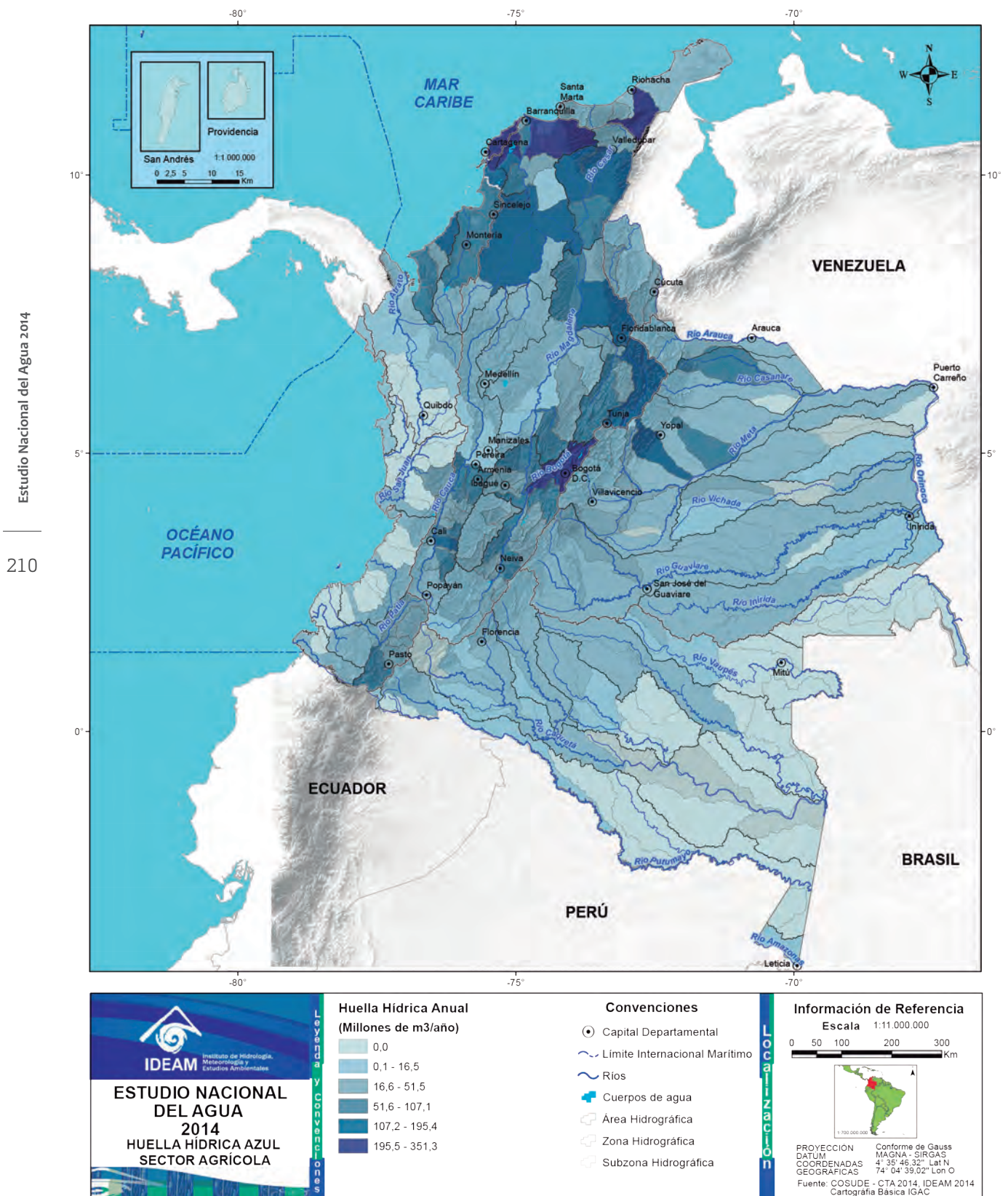


Figura 5.13 Distribución espacial de la huella hídrica azul anual para el sector agrícola, año 2012

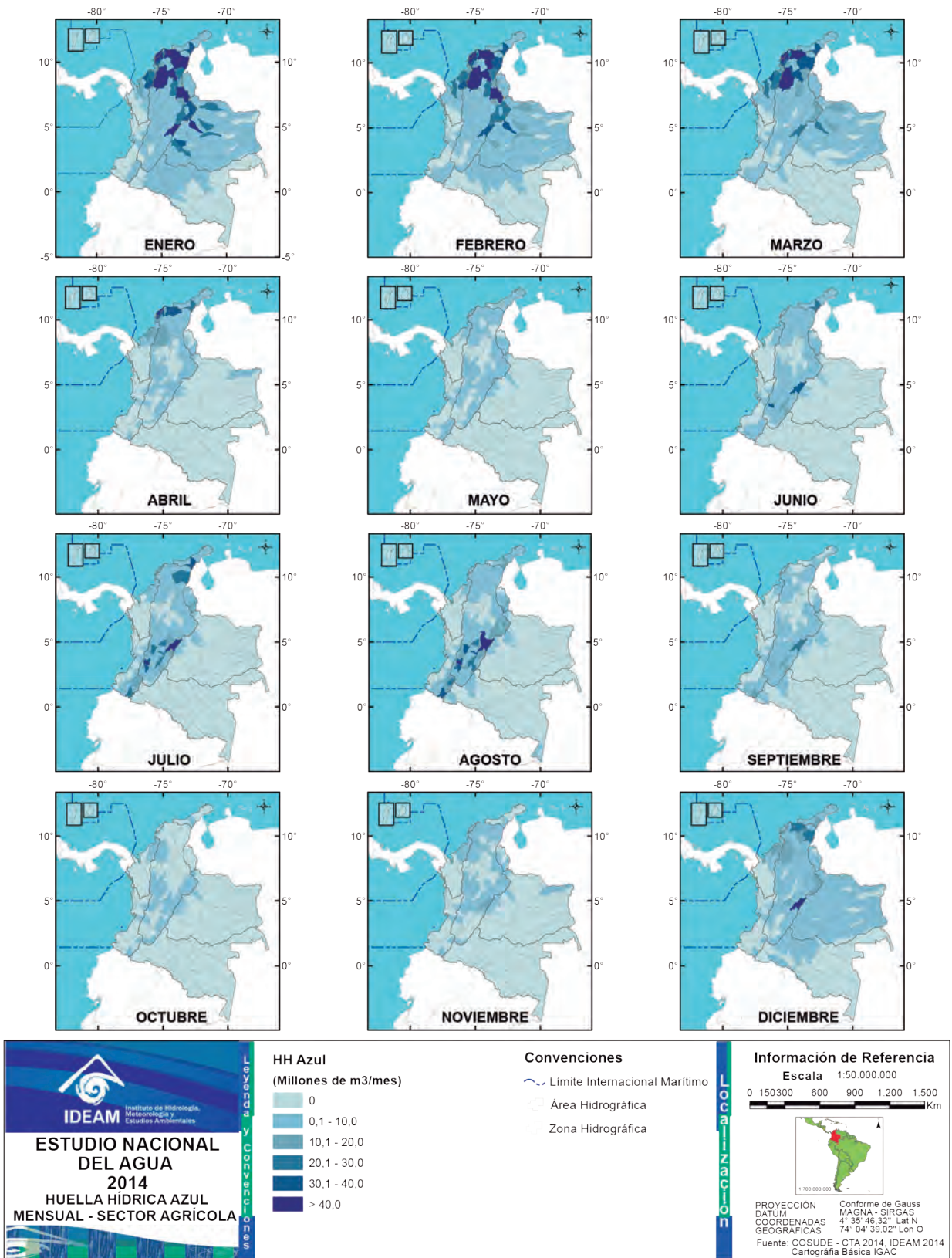


Figura 5.14 Distribución espacial de la huella hídrica azul mensual para el sector agrícola, año 2012

5.2.2 Huella hídrica azul de otros sectores

En este aparte se cuantifica la huella hídrica azul para los sectores doméstico, industrial, generación de energía (hidroeléctrica y termoeléctrica) y minero (extracción de petróleo) y el agregado de la huella hídrica azul de estos sectores mas el agropecuario.

5.2.2.1 Huella hídrica azul para el sector doméstico

Para el componente doméstico la huella azul está representada en el agua que usa la población y que no retorna a las fuentes hídricas de donde es extraída. El cálculo de la huella hídrica azul, se realizó a nivel municipal a partir de la ecuación:

$$HHAd = P \times D \times FNR \times 0,365 \text{ (valor para conversión de unidades)}$$

Donde:

$HHAd$ = Huella hídrica azul municipal componente doméstico ($m^3/año$)

P = Población del municipio (habitantes)

D = Dotación de agua por habitante correspondiente al municipio de análisis (L/hab-día)

FNR = Factor de no retorno, porcentaje de agua que no retorna a la cuenca (adimensional).

Adicionalmente se considera la huella hídrica de los embalses con uso doméstico, a partir de la evaporación generada en el espejo de agua. La metodología detallada se presenta en el sector de energía hidroeléctrica.

La huella hídrica total del sector doméstico está dada por la siguiente ecuación:

$$HAds_zh = HHAds_zh + HHAdesz_h$$

$HHAds_zh$ = huella hídrica azul del componente doméstico distribuido por subzona hidrográfica, ($m^3/año$)

$HHAdesz_h$ = huella hídrica azul distribuida por subzona hidrográfica correspondiente a las dotaciones, ($m^3/año$)

$HHAdesz_h$ = huella hídrica azul distribuida por subzona hidrográfica correspondiente a los embalses de uso doméstico, ($m^3/año$).

Huella hídrica azul sector doméstico en subzonas hidrográficas

Para Colombia se estima una huella hídrica azul para el sector doméstico de 385,8 $Mm^3/año$, dicho valor incluye la huella generada por los consumos directos de la población y el agua dado por el proceso de evaporación en los embalses que tienen como finalidad el abastecimiento doméstico.

Las subzonas con mayor representación de huella hídrica azul de origen doméstico son las correspondientes a los ríos Bogotá y Porce, en ambas se ubican las dos ciudades con mayor población (Bogotá y Medellín respectivamente). Entre ambas subzonas suman una huella de 90,0 $Hm^3/año$ lo que representa el 23,3% de la huella hídrica azul nacional. En la Tabla 5.8, se presentan los resultados para las 10 principales subzonas hidrográficas.

La huella hídrica en las cabeceras urbanas es de 261,9 $Hm^3/año$ y equivale al 67,9 % del total nacional. Las subzonas 1703 (Roncador y Quitasueño), 5701 (Malpelo) y 5702 (La Gorgona) presentan una huella hídrica cero ya que son islas deshabitadas.

Comparando los resultados de huella hídrica y demanda para el componente doméstico se observa que la huella hídrica nacional representa el 16,1% de la demanda total de agua. En la Tabla 5.9, se presenta el comparativo entre huella hídrica y demanda para algunas de las subzonas más representativas por su huella hídrica. En la Tabla 5.10, se presentan los resultados por área hidrográfica, indicando el porcentaje que representan de la huella hídrica nacional y las subzonas más importantes en cada una de ellas.

Para realizar los cálculos de huella hídrica azul para el componente doméstico, se tuvieron en cuenta algunos supuestos y limitantes de acuerdo a la información disponible. Estos aspectos tienen una incidencia directa en el cálculo y por ende en los resultados que

Tabla 5.8 Huella hídrica de las 10 principales subzonas hidrográficas

SZH	Huella hídrica Mm ³ /año	Porcentaje %	SZH	Huella hídrica Mm ³ /año	Porcentaje %
Río Bogotá	61,3	15,9	Directos bajo Magdalena entre Calamar y el Caribe	10,0	2,6
Río Porce	28,6	7,4	Río La Vieja	8,7	2,3
Río Lili, Melendez, Cañaveralejo	17,2	4,5	Ay. Directos Caribe	8,1	2,1
Río Lebrija	11,9	3,1	3503	7,8	2,0
Bajo San Jorge- Mojana	10,1	2,6	Bajo Sinú	7,2	1,9

Fuente: Información del Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI, DANE e información de los embalses

Tabla 5.9 Relación entre la huella hídrica y demanda para algunas subzonas hidrográficas

SZH	Nombre de la subzona hidrográfica	Huella hídrica Mm ³ /año	Demanda Mm ³ /año	% Huella hídrica con relación a la Demanda
1303	Bajo Sinú	7,2	55	13,1
3503	Río Guatiquía	7,8	30,5	25,7
1206	Arroyos directos al Caribe	8,1	70	11,6
2612	Río La Vieja	8,7	83,4	10,4
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	10	114,4	8,8
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	10,1	76,4	13,2
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	12	105,9	11,3
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	17,2	197,4	8,7
2701	Río Porce	28,7	260,1	11
2120	Río Bogotá	61,3	478,5	12,8

Tabla 5.10 Resultados de huella hídrica azul por área hidrográfica para el componente doméstico

Área hidrográfica	Huella hídrica azul Mm ³ /año	% de HH del total nacional	Subzonas hidrográficas más representativas		Huella hídrica azul Mm ³ /año	% de HH del total del área hidrográfica
			SZH	Nombre		
Caribe	47,1	12,2	1206	Arroyos directos al Caribe	8,1	17,2
			1303	Bajo Sinú	7,2	15,3
			1601	Río Pamplonita	6,1	13
Magdalena Cauca	279,2	72,4	2120	Río Bogotá	61,3	22
			2701	Río Porce	28,7	10,3
			2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	11,9	4,3
Orinoco	25,6	6,6	3503	Río Guatiquía	7,8	30,6
			3507	Río Garagoa	1,8	7,3
			3206	Río Ariari	1,6	6,3
Amazonas	9,9	2,6	4701	Alto Río Putumayo	2,1	21,3
			4403	Río Orteguzza	1,7	17,1
			4702	Río San_Miguel	8,5	8,6
Pacífico	24	6,2	5205	Río Guáitara	4	16,7
			5204	Río Juananbú	3,5	14,7
			5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	2,8	11,8

solo serán resueltos cuando se tenga la información completa y validada.

- La información del SUI no está para todos los municipios de Colombia, por lo tanto las dotaciones se calcularon a partir de los criterios técnicos del RAS 2000. Sin embargo, éstos son solo criterios de diseño y las dotaciones en los municipios que pueden ser diferentes a los propuestos en dicha norma.
- Los datos que se reportan en el SUI son autodeclarados, por lo que no se tiene certeza que la información registrada corresponda a los consumos de agua en los sistemas de acueducto.
- Para hacer la distribución de la huella hídrica por subzona hidrográfica, se asume que la población se distribuye uniformemente en el área del municipio.
- Por subzona hidrográfica, las que mayor huella hídrica representan son las correspondientes a los ríos Bogotá y Porce, en ambas se ubican las dos ciudades con mayor población (Bogotá y Medellín respectivamente). Entre ambas subzonas suman una huella de 90,0 Hm³/año lo que representa el 23,3% de la huella hídrica azul nacional. La huella hídrica en las cabeceras urbanas es de 261,9 Hm³/año y equivale al 67,9 % del total nacional, esto indica que las políticas públicas para los programas de uso eficiente y ahorro del agua se deben enfocar en estas áreas.
- Comparando los resultados de huella hídrica y demanda para el componente doméstico se observa que la huella hídrica nacional representa el 16,1% de la demanda total de agua.

5.2.2.2 Huella hídrica azul para sector industrial

Para efectos de este estudio se utilizó la información del RUA y los resultados del cálculo de la demanda

para el sacrificio de aves, porcino y bovino. El RUA tiene aproximadamente 1.674 registros para las cuales se reporta el volumen de agua utilizada por el establecimiento, el volumen total de agua vertida (m³/año), ubicación (departamento, ciudad y coordenada geográfica) y el código CIIU revisión 4 al que pertenece la empresa.

La huella hídrica se estimó partiendo de los datos del volumen de agua que ingresa a la empresa y el volumen de agua vertido a los sistemas de saneamiento. Se asume que la diferencia corresponde al agua contenida en el producto y/o evaporada. Esta diferencia es la huella hídrica azul y su cálculo se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$HHAi = VolAE - VolAS$$

HHAi = Huella hídrica azul por establecimiento (m³/año)

VolAE = Volumen total de agua utilizada por establecimiento (m³/año)

VolAS = Volumen total de aguas residuales generadas por establecimiento (m³/año)

La huella hídrica del sector industrial en 2012 alcanza 99,7 Mm³/año. Las subzonas hidrográficas con mayor huella hídrica azul corresponden con las de los ríos Bogotá (código 2120) y Arroyohondo - Yumbo (código 2631), las cuales en conjunto tienen una huella de 19,2 Mm³/año. En las Tablas 5.11 y 5.12, presentan las actividades clasificadas por código CIIU (revisión 4) que representan el mayor porcentaje de huella hídrica para estas dos subzonas. En la Tabla 5.13, se muestra la huella hídrica nacional de las actividades económicas más representativa.

En la Tabla 5.14 se presentan los resultados de la huella hídrica industrial del sector por área hidrográfica.

Tabla 5.11 Actividades económicas con mayor huella hídrica en la subzona hidrográfica río Bogotá

Código CIU	Descripción de la actividad	Huella hídrica Mm³/año
1011	Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	4,0
1104	Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y de otras aguas embotelladas	1,7
1089	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.	1,4
1103	Producción de malta, elaboración de cervezas y otras	0,9
1081	Elaboración de productos de panadería	0,6

Fuente: elaborado con base en información del Registro Único Ambiental RUA y de los datos de demanda de sacrificio de aves, porcino y bovino.

Tabla 5.12 Actividades económicas de la subzona hidrográfica Arroyohondo - Yumbo

Código CIU	Descripción de la actividad	Huella hídrica Mm³/año
1701	Fabricación de pulpas (pastas) celulósicas; papel y cartón	3,6
1071	Elaboración y refinación de azúcar	1,8
1103	Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	0,9
1104	Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y de otras aguas embotelladas	0,5

Fuente: elaborado con base en información del Registro Único Ambiental RUA y de los datos de demanda de sacrificio de aves, porcino y bovino.

Tabla 5.13 Actividades económicas con mayor huella hídrica a escala nacional

Código CIU	Descripción de la actividad	Huella hídrica Mm³/año
1030	Extracción y aglomeración de turba	1,5
2394	Fabricación de cemento, cal y yeso	1,5
2012	Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	1,6
1011	Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	1,7
1709	Fabricación de otros artículos de papel y cartón	2,0
2410	Industrias básicas de hierro y de acero	2,1
1103	Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	3,6
1104	Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y de otras aguas embotelladas	4,4
1089	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.	4,4
1701	Fabricación de pulpas (pastas) celulósicas; papel y cartón	5,8
1071	Elaboración y refinación de azúcar	22,7
1011	Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	36,0

Fuente: elaborado con base en información del Registro Único Ambiental RUA y de los datos de demanda de sacrificio de aves, porcino y bovino.

Tabla 5.14 Huella hídrica azul por área hidrográfica para el sector industrial

AH	Huella hídrica azul		Subzona Hidrográfica mayor HH en el AH		Huella hídrica azul		Actividad económica más representativa	% En la ZSH
	Mm³/año	% Nacional	SZH	Nombre	Mm³/año	% AH		
Caribe	5,4	5,4	1601	Río Pamplonita	1,9	35,8	1104	67,2
			1206	Arroyos directos al Caribe	1,4	25,6	1011	19,2
Magdalena Cauca	88,5	88,8	2120	Río Bogotá	11,8	13,4	2013	56,1
			2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco - Mediacanoa y Piedras	8,1	9,1	1011	16,8
Orinoco	4,8	4,8	3502	Río Guayuriba	1,5	30,7	1104	33,9
			3503	Río Guatiquía	1,1	22,2	1104	14,4
Amazonas	0,5	0,5	4403	Río Orteguzaza	0,1	40,8	1701	44,2
			4701	Alto Río Putumayo	0,1	28,2	1071	21,8
Pacífico	0,5	0,5	5204	Río Juananbú	0,1	17,3	1011	100
			5205	Río Guátara	0,1	17,9	1011	100

AH: área hidrográfica; SZH: subzona hidrográfica.

Es importante aclarar que los resultados subestiman la magnitud de la huella hídrica del sector empresarial, pues el número de registros con los cuales se obtiene el cálculo es de solo 1.674 establecimientos, mientras que en el DANE se tiene un reporte aproximado de 150.000 empresas en Colombia. También se desconoce si las empresas con información para el cálculo corresponde a las más representativas en consumo de agua, lo que genera mayor incertidumbre en los resultados. Otro factor importante es que la información registrada en el RUA tiene inconsistencias en los datos para determinados registros, por lo cual los resultados de huella hídrica no son precisos.

5.2.2.3 Huella hídrica azul para sector de generación de energía hidro y termoeléctrica

Para el cálculo de la huella hídrica azul del sector energético, se consultaron diferentes fuentes de información: Unidad de Planeación Minero Energética UPME, empresas operadoras de los embalses e información climatológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Energía Hidroeléctrica

La ecuación general para estimar la huella hídrica azul en un embalse es la siguiente:

$$HHAe = \frac{ExAIE}{1000 \text{ (factor conversión de unidades)}}$$

Donde:

$HHAe$ = Huella hídrica azul por embalse (m³/mes)

E = Evaporación mensual en el embalse (mm/mes)

AIE = área inundada mensual del embalse (m²)

Para el análisis de la huella hídrica en este sector, se identificaron 40 embalses los cuales tienen diferentes usos: generación de energía, abastecimiento para el consumo humano y para riego. Se calculó la huella hídrica azul para los 35 con información disponible. En la Tabla 5.15, se presenta el listado de embalses, usos, ubicación por subzona hidrográfica y en qué sector o componente se contabilizó su huella hídrica.

El consolidado de huella hídrica azul de acuerdo al uso del embalse se presenta en la Tabla 5.16.

Como resultado para Colombia, la huella hídrica azul de los 22 embalses que generan energía alcanza 286,7 Mm³/año. En la Figura 5.15, se presenta el comportamiento mensual de la huella en los embalses.

Tabla 5.15 Diagnóstico general de los embalses identificados

Embalse	Subzona hidrográfica		Usos (%)				Sector o componente
	SZH	Nombre	Energía	Doméstico	Riego	Otros	
Esmeralda	3507	Río Garagoa	100				Energía
Guatapé – El Peñol	2308	Río Nare	100				Energía
Betania	2108	Río Yaguará y Río Iquira	100				Energía
Muña	2120	Río Bogotá	100				Energía
Guavio	3506	Río Guavio	100				Energía
Prado	2116	Río Prado	100				Energía
Alto Anchicayá	5310	Río Anchicayá	100				Energía
Calima	5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	100				Energía
Salvajina	2627	Río Piendamó	100				Energía
Urrá I	1301	Alto Sinú - Urrá	100				Energía
Miraflores	2702	Alto Nechí	100				Energía

Continuación tabla 5.15

Embalse	Subzona hidrográfica		Usos (%)				Sector o componente
	SZH	Nombre	Energía	Doméstico	Riego	Otros	
Playas	2308	Río Nare	100				Energía
Porce II	2701	Río Porce	100				Energía
Porce III	2701	Río Porce	100				Energía
Riogrande II	2701	Río Porce	100				Energía
Troneras	2701	Río Porce	100				Energía
La Miel	2305	Río La Miel (Samaná)	100				Energía
Punchiná – San Carlos	2308	Río Nare	100				Energía
San Lorenzo - Jaguas	2308	Río Nare	100				Energía
Tominé	2120	Río Bogotá	100				Energía
Piedras Blancas	2701	Río Porce	100				Energía
Calderas	2308	Río Nare	100				Energía
Chuza	3503	Río Guatiquía		100			Doméstico
San Rafael	2120	Río Bogotá		100			Doméstico
Chisacá	2120	Río Bogotá		100			Doméstico
Regadera	2120	Río Bogotá		100			Doméstico
La Fe	2308	Río Nare		100			Doméstico
El Hato	2401	Río Suárez		75	20	5	Doméstico y agrícola
Neusa	2120	Río Bogotá		90	5	5	Doméstico y agrícola
Sisga	2120	Río Bogotá		80	15	5	Doméstico y agrícola
Guájaro	2903	Canal del Dique margen derecho			100		Agrícola
Quebradona	SI		SI	SI	SI	SI	SI
La Copa	2403	Río Chicamocha	SI	SI	SI	SI	SI
La Playa	SI		SI	SI	SI	SI	SI
Gachaneca	2401	Río Suárez	SI	SI	SI	SI	SI
Arroyo Grande	SI		SI	SI	SI	SI	SI
Arroyo Matuya	SI		SI	SI	SI	SI	SI
Río Bobo	SI		SI	SI	SI	SI	SI
Río Ranchería	SI		SI	SI	SI	SI	SI

SI: Sin Información

Tabla 5.16 Huella hídrica anual de los embalses de acuerdo al uso

Uso del embalse	Huella hídrica Mm ³ /año	% respecto a la huella hídrica de los embalses
Energía	286,7	86,4
Doméstico	14,6	4,4
Riego	1,1	0,3
Otros usos	0,4	0,1
Sin información de uso	29,1	8,8
Total	331,9	100

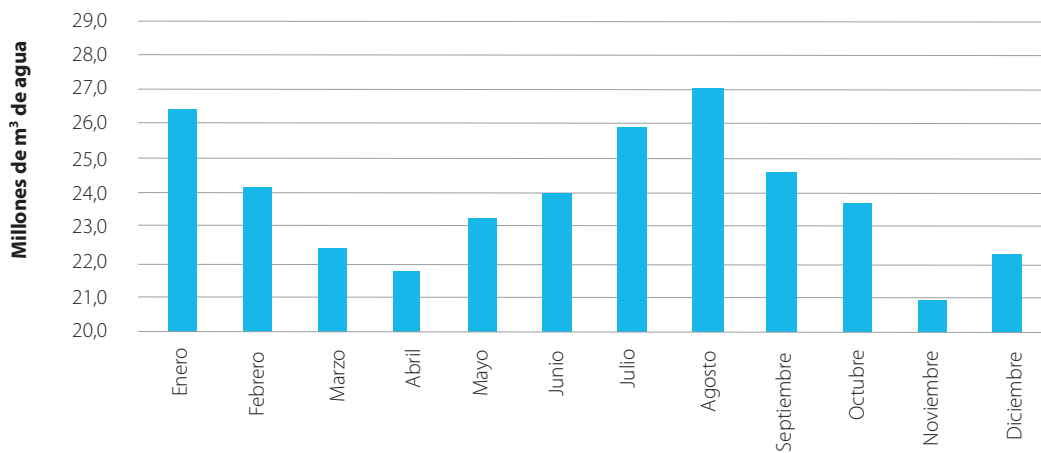


Figura 5.15 Comportamiento mensual de la huella hídrica azul

Los embalses de Betania y Urrá I, tienen la mayor huella hídrica azul para cada uno de los meses del año. En la Tabla 5.17, se presentan los valores mensuales correspondientes a estos embalses y su porcentaje con relación a la huella nacional.

5.2.2.4 Huella hídrica azul por área y subzona hidrográfica del sector generación energía

La Tabla 5.18, sintetiza el volumen de huella hídrica azul y su distribución en las cinco áreas hidrográficas y las subzonas de cada área y que más aportan con respecto al total nacional.

Tabla 5.17 Huella hídrica mensual, embalses de Betania y Urrá I

Mes	Embalse Betania		Embalse Urrá I	
	Huella hídrica Mm³/mes	Porcentaje en relación al valor nacional	Huella hídrica Mm³/mes	Porcentaje en relación al valor nacional
Enero	6,5	24,4	6,2	23,3
Febrero	6,1	25,2	6,0	25,0
Marzo	6,0	26,9	5,8	25,8
Abril	5,0	23,1	5,4	24,7
Mayo	6,1	26,1	5,5	23,5
Junio	6,8	28,4	5,3	22,3
Julio	7,5	28,9	6,2	23,9
Agosto	9,2	34,0	5,8	21,5
Septiembre	8,3	33,8	5,4	21,8
Octubre	7,0	29,4	6,3	26,6
Noviembre	5,1	24,5	5,5	26,5
Diciembre	5,5	24,8	5,4	24,1
Total	80,0		68,8	

Fuente: elaborado con base en información del IDEAM y de Emgesa.

Tabla 5.18 Huella hídrica azul por área hidrográfica

Área hidrográfica / Código	Huella hídrica azul Mm ³ /año	% de la huella hídrica nacional	Subzonas hidrográficas más representativas	Huella hídrica azul Mm ³ /año
Caribe	68,8	24,0	Alto Sinú-Urra	68,8
Magdalena Cauca	192,0	66,9	Yaguará-Iquira	79,1
			Nare	49,3
			Prado	18,5
			Guavio	10,0
Orinoco	14,5	5,1	Garagoa	4,5
Amazonas	0,0	0,0		
Pacífico	11,5	4,0	Calima – San Juan	11,2

Entre las áreas hidrográficas Magdalena- Cauca y Caribe se alcanza más del 90% de la huella hídrica asociada a la generación de hidroenergía del país. La subzonas con mayor representación son las de los ríos Yaguará e Iquira (código 2108) en el departamento del Huila, donde se ubica el embalse Betania, Alto Sinú (1301), Nare (2308) y Bogotá (2120), donde están ubicados los embalses de Urrá I, Guatapé y el sistema que abastece a la ciudad de Bogotá, respectivamente.

Huella hídrica azul Energía Termoeléctrica

Para este estudio se utilizaron los indicadores definidos en el estudio publicado por la *River Network Report* (Wilson et al, 2012). El modelo de cálculo utilizado fue:

$$HHA_{\text{termoeléctricas}} = HHA_{\text{carbón}} + HHA_{\text{gas}}$$

$$HHA_{\text{carbón}} = \sum (\text{Indicador}_{\text{carbón}} \times \text{generación de energía})$$

$$HHA_{\text{gas}} = \sum (\text{Indicador}_{\text{gas}} \times \text{generación de energía})$$

Donde:

$HHA_{\text{termoeléctricas}}$ = huella hídrica azul de las termoeléctricas (m³/año)

$HHA_{\text{carbón}}$ = huella hídrica azul de las centrales térmicas que utilizan carbón (m³/año)

$\text{Indicador}_{\text{carbón}}$ = m³ de agua consumida GWH de energía generada con carbón

generación de energía = generación anual de energía de las termoeléctricas que utilizan carbón o gas (GWH)

HHA_{gas} = huella hídrica azul de las centrales térmicas que utilizan gas (m³/año)

$\text{Indicador}_{\text{gas}}$ = m³ de agua consumida GWH de energía generada con gas

El inventario inicial de termoeléctricas consultado en la UPME, indica que para el año 2012 se tenían 53 centrales con fuentes de abastecimiento carbón, gas natural, fuel oil, entre otros combustibles. Sin embargo, las centrales que utilizan gas y carbón representaron el 97,5 % de la generación de las termoeléctricas por lo que se decidió solo hacer los cálculos para estas dos fuentes energéticas que corresponden a 35 centrales. En la Tabla 5.19, se presentan los indicadores de consumo de agua por unidad de generación de energía utilizados para estimar la huella hídrica de las termoeléctricas en Colombia.

Tabla 5.19 Indicadores de huella hídrica azul para el gas y carbón

Combustible	Indicador de huella hídrica	
	Gal/MWH	m ³ /GWH
Gas	169,5	641,6
Carbón	506,0	1.915,4

Fuente: (Wilson et al, 2012) y elaboración propia, 2014.

Los resultados obtenidos para Colombia indican que la huella hídrica azul de las termoeléctricas de gas y carbón es de 5,9 Mm³/año y 4,8 Mm³/año respectivamente, para un consolidado nacional de 10,7 Mm³/año. Se identifican las siguientes subzonas hidrográficas con mayor huella hídrica asociada a la generación de energía por carbón y gas: Ciénaga Mallorquín donde se ubica la central Tebsa con una huella de 2,7 Mm³/año, río Chicamocha con Paipa 1 y 2 con una huella de 2.3 Mm³, río Pamplonita con Tasajero y 1,5 Mm³, río Ancho con Guajira 1 y 2 y una huella hídrica azul de 1.1 Mm³ y con 0,9 la Ciénaga Grande de Santa Marta. En la Tabla 5.20, se reportan los resultados por área hidrográfica.

5.2.2.5 Huella hídrica azul sector energía (hidro y termoeléctricas)

El consolidado de huella azul del sector, embalses y la generación de energía de termoeléctricas que utilizan gas y carbón, se muestran por subzona en la Tabla 5.21.

5.2.2.6 Huella hídrica azul para sector de hidrocarburos

La información para la estimación de la huella hídrica azul de la extracción de petróleo se obtuvo de fuentes como la Unidad de Planeación Minero Energética

(UPME), la Asociación Colombiana del Petróleo ACP y el estudio publicado por la River Network Report (Wilson et al, 2012).

De acuerdo con las características de la información de producción de petróleo el modelo de cálculo es el siguiente:

$$HH_{\text{petróleo}} = \sum (\text{Indicador}_{\text{petróleo}} \times \text{Producción}_{\text{campo petrolero}})$$

$HH_{\text{petróleo}}$ = huella hídrica azul de la extracción de petróleo (m³/mes)

$\text{Producción}_{\text{campo petrolero}}$ = producción mensual por campo petrolero (m³)

$\text{Indicador}_{\text{petróleo}}$ = m³ de agua consumidos por barril de petróleo

Para obtener el indicador de huella hídrica azul, se tomó como base los datos reportados por ACP en el Informe de indicadores de consumo uso y disposición de agua por el sector de hidrocarburos (2013). En dicho estudio se especifican los usos y vertimientos para diferentes actividades en el proceso de extracción del petróleo, en la Tabla 5.22, se presentan las fases que se tuvieron en cuenta para el cálculo de huella hídrica y el indicador asociado a la producción de petróleo.

La producción de petróleo en Colombia se distribuye espacialmente en 19 departamentos y 392 campos de extracción. La producción anual es

Tabla 5.20 Huella hídrica azul por área hidrográfica

Área hidrográfica / Código	Huella hídrica azul Mm ³ /año	% de la huella hídrica nacional	Subzonas hidrográficas más representativas		Huella hídrica azul Mm ³ /año
			SZH	Nombre	
Caribe	2,9	27,3	1601	Río Pamplonita	1,5
			1503	Río Ancho y otros directos al caribe	1,1
			1206	Arroyos directos al Caribe	0,4
Magdalena Cauca	7,3	68,6	2909	Ciénaga Mallorquin	2,7
			2403	Río Chicamocha	2,1
			2906	Ciénaga Grande de Santa Marta	1
Orinoco	0,4	4	3521	Río Cravo Sur	0,4
			3519	Río Cusiana	0,006
Amazonas	0	0			
Pacífico	0	0			

Tabla 5.21 Huella hídrica azul por subzona hidrográfica

Subzona hidrográfica		Huella hídrica Mm ³ /año	Porcentaje nacional	Subzona hidrográfica		Huella hídrica Mm ³ /año	Porcentaje nacional
SZH	Nombre			SZH	Nombre		
2108	Río Yaguará y Río Iquira	79,1	26,6	1503	Río Ancho y Otros Directos al caribe	1,1	0,4
1301	Alto Sinú - Urrá	68,8	23,1	2906	Ciénaga Grande de Santa Marta	1	0,3
2308	Río Nare	49,3	16,6	2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	0,7	0,2
2116	Río Prado	18,5	6,2	2305	Río La Miel (Samaná)	0,6	0,2
2120	Río Bogotá	17,3	5,8	3521	Río Cravo Sur	0,4	0,1
2627	Río Piendamó	11,7	3,9	1206	Arroyos directos al Caribe	0,3	0,1
2701	Río Porce	11,3	3,8	5310	Río Anchicayá	0,3	0,1
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	11,2	3,8	2314	Río Opón	0,1	0
3506	Río Guavio	10	3,4	3519	Río Cusiana	0,1	0
2702	Alto Nechí	4,9	1,6	2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	0	0
3507	Río Garagoa	4,5	1,5	2609	Ríos Amaime y Cerrito	0	0
2909	Cienaga Mallorquin	2,7	0,9	2304	Directos Magdalena entre Ríos Guarinó y La Miel (mi)	0	0
2403	Río Chicamocha	2,1	0,7	2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	0	0
1601	Río Pamplonita	1,5	0,5	2125	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	0	0

Tabla 5.22 Estimación del indicador de huella hídrica para el proceso de producción del petróleo

Indicador	Valor m ³ /barril producido	Observación
Consumo de agua uso industrial	0,106	La diferencia entre los datos de consumo y vertimientos, se considera como el indicador de huella hídrica
Consumo de agua uso doméstico	0,004	
Vertimientos industriales	0,095	
Vertimientos domésticos	0,002	
Indicador parcial	0,013	
Aguas de producción	Valor m³/barril producido	
Aguas de producción	1,56	Agua utilizada
Reinyección para recobro mejorado	0,184	Agua que retorna
Inyección como disposición final	0,719	Agua que retorna
Vertimiento a cuerpos de agua	0,651	Agua que retorna
Riego en vías	0,003	Se considera que el agua se evapora
Aspersión	0,002	Se considera que el agua se evapora
Vertimiento entregado a terceros	0,001	Agua que retorna
Pérdidas	0,0007	Se considera que el agua se evapora
Indicador parcial aguas de producción	0,006	Se considera como huella hídrica, la cantidad de agua evaporada (riego en vías y aspersión), estas dos actividades corresponden al 0,34% de las aguas de producción
Indicador final producción petróleo	0,019	Corresponde a la suma de los indicadores parciales

Fuente: ACP, 2013.

de aproximadamente 345,5 millones de barriles de petróleo y en la Tabla 5.23, se presentan los resultados de producción por departamento. Se observa que el departamento del Meta representa el 48,9% de la producción del país que equivale a 169 millones de barriles de petróleo, seguido por el departamento del Casanare con el 17,7% de la producción. La huella hídrica nacional generada por la extracción de petróleo es de 6,6 Hm³/año. Meta y Casanare suman 4,4 Hm³/año y representan el 66,6% del total nacional.

Tomando el indicador de consumo de agua por unidad de producción se calcula la huella para cada campo petrolero y se agrupa por departamentos (Tabla 5.24).

5.2.2.7 Huella hídrica azul multisectorial

La representación espacial de la agregación de huella hídrica azul para 2012 de los sectores agropecuario, doméstico, industrial, generación de energía y extracción de petróleo se muestra en el mapa de la Figura 5.16.

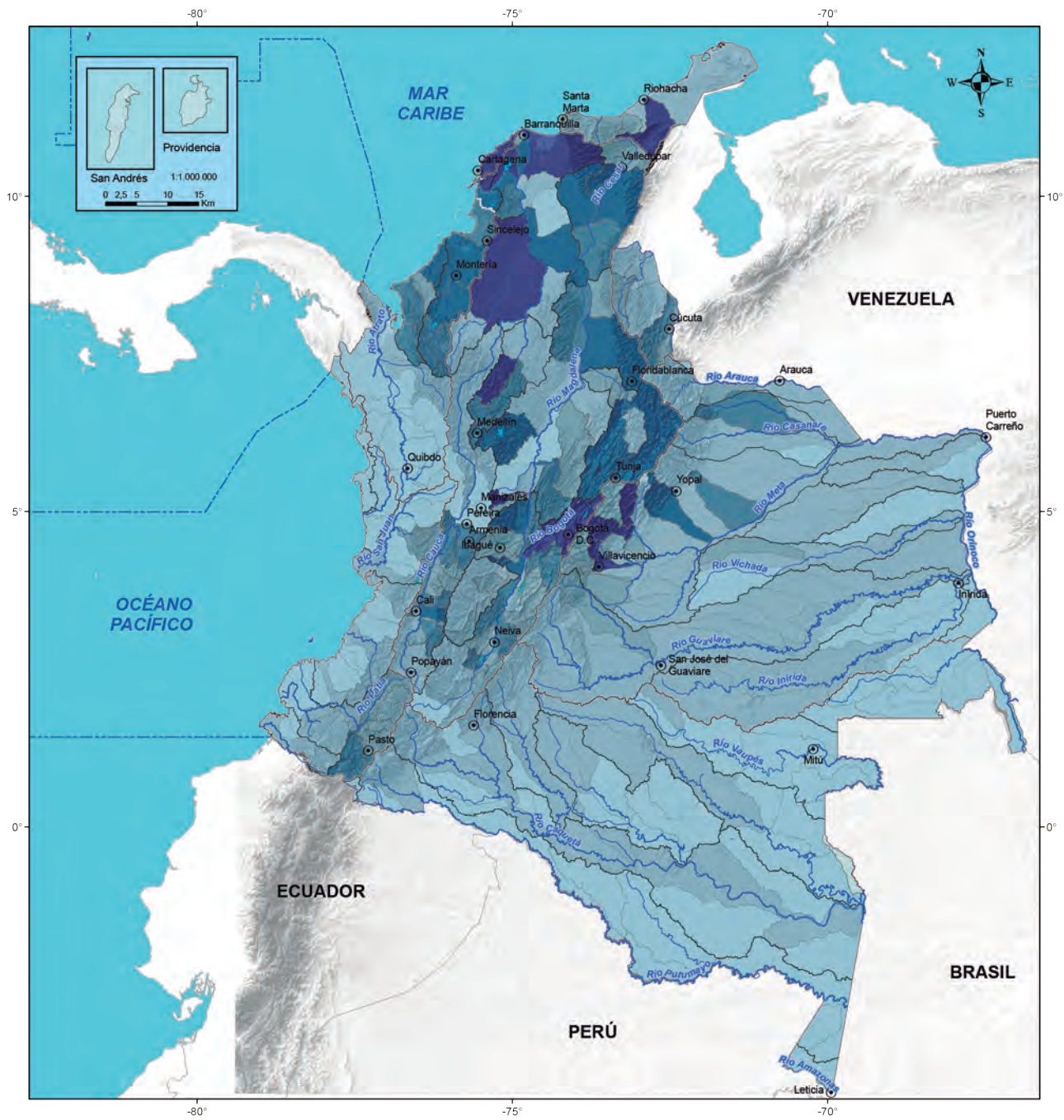
Tabla 5.23 Producción de petróleo por departamento (millones de barriles)

Departamento	Producción	Porcentaje	Departamento	Producción	Porcentaje
Meta	169,0	48,9	Cesar	1,5	0,4
Casanare	61,1	17,7	Norte de Santander	1,3	0,4
Arauca	23,8	6,9	Cauca	0,3	0,1
Santander	19,5	5,7	Cundinamarca	0,3	0,1
Boyacá	15,5	4,5	Nariño	0,2	0,1
Huila	13,2	3,8	Vichada	0,06	0,0
Putumayo	12,8	3,7	Sucre	0,01	0,0
Tolima	11,9	3,5	Magdalena	0,004	0,0
Antioquia	9,1	2,6	Caquetá	0,0006	0,0
Bolívar	5,5	1,6			

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético UPME.

Tabla 5.24 Huella hídrica azul extracción de petróleo para los principales departamentos

Departamento	Huella hídrica Hm ³ /año	Departamento	Huella hídrica Hm ³ /año
Meta	3,2	Cesar	0,0
Casanare	1,2	Norte de Santander	0,0
Arauca	0,5	Cauca	0,0
Santander	0,4	Cundinamarca	0,0
Boyacá	0,3	Nariño	0,0
Huila	0,3	Vichada	0,0
Putumayo	0,2	Sucre	0,0
Tolima	0,2	Magdalena	0,0
Antioquia	0,2	Caquetá	0,0
Bolívar	0,1	Total	6,6



Huella hídrica

223

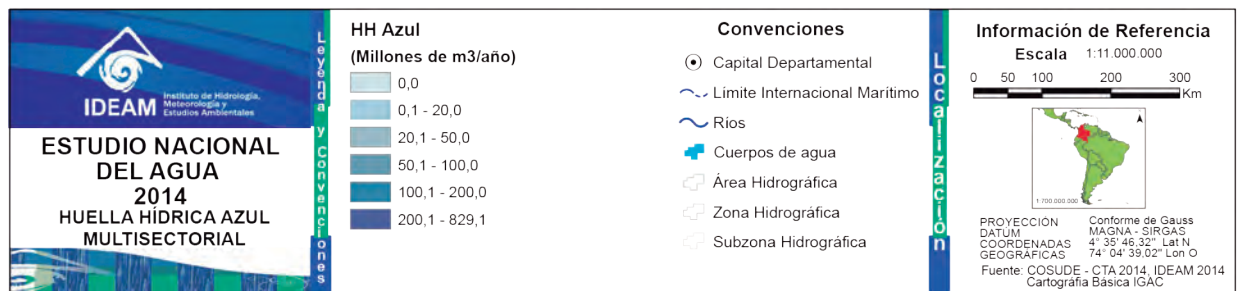


Figura 5.16 Distribución de la huella hídrica azul, anual multisectorial, año 2012

5.2.3 Análisis ambiental aplicado a la huella hídrica verde

Este apartado tiene por objeto evaluar ambientalmente la cuantificación de las huellas hídricas verdes para 311 subzonas hidrográficas en Colombia, mediante el cálculo de disponibilidad de agua verde (DAV) para cada una de ellas, según la metodología propuesta por el manual de huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). A través de este cálculo se ha identificado en qué cuencas se presenta competencia por agua verde, asociadas a competencia por uso del suelo, entre las actividades existentes (sector agropecuario) y las zonas de protección de ecosistemas estratégicos requeridas para la provisión y mantenimiento de servicios ecosistémicos en las cuencas.

Se determinaron valores anuales para todas las variables necesarias para el cálculo de la disponibilidad de agua verde (DAV), para las 311 subzonas hidrográficas continentales. Para tal fin, se emplearon los siguientes coberturas:

- Mapa de zonificación hidrológica para Colombia (IDEAM 2013).
- Mapa de coberturas terrestres de Colombia (IDEAM 2010).
- Mapa de Parques Nacionales Naturales de Colombia (Parques Nacionales Naturales de Colombia 2013).
- Mapa de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (Parques Nacionales Naturales de Colombia 2014).
- Mapa de límites cartográficos de los Complejos de Páramos de Colombia (Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2012).
- Mapa de Evapotranspiración anual (IDEAM 2014).

Para este estudio fueron consideradas las áreas protegidas de Colombia, conformada por páramos y otras áreas protegidas. En total las áreas de páramos

en las subzonas hidrográficas analizadas del país suman 2.905.156,70 ha y las áreas catalogadas como otras áreas protegidas suman 14.262.221,37 ha, que en total corresponden al 16% del territorio colombiano.

La disponibilidad de agua verde mensual (DAV) está dada por la ETr total por cuenca menos la Etr de la vegetación natural, y menos la ETr de las zonas no productivas como lo muestra la siguiente ecuación:

$$DAV_{mensual} = ET_{x,t(verde,mensual)} - ET_{x,t(natural,mensual)} - ET_{x,t(no_prod,mensual)}$$

En donde:

$DAV_{mensual}$: Disponibilidad de agua verde para una cuenca "x" en un periodo de tiempo "t".

$ET_{x,t(verde,mensual)}$: Evapotranspiración total verde al interior de la cuenca.

$ET_{x,t(natural,mensual)}$: Evapotranspiración reservada para el medio ambiente – equivalente al requerimiento medioambiental de agua verde (en este caso corresponde a la ET anual de las áreas protegidas).

$ET_{x,t(no_prod,mensual)}$: Evapotranspiración del suelo que no es posible hacer productiva, por ejemplo por la topografía o por estar en zonas de asentamientos humanos y otras áreas intervenidas. En este estudio, ET_{no_prod} se calcula únicamente como la suma de la ET obtenida para la categoría "áreas intervenidas" por fuera de las áreas protegidas.

El agua verde total disponible en el país es de 1.221.345,94 millones de m³/año. Este valor es interesante si se compara con la precipitación total a nivel nacional, que es de 3.153.754,21 Millones de m³/año (valores medios mensuales de las series de 2046 estaciones del IDEAM para el periodo 1974-2012; IDEAM, 2014). Esto muestra que el 39% de la precipitación en Colombia está disponible para fines productivos como agua verde. Por su parte, la ET verde destinada a áreas protegidas es de 216.234,44 Millones de m³/año, correspondiente a un 15% de la ET verde del país y a un 7% de la precipitación anual. (Tabla 5.25).

Tabla 5.25 Disponibilidad de agua verde por zona hidrográfica, según los cálculos y suposiciones en este estudio

Área Hidrográfica	Zona hidrográfica	DAV * (Millones de m ³ /año)
Amazonas	Amazonas – Directos	3.829,76
	Apaporís	47.084,73
	Caguán	27.840,61
	Caquetá	108.837,67
	Guanía	34.070,79
	Napo	304,03
	Putumayo	69.652,12
	Vaupés	47.972,06
	Yarí	23.886,39
Total Amazonas		363.478,16
Caribe	Atrato - Darién	45.363,43
	Caribe - Guajira	11.297,27
	Caribe - Litoral	14.104,08
	Catatumbo	17.313,24
	Sinú	10.252,44
Total Caribe		98.330,46
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	37.119,56
	Bajo Magdalena	29.471,89
	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	30.617,28
	Cauca	40.492,54
	Cesar	25.075,46
	Medio Magdalena	67.568,24
	Nechí	18.579,69
	Saldaña	8.516,44
	Sogamoso	14.812,86
Total Magdalena Cauca		272.253,96
Orinoco	Apure	-
	Arauca	9.025,37
	Casanare	25.665,80
	Guaviare	93.982,66
	Inírida	57.285,34
	Meta	96.390,85
	Orinoco Directos	55.377,13
	Tomo	24.781,23
	Vichada	34.957,26
Total Orinoco		397.465,63
Pacífico	Baudó - Directos Pacifico	7.791,97
	Mira	6.974,48
	Pacífico - Directos	5.275,81
	Patía	25.295,38
	San Juan	20.073,69
	Tapaje - Dagua - Directos	24.406,41
Total Pacifico		89.817,73
Total general		1.221.345,94

* DAV: Disponibilidad de agua verde. Corresponde a la variable DAV en la ecuación 1.

El análisis de DAV por zona hidrográfica para el país muestra que sus valores varían desde 0 a 108.837,67 Millones de m³/año, siendo la zona Caquetá la que en total presenta mayor disponibilidad de agua verde, caso contrario de la zona Apure, que presenta una disponibilidad de agua igual a cero, debido a que toda la zona se encuentra en el PNN Tamá, el cual es considerado área protegida fronteriza de carácter binacional. Es decir, en Apure no existe agua verde disponible para usos productivos, según los resultados aquí presentados.

El análisis de la disponibilidad de agua verde por subzona hidrográfica muestra que sus valores varían desde 0 a 28.764,27 Millones de m³/año. Los casos en que esta disponibilidad es "cero" corresponden a dos subzonas hidrográficas, correspondientes al Alto río Apure, localizada en la zona hidrográfica Apure mencionada anteriormente y a la subzona del río Cuñare, localizada en la zona hidrográfica Yarí del Amazonas (Tabla 5.26). Esta última subzona se encuentra sobre el PNN Serranía del Chiribiquete, considerada área de conservación y preservación de los recursos naturales. El mapa de conflictos de uso del suelo no indica uso conflictivo en estas dos SZH, por lo cual no existe competencia por la ET verde en ellas.

Se presentan además algunas subzonas con una DAV muy baja, estas son las del río Luisa, río Puré, río Cali y río Anchicayá (Tabla 5.26). La primera de estas se encuentra localizada sobre el PNN Serranía del Chiribiquete anteriormente mencionado, la segunda sobre

el PNN Río Puré, área declarada estratégica debido a su importancia para asegurar la supervivencia de los pueblos indígenas que allí se encuentran, además por su localización sobre los ecosistemas amazónicos y todo lo que esto implica. La subzona correspondiente a ríos Cali y la subzona del río Anchicayá, corresponden a Reservas Forestales Protectoras, además se encuentran en áreas del PNN Farallones de Cali, lo cual incide en sus bajas disponibilidades de agua verde.

Las subzonas hidrográficas de mayor disponibilidad de agua corresponden a río Caquetá Bajo y río Caquetá Medio de la zona Caquetá, como se muestra en la Tabla 5.27.

Estas subzonas presentan una alta evapotranspiración total verde, y parte de su evapotranspiración está destinada a áreas protegidas, como lo son el PNN río Puré y PNN Cahuinari para el río Caquetá Bajo y, PNN La Paya, PNN Alto Fragua – Indiwasi y PNN Serranía de los Churumbelos para el río Caquetá Medio. Sin embargo, en estas subzonas existen áreas naturales que, según la metodología empleada, tienen ET que está siendo contabilizada en la DAV. Con este tipo de análisis debe tenerse especial cuidado, ya que algunas de esas áreas naturales no protegidas, pueden ser de gran importancia para su conservación.

La huella hídrica verde agropecuaria incluye el uso de agua del suelo por parte de cultivos y pastos (no incluye el agua de riego que está cuantificada en la huella hídrica azul y demanda hídrica), cultivos permanentes y transitorios, incluidos pastos de corte

Tabla 5.26 Subzonas hidrográficas con menor disponibilidad de agua verde

SZH	Subzona hidrográfica	Zona hidrográfica	Área hidrográfica	DAV (Millones de m ³ /año)
3901	Alto Río Apure	Apure	Orinoco	-
4509	Río Cuñare	Yarí	Amazonas	-
4505	Río Luisa	Yarí	Amazonas	8,68
4420	Río Puré	Caquetá	Amazonas	14,21
2634	Ríos Cali	Cauca	Magdalena Cauca	43,69
5310	Río Anchicayá	Tapaje - Dagua - Directos	Pacífico	46,86

Tabla 5.27 Subzonas hidrográficas con mayor disponibilidad de agua verde

SZH	Subzona hidrográfica	Zona hidrográfica	Área hidrográfica	DAV (Millones de m ³ /ha/año)
4415	Río Caquetá Bajo	Caquetá	Amazonas	28.764,27
4402	Río Caquetá Medio	Caquetá	Amazonas	20.435,97
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	Magdalena - Cauca	19.818,58
4706	Río Putumayo Bajo	Putumayo	Amazonas	19.257,31
3104	Río Inírida Medio	Inírida	Orinoco	19.140,60

y forrajeros (54.914 Millones de m³/año) y en el sector pecuario a los pastos utilizados en ganadería extensiva asociados al sector pecuario, pastos naturales, pastos mejorados y pastos en sistema silvopastoril (245.536 Millones de m³/año)¹³.

Una vez se ha determinado la disponibilidad de agua verde, es posible hacer la evaluación ambiental de la huella hídrica verde de la cuenca para lo cual se obtiene la relación entre la huella hídrica verde total de la cuenca (Sector Agrícola Sector Pecuario) y la disponibilidad de agua verde (DAV) para cada cuenca. En el contexto del Estudio Nacional del Agua 2014 se ha tomado para designar esta relación el Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE)¹⁴.

5.2.3.1 Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE)

Para hallar el Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE), se divide la sumatoria de las HH verde total agropecuaria entre la DAV total por subzona hidrográfica.

El cálculo de Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE) se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$IPHE = \frac{\sum HH_{verde}}{DAV}$$

Donde:

$\sum HH_{verde}$: Suma de todas las huellas hídricas verdes al interior de la cuenca en un periodo de tiempo "t", en volumen/tiempo.

DAV: Disponibilidad de agua verde en la cuenca para el periodo de tiempo "t", en volumen/tiempo.

La competencia por agua verde en una cuenca se puede entender como una consecuencia de la ampliación de la frontera agropecuaria, que afecta de manera directa la sostenibilidad de la provisión de servicios ecosistémicos en cuencas.

Para la comprensión del resultado de este indicador, se han establecido 6 categorías de valores que permiten estimar el estado del indicador en cada una de las subzonas hidrográficas a nivel nacional. Estos valores varían entre estado *Crítico* para valores mayores que 1 que denotan que existe clara competencia por agua verde entre el uso del suelo vinculado al sector agropecuario y las áreas de protección asociadas a ecosistemas estratégicos en las cuencas, *Muy Alto* para valores entre 0,8 y 1 donde existe evidencia de una situación límite en términos de competencia por agua verde, *Alto* para valores entre 0,5 y 0,8 donde existe evidencia de una situación existente de competencia por agua verde, *Moderado* para valores entre 0,3 y 0,5 en zonas donde existe una alerta por existir evidencia de una demanda

13 La huella hídrica se basa en la apropiación humana de recurso hídrico, que en la mayoría de los casos tiene como objetivo un fin económico. En este orden de ideas, la huella hídrica verde de los pastos de ganadería extensiva solo se presenta como una relación de la disponibilidad de pastos con el inventario ganadero, generándose solo la huella hídrica verde proporcional al consumo de materia seca por parte del ganado.

14 En todo lo relativo a la Huella Hídrica, este estudio sigue la metodología y definiciones presentadas en el Manual de Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011) publicado por la Red de Huella Hídrica (*WaterFootprint Network*). Con respecto al término "Índice de escasez de agua verde", denominado en el manual "Green WaterScarcityIndex", el IDEAM ha estimado conveniente proponer para el contexto nacional una modificación al nombre con la finalidad de conseguir coherencia y armonía con el trabajo previo desarrollado sobre índices relativos al agua en estudios nacionales anteriores, quedando incluido en el grupo de indicadores de presión al recurso hídrico bajo la denominación de "Índice de Presión Hídrica a los Ecosistemas (IPHE)".

de agua verde por parte del sector agropecuario que supera el 30% del total disponible y valores *Bajo* y *Muy Bajo* para valores inferiores a 0,3 donde se considera que existe una situación favorable para ecosistemas estratégicos en las cuencas.

En el mapa de la Figura 5.17, de muestra la representación espacial por subzonas hidrográficas, del IPHE en el territorio colombiano.

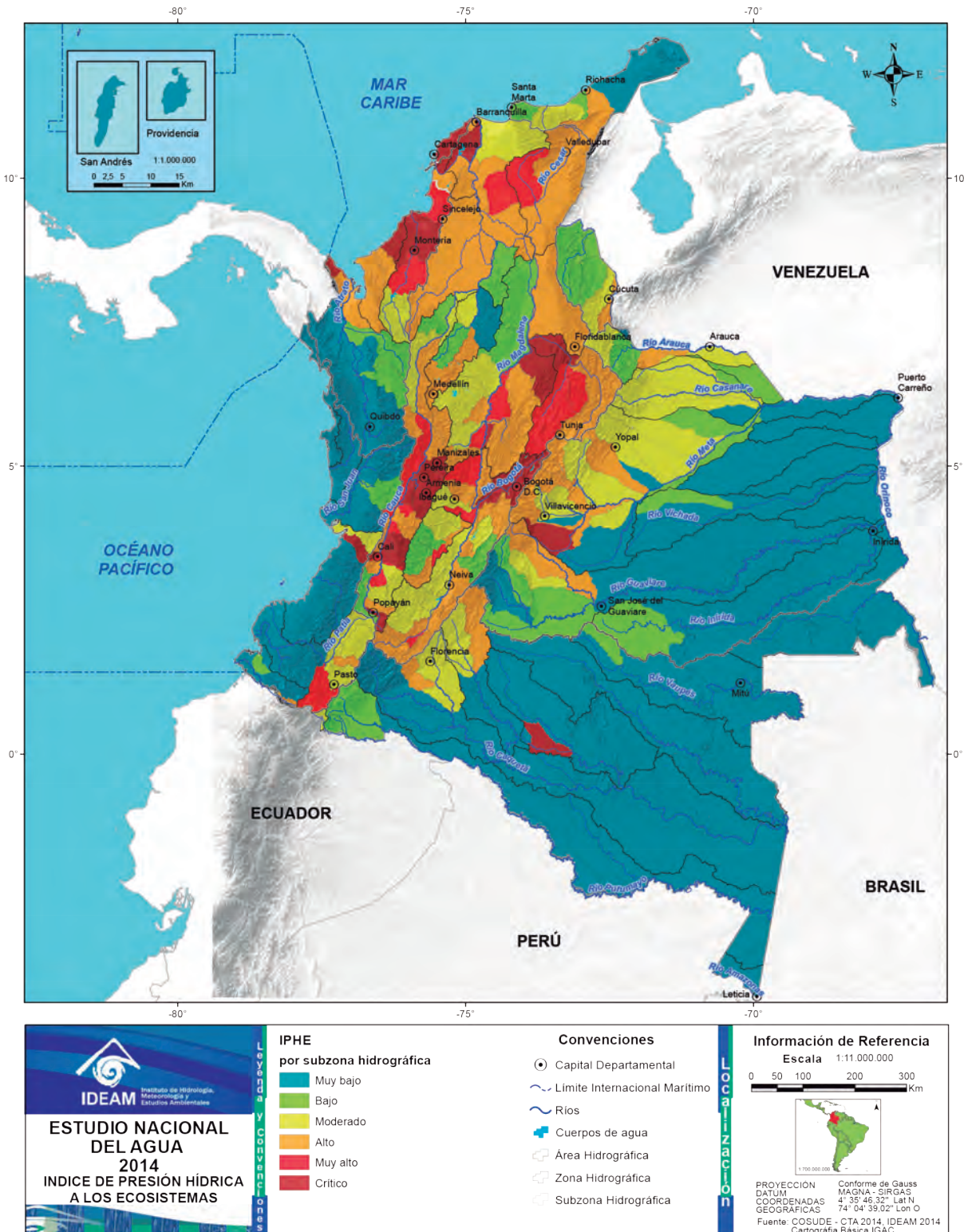


Figura 5.17 Índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE)

Del análisis geográfico de los resultados del indicador se evidencian 22 subzonas hidrográficas que presentan valores superiores a 1 (Crítico) (Tabla 5.28), lo que las pone en una situación crítica que significa que en estos territorios convergen una o varias de las siguientes situaciones:

a) Disponibilidad nula de agua verde (DAV = 0), lo que significa de la SZH está totalmente contenida en una zona de protección y huella hídrica verde agropecuaria mayor a cero, lo que significa que existe reporte de producción agrícola o de pastos

ganaderos en una zona de protección donde no debería existir actividad productiva agropecuaria de ningún tipo.

b) Disponibilidad limitada de agua verde (DAV > 0, pero limitada), y huella hídrica verde agropecuaria mayor a cero y superior a la disponibilidad de agua verde, por lo que existen zonas de protección en competencia por el agua verde.

Adicional a lo anterior, existen otras 22 subzonas hidrográficas que presentan valor *Muy Alto* (Tabla 5.29), 61 subzonas hidrográficas con valor *Alto* y 47 subzonas hidrográficas con valor *Moderado*.

Tabla 5.28 Subzonas hidrográficas con IPHE en valor crítico

SZH	Subzona hidrográfica	Índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE)
1116	Río Tolo y otros directos al Caribe	1,07
1204	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	1,21
1206	Arroyos directos al Caribe	1,18
1303	Bajo Sinú	1,19
2120	Río Bogotá	1,14
2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	1,20
2314	Río Opón	1,26
2405	Río Sogamoso	1,34
2601	Alto río Cauca	1,04
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	1,13
2609	Ríos Amaime y Cerrito	1,09
2612	Río La Vieja	1,02
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1,21
2615	Río Chinchiná	1,07
2632	Ríos Guabas, sabaletas y Sonso	1,04
2634	Ríos Cali	1,44
2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	1,16
2903	Canal del dique margen derecho	1,22
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	1,10
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	1,77
4505	Río Luisa	1,47
5310	Río Anchicayá	1,00

Tabla 5.29 Subzonas hidrográficas con IPHE en valor muy alto.

SZH	Subzona hidrográfica	Índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE)
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	0,94
1302	Medio Sinú	0,97
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	0,94
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	0,81
2125	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	0,86
2203	Medio Saldaña	0,87
2304	Directos Magdalena entre ríos Guarinó y La Miel (mi)	0,98
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	0,82
2401	Río Suárez	0,99
2402	Río Fonce	0,81
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaverál	0,87
2611	Río Frío	0,81
2614	Río Risaralda	0,87
2617	Río Frío y otros directos al Cauca	0,98
2622	Río Desbaratado	0,86
2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	0,86
2630	Ríos Lili, Melendez y Cañaveralejo	0,81
2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	0,84
2636	Río Paila	0,96
2804	Río Ariguaní	0,91
2908	Ríos Chimuica y Corozal	0,98
5205	Río Guaitara	0,90

5.2.4 Análisis ambiental aplicado a la huella hídrica azul

Este apartado tiene por objeto evaluar la cuantificación de la sumatoria de las huellas hídricas azules multisectoriales para 311 subzonas hidrográficas continentales de Colombia, mediante la comparación con la oferta de agua azul, representada por la oferta hídrica disponible año medio (ver capítulo 2 ENA 2014) para cada una de ellas, según la metodología propuesta por el manual de huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). A través de este cálculo se ha identificado en qué cuencas se presenta com-

petencia por agua azul, la cual está estrechamente relacionada en el Índice de uso de agua.

La *disponibilidad de agua azul* mensual (DAA) está dada por la oferta hídrica disponible año medio que se desarrolla de manera detallada en el capítulo 2 del Estudio Nacional del Agua 2014.

La huella hídrica azul tiene una perspectiva multisectorial que incluye el uso de agua agrícola de riego efectivo¹⁵ a los cultivos permanentes y transitorios,

¹⁵ El riego efectivo hace referencia al volumen realmente evapotranspirado por la vegetación y está dado por la demanda hídrica agrícola (riego total) multiplicado por el coeficiente de eficiencia según el sistema de riego aplicado.

incluidos pastos de corte y forrajeros¹⁶ y consumos efectivos de sector pecuario por sacrificio de ganado (6.976 millones de m³/año), la huella hídrica azul doméstica (385 millones de m³/año), la huella hídrica azul Industrial (65,4 millones de m³/año), la huella hídrica azul de la generación de energía hidroeléctrica y termoeléctrica (297,4 millones de m³/año), la huella hídrica azul de la extracción de hidrocarburos (4,3 millones de m³/año) y por último la huella hídrica azul multisectorial generada por los 7 grandes trasvases que involucran más de una subzona hidrográfica (2.228 millones de m³/año). El total de la huella hídrica azul multisectorial nacional es 9.956 millones de m³/año.

Una vez se ha determinado la disponibilidad de agua azul (oferta hídrica disponible año medio), es posible hacer la evaluación ambiental de la huella hídrica azul de la cuenca para lo cual se obtiene la relación entre la huella total de la cuenca (multisectorial) y la disponibilidad de agua azul (oferta hídrica disponible año medio) para cada una. En el contexto del Estudio Nacional del Agua 2014 se ha tomado para designar esta relación el Índice de Agua No Retornada a la Cuenca (IARC)¹⁷.

5.2.4.1 Índice de Agua No Retornada a la Cuenca (IARC)

El cálculo de Índice de Agua No Retornada a la Cuenca (IARC) se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$IARC = \frac{\sum HH_{Azul}}{OHD_{Año_Medio}}$$

En donde:

$\sum HH_{Azul}$: suma de todas las huellas hídricas azules multisectoriales al interior de la cuenca en un periodo de tiempo "t", en volumen/tiempo.

$OHD_{Año_Medio}$: oferta hídrica disponible en año medio que determina la disponibilidad de agua azul en la cuenca para el periodo de tiempo "t", en volumen/tiempo.

La competencia por agua azul en una cuenca se puede entender como una consecuencia de un exceso en demanda o falta de eficiencia en uso por parte de los diferentes sectores usuarios del agua en las cuencas. Para facilitar la comprensión del resultado de este indicador, se han establecido 6 categorías de valores que son plenamente coherentes con las categorías definidas para IUA y permiten estimar el estado del indicador en cada una de las subzonas hidrográficas a nivel nacional.

Estos rangos varían entre estado *Crítico* para valores mayores que 1 los cuales denotan que existe una huella hídrica que excede la oferta por ende solo se puede explicar considerando que son áreas que tienen una fuente de agua alterna, por ejemplo, subterránea, *Muy Alto* para valores entre 0,5 y 1 donde existe evidencia de una situación límite en términos de competencia por agua azul, *Alto* para valores entre 0,2 y 0,5 donde existe una alerta por existir evidencia de una demanda de agua azul multisectorial que supera el 20% del total disponible, *Moderado* para valores entre 0,1 y 0,2 en zonas donde existe evidencia de una situación de uso y no retorno de agua azul multisectorial que supera el 10% del total disponible y valores *Bajo* y *Muy Bajo* para valores inferiores a 0,1 donde se considera que existe una situación favorable en términos de agua azul.

En el mapa de la Figura 5.18, se muestra la distribución del Índice de Agua no Retornada a la Cuenca - IARC por subzona hidrográfica, año 2012.

16 Para este cálculo se excluyeron los pastos de corte y forrajeros reportados para áreas hidrográficas Orinoco y Amazonas por problemas de coherencia en la base de datos oficial reportada.

17 En todo lo relativo a la Huella Hídrica, este estudio sigue la metodología y definiciones presentadas en el Manual de Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011) publicado por la Red de Huella Hídrica (WaterFootprint Network). Con respecto al término "Índice de escasez de agua azul", denominado en el manual "*BlueWaterScarcityIndex*", IDEAM ha estimado conveniente proponer para el contexto nacional una modificación al nombre con la finalidad de conseguir coherencia y armonía con el trabajo previo desarrollado sobre índices relativos al agua en estudios nacionales de agua anteriores, quedando incluido en el grupo de indicadores de presión al recurso hídrico bajo la denominación de "Índice de Agua *No Retornada a la Cuenca (IARC)*".

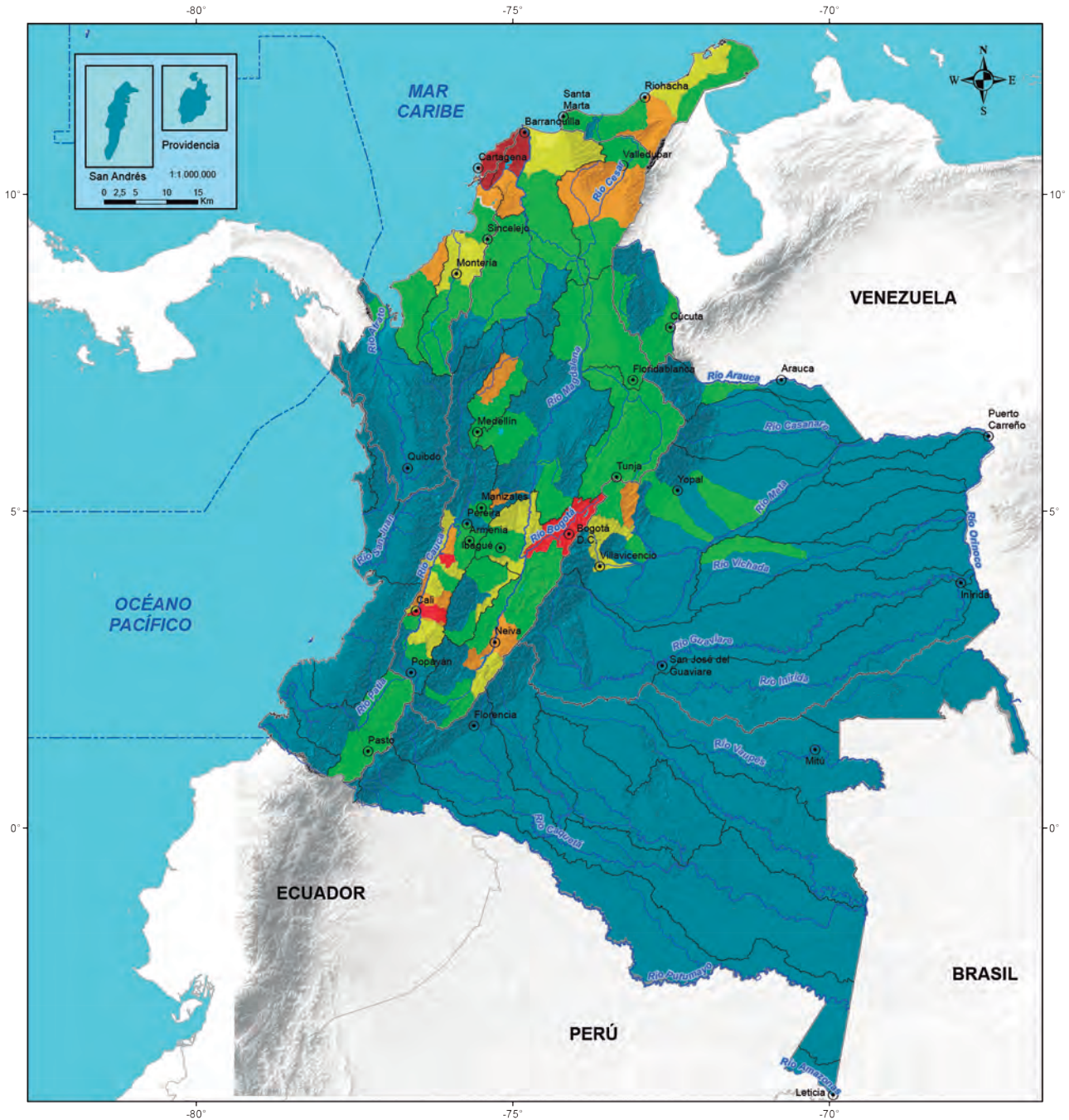


Figura 5.18 Índice de agua no retornada a la cuenca IARC, año 2102

Del análisis geográfico de los resultados del indicador se evidencian 4 subzonas hidrográficas que presentan valores superiores a 1 (Crítico) (Tabla 5.30), lo que las sitúa en una situación crítica, lo cual significa que en estos territorios existe una disponibilidad limitada de agua azul y la sumatoria de las huellas hídricas azules multisectoriales da un resultado superior a la oferta. Por esta razón existe una situación crítica de competencia por el agua, la cual solo puede estar soportada por fuentes de agua alternas a las fuentes superficiales o por pequeños trasvases no registrados.

Adicional a lo anterior, existen otras 4 subzonas hidrográficas que presentan valor *Muy Alto* (Tabla 5.19), 13 subzonas hidrográficas con valor *Alto* y 18 subzonas hidrográficas con valor *Moderado*.

5.3 Flujos de agua virtual

El agua virtual se define en la literatura como el agua que está contenida dentro de un bien haciendo referencia al agua usada en la producción de este (Allan

1998, Clark et al. 2014) y por lo tanto el flujo de los bienes, a través del comercio internacional. Puede definirse como el intercambio de servicios de agua entre países (Reimer 2012). En este sentido, el comercio mundial de commodities, los cuales representan el 70% del flujo virtual de agua (Hoekstra & Hung, 2005), es una fuente para solucionar los crecientes problemas de escasez de agua en algunos lugares del mundo (Clark. Et al 2014) ya que “traslada” el agua de zonas relativamente abundantes en agua hacia otras con menor disponibilidad de este recurso (Delbourg & Dinar, 2014).

Sin embargo, a pesar de las propiedades distributivas del comercio internacional de commodities, al ser los productos de origen agrícola los bienes que consumen la mayor parte del agua del mundo (Hoekstra y Chapagain, 2004; Suweis et al. 2011; Pfister et al. 2011), los conceptos de huella hídrica azul y verde adquieren gran relevancia ya que permiten analizar el tipo y volumen de huella hídrica que se está exportando y por tanto, los impactos en términos ambientales y económicos de la producción de estos bienes en su país de origen.

Tabla 5.30 Subzonas hidrográficas con IARC en valor crítico

SZH	Nombre SZH	Índice de agua no retornada a la cuenca (IARC)
1206	Arroyos directos al Caribe	1,05
2903	Canal del dique margen derecho	1,38
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	1,31
2909	CiénagaMallorquín	1,50

Tabla 5.31 Subzonas hidrográficas con IARC en valor muy alto

SZH	Nombre SZH	Índice de agua no retornada a la cuenca (IARC)
2120	Río Bogotá	0,50
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	0,50
2630	Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	0,53
2636	Río Paila	0,59

Lo anterior resalta la importancia del análisis de los flujos virtuales de agua ya que en primer lugar, provee herramientas de evaluación y control para lograr hacer un uso eficiente del recurso hídrico en especial, para reducir los efectos del cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria humana a través de la identificación de las ventajas comparativas entre países en la producción de los recursos que requieren, el agua dulce como factor de producción intensivo. Lo anterior, permite observar las oportunidades y retos para lograr una eficiente colocación de los productos agrícolas en los mercados internacionales.

En este punto, cabe resaltar que Latinoamérica se destaca por tener el mayor volumen de flujo de agua virtual verde la cual es dirigida principalmente a Estados Unidos y Europa, mientras que Asia posee el mayor flujo de agua virtual azul la cual es dirigida casi en su totalidad a países asiáticos (Konar et al. 2011).

5.3.1 Análisis de flujo de agua virtual

En esta sección, se analizan los flujos de agua virtual para el 2012 con el objetivo de identificar los productos que mayor cantidad de agua aportan al comercio mundial de agua y los productos cuya dinámica de

comercio internacional tengan una mayor influencia en la presión sobre el recurso hídrico lo que lleva también, a identificar los productos con menor costo de oportunidad del uso del agua. Para llevar a cabo esto, se toman en cuenta los cálculos de huella hídrica, se calculan los flujos de agua virtual azul y verde y se analizan por subzona hidrográfica, por nivel de exportaciones y producto.

Para la identificación del agua virtual azul y verde por subzona hidrográfica, se procedió a distribuir por municipio y por polígono las exportaciones identificadas para el 2012 de acuerdo al peso de cada uno de estos en la producción. Es decir que aquellos municipios que tenían mayor participación en la producción, se les asignó un mayor porcentaje en la exportación. Para el cálculo del banano y plátano, se tomaron en cuenta los datos de la producción exportada.

Los cálculos de los flujos de agua virtual al 2012, muestran que Colombia, con sus exportaciones de aceite de palma, azúcar, banano, café, cacao, plátano y flores, sigue la tendencia de Sur América de exportar en gran mayoría agua verde (Konar et al. 2011) la cual al 2012, representaba el 92% del flujo virtual de agua total exportada a través de los 7 productos agrícolas mencionados que se puede observar en la Figura 5.19.

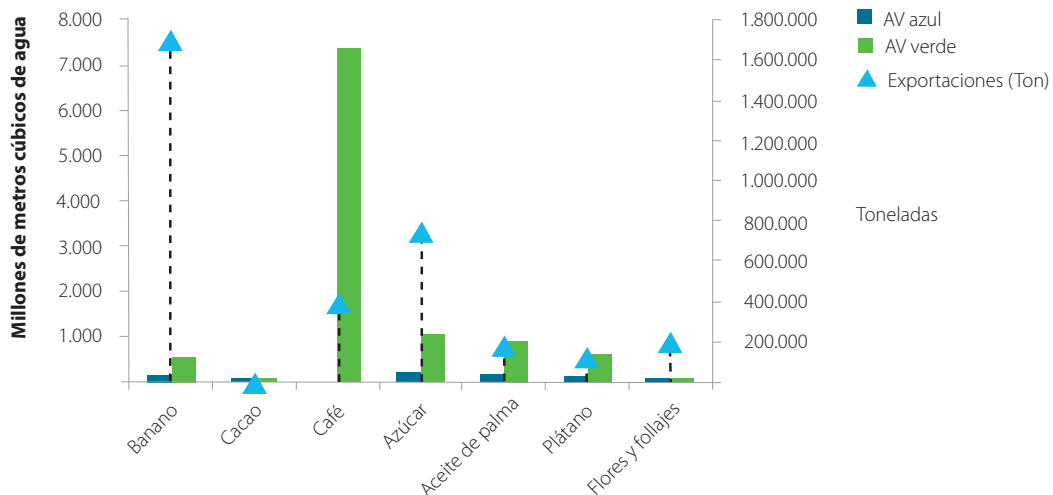


Figura 5.19 Agua virtual verde y azul y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012

Lo anterior, implica una menor presión y mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico ya que es agua almacenada en el suelo de zonas en donde se encuentran los cultivos que se exportan, y no aguas de riego que proceden directamente de las cuencas las cuales también abastecen las necesidades humanas.

Debido a esto, el costo de oportunidad del uso de agua con fines agrícolas de Colombia es menor que en otras regiones del planeta en donde se requiere un mayor volumen de agua azul para producir los mismos bienes (Asia por ejemplo). Esto le otorga a Colombia, una ventaja comparativa en la producción de bienes agrícolas en términos de uso eficiente del recurso hídrico y de costos asociados a la construcción

de infraestructura destinada a la irrigación de las áreas para la producción de estos bienes.

La tabla 5.32, muestra la huella hídrica azul y verde así como los flujos de agua virtual verde y azul por producto. En esta tabla, se destaca que la huella hídrica azul más grande la ocupó la palma de aceite mientras que la menor fue la del cacao. En el caso de huella hídrica verde, el cultivo con mayor volumen fue la del café.

Para los flujos de agua virtual azul para el año 2012, la gráfica 5.20, muestra que el producto con mayor volumen de agua virtual azul después de la palma es el azúcar, el cual, alcanzó un valor de 214 millones de metros cúbicos de agua azul por año, mientras que el cacao, las flores y el plátano fueron los que tuvieron menor flujo de agua azul. (Figura 5.20).

Tabla 5.32 Huella hídrica azul y verde y agua virtual azul y verde en millones de metros cúbicos por año

Producto	Banano	Cacao	Café	Azúcar	Palma de aceite	Plátano	Flores y follajes
HH azul	238,15	119,38	-	774,87	975,72	938,31	56
Agua virtual azul	144,12	2,68	-	214,32	139,69	90,09	50
HH verde	933,23	1.260,95	11.822,33	6.018,33	5928,92	5.381,50	39
Agua virtual verde	564,33	53,60	7.363,81	1.044,77	903,56	575,81	35
Exportaciones (Ton)	1.706.494	4.321	400.651	753.367	174.376	128.446	201.949

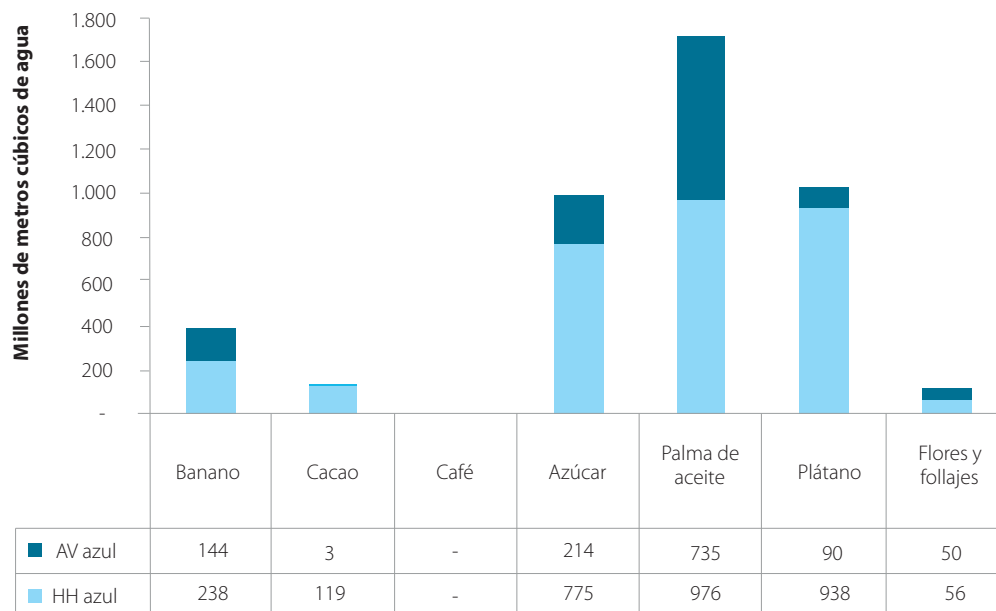


Figura 5.20 Huella hídrica azul y agua virtual azul del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012

Lo anterior, implica un mayor costo de oportunidad de la producción de aceite de palma en términos del uso del recurso hídrico. Mientras que el comercio internacional del cacao y el banano, son los de menor costo de oportunidad en términos del uso del recurso hídrico.

La Figura 5.21, confirma lo descrito anteriormente mostrando que mientras el volumen de exportaciones del aceite de palma es relativamente bajo, el volumen de agua azul que se exporta es mayor, y productos como el banano o el café que poseen un mayor volumen de exportaciones tienen un menor flujo virtual de agua azul.

Para los flujos de agua virtual verde, se destaca el papel del café que, debido a no necesitar riego, presenta el mayor volumen de agua verde exportada mientras que el cacao, el plátano y el banano, poseen el menor volumen de agua verde exportada (Figuras 5.22 y 5.23).

Lo descrito anteriormente, implica una menor presión por parte del comercio internacional de estos productos sobre el recurso hídrico a la vez que poseen cualidades redistributivas, pues logran trasladar el agua de países del trópico con mayor dotación de agua hacia lugares con menor dotación del líquido como los países integrantes de la Unión Europea y Estados Unidos, los

principales socios comerciales de Colombia para el banano, el plátano y el café.

Sin embargo, cuando se comparan los volúmenes exportados al 2012 y su huella hídrica, se muestra que cultivos como la palma contribuyen de manera importante a la distribución de agua verde a través de las exportaciones, ya que su volumen de agua verde exportada es mayor al volumen de la exportada por el banano, mientras que el volumen de toneladas exportadas de la palma son menores que las toneladas exportadas por el banano.

5.3.2 Análisis de agua azul y verde por área hidrográfica, por subzona hidrográfica y por producto

La Tabla 5.21, muestra el origen geográfico del agua virtual azul involucrada en el flujo de comercio internacional por área hidrográfica y por cultivo. Cabe resaltar que del total de agua azul para el banano, el cacao, el azúcar, el aceite de palma, el plátano y las flores, el 65%, se extrae de la cuenca Magdalena-Cauca, seguida del Caribe con el 25%, Orinoco con 9%, y el Pacífico con menos del 1%.

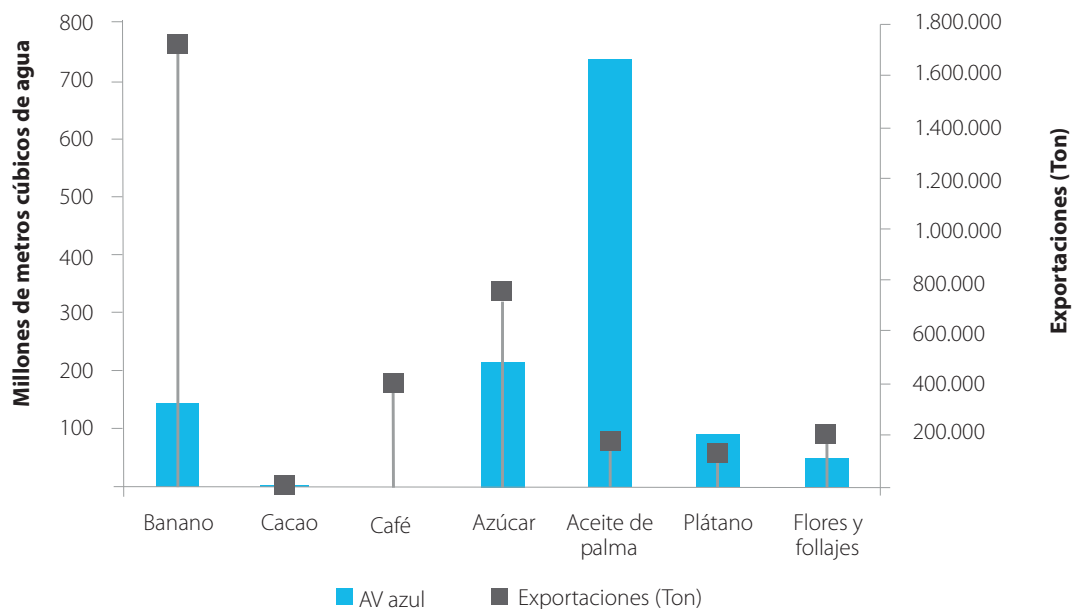


Figura 5.21 Agua virtual azul y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, aceite de palma, plátano, flores y follajes para el 2012

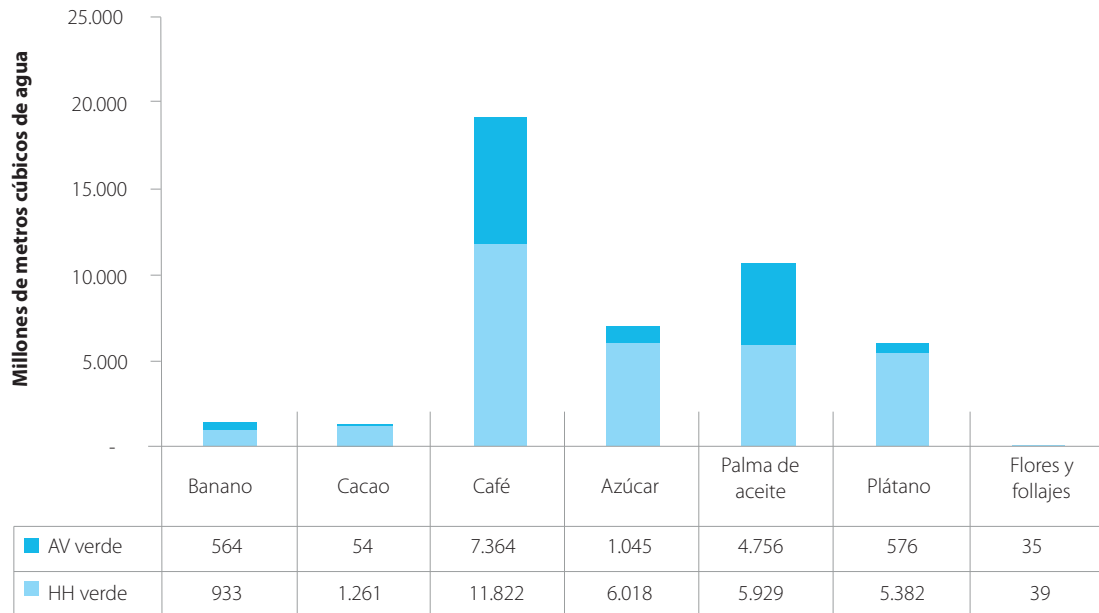


Figura 5.22 Huella hídrica verde y agua virtual verde del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012

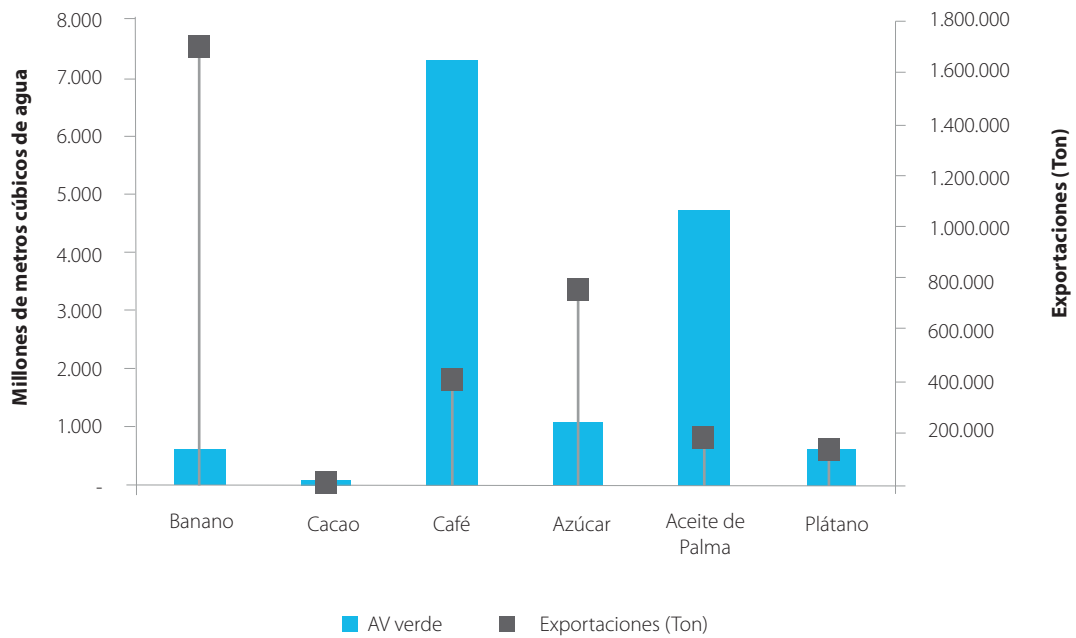


Figura 5.23 Agua virtual verde y exportaciones del banano, cacao, café, azúcar, palma de aceite, plátano, flores y follajes para el 2012

Tabla 5.33 Flujos de agua virtual azul (m³) por área hidrográfica de origen por cultivo¹⁸

	Caribe	Magdalena Cauca	Orinoco	Pacifico	FAV azul Millones de m ³
Banano	73,73	70,39	-	-	144,12
Cacao	0,15	0,65	1,88	-	2,68
Azúcar	-	213,86	-	0,46	214,32
Aceite de palma	0,19	80,79	58,72	-	139,69
Plátano	90,03	0,07	-	-	90,09
Flores y follajes	0,08	55,46	0,48	0,06	50,47

Tabla 5.34 Flujos de agua virtual verde (Millones de m³) por área hidrográfica por cultivo¹⁹

	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacifico	FAV verde Millones de m ³
Banano	-	475,3	89,0	-	-	564,3
Cacao	-	5,3	26,9	10,5	11,0	53,6
Café	22,3	242,1	6.480,5	22,0	596,9	7.363,8
Azúcar	-	-	1.042,4	-	2,4	1.044,8
Aceite de palma	-	49,23	389,06	444,10	21,15	903,5
Plátano	-	517,6	58,3	-	-	575,8
Flores y follajes	-	0,0	38,3	0,7	0,2	35,3

El análisis del agua virtual azul hace referencia directa al agua de riego por lo que establece la relación entre los impactos locales generados por la demanda de riego en un punto determinado y la parte de esta agua “costosa” que está asociado al comercio internacional.

En la Tabla 5.34, se muestra el origen geográfico del agua virtual verde involucrada en el flujo de comercio internacional por área geográfica y por cultivo, la cual evidencia que para el total de agua virtual verde para los productos de banano, cacao, café, azúcar, aceite de palma, plátano y flores, el 77% proviene de la zona hidrográfica del Magdalena-Cauca, seguida del Caribe 12%, Orinoco con el 5%, y el Pacífico 6%.

Adicionalmente, se observa que para el área hidrográfica Magdalena-Cauca el 80% del agua virtual verde está asociada con el café con alrededor de 6.500 millones de metros cúbicos, seguida por el azúcar con el 13% con aproximadamente 1.000 millones de metros cúbicos de agua y el aceite de palma el 5% con aproximadamente 400 millones de metros cúbicos de agua.

Es importante entender la implicación que tiene el flujo de agua verde sobre el flujo de agua azul. El primero permite entender cuáles son los impactos territoriales locales en términos de uso del suelo y de competencia de agua verde con los ecosistemas estratégicos y áreas de protección, generados por una demanda comercial asociada a comercio internacional. En el segundo el impacto se refiere a demanda directa de agua, pues el riego agrícola compite directamente por agua superficial con otros usos en una cuenca, de forma que implícitamente el agua azul da información relativa a potencial competencia humana y potencial conflicto por uso de agua.

18 Para el área hidrográfica Amazonas no se reportan datos. Para el cultivo de café, no hay datos de agua virtual azul, porque su huella hídrica azul es cero.

19 Para el área hidrográfica Amazonas no se reportan datos. Para el cultivo de café, no hay datos de agua virtual azul, porque su huella hídrica azul es cero.

Para los seis cultivos estudiados, se encontró que para el 2012 del total de flujo de agua, el 33% proviene de la exportación del azúcar, seguido por el 22% de la exportación del aceite de palma, el banano con el 22%, el plátano con el 14%, las flores con el 9% y el cacao con 0,4%.

Para los seis cultivos estudiados, se encontró que para el 2012 del total de flujo de agua verde exportada, el 70% proviene de la exportación del café, seguido por la exportación del azúcar con el 10%, el aceite de palma con el 9%, el banano y el plátano con el 5% cada uno, el cacao con el 1% y las flores y follajes con el 0.3%.

Capítulo 6

Calidad de agua

Calidad de agua

IDEAM

Claudia Tetay

Luz Consuelo Orjuela

Martha García

Uso de plaguicidas

Instituto Nacional de Salud

Omayda Cárdenas

Diana Patricia Díaz

Carlos Andrés Castañeda

Mauricio Beltrán

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



El componente de calidad del agua en este ENA 2014, se concentra en evaluar el estado y tendencias de las condiciones de calidad de agua superficial y las presiones por contaminación que potencialmente se están ejerciendo sobre los sistemas hídricos y cuerpos de agua del país.

Teniendo como referente conceptual los procesos fundamentales del ciclo del agua, su interacción con procesos del medio natural y de actividades antrópicas, se evalúan las condiciones de calidad y de cargas contaminantes generadas por vertimientos puntuales o difusos provenientes de sectores usuarios del agua (actividades productivas), que no están siendo tratados, y que potencialmente alcanzan los cuerpos de agua lénticos y lóticos.

Esta evaluación se desarrolla a partir de las características físicas, químicas y biológicas teniendo como base el monitoreo sistemático de variables medidas en la red de referencia nacional del IDEAM que incluyen el análisis de concentraciones y cargas de metales pesados en sedimentos, nitrógeno amoniacal, porcentaje de saturación de oxígeno, el desbalance de nutrientes y el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Las presiones por contaminación sobre los sistemas hídricos y cuerpos de agua del país, se analizan a partir de la estimación de cargas contaminantes puntuales vertidas por los sectores industrial, doméstico, sacrificio de ganado y beneficio del café. Esta estimación se hace para cada una de las variables que integran el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL): Demanda Biológica de Oxígeno DBO, Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Suspendidos Totales SST, Nitrógeno Total NT y Fósforo Total PT.

Igualmente se determina la presión por vertimiento de mercurio en la minería de oro y plata y las sustancias químicas utilizadas en cultivo y transformación de coca. La demanda potencial de agroquímicos en la agricultura se estima como un agregado nacional, dada la información disponible y se realiza una primera

aproximación a la estimación de cargas contaminantes difusas provenientes del sector pecuario.

Adicionalmente el INS aportó información sobre los plaguicidas y el impacto de ellos en la salud de los humanos y los ecosistemas.

Se toma de año base para las estimaciones el 2012 y como unidades espaciales de análisis el municipio y la subzona hidrográfica.

6.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

El concepto de calidad de agua, se basa en la Directiva Marco del Agua de la Comunidad Europea (UE, 2007), que la define como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad ecológica, que van más allá de evaluar los requerimientos para un uso determinado.

6.1.1 Elementos conceptuales

El modelo general de soporte para la evaluación de la calidad de agua se muestra en el esquema de la Figura 6.1. Se reconocen como punto de partida unas condiciones iniciales de calidad de los cuerpos de agua tanto superficiales, como subterráneos y marinos. Estas condiciones son alteradas ya sea por procesos relacionados con dinámicas naturales o por procesos de contaminación de vertimientos puntuales o difusos, los cuales ejercen un impacto dependiendo de las características de calidad y de la capacidad de los cuerpos de agua receptores para asimilar o degradar dichas cargas.

Las cargas contaminantes generadas de forma puntual o difusa por los sectores usuarios del recurso ejercen presión sobre los sistemas hídricos ya sea por que se vierten a través del alcantarillado o directamente a los cuerpos de agua después de tratamiento o sin

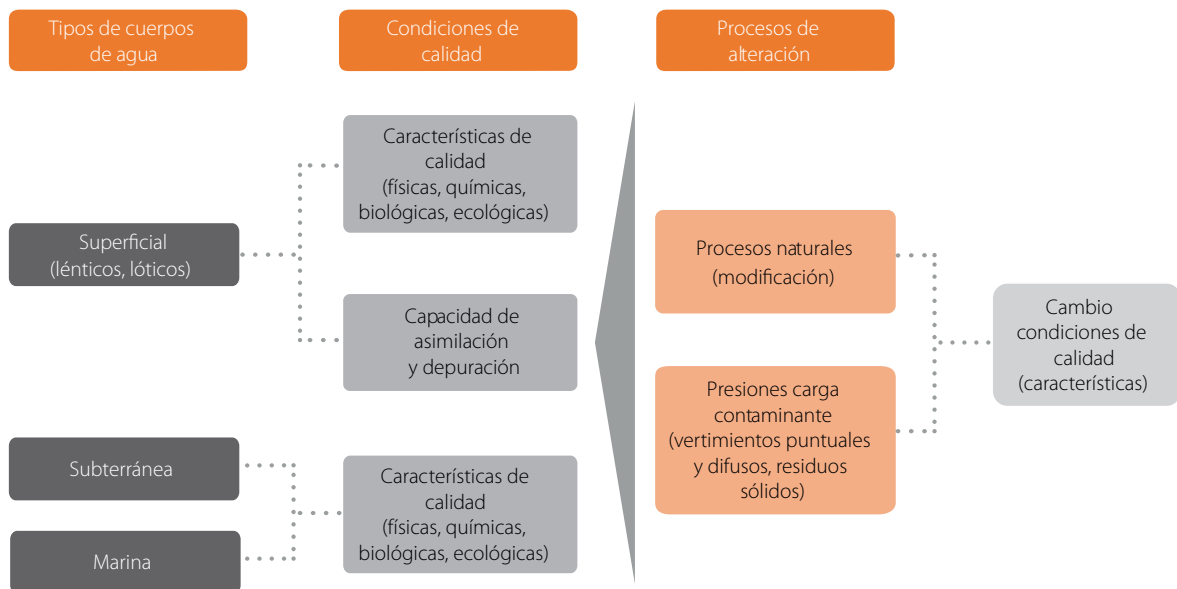


Figura 6.1 Modelo para la evaluación de estado y presiones sobre la calidad del agua
Fuente: Modificado de (IDEAM, 2013).

tratamiento. En este estudio se evalúan los cuerpos de agua superficial y las cargas contaminantes puntuales medidas y analizadas en puntos específicos a partir de los parámetros que dan cuenta de las características físicas, químicas, biológicas.

La capacidad de dilución y depuración de las corrientes y cuerpos de agua que depende, en cada región, de las condiciones geomorfológicas, la variación espacio temporal del clima y la hidrología son parte de la evaluación de calidad.

Se acogen las Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua RIEA, División de Estadística del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Naciones Unidas, (Naciones Unidas, 2012) para determinar los volúmenes de agua que fluyen desde las unidades económicas a los sistemas hídricos continentales y las emisiones transmitidas (cargas y vertimientos líquidos) desde la economía hacia el medio ambiente provenientes de fuentes puntuales y difusas. En tal sentido se realiza el inventario de cargas contaminantes y se construye el IACAL.

En este documento, las cargas generadas por los sectores usuarios del recurso se denominan *cargas brutas* y las que llegan a los cuerpos de agua, que no han sido removidas en el tratamiento, se denominan *cargas netas*.

Las cargas difusas son las transportadas por el agua proveniente de fuentes que no tienen punto único de origen o una salida puntual específica a una masa de agua receptora.

Cargas puntuales son las transportadas por el agua desde fuentes que tienen un punto único de origen y de vertido a los sistemas hídricos continentales, aguas superficial y aguas subterránea (Naciones Unidas, 2012).

Se analizan materia orgánica biodegradable (DBO_5) y no biodegradable (DQO-DBO), sólidos suspendidos (SST) y nutrientes (NT y PT); y las sustancias peligrosas como el uso de mercurio derivado del beneficio del oro y de la plata; el uso de agroquímicos en etapas de cultivo y la cantidad de químicos usados en la transformación de coca.

El Índice de Calidad del Agua (ICA), con respecto al ENA 2010, incluye una variable adicional; la relación nitrógeno total/fosforo total (NT/PT); esta variable da cuenta del estado de balance de los nutrientes en los ecosistemas para el buen desarrollo de los organismos vivos, que pueden ser afectados por cargas provenientes de la agricultura y los vertimientos de aguas servidas.

6.1.2 Elementos metodológicos

En este aparte se mencionan los aspectos procedimentales, unidades de análisis, fuentes de información y demás consideraciones tenidas en cuenta en el marco metodológico.

El procedimiento metodológico para evaluar las condiciones de calidad de agua en sistemas hídricos superficiales y las presiones potenciales por carga contaminante se ilustra en la Figura 6.2.

6.1.2.1 Presiones por carga contaminante

La evaluación de presiones por contaminación tiene en cuenta las consideraciones que se relacionan a continuación:

- Actualización del inventario de fuentes contaminantes del agua a 2012 para los sectores doméstico, sacrificio de ganado y beneficio de café.
- Adopción de los factores de vertimiento que se expresan en Kg/unidad de producto/año de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1993). En el caso del sector cafetero se aplican factores propuestos por el gremio, derivados de medición directa, los cuales diferencian entre beneficio ecológico y no ecológico del café (IDEAM, 2010).
- Estimación de la carga contaminante a partir del inventario para cada sector, aplicando factores de vertimiento.

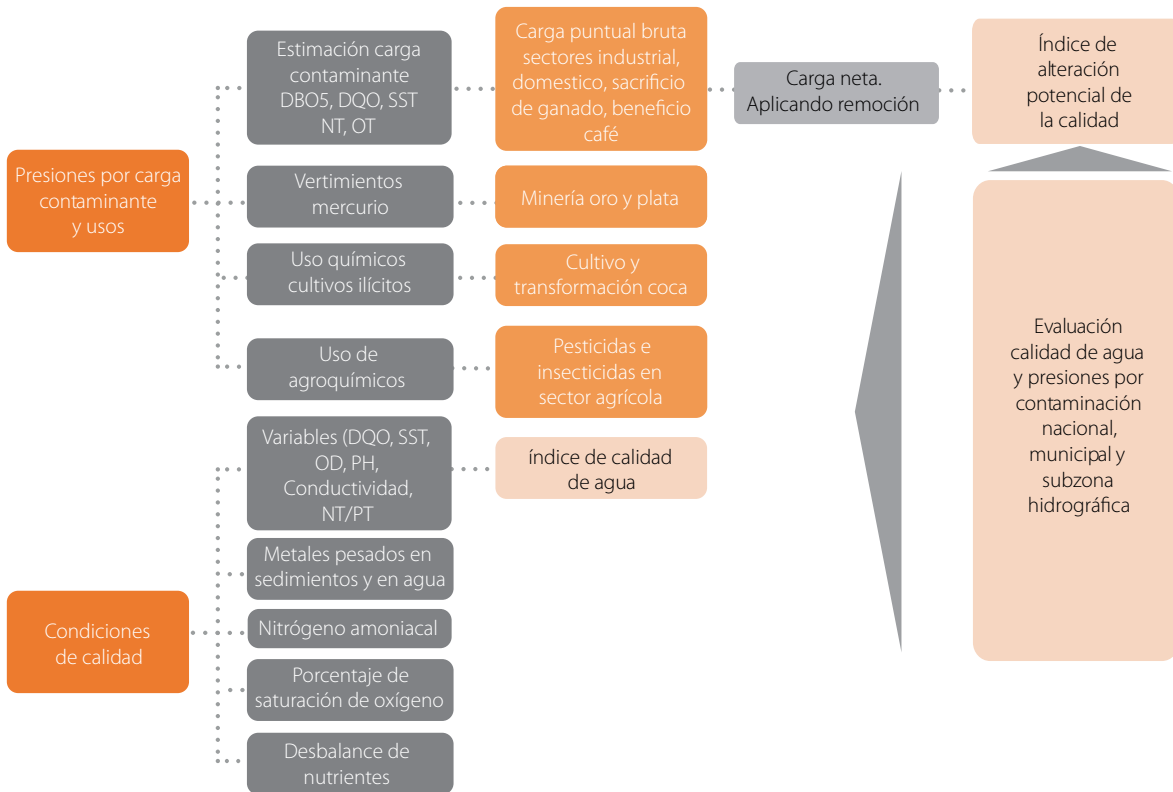


Figura 6.2 Marco metodológico para el componente calidad de agua

- Estimación de remoción de cargas contaminantes por tratamiento de aguas residuales (STAR) municipales e industriales. Esta remoción depende de la capacidad de dichas plantas y el tipo de tratamiento (primario, secundario o terciario) que se realiza además de la operación y mantenimiento adecuados de dicho sistema.
- Cálculo de las cargas contaminantes netas, como resultado de diferencia entre las cargas generadas y las cargas removidas.
- Aunque se avanzó en la estimación de cargas difusas por DBO5, DQO, SST, NT, PT de origen pecuario (avícola, bovino, porcino), a partir de los datos de inventarios municipales de 2012 y de los reportes anuales de los gremios²⁰, aún no se publican los resultados hasta cuando no se cuente con factores de vertimiento actualizados y representativos. Por otra parte, es necesario tener en cuenta en las cargas contaminantes difusas no solo las del sector pecuario, sino también del sector agrícola.

Sector doméstico

El análisis de la calidad del agua para el sector doméstico esta basado en información del Sistema Único de Información SIU de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD.

Los datos sobre la fracción de remoción de carga contaminante doméstica (DBO, DQO, SST) corresponden a los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) que reportan los prestadores de servicios, que permiten obtener factores de remoción medidos en 76 municipios de los 355 analizados en 2010. Se conservan para el resto de municipios los factores teóricos utilizados en el ENA 2010.

Sacrificio de ganado

La encuesta de sacrificio de ganado ESAG del 2012 del DANE registra el peso en kilogramos de animal

sacrificado en pie para ganado vacuno y porcino por mes, según plantas (de beneficio animal) legalmente establecidas. La información ESAG se presenta como agregado a nivel de región NUTE (Nomenclatura Única Regional) con la participación departamental para el año 2012.

Con fines de desagregar a nivel de municipio, se asigna el peso en Kg de animales sacrificados de acuerdo con el porcentaje de participación del municipio en el recaudo departamental. Para tales efectos, se consulta los registros de la Federación Colombiana de Ganaderos Fedegan, que desagregan el recaudo por venta de carne (vacuno y porcino) para las plantas de beneficio animal por departamento y municipio.

Beneficio del café

La metodología empleada para el cálculo de DBO, DQO, SST, en el beneficio del café es la misma que se utilizó al ENA 2010. La información de producción de café para el año 2012 se realiza con los datos de producción total anual de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (consensuada entre el MADR y el DANE), en el cual se evidencia una disminución de la producción de café con respecto a 2008.

La ponderación de la participación del municipio en el volumen de producción de café cereza en el departamento, se realizó a partir de los datos municipales y los totales agregados departamentales de la producción registrada en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) del MADR.

Uso de mercurio en la minería

La determinación de las toneladas de mercurio que potencialmente pueden pasar al suelo y al agua se soporta en el estudio "Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio *realizado por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, (UNEP, 2005) que considera que de la totalidad de mercurio utilizado, el 40% pasan al agua y suelo y el 60 % a la atmosfera.

²⁰ Federación Nacional de Avicultores de Colombia (Fenavi), Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegan) y Asociación Colombiana de Porcicultores (Porcicol).

La representación espacial de la presión por contaminación del mercurio que puede alcanzar el agua o al suelo se realiza en función de la participación de uso mercurio para beneficio de oro por municipio de acuerdo a lo reportado por el Sistema de Información Minero Colombiano.

La definición de rangos y categorías de contaminantes por municipio se establecen de acuerdo con la distribución de frecuencias de las cargas y ajusta con base a la información puntual medida.

En la Tabla 6.1, se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de las cargas agregadas municipales.

Tabla 6.1 Categorías y rangos vertimiento de mercurio al agua y suelo por beneficio de oro en 2012

Categoría participación vertimiento de mercurio	Toneladas Año t/año
Muy alta	> 2,51
Alta	0,88 – 2,51
Media	0,34 – 0,87
Baja	0,12 – 0,33
Muy baja	< 0,11

Las fuentes de información para estimar el uso de mercurio son: la Sinopsis Nacional de la Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala (MADS y PNUMA) y el Sistema de Información Minero Colombiano (Simco).

Sector industrial

Para el sector industrial se presenta la información obtenida en 2008 teniendo en cuenta que en el proceso de actualización de datos e información para 2012 no se logró una mejor cobertura y no se contó con acceso al mismo nivel de códigos CIU y de datos. En particular, con la información disponible se tienen incertidumbres de la cobertura y los porcentajes de remoción de sistemas de los tratamiento por restricciones de reserva estadística. Se hizo consulta en las siguientes fuentes de información: Encuesta Anual

Manufacturera EAM- 2011, Encuesta Ambiental Industrial EAI -2011 y Registro Único Ambiental RUA -2011.

6.1.2.2 Condiciones de calidad

El análisis de condiciones de calidad en los sistemas hídricos superficiales se realiza con el Índice de Calidad del Agua ICA y con la evaluación de variables como metales pesados en sedimentos superficiales (recolectados en las riberas), nitrógeno amoniacal, porcentaje de saturación de oxígeno y desbalance de nutrientes medidos en la red de monitoreo de IDEAM y en puntos específicos.

La calidad del agua se evalúa a través de los resultados de presiones por contaminación en las 316 subzonas hidrográficas del país abarcando concentraciones de contaminantes e indicadores de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL y del Índice de Calidad de Agua – ICA).

6.1.2.3 Unidades de análisis

Los municipios y las subzonas hidrográficas son las unidades espaciales de análisis para el componente de calidad de agua. Las cargas contaminantes calculadas por parámetro, el Índice de Alteración Potencial del Agua (IACAL), el uso de mercurio por beneficio de oro y plata, y la utilización de sustancias químicas en el cultivo, procesamiento y transformación de coca como uso ilícito, se agregan y se representan en forma espacial. La información de agroquímicos (fertilizantes y sustancias para el control fitosanitario) se presenta a nivel nacional por la forma en que se encuentran los datos disponibles.

Los contaminantes en sedimentos y los parámetros de seguimiento de condiciones de calidad son medidos en la red de monitoreo de IDEAM y junto con el Índice de Calidad del Agua se analizan en estos puntos específicos.

La unidad de análisis temporal es anual, para el año de referencia 2012 y el Índice de Calidad del Agua ICA se calcula con los registros del año 2013.

6.1.3 Indicadores de presión sobre la calidad de agua y estado

Como indicativo de la presión que se está ejerciendo sobre los sistemas hídricos se estimó el IACAL para las 316 subzonas hidrográficas. Para el análisis de condiciones de calidad de las corrientes se calculó el ICA en los puntos de la red de referencia nacional.

6.1.3.1 Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua - IACAL

La metodología para la actualización del IACAL se ilustra en la Figura 6.3 (IDEAM, 2010).

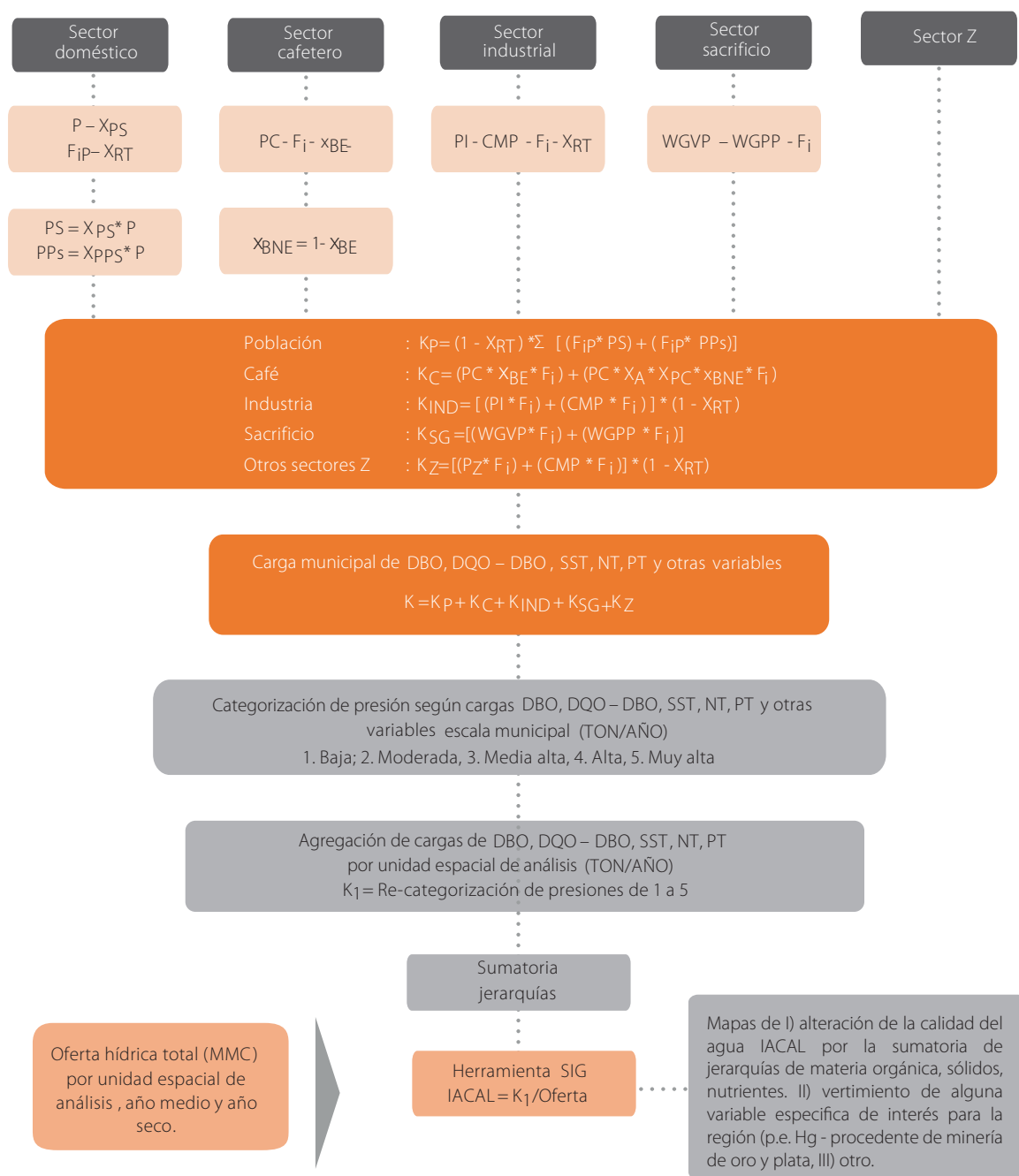


Figura 6.3 Diagrama metodológico para procesamiento de información para el IACAL
Fuente: IDEAM 2010 E IDEAM 2013.

Donde:

XPS:	Fracción de la población conectada al alcantarillado
PS:	Población conectada al alcantarillado (Número personas)
PPs:	Población conectada a pozo séptico (Número. personas)
FiP:	Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico
XRT:	Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual doméstica
PC:	Producción municipal de café como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco
XBE:	Fracción de beneficio ecológico nacional de café
XBNE:	Fracción de beneficio no ecológico nacional de café
PI:	Producción industrial (cantidad) para las actividades económicas de interés de la unidad de análisis
CMP:	Consumo de materias primas para una industria determinada
XRT:	Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector
Fi:	Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida ²¹
WGVP:	Tonelada de animal (vacuno) en pie
WGPP:	Tonelada de animal (porcino) en pie
KP:	Carga de DBO5 proveniente de la población en ton/año
KC:	Carga de DBO5 proveniente del beneficio del café en ton/año
KIND:	Carga de DBO5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año

KsG:	Carga de DBO5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año
K:	Carga municipal de DBO5 en ton/año
KZ:	Carga de otra variable de interés de otras actividades económicas específicas de la unidad de análisis, en toneladas /año. Ej: minería, etc.

La metodología para estimación de cargas vertidas, incluida las cargas removidas por sistemas de tratamiento de aguas residuales y la categorización de las presiones se puede consultar en el ENA 2010, Capítulo 6. (IDEAM, 2010).

6.1.3.2 Índice de Calidad de Agua (ICA)

El cálculo de ICA incluye la ponderación de seis (6) variables: oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión, pH y la relación NT/PT.

Con los resultados del monitoreo puntual realizado durante 2013 en la red básica de calidad superficial del IDEAM (150 estaciones ubicadas principalmente en el área andina), se calcula el ICA promedio como indicativo de las condiciones generales de calidad y el ICA valor mínimo como el indicativo de la peor condición anual encontrada como resultado del monitoreo. Las variables consideradas y la ponderación correspondiente se presenta en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Variables y ponderaciones de las seis variables para ICA

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales, SST.	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,17
NT/PT	-	0,17
Conductividad eléctrica, C.E.	μS/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Fuente: H.M. Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (IDEAM, 2011).

21 OMS.(1993) Óp. Cit.

La ecuación²² para el cálculo del subíndice de calidad para NT/PT es la utilizada por IDEAM y publicada en la página web para el cálculo de indicadores ambientales.

si $15 \leq NT/PT \leq 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,8$

si $10 < NT/PT < 15$, entonces $I_{NT/PT} = 0,6$

si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $I_{NT/PT} = 0,35$

si $NT/PT \leq 5$, ó $NT/PT > 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,15$

6.2 Resultados y análisis

Teniendo como soporte los conceptos y metodología mencionados, se presenta los estimativos de presiones por carga contaminante que potencialmente están alcanzando los sistemas hídricos del país, las concentraciones de materia orgánica, nutrientes, tóxicos orgánicos y metales pesados en los principales ríos donde se cuenta con monitoreo en las estaciones de la red de referencia nacional.

6.2.1 Presiones sobre la calidad del agua por cargas contaminantes

Se estiman las cargas contaminantes puntuales de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes por los sectores doméstico, industrial, sacrificio de ganado y café; los vertimientos al agua por uso de mercurio en la minería de oro y plata; el uso de químicos en el cultivo y transformación de la coca y el uso de agroquímicos en la agricultura.

6.2.1.1 Carga contaminante puntual

La carga neta de contaminantes por vertimientos puntuales que potencialmente llega a los sistemas hídricos del país provenientes de los sectores industria, domestico (incluye sacrificio de animales) y beneficio del café, se muestra en la Figura 6.4.

En la Figura 6.5, se muestra la carga contaminante de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes que potencialmente alcanzan las corrientes hídricas en las cinco áreas hidrográficas.

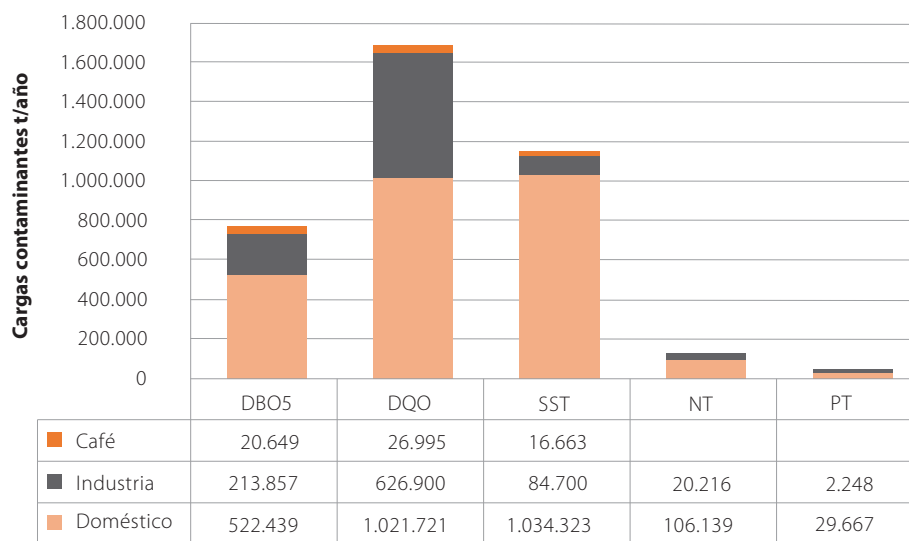
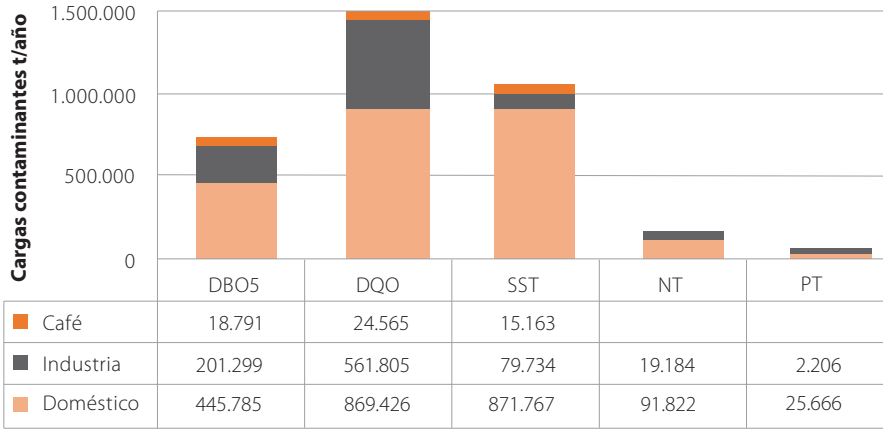


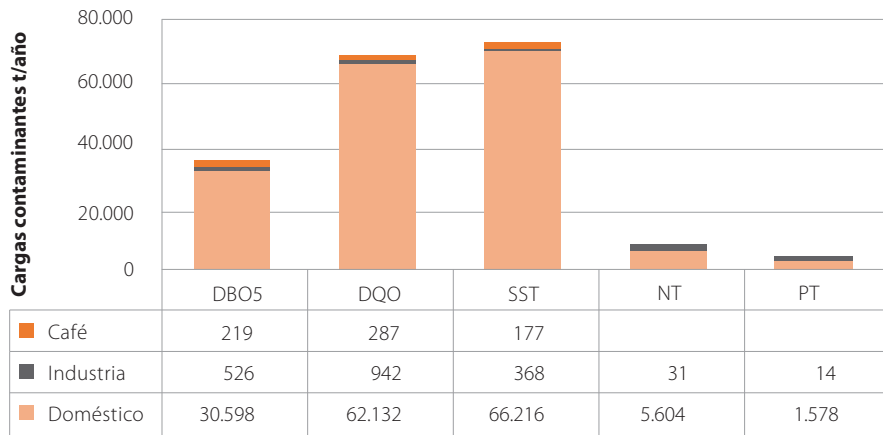
Figura 6.4 Cargas contaminantes potencialmente vertidas a los sistemas hídricos (t/año) 2012

22 Recuperado de: http://institucional.ideam.gov.co/jsp/info/institucional/eambientales/indicadores/pdf/3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_Fl.pdf.

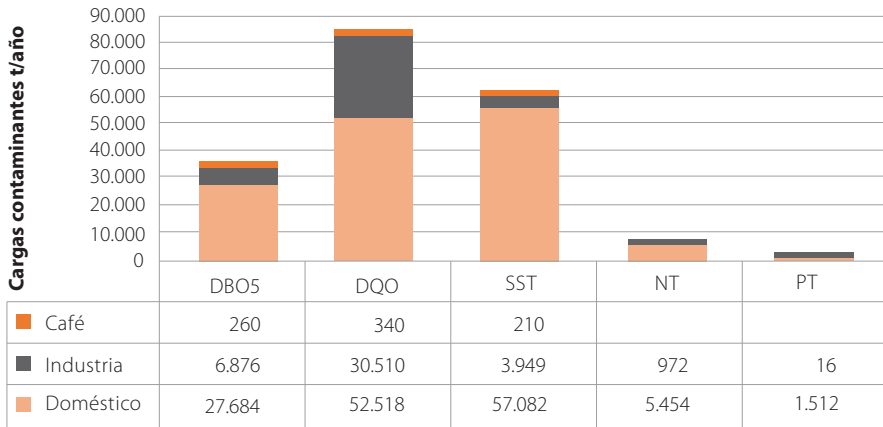
Área hidrográfica Magdalena – Cauca



Área hidrográfica de Caribe



Área hidrográfica del Orinoco



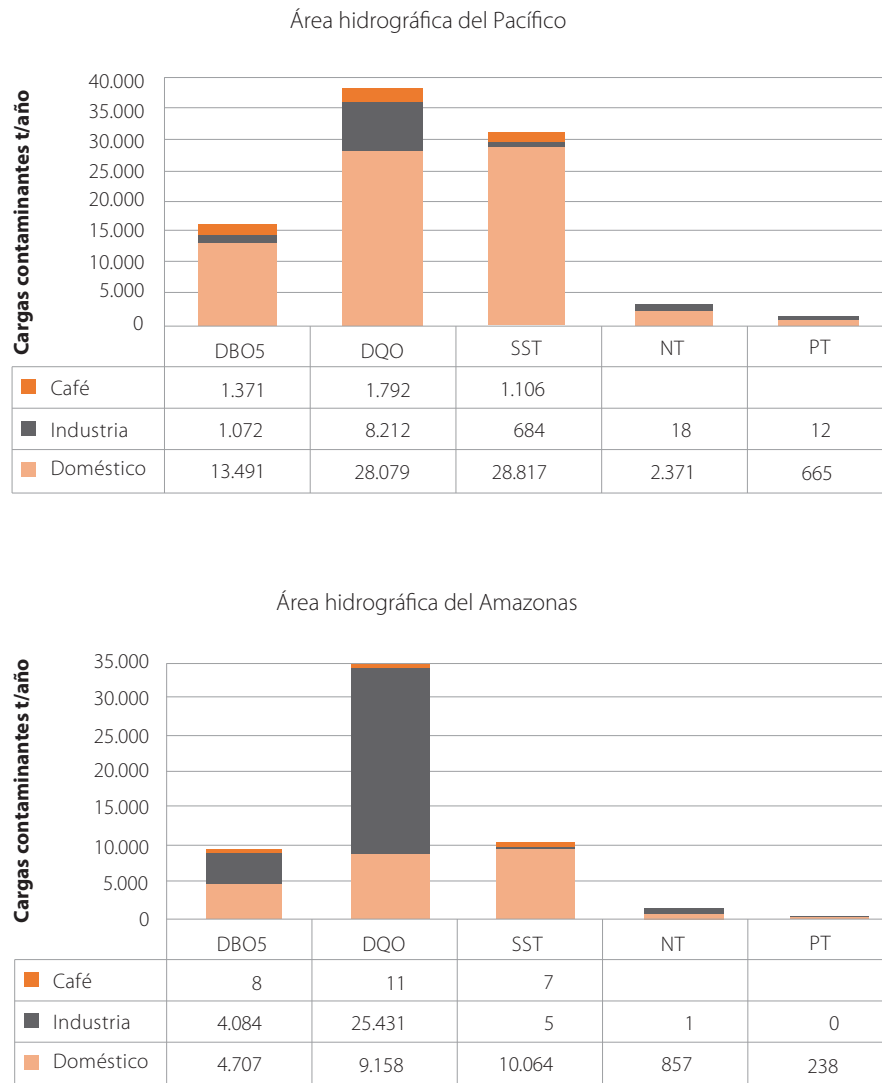


Figura 6.5 Carga contaminante por área hidrográfica

Carga DBO₅

La carga orgánica biodegradable (DBO₅) vertida a los sistemas hídricos después de tratamiento en Colombia durante el año 2012 alcanzó 756.945t t/año, que equivalen a 2.102 t/día.

Del total de cargas vertidas a las fuentes hídricas, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero 3%. Cabe aclarar que los datos de industria están limitados por la reserva estadística.

El 80% de la carga de DBO₅ fue aportada por 55 municipios principalmente por las áreas metropolitanas y ciudades grandes del país: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Cúcuta, Villavicencio y Manizales.

En la Tabla 6.3, se muestra el nivel de aporte de carga orgánica biológica (DBO₅) de las 9 principales ciudades del país generadas y no tratadas por las actividades domésticas e industriales.

Tabla 6.3 Aporte de carga de DBO s principales ciudades de Colombia

Ciudades	Aporte doméstico t/año	Aporte industrial t/año
Bogotá	111.012	34.021
Medellín	29.898	8.277
Cali	33.370	4.281
Barranquilla	7.930	8.400
Cartagena	13.100	16.169
Bucaramanga	6.199	5.681
Cúcuta	10.776	265
Villavicencio	7.994	3.008
Manizales	6.595	3.694

Carga DQO

La carga total nacional vertida a los cuerpos de agua de demanda química de oxígeno (DQO), después de tratamiento, es de 1.675.616 t/año, equivalentes a 4.654 t/día de los cuales la industria aporta el 37%, el sector doméstico 61 %, y el cafetero un 2%.

En la Tabla 6.4, se presentan los aportes de DQO generado por las actividades en las principales ciudades del país.

El 85 % de las sustancias químicas lo aportan 53 municipios, con una carga vertida después de tratamiento de 918.670 t/año la cual afecta principalmente las subzonas hidrográficas de los ríos Bogotá, Porce, Arroyos directos al Caribe, Sumapaz, Guayuriba, Lebrija y otros directos al Magdalena, Negro, Amaime y Cerrito, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe.

Tabla 6.4 Aporte de carga de DQO de las principales ciudades de Colombia

Ciudades	Aporte doméstico t/año	Aporte industrial t/año
Bogotá	201.254	130.174
Medellín	54.436	17.779
Cali	61.809	10.678
Barranquilla	21.553	20.355
Cartagena	29.332	92.475
Bucaramanga	11.948	15.736
Cúcuta	19.931	522
Villavicencio	14.841	13.794
Manizales	12.178	6.000

En el mapa de la Figura 6.6, se muestra la distribución espacial por municipio de la carga en materia orgánica biológica, estimada en DBO₅ y en la Figura 6.7, la carga de químicos estimada en DQO-DBO₅ en el año 2012.

Los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Bolívar, Atlántico, Santander, Cundinamarca y Cauca aportaron el 66% de carga de materia orgánica biológica del DBO generado en el país. El mayor vertimiento de esta carga se hace en el área hidrográfica del Magdalena – Cauca, seguida del Orinoco, Amazonas, Caribe y Pacífico.

En la Tabla 6.5, se presentan los valores de cargas por DBO, DQO y DQO-DBO en cada área hidrográfica para las subzonas que reciben mayores aportes de contaminantes de materia orgánica, biológica y química.

Tabla 6.5 Cargas contaminantes de DBO, DQO y DQO-DBO para las subzonas hidrográficas más presionadas

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Dbo (t/año)	Dqo (t/año)	Dqo_dbo (t/año)
Magdalena - Cauca	Alto Magdalena	Río Bogotá	180.781	402.854	222.073
	Nechí	Río Porce	69.894	133.506	63.612
	Cauca	Ríos Lili, Melendez y Cañaveralejo	37.669	72.509	34.841
	Bajo Magdalena	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	29.841	73.982	44.141
	Medio Magdalena	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	28.025	57.014	28.989
	Cauca	Río la Vieja	22.931	41.371	18.440
	Cauca	Ríos Amaime y Cerrito	22.517	42.273	19.756
	Cauca	Río Palo	20.045	33.288	13.243
	Bajo Magdalena - Cauca - San Joge	Bajo San Jorge - La Mojana	14.379	32.525	18.146
	Cauca	Río Chinchiná	12.569	22.121	9.552
	Sogamoso	Río Chicamocha	10.741	19.786	9.046
	Alto Magdalena	Río Coello	9.386	20.131	10.745

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Dbo (t/año)	Dqo (t/año)	Dqo_dbo (t/año)
Magdalena - Cauca	Cauca	Ríos Arroyohondo -Yumbo - Mulalo - Vijos - Yotoco - Mediacanoa - Piedras	9.153	19.606	10.453
	Cauca	Ríos Guadalajara y San Pedro	7.494	12.755	5.261
	Alto Magdalena	Río Foralecillas y otros	7.277	16.257	8.980
	Sogamoso	Río Suarez	6.533	17.673	11.140
	Cesar	Medio Cesar	6.266	13.609	7.343
	Cauca	Río Otún y otros directos al Cauca	6.226	12.359	6.133
	Bajo Magdalena	Cga. Grande de Santa Marta	5.888	12.827	6.939
	Medio Magdalena	Río Nare	5.648	10.523	4.875
	Medio Magdalena	Río Opón	5.627	19.664	14.037
	Cauca	Ríos Tulúa y Morales	5.293	9.781	4.487
	Cauca	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	4.613	8.608	3.995
	Cauca	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	4.312	7.801	3.488
	Cauca	Alto Río Cauca	4.285	8.753	4.468
	Bajo Magdalena	Canal del Dique margen derecho	3.610	8.305	4.695
	Medio Magdalena	Directos Magdalena entre Ríos Guarinó y la Miel (mi)	3.358	5.946	2.589
Alto Magdalena	Río Sumapaz	3.202	5.881	2.679	
Caribe	Caribe - Litoral	Arroyos Directos al Caribe	30.732	125.119	94.387
	Catatumbo	Río Pamplonita	15.713	28.054	12.882
	Caribe - Guajira	Río Piedras - Río Manzanares	7.201	17.784	10.583
	Sinú	Bajo Sinú	6.688	15.849	9.161
	Caribe - Litoral	Río León	4.171	7.847	3.676
	Catatumbo	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	3.982	7.271	3.289
Pacífico	Patía	Río Juananbú	6.560	18.076	11.516
	Tapaje - Dagua - Directos	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	6.527	13.671	7.144
	Mira	Río Mira	4.709	9.229	4.519
	Patía	Río Guáitara	3.697	7.561	3.865
Amazonas	Putumayo	Alto Río Putumayo	5.409	27.902	22.492
Orinoco	Meta	Río Guatiquía	12.060	30.452	18.392

Carga SST

Los sectores analizados anteriormente vierten 1.135.726 t/año de sólidos suspendidos totales, después de tratamiento, equivalente a 3.154 t/día. La industrial aporta el 7%, el sector doméstico el 91% y el subsector cafetero el 1%. En la Tabla 6.6, se muestra la participación en vertimientos de SST para los sectores doméstico e industrial en las ciudades principales.

El aporte municipal de vertimiento de SST en Colombia, se genera principalmente en ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Palmira, Bucaramanga, Cartagena entre otros, como se aprecia en la Figura 6.8.

Tabla 6.6 Aporte de carga de SST de las principales ciudades de Colombia 2012

Ciudades	Aporte doméstico t/año	Aporte industrial t/año
Bogotá	181.837	12.447
Medellín	61.238	1.680
Cali	59.401	2.303
Barranquilla	15.387	5.231
Cartagena	27.860	5.025
Bucaramanga	13.200	3.160
Cúcuta	23.287	221
Villavicencio	16.636	2.009
Manizales	14.041	269

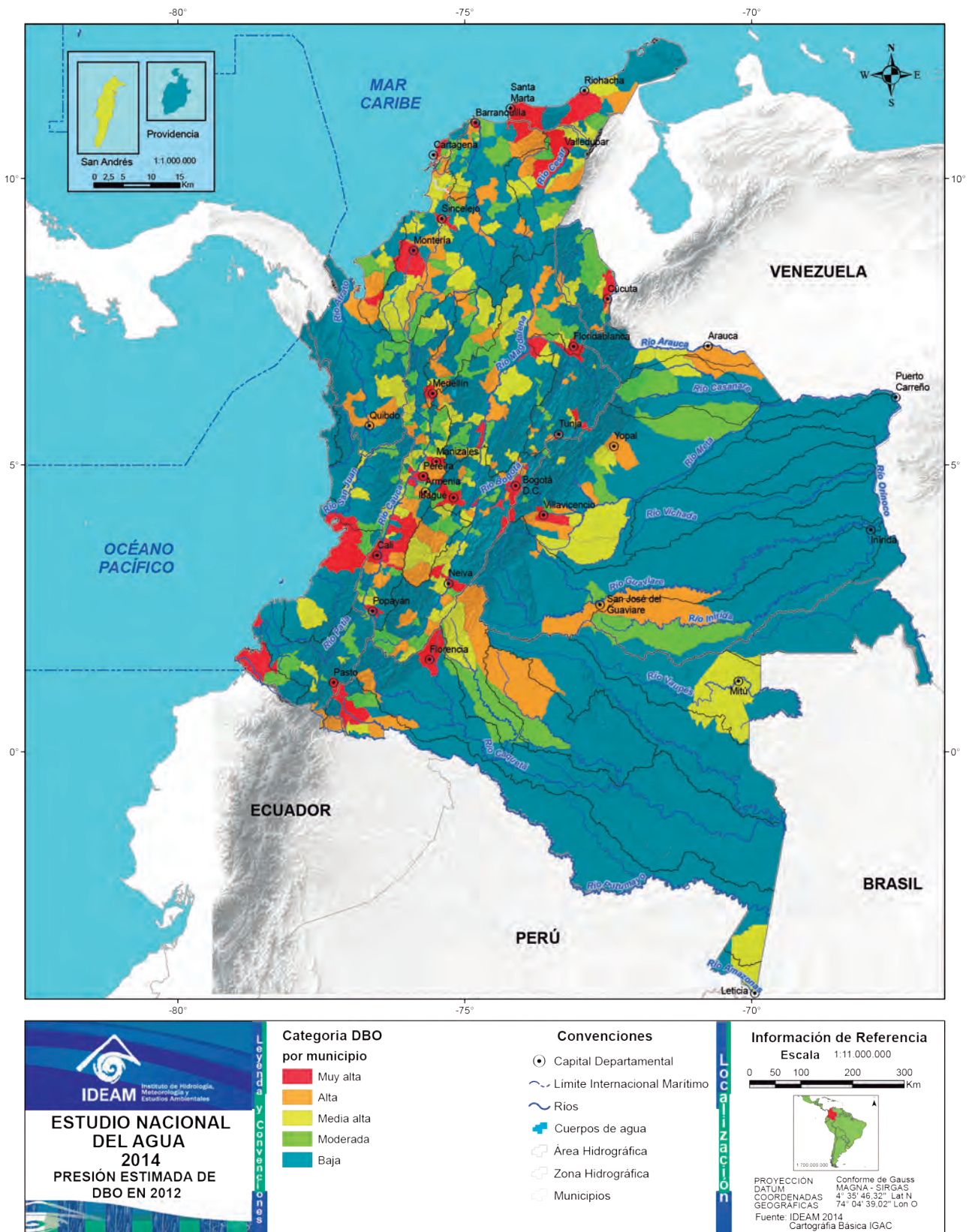
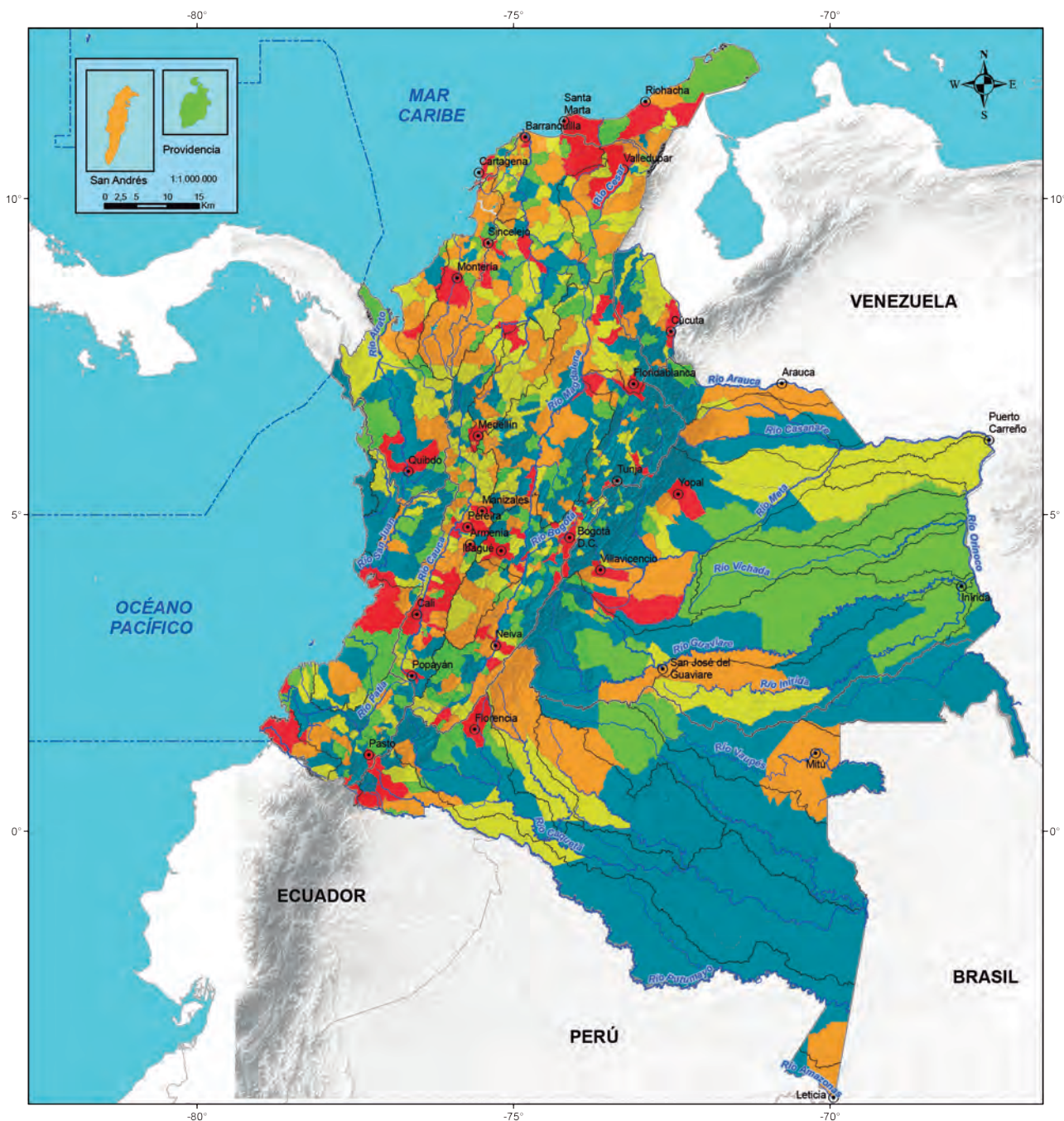


Figura 6.6 Presión estimada de DBO₅ por municipio, año 2012



Calidad de agua

255



Figura 6.7 Presión estimada de DQO -DBO₅ por municipio, año 2012

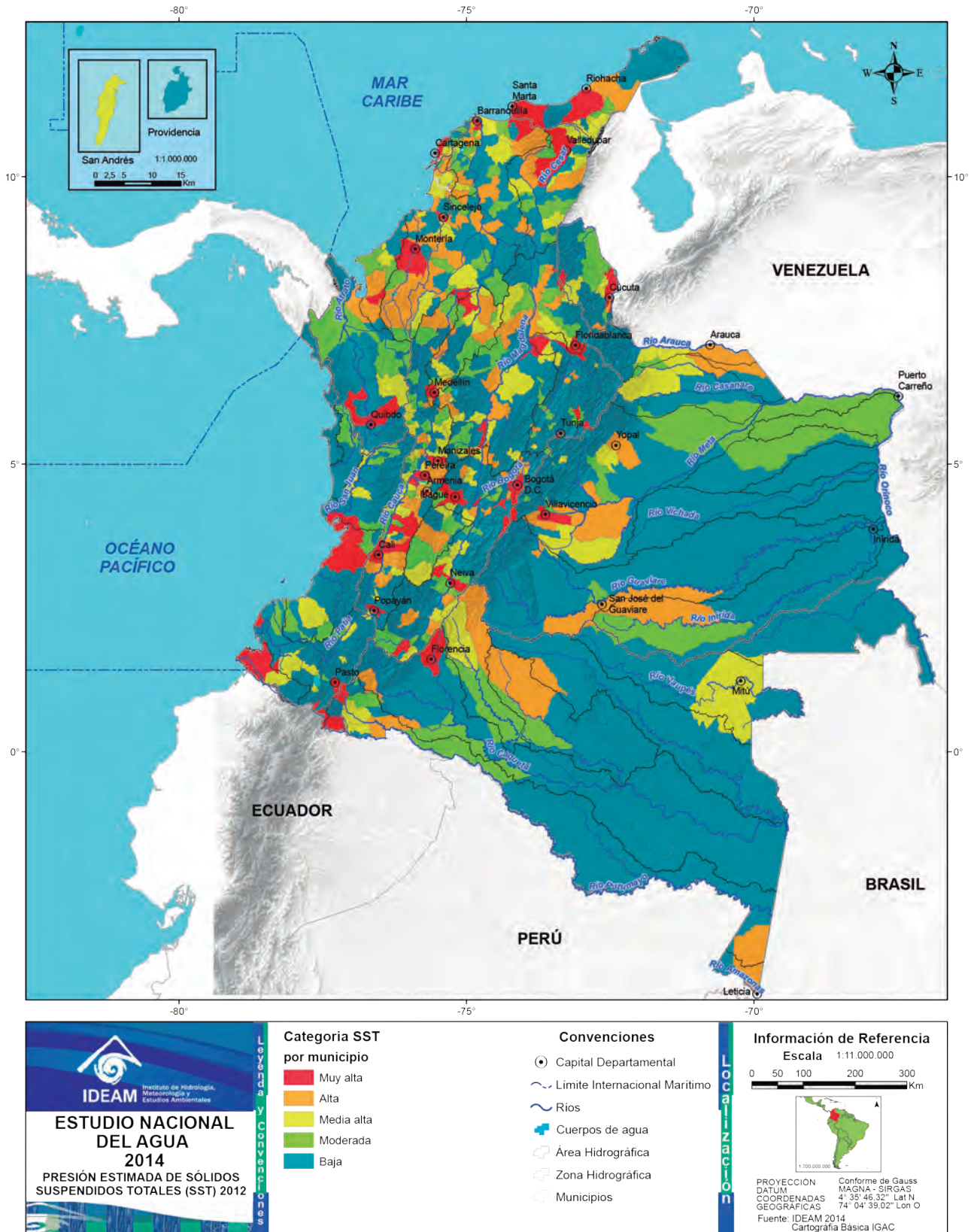


Figura 6.8 Presión estimada de sólidos suspendidos totales - SST

Carga NT

La carga vertida de Nitrógeno Total (NT) después de tratamiento, para el agregado nacional alcanzó 126.345 t/año o 350 t/día. La industria aporta el 16% y el sector doméstico 84 %. En la Tabla 6.7, se presentan los resultados para las 9 ciudades principales con su respectiva participación en vertimientos de NT por sectores.

Tabla 6.7 Aporte de carga de NT para principales ciudades en 2012

Ciudades	Aporte doméstico t/año	Aporte industrial t/año
Bogotá	25.098	4.762
Medellín	7.085	254
Cali	6.851	142
Barranquilla	2.824	2.106
Cartagena	2.179	1.775
Bucaramanga	1.735	438
Cúcuta	1.956	22
Villavicencio	1.389	178
Manizales	1.180	35

Los municipios de Medellín, Bogotá, Barranquilla, Cartagena, Cali, Santa Marta, Bucaramanga, Cúcuta, aportan el 75% del nitrógeno total que llega a las fuentes hídricas del país.

Carga PT

La carga de fósforo (PT) vertida después de tratamiento, se estimó en 31.915 t/año, equivalente a 88 t/día; la industria aportó el 7% y el sector doméstico el 92%. En la Tabla 6.8, se presentan resultados para las 9 ciudades principales con la respectiva participación en vertimientos de PT por sectores.

La participación de vertimiento de cargas puntuales de PT es de 76 %, con respecto al total país, en los departamentos de Valle del Cauca, Santander, Norte de Santander, Cundinamarca, Atlántico, Antioquia,

afectando las mismas subzonas hidrográficas que las presionadas por NT.

Tabla 6.8 Aporte de carga de PT, principales ciudades de Colombia 2012

Ciudades	Aporte doméstico t/año	Aporte industrial t/año
Bogotá	7.025	215
Medellín	2.013	206
Cali	1.967	9
Barranquilla	795	105
Cartagena	614	23
Bucaramanga	389	114
Cúcuta	551	7
Villavicencio	384	12
Manizales	329	23

En la Tabla 6.9, se relacionan las subzonas con mayor presión por contaminación de nutrientes (expresadas en cargas de nitrógeno total y fósforo total).

Las cuencas de los ríos Bogotá, Porce, arroyos directos al Caribe, Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar reciben cerca del 50% del total de nutrientes generados y no tratados en el país, en términos de nitrógeno y de fósforo.

6.2.1.2 Cargas contaminantes removidas por sistemas de tratamiento de agua residual

En síntesis y teniendo en cuenta las limitaciones de los datos disponibles, se puede obtener de esta información la carga contaminante que está siendo removida por los sistemas de tratamiento (basada en los porcentajes de carga contaminantes DBO, DQO, SST, NT y PT) y la que está siendo vertida a los ríos y cuerpos de agua del país.

Tabla 6.9 Cargas de contaminación por nutrientes (NT y PT) en las subzonas más afectadas

Area hidrografica	Zona hidrográfica	Subzona hidrografica	Nt (t/año)	Pt (t/año)
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Bogotá	33.884	9.114
Magdalena Cauca	Nechí	Río Porce	12.358	3.438
Caribe	Caribe - Litoral	Arroyos Directos al Caribe	7.189	706
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	7.037	1.497
Magdalena Cauca	Cauca	Ríos Lilí, Melendez y Cañaveralejo	6.994	1.977
Magdalena Cauca	Medio Magdalena	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	4.230	1.082
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	3.688	1.043
Caribe	Catatumbo	Río Pamplonita	2.703	761
Magdalena Cauca	Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge	Bajo San Jorge - La Mojana	2.325	625
Magdalena Cauca	Sogamoso	Río Suárez	2.261	294
Magdalena Cauca	Sogamoso	Río Chicamocha	2.088	487
Magdalena Cauca	Cauca	Ríos Amaime y Cerrito	1.978	305
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Coello	1.717	455
Magdalena Cauca	Cauca	Ríos Tulúa y Morales	1.704	168
Orinoco	Meta	Río Guatiquía	1.642	416
Magdalena Cauca	Cauca	Río Chinchiná	1.524	441

258

En la tabla 6.10, se presenta esta información y los porcentajes de remoción por contaminante.

De la carga de materia orgánica en temimos de DBO, la industria remueve el 54% y el sector doméstico el 15% (datos estimados a partir de registros fuente: IDEAM).

Tabla 6.10 Carga de contaminación removida en sistemas de tratamiento de aguas residuales

Parámetro	Carga generada doméstico e industria (Kg)	Carga vertida doméstico e industria (Kg)	Cantidad removida (Kg)	Porcentaje de remoción
DBO	1.085.127.286	736.296.107	348.831.179	32,1
DQO	2.411.886.881	1.648.621.034	763.265.847	31,6
SST	1.517.405.973	1.119.062.421	398.343.552	26,3
NT	128.890.983	126.345.302	2.545.681	2,0
PT	32.465.812	31.915.345	550.467	1,7

Contaminante	Remoción carga	
	Industria %	Doméstico %
DBO	54	15
DQO	49	14
SST	59	21
NT	3	2
PT	2	2

6.2.1.3 Vertimientos al agua y suelo por uso de mercurio en la minería (oro y plata)

En 179 municipios ubicados en 15 departamentos (Figura 6.9) se estimó una carga vertida en 2012 de 205 toneladas de mercurio al suelo y agua²³, de las cuales 27.5% corresponden al uso para beneficio de la plata y 72.5% al beneficio de oro.

Los departamentos con mayor producción de oro y plata son Antioquia con un 42% y 53% respectivamente, seguido de Chocó con un 37% y 24% y Bolívar con un 6 % en oro, Caldas con un 3 % en oro y 13% en plata (Simco, 2012). Así mismo, el mayor uso de mercurio por beneficio de oro se encuentra en los departamentos de Bolívar (304 t.) Chocó (195 t.) y Antioquia (170 t.) (MADS, 2012).

Las subzonas con mayor afectación por vertimientos de mercurio asociados al beneficio de oro son las correspondientes a: directos al Magdalena (Brazo Morales), Bajo Nechí, Sucio, directos al Bajo Nechí, ríos Taraza, Man, Quito, Cajón, Tamaná y otros directos al San Juan.

6.2.1.4 Uso de agroquímicos y sustancias químicas en la producción de cultivos de coca

De acuerdo con información suministrada por Simci, se estima que para el año 2012 se emplearon para los cultivos de coca agroquímicos discriminados en 21.050 toneladas de fertilizantes sólidos, 19.780 metros

cúbicos de fertilizantes; 226 toneladas y 436 metros cúbicos de herbicidas; y 118 toneladas y 241 metros cúbicos de plaguicidas, en el cultivo de la coca.

A escala nacional, en el 2012 se utilizaron 77.426 Ton de sustancias químicas, de las cuales los solventes orgánicos tuvieron una participación del 92.65%, las bases del 5.81%, los ácidos 1.20%, y los oxidantes fuertes 0.34%. La Figura 6.10, indica los departamentos donde se presenta mayor producción, transformación de coca y consecuente uso de sustancias químicas, susceptibles de ser vertidas a los sistemas hídricos aledaños.

En la Figura 6.11, se muestra el volumen de sustancias químicas empleadas en la transformación de la coca en Colombia el año 2008 (ENA 2010) y en 2012 (ENA 2014).

En el año 2012 hubo una disminución de la producción de pasta de coca respecto del año 2008, así el uso de los químicos empleados en la transformación de la coca se redujo para la mayoría de las sustancias analizadas.

6.2.1.5 Uso de agroquímicos en la agricultura

Teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a la información de uso de agroquímicos en los municipios de Colombia, a continuación se muestra una estimación nacional de la demanda potencial de acuerdo a información del Instituto Colombiano Agropecuario.

La demanda potencial estimada de fertilizantes en el año 2012 fue de cerca de 2.516.084 toneladas en presentación sólida y de 2.915 miles de litros en formulaciones líquidas, en su mayor parte (37.5%) compuestos NPK (ICA, 2012) Figura 6.12.

Uno de los posibles impactos que genera la demanda de fertilizantes sin control, cuando llega a los cuerpos de agua por escorrentía, es la eutrofización en las corrientes de agua superficial, provocando disminución en el oxígeno disuelto y el deterioro en la fauna acuática.

²³ Para el cálculo de la estimación de uso de mercurio por beneficio de oro, se descuenta de la producción registrada por Simco para el año 2012, la producción publicada en la página web de las compañías Mineros S.A. <http://www.mineros.com.co/es/operaciones/operacion-aluvial> <http://www.mineros.com.co/es/operaciones/operacion-subterranea> y Gran Colombia Gold <http://www.grancolombiagold.com/operations-and-projects/default.aspx> (Segovia "79,178 oz", Marmato "21,717 oz", El Bagre "94,106 oz" y Zaragoza "24,924 oz"), información recuperada en octubre de 2014.

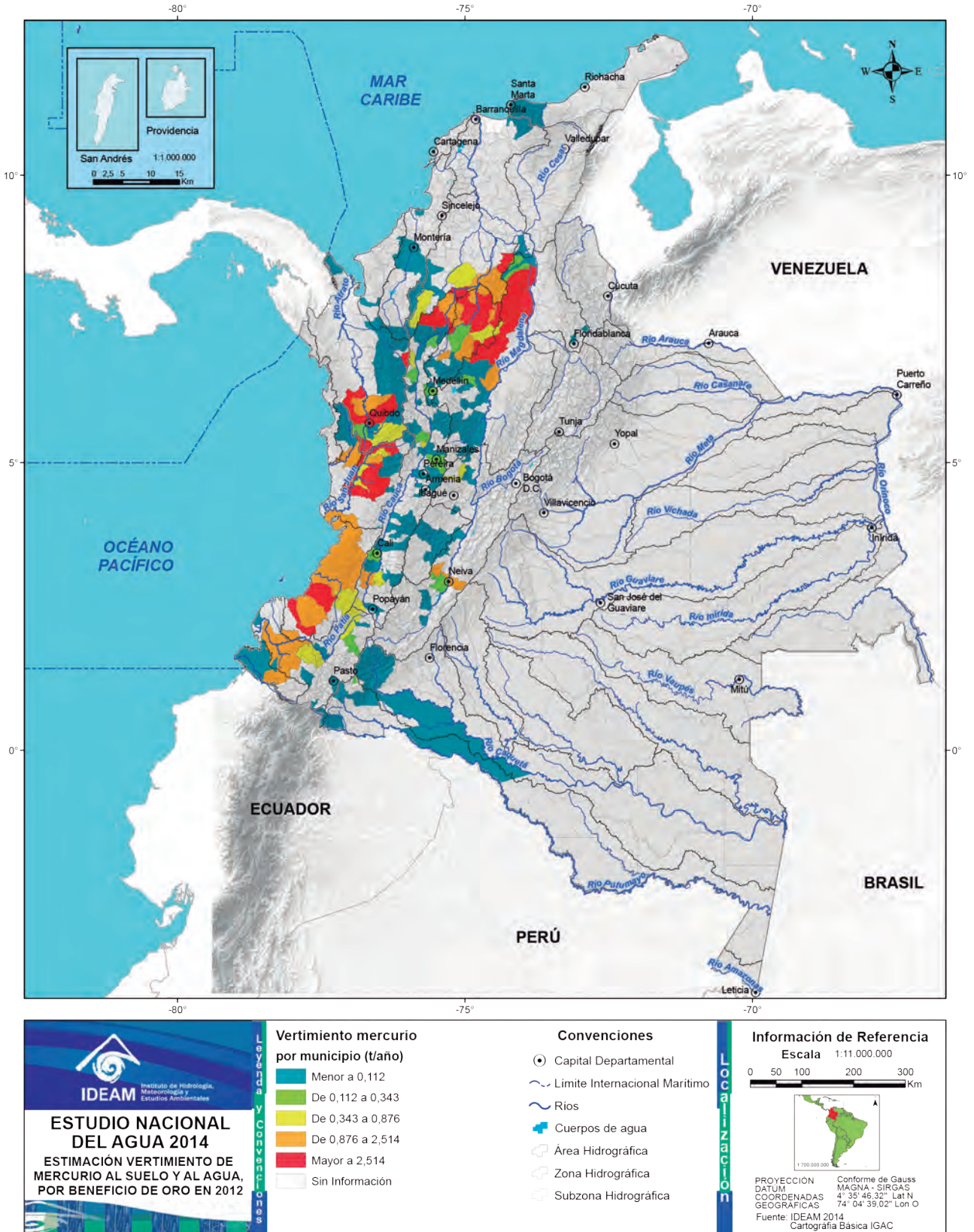


Figura 6.9 Vertimiento de mercurio al suelo y al agua, por beneficio de oro en 2012

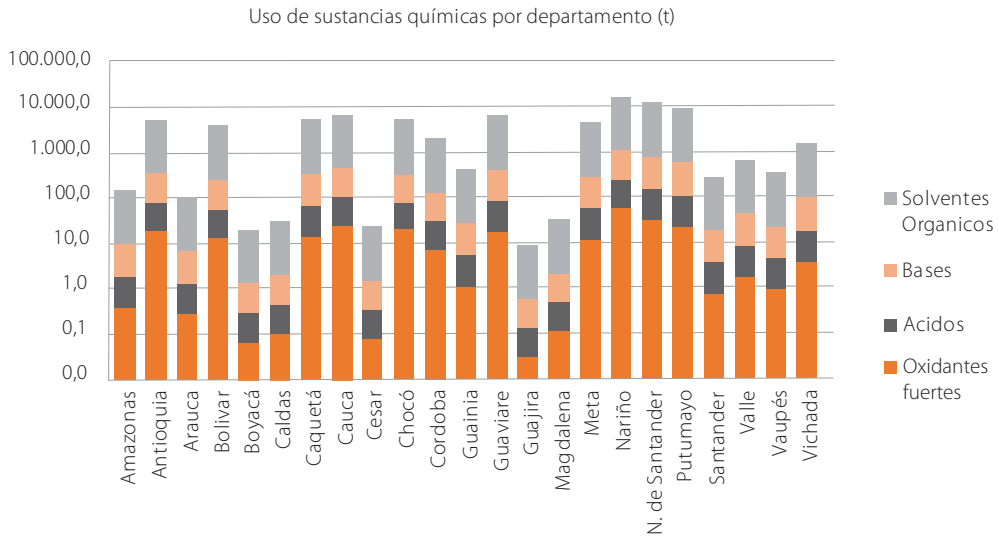


Figura 6.10 Uso de sustancias químicas para transformación de la coca por departamento en 2012 (Simci, 2014)

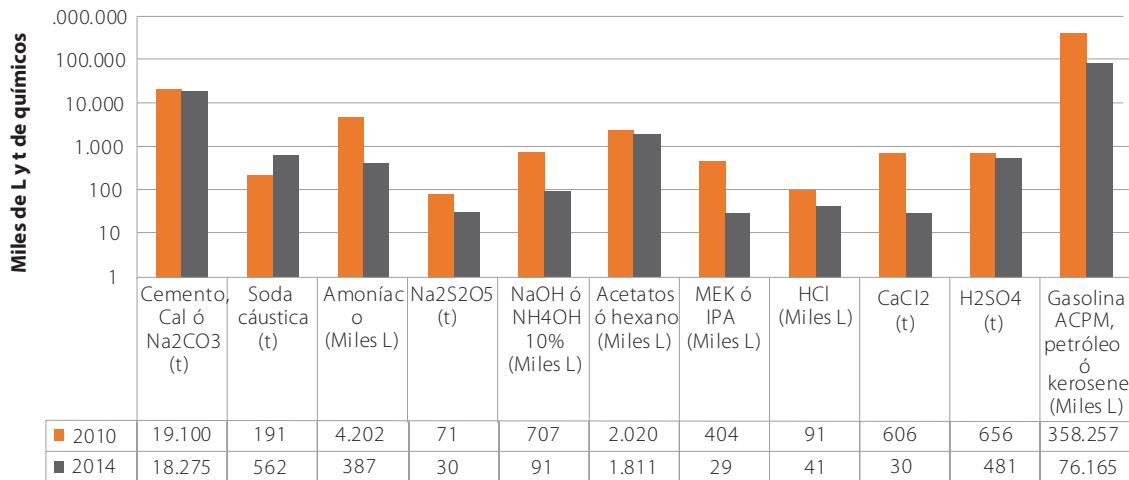


Figura 6.11 Químicos empleados en la transformación de la coca en Colombia 2010 - 2014

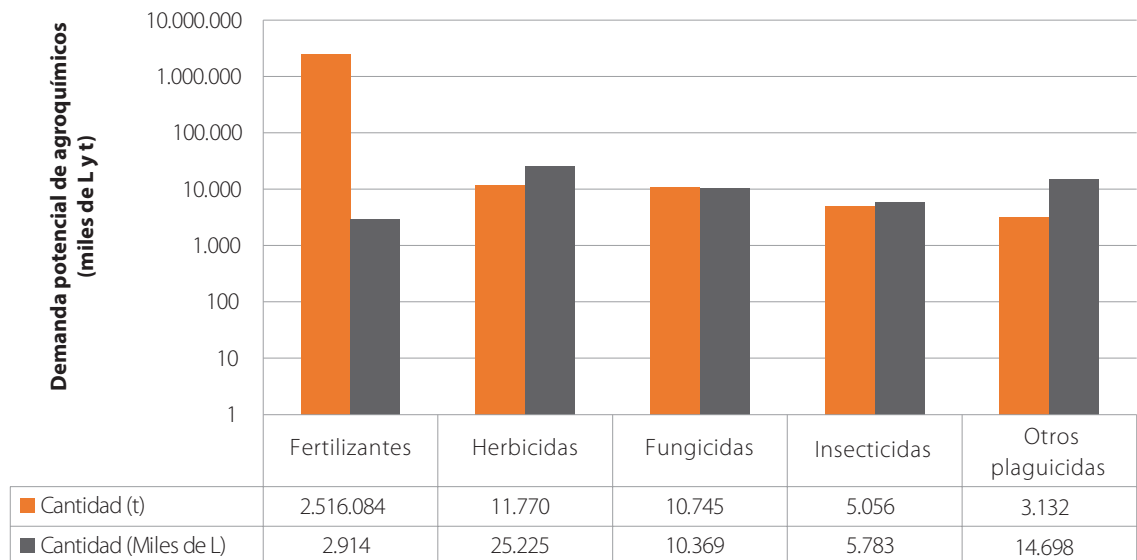


Figura 6.12 Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola. (ICA. 2012)

El volumen de plaguicidas usado por tipo fue de 11.770 toneladas y 25.225 miles de litros para herbicidas; 10.745 toneladas y 10.369 miles de litros para fungicidas; 5.056 toneladas y 5.783 miles de litros para insecticidas; otros plaguicidas o coadyuvantes, 3.132 toneladas y 14.697 miles de litros, respectivamente (ICA, 2012).

Los posibles efectos de impacto en el recurso hídrico de los pesticidas es que son bioacumulables. Muchos estudios han evaluado los pesticidas en la escorrentía, encontrando que la concentración puede ser relativamente alta, cerca de la zona de aplicación. Teniendo en cuenta que los pesticidas tienen una amplia gama de variaciones en la composición química y el calendario de aplicación, el riesgo aumenta provocando intoxicaciones en consumo de agua potable y afectando la fauna y flora acuática (EPA, 2000).

De un total de 270 ingredientes activos (ICA, 2012) que hacen parte de los plaguicidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas y otros) el 41.11% corresponde a fungicidas, el 24 % a herbicidas, el 30% a insecticidas y el 5 % a otros plaguicidas.

En la Figura 6.13, se comparan los datos reportados en el ENA 2010 frente a los estimados en 2012.

Se nota una ligera reducción en el uso de fertilizantes respecto al año 2010 pero un incremento importante en fungicidas, seguido por herbicidas, plaguicidas e insecticidas.

6.2.1.5 Índice de la Alteración Potencial de Agua IACAL

En este estudio se estima el IACAL para condiciones hidrológicas promedio y secas. En los mapas de las Figuras 6.14 y 6.15, se presentan los resultados de este indicador de presión potencial por cargas contaminantes a la calidad del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias y secas.

Tal como se aprecia en la figura en condiciones hidrológicas de año medio las subzonas hidrográficas más críticas corresponden a las denominadas ríos Lili, Melendez y Canaveralejo, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi), Bogotá, Arroyos directos al Caribe, Arro-

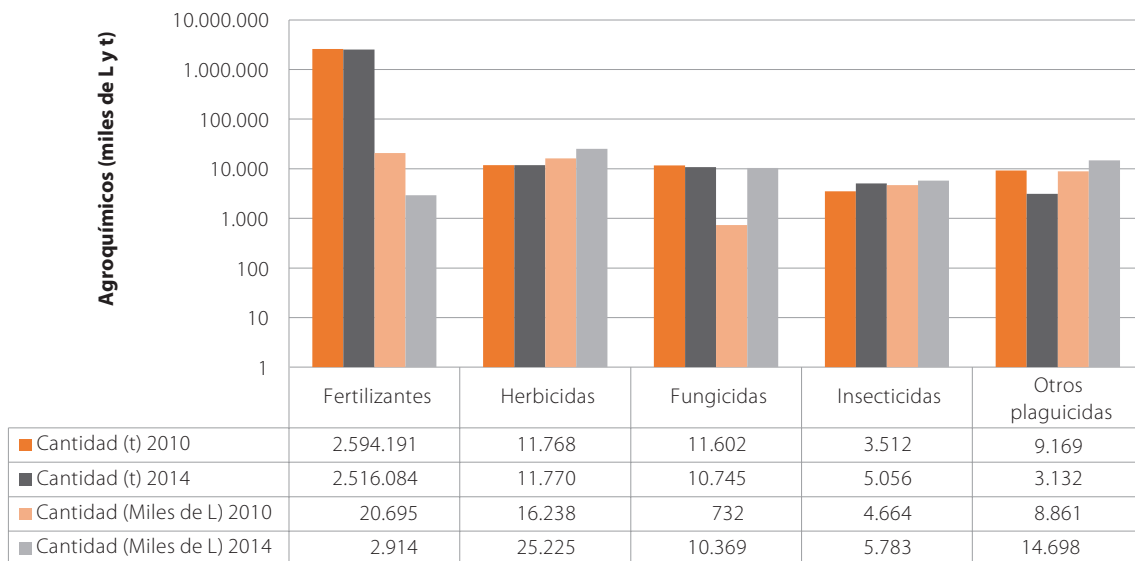
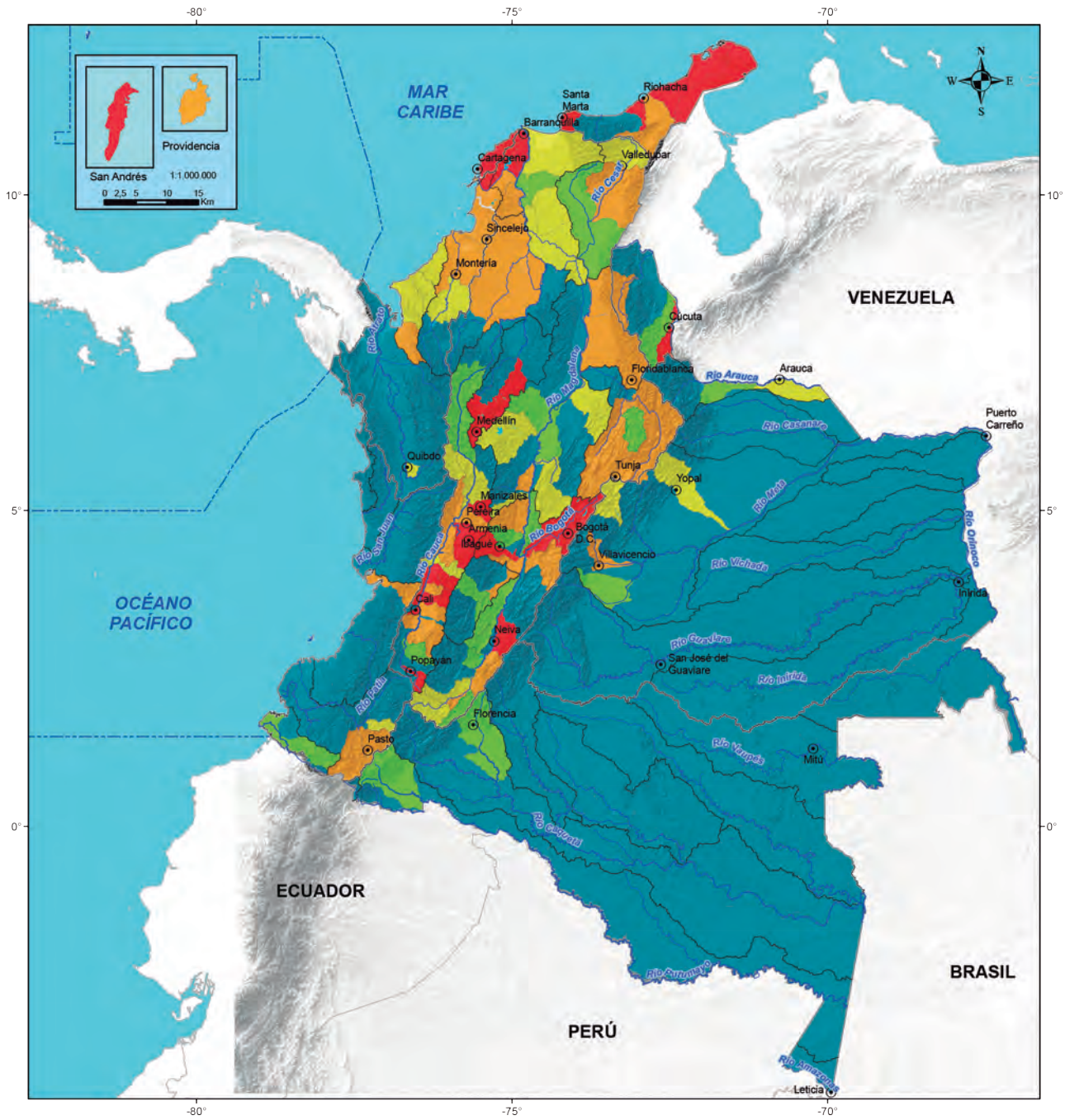


Figura 6.13 Demanda potencial de agroquímicos en 2010 y 2012



Calidad de agua

263

ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014
ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA
CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO

IACAL año medio por subzona hidrográfica

- Muy Alto
- Alto
- Medio Alto
- Moderado
- Bajo

Convenciones

- Capital Departamental
- Limite Internacional Marítimo
- Rios
- Cuerpos de agua
- Área Hidrográfica
- Zona Hidrográfica
- Subzona Hidrográfica

Información de Referencia

Escala 1:11.000.000

PROYECCION: Conforme de Gauss
DATUM: MAGNA - SIRGAS
COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 4° 38' 46.32" Lat N, 74° 04' 39.02" Lon O
Fuente: IDEAM 2014, Cartografía Básica IGAC

Figura 6.14 Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL para condiciones hidrológicas de año medio

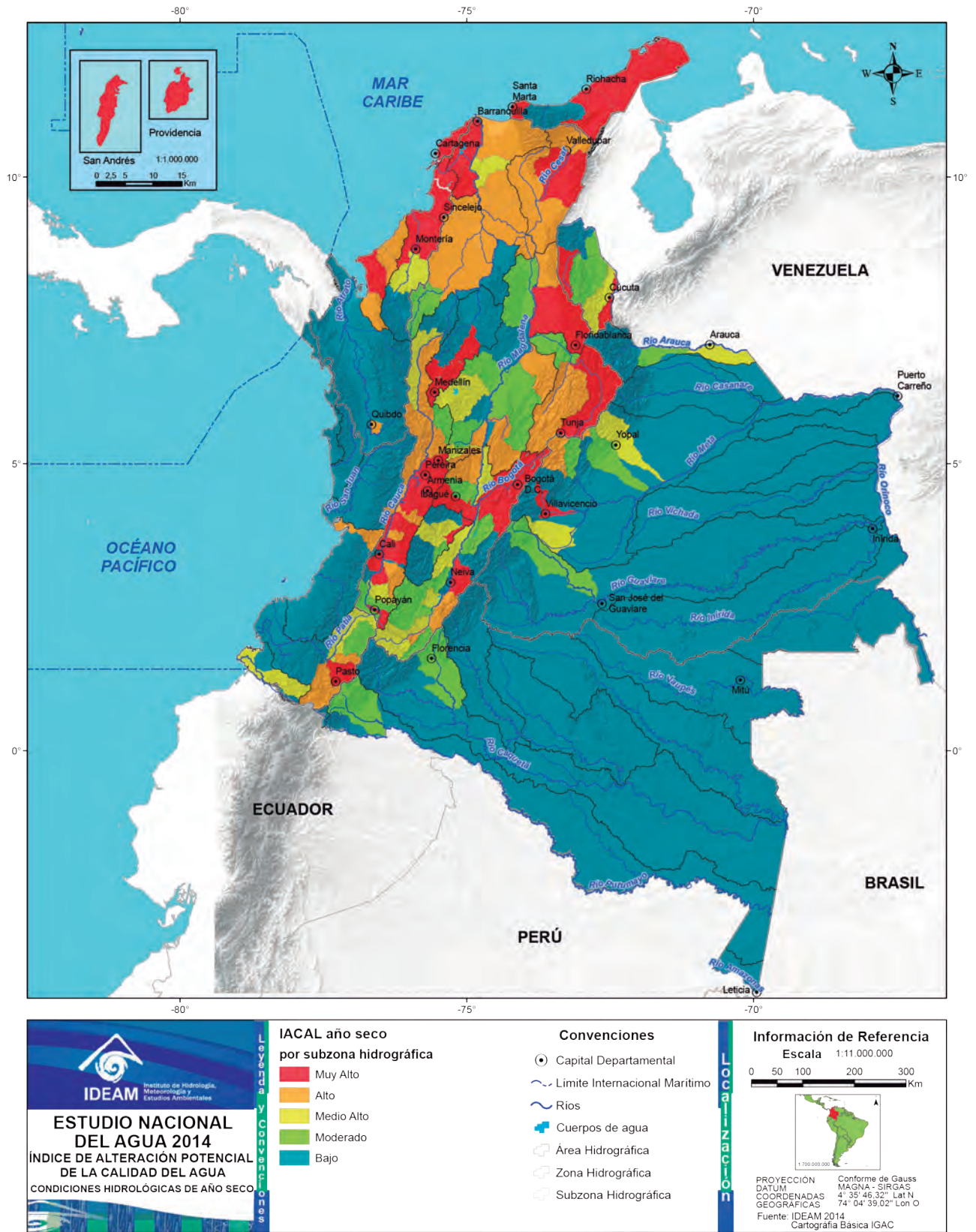


Figura 6.15 Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL para condiciones hidrológicas de año seco

yohondo. Yumbo, Mulato, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras, Amaime y Cerrito, Ciénaga Mallorquin, Guadalajara y San Pedro, Chinchiná, Pamplonita, Carraipia - Paraguachon, directos al Golfo Maracaibo, Piedras, Manzanares, Camarones y otros directos Caribe, directos Caribe Ay. Sharimahana Alta Guajira, Fortalecillas, Alto río Cauca, Coello, Porce, Canal del dique margen derecho, ríos Tuluá y Morales, La Vieja e Isla de San Andrés.

En categoría alta, en condiciones hidrológicas promedio, las subzonas potencialmente más presionadas por contaminación corresponden a las denominadas ríos Timaná y otros directos al Magdalena, directos Magdalena (md), Neiva, Lagunilla y otros directos al Magdalena, en el alto Magdalena. En el Magdalena medio los directos Magdalena entre ríos Guarín y La Miel (mi), Quebrada El Carmen y otros directos, Suárez, y Sogamoso. Bajo San Jorge - La Mojana, en el bajo Magdalena. Risaralda, Guabas, Zabaletas y Sonso, en el Cauca. Lago de Tota, Río Guáitara, en el Meta y Patía. León, Dagua - Buena-ventura - Bahía Málaga en Caribe litoral.

Se ven afectadas por categoría muy alta para condiciones de año seco las subzonas hidrográficas de los ríos Palo, Mulatos y otros directos al Caribe, directos Caribe Golfo de Morrosquillo, Bajo Sinú, Ranchería, Algodonal (Alto Catatumbo), Luisa y otros directos al Magdalena, Sumapaz, Bajo Saldaña, Lebrija y otros directos al Magdalena, Chicamocha, Guachal (Bolo - Fraile y Párraga), Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral, Otún y otros directos al Cauca, Quinamayo y otros directos al Cauca, Claro y Jamundí, Paila, Las Cañas - Los Micos y Obando, Medio Cesar, directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi), Canal del dique margen izquierda, Guatiquía, Juanambú e Isla de Providencia.

En condiciones secas, categoría alta se ve más afectadas en el área hidrográfica del Cauca, las subzonas hidrográficas río Ovejas, Frío, Tapias y otros directos al Cauca, río Frío y otros directos al Cauca, río San Juan,

directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (md), río Bugalagrande. En el bajo Magdalena las subzonas hidrográficas Ciénagaga Grande de Santa Marta, directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md), ríos Chimuica y Corozal, en las áreas Cesar y Sogamoso, Alto Cesar, río Ariguaní, Bajo Cesar, río Fonce. En el Medio Magdalena los ríos Gualí, Negro, Opón. En el Caribe litoral las subzonas hidrográficas de los ríos San Juan, Canalete y otros arroyos directos al Caribe. Así mismo, los ríos Garagoa y Mayo de las cuencas del río Meta y Patia respectivamente.

Adicionalmente las subzonas con presiones altas por carga de vertimiento de mercurio, componente que no hace parte del indicador, se relacionan con los ríos directos al Magdalena (Brazo Morales), Sucio, Quito, Bajo Nechí (md), directos al Bajo Nechí (mi), Cajón, Taraza - Man, Tamaná y otros directos San Juan, directos Bajo Cauca - Ciénaga, La Raya entre río Nechí y Brazo de Loba.

La subzonas afectadas de manera particular por el uso de sustancias químicas en la transformación de la coca se concentran en las subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Catatumbo, Socuavo del Norte y Socuavo Sur, Mecaya, Inírida Alto, Rosario, Patía Bajo, Putumayo Medio y San Juan del Micay.

6.2.2 Condiciones de calidad de agua

El análisis de la calidad de agua en puntos específicos se realiza a partir del indicador de calidad de agua ICA construido con los resultados del monitoreo de variables representativas de los principales contaminantes para materia orgánica, material en suspensión, porcentaje de saturación de oxígeno, mineralización, acidez o alcalinidad, y nutrientes.

Se analizan otros contaminantes también medidos en la red nacional de monitoreo y en puntos específicos, tales como: concentración de metales pesados en sedimentos superficiales y mercurio en agua, nitrógeno amoniacal y desbalance de nutrientes.

6.2.2.1 Índice de Calidad del Agua ICA

En el año 2013 el ICA fue calculado con la información registrada de 384 muestreos, en 199 estaciones ubicadas en 107 corrientes pertenecientes a 108 subzonas hidrográficas (35 %). A continuación se presentan los mapas con puntos que indican la ubicación de las estaciones monitoreadas, y los descriptores promedio y mínimo de ICA con 6 variables para el 2013, Figuras 6.16 y 6.17 respectivamente.

De acuerdo con los resultados, se observa que en el monitoreo de 2013 no se tiene descriptor muy malo para el promedio de los valores medidos. Sin embargo con descriptor "malo" la corriente del Magdalena muestra deterioro a la altura del municipio de Girardot, aguas abajo de la desembocadura del río Bogotá, producto de vertimientos domésticos e industriales del Distrito Capital y de los municipios de la cuenca baja.

En el Alto Magdalena el valor mínimo de ICA de los muestreos puntuales del año de referencia, se ha visto altamente influenciado por el descriptor "malo" debido a valores altos de SST y conductividad eléctrica de la corriente Bogotá a la altura los municipios de Sibaté y Girardot.

La baja condición de calidad superficial (ICA mínimo) en el Medio Magdalena refleja su afectación por valores altos en la DQO y los SST debido a la actividad económica asentada, principalmente en los departamentos de Boyacá y Santander en la corriente Chicamocha a su paso por los municipios de Covarachia y Nobsa, Lebrija en los municipios de Girón y Sabana de Torres, Minero en el municipio de San Pablo De Borbur, Opon a la altura del municipio de Barrancabermeja, Sogamoso, en el municipio de Puerto Wilches, Alicante en el municipio de Yondo, en Puente Nacional y Carare en Puerto Parra.

En el Bajo Magdalena las corrientes San Jorge, Cauca, Magdalena, Magdalena (Mompox) a la altura de los municipios de Montelibano, San Jacinto, Regidor, Córdoba, Santa Ana, El Banco, pertenecientes a las SZH Alto San Jorge, Bajo San Jorge - La Mojana, directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato, muestra

una afectación en su estado debido a ganadería, vertimientos municipales y minería de oro.

En la corriente Cauca el descriptor de ICA "malo" se evidenció en los municipios de Popayán, Yumbo y La Victoria (Valle), en la corriente Chinchina (municipio de Palestina-Caldas); la corriente Cali (Cali) y la corriente de Guacha en Palmira-Valle.

En el oriente colombiano, la afectación se evidencia principalmente en las corrientes, Meta (Puerto López), Casanare (Cravo Norte, Cusiana), Ariari (Puerto Rico-Meta), Guejar (Vista Hermosa), Ocoa (Villavicencio), Guayuriba en Villavicencio. El descriptor "malo", obedece a vertimientos municipales y ganaderos, en Puerto López, Pajarito, Maní y Cravo Norte; las corrientes mencionadas pertenecen a las SZH directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao, río Pauto, río Casanare.

6.2.2.2 Concentración metales pesados en sedimentos superficiales y mercurio en agua

Los metales pesados son una fuente importante de contaminación, la actividad antrópica y natural hace que los sedimentos sean receptores y transportadores de estos elementos convirtiéndose en fuente de contaminación a los sistemas hídricos.

En este estudio se considera anómala la presencia de Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en sedimentos y se registra como alta cuando la concentración medida en 2013 supera el percentil 85, con respecto al conjunto de datos reportados por las estaciones de monitoreo del IDEAM en la serie compuesta por la mediciones del periodo 2007 – 2013. Estos percentiles corresponden para: Hg \geq 0,22 mg/kg, Cr \geq 12,25mg/kg, Cd \geq 2,87 mg/kg y Pb \geq 12,3 mg/kg.

En el caso de mercurio en agua, la condición crítica aplica para concentraciones que exceden 0,002 mg/l límite máximo permisible según el criterio para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, establecido en el Artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, todavía vigente.



Figura 6.16 Índice de calidad de agua ICA – 2013. Descriptor valor promedio



<p>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA VALOR MÍNIMO, 2013</p>	<p>Indice de calidad del agua Estado según monitoreo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ ACEPTABLE ■ REGULAR ● MALO 	<p>Convenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Capital Departamental — Limite Internacional Marítimo — Ríos ■ Cuerpos de agua □ Área Hidrográfica □ Zona Hidrográfica □ Subzona Hidrográfica 	<p>Información de Referencia Escala 1:11.000.000</p> <p>0 50 100 200 300 Km</p> <p>PROYECCIÓN: Conforme de Gauss DATUM: MAGNA - SIRGAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 4° 35' 46.32" Lat N, 74° 04' 39.02" Lon O</p> <p>Fuente: IDEAM 2014 Cartografía Básica IGAC</p>
	<p>Localización</p>		

Figura 6.17 Índice de calidad de agua ICA – 2013. Descriptor valor mínimo

Durante 2013 se realizaron 169 muestreos de cadmio, 180 muestreos de cromo y plomo y 104 muestreos de mercurio.

Teniendo como base los límites mencionados en las siguientes corrientes y municipios asociados, se sobrepasó este nivel de metal pesado por kilogramo de sedimento.

En relación con el mercurio, en su orden los valores más críticos se encuentran en el río Marmato en el municipio de Marmato (Caldas), río Nechí en Nechí, el río Magdalena en Calamar, río Guachal en Palmira y Coello en Coello. En el río Cauca en los municipios de Cali, Popayán y Morales.

Las corrientes con niveles críticos de cadmio, además del río Marmato en Mamato se identificaron el río Negro en el municipio de Puerto Salgar, el río Bogotá en Tocaima y el río Carare en Puerto Araujo.

El cromo con niveles críticos se presentan en el río Bogotá en Villapinzón y Tocancipá, río Bugalagrande en Bugalagrande, río Tuluá en Tuluá y río Cali en Cali. En el río Cauca en la Virginia, Marcella, la Victoria, Cali, Morales y Buenos Aires. Igualmente en el río Tonusco en Santa Fe de Antioquia, río Man en Cauca y en el San Jorge en Ayapel.

Niveles críticos del plomo monitoreados se encuentran en el río Marmato en Marmato, y altos en el río Bogotá en el Colegio y en Tocaima, en el río Cauca en Cali, la Pintada, Popayán, Achi y Pinillos. Valores altos de plomo también se encontraron en el río Nechí en Nechí, en Man Cauca y San Andrés en San Andrés (Antioquia) y valores en límite mencionado en los ríos Pasto en Pasto, Suaza en Garzón y Amazonas en Leticia.

6.2.2.3 Nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal evidencia vertimientos recientes y su alta concentración provoca un consumo importante de oxígeno disuelto. Actúa como indicador de degradación parcial de la materia orgánica en agua residual sin tratar. El indicativo de alarma según el artículo 39 del Decreto 1594/84, establece el límite permisible en 1 mg/l. Los sitios que presentan alarma son coincidentes con los que superan el valor del percentil 85 (0.58 mg/l), del conjunto de datos del periodo 2005 - 2013.

En la Figura 6.18, se observan las corrientes y los municipios donde están ubicadas las estaciones de monitoreo de la red, donde se presenta nivel de alarma.

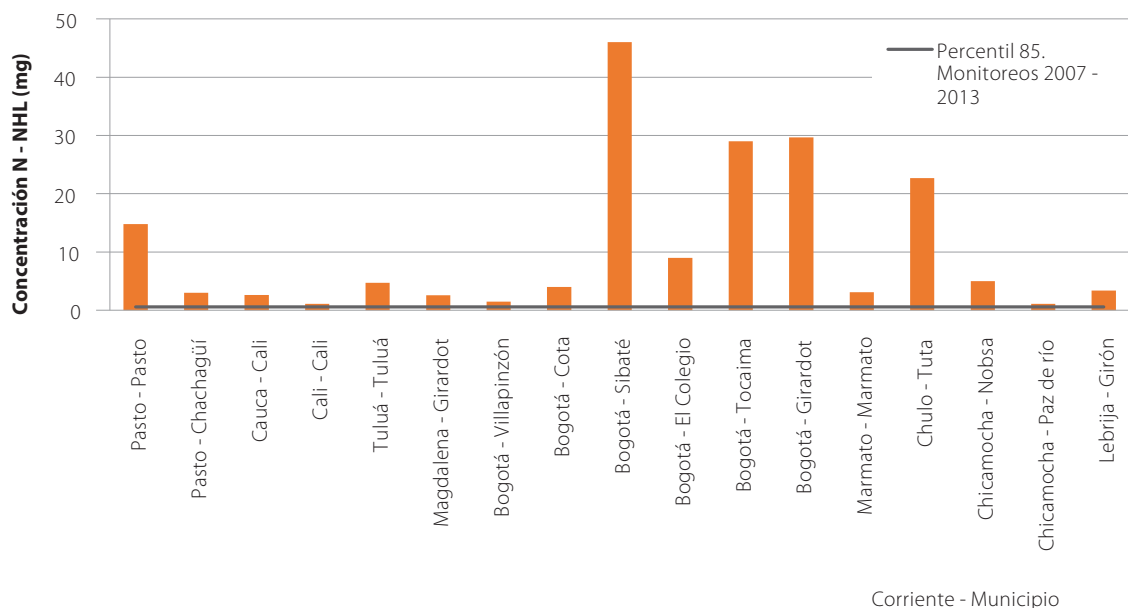


Figura 6.18 Registros de alarma nitrógeno amoniacal en estaciones de monitoreo (IDEAM, 2013)

6.2.2.4 Desbalance de nutrientes

La relación entre nitrógeno y fósforo, muestra el desbalance de nutrientes provocado por malas prácticas agrícolas (IDEAM, 2010), una relación ideal de estos dos nutrientes para la biota fluctúa entre 14:1 y 20:1.

Relaciones por debajo de 7:1 y por encima de 20:1 desfavorecen un buen desarrollo de los organismos vivos (UNAL, 2008). Las 62 corrientes en su paso por los 100 municipios mencionados a continuación en la Tabla 6.11, se presentan relaciones anómalas entre nitrógeno y fósforo.

Tabla 6.11 Corrientes con desbalance de nutrientes en diferentes zonas hidrográficas

Nombre departamento	Nombre municipio	Corriente	Alarma (mg)	Nombre departamento	Nombre municipio	Corriente	Alarma (mg)
Catatumbo							
Norte de Santander	Teorama	Catatumbo	2,17				
Zona hidrográfica Alto Magdalena							
Nariño	Ricaurte	Guiza	171,57	Tolima	Natagaima	Magdalena	3,61
Caquetá	Florencia	Hacha	2,24		Melgar	Sumapaz	3,79
Meta	Puerto Rico	Ariari	2,04		Coello	Coello	2,28
Huila	Suaza	Suaza	4,20		Venadillo	Magdalena	4,89
	Guadalupe	Suaza	4,36		Venadillo	Totare	3,40
	Garzón	Suaza	4,82		Honda	Guali	4,06
	Agrado	Magdalena	4,88		Honda	Guarino	4,38
	Gigante	Magdalena	3,26	Cabrera	Qda Negra	3,02	
	Tesalia	Paez	4,44	Pandi	Sumapaz	4,68	
	Gigante	Magdalena	3,91	Ricaurte	Magdalena	4,34	
	Algeciras	Neiva	2,12	Cundinamarca	Girardot	Magdalena	6,30
	Neiva	Neiva	2,64		Nariño	Magdalena	3,68
	Neiva	Magdalena	4,48		Chipaque	Une	3,75
	Santa María	Bache	3,20		La Calera	Qda Calostros	3,42
	Santa María	Bache	2,15		La Calera	Qda Calostros	3,07
	Neiva	Bache	2,76		Guaduas	Negro	2,80
Colombia	Cabrera	2,55	Guaduas		Magdalena	4,44	
Villavieja	Cabrera	2,67	Antioquia	Venecia	San Juan	3,38	
Zona hidrográfica Saldaña							
Tolima	Purificación	Magdalena	3,98				
Zona hidrográfica Medio Magdalena							
Cundinamarca	Villeta	Villeta	4,49	Santander	Puerto Parra	Carare	4,24
	Nimaima	Negro	2,12		Barrancabermeja	Opon	3,16
	Puerto Salgar	Magdalena	4,93	Cesar	Aguachica	Lebrija	4,00
	Puerto Salgar	Rio Negro	2,53	Bolívar	Regidor	Magdalena	2,43
Antioquia	Yondo	Alicante	2,79				
Zona hidrográfica Sogamoso							
Boyacá	Tota	Lag de Tota	63,48	Santander	Velez	Magdalena	3,95
Santander	Puente Nacional	Suarez	0,82		Puerto Wilches	Sogamoso	3,10
Boyacá	Covarachia	Chicamocha	2,07		Sabana de Torres	Lebrija	3,65
					Puerto Wilches	Magdalena	3,55

Nombre departamento	Nombre municipio	Corriente	Alarma (mg)	Nombre departamento	Nombre municipio	Corriente	Alarma (mg)
Zona hidrográfica Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge							
Antioquia	Nechí	Nechí	2,40	Bolívar	Achí	Cauca	1,83
Cordoba	Ayapel	San Jorge	2,44		Magangué	Magdalena (Loba)	2,92
Bolívar	San Jacinto del Cauca	Cauca	1,64		Magangué	San Jorge	25,60
Zona hidrográfica Cauca							
Cauca	Popayán	Cauca	2,21	Caldas	Neira	Cauca	36,56
Valle del Cauca	Cali	Cali	4,48		Marmato	Marmato	0,99
	Palmira	Guachal	3,51		Aguadas	Arma	2,99
	Bugalagrande	Guadalajara	3,48	Bolívar	San Juan	1,79	
	Bugalagrande	Bugalagrande	3,26	Santa Fe de Antioquia	Tonusco	1,69	
	La Victoria	Cauca	68,39	Antioquia	San Andrés	San Andrés	0,67
Risaralda	Pereira	La Vieja	56,36	Cordoba	Valdivia	Taraza	1,59
	Pereira	Otún	58,39		Caucasia	Man	4,80
	La Virginia	Cauca	55,23		Caucasia	Cauca	4,00
Caldas	Villamaria	Quebrada San Antonio	5,00	Montelibano	San Jorge	2,11	
	Palestina	Chinchina	1,91				
Zona hidrográfica Bajo Magdalena							
Magdalena	EL Banco	Cesar	3,17	Bolívar	Calamar	Magdalena	2,26
	El Banco	Magdalena	2,59		Cartagena	Canal del Dique	4,40
Zona Hidrográfica Guaviare							
Meta	Mapiripan	Guaviare	3,32	Meta	Vista Hermosa	Guejar	1,80
Zona hidrográfica Vichada							
Vichada	Cumaribo	Guaviare	3,23				
Zona hidrográfica Meta							
Meta	Villavicencio	Guayuriba	2,76	Casanare	Mani	Cusiana	2,81
	Puerto López	Meta	3,02	Cundinamarca	Ubalá	Rucio	4,13
Cundinamarca	Paratebuena	Humea	3,91	Boyacá	Pajarito	Cusiana	4,45
	Gacheta	Guavio	4,30	Casanare	Yopal	Cravo Sur	4,07
Zona hidrográfica Casanare							
Arauca	Cravo Norte	Casanare	1,97				
Zona hidrográfica Arauca							
Norte de Santander	Chinacota	Pamplonita	3,63				
Zona hidrográfica Orinoco Directos							
Vichada	Puerto Carreño	Meta	3,43				
Zona hidrográfica Patía							
Nariño	Poilicarpa	Patia	4,04				

Fuente: (IDEAM, 2013).

6.3 Uso de plaguicidas en 20 departamentos de Colombia, 2012²⁴

El uso de plaguicidas ha generado beneficios en la agricultura, la producción de alimentos, el control de plagas en el sector pecuario y animales domésticos, así como en salud pública y el control de enfermedades transmitidas por vectores; sin embargo, los plaguicidas son contaminantes ubicuos que afectan el ambiente, encontrándose en el aire, suelo, agua, plantas y en muestras de tejido humano y animal en todo el mundo (Cárdenas et al, 2010 - 2012) (Cárdenas et al, 2009). Su liberación en el medio ambiente trae graves consecuencias ambientales y causan lesiones agudas y crónicas en la salud humana.

Frecuentemente, son muy persistentes debido a su vida media de décadas, y son transportados por largas distancias por la circulación global, y a través de escorrentía encuentran su camino hacia los sistemas acuáticos. La contaminación del medio ambiente y particularmente del agua por plaguicidas se ha convertido en un problema global. Tres de los principales grupos de plaguicidas están asociados con efectos sobre la salud: los organoclorados, organofosforados y carbamatos. Debido a su toxicidad intrínseca, más no a su selectividad, los plaguicidas pueden poner en riesgo a organismos no blanco. (Van Dyk et al, 2011) (Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, 2014) (Cárdenas et al, 2005).

En Colombia, la industria de plaguicidas inició en 1962 con el proceso de formulación y posteriormente la síntesis de algunos ingredientes activos. En 30 años, las formulaciones de plaguicidas registradas

en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) prácticamente se duplicaron, pasando de 770 productos en 1974 (formulados con base en 186 ingredientes activos) a 1.370 en el 2003, formulados con base en 400 ingredientes activos. De estos, 28 ingredientes activos (123 formulaciones comerciales) pertenecen a las categorías Ia y Ib según la OMS y se encuentran entre los agrotóxicos más usados en Colombia y América Latina (Nivia, 2004).

En la actualidad existen más de 1.000 plaguicidas preparados o mezclados en aproximadamente 40.000 productos (Auditoría General de la República, 2004). El consumo en Colombia es de 37.145.547 toneladas métricas de plaguicidas por año (ICA, 2009) ubicándose con 16,7 kg por hectárea en el segundo lugar de los consumidores de plaguicidas en América Latina, sólo después de Costa Rica (51,2 kg por hectárea) (Andréu, 2011).

La agricultura es la actividad donde el uso de plaguicidas es más intensivo, ya que las cosechas se ven afectadas por una gran diversidad de plagas y la competencia de las malezas. La población en general también se encuentra expuesta a ellos, aunque en distinto grado. Uno de los riesgos para la población general es la exposición a largo plazo provocada por la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos como consecuencia de los tratamientos fitosanitarios, así como por los contaminantes ambientales y daños crónicos en la salud de los seres humanos (Muñoz, 2011).

Colombia tiene diversas áreas territoriales dedicadas a la agricultura y la horticultura; según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2004, el 44,8% de la superficie del país estuvo destinada al sector agropecuario (51.138.467 hectáreas). La agricultura participó con 7,3% de la superficie agropecuaria, es decir 3.708.455 hectáreas (DANE, 2005). En la cuenca del río Magdalena, la cual comprende el 85% de las tierras cultivables del país, se aplicaron aproximadamente 40.000 toneladas de plaguicidas de las

24 Omayda Cárdenas-Bustamante¹, Diana Patricia Díaz-Jimenez², Carlos Andrés Castañeda-Orjuela², Mauricio Beltrán-Durán¹.

¹ Grupo Salud Ambiental, Dirección Redes en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud

² Observatorio Nacional de Salud, Instituto Nacional de Salud

categorías I, II y III durante 1998 (Auditoría General de la República, 2004).

Los plaguicidas más usados en Colombia de importancia en salud son, según grupo químico, los organofosforados y los carbamatos con un promedio de uso del 40% y 15,6% respectivamente. El uso de los insecticidas organoclorados ha ido en descenso, pasando de 8,4% en 1998-2001 a 1,1% en 2006-2009, mientras que para los compuestos clorados o clorinados se ha observado un leve ascenso pasando de 6,6% a 8,9% en los mismos períodos. También se ha reportado el uso de ácido fosfónico, tiocarbamatos, piretroides y bupiridilos, lo cual hace necesario ampliar el uso de biomarcadores para la vigilancia de individuos con riesgo de exposición a plaguicidas no monitorizados en el país (Silva, 2013).

El Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO de la Dirección de Redes en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud se ha ido fortaleciendo desde 2005, y actualmente cuenta con la información sobre el uso y manejo de plaguicidas a nivel departamental y municipal, contribuyendo a la toma de decisiones locales, consolidando el panorama nacional del impacto que tiene el uso de plaguicidas organofosforados y carbamatos, en la salud de la población colombiana. El objetivo de este reporte es describir los patrones de uso de los diferentes plaguicidas en 20 departamentos colombianos durante el 2012, partir de la información recolectada en individuos potencialmente expuestos en entidades territoriales de salud participantes en el programa VEO.

6.3.1 Metodología

Se realizó un análisis descriptivo de los patrones de uso de los plaguicidas a nivel departamental, a partir de la información reportada por 20 departamentos participantes en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO para el 2012. El formulario aplicado a los individuos con riesgo de exposición a plaguicidas captura informa-

ción a cerca de los plaguicidas frecuentemente más usados en sus labores diarias, en actividades de venta o distribución de plaguicidas, aplicación agrícola, pecuaria, agropecuaria, aplicación sanitaria (salud pública), entre otras.

Se realizó la depuración y ajuste de la base de datos del año de análisis. A partir de esa información se estimaron frecuencias simples y proporciones del uso de plaguicidas por grupo (tipo) químico, categoría toxicológica y uso, a nivel nacional y departamental. Se excluyeron del análisis los reportes sin información para la variable “plaguicidas”. Los datos fueron manejados y analizados en MS Excel y Stata 12.

6.3.2 Resultados

Durante 2012, reportaron al Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO, 6.664 individuos con riesgo de exposición a plaguicidas, quienes registraron información relacionada a los más frecuentemente formulados, distribuidos, vendidos o empleados (usados o aplicados) en las actividades y oficios desempeñados. Fueron excluidos 10 registros por no contar con información en todas las variables relacionadas con oficio y exposición y 982 por no contar con información válida para la variable de plaguicidas por ser población indirectamente expuesta o por tener mal diligenciada esta variable.

Un total de 5.672 registros de trabajadores potencialmente expuestos se usaron en el presente análisis. Cada participante podía reportar hasta seis plaguicidas. Un total de 18.425 registros individuales de plaguicidas fueron reportados, para un promedio de 3,2 plaguicidas por participante.

Con respecto al uso de plaguicidas según la información registrada por los participantes, los plaguicidas organofosforados son los más frecuentemente usados a nivel nacional (36%), seguidos por los carbamatos (14%), mientras los organoclorados y bupiridilos fueron los menos reportados en el país (Figura. 6.19).

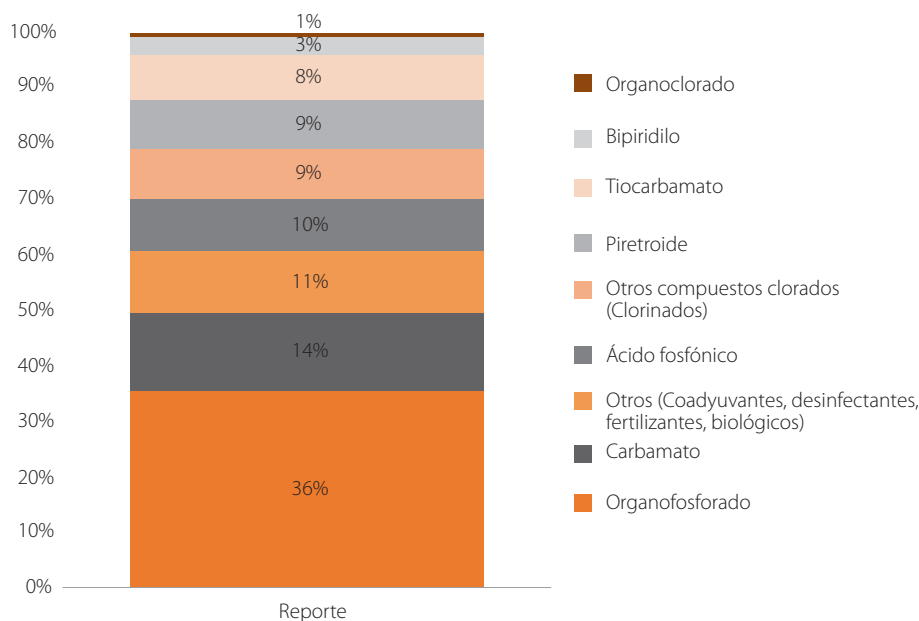


Figura 6.19 Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico para Colombia en 2012
 Fuente: Información reportada al Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO, 2012, Grupo Salud Ambiental –DRSP.

Con relación al tipo de organismos a controlar el 62,2% (11.469) corresponden a insecticidas, 22,7% (4.181) a herbicidas, 14,3% (2.634) a fungicidas, otros (regulador fisiológico, coadyuvante, desinfectante, fertilizante) con el 0,7% (123) y rodenticidas con el 0,1% (18). Las categorías toxicológicas de los plaguicidas reportados, según clasificación establecida por la Organización Mundial de la Salud-OMS (WHO, 2009), se muestran en la Tabla 6.12.

De los 20 departamentos que reportaron información al programa VEO durante 2012, el departamento con mayor reporte fue Nariño con 3.415 plaguicidas informados y (18,9%) de participantes, seguido de Cundinamarca, Tolima y Santander; y el de menor reporte fue Cauca con 36 plaguicidas informados y (0,4%) participantes (Tabla 6.13).

Hay diferencias en los patrones de uso de plaguicidas por departamento (Figura 6.20). El uso de los organofosforados fue reportado por encima del 25% en 18 de los 20 departamentos, siendo un poco más

del 60% en Cauca. Los carbamatos fueron reportados en una proporción importante en Santander (29%), Cauca (22%), Nariño (21%), Meta (18%), Boyacá (18%), Quindío y Huila (16% cada uno), y Cundinamarca (14%).

En todos los departamentos los organoclorados se informan en menor proporción. Los piretroides fueron reportados en mayor proporción en La Guajira (28%), Arauca (25%) y Risaralda (13%), mientras otros compuestos clorados se reportaron más frecuentemente en Atlántico (43%), Sucre (31%), Bolívar (27%), Cesar (25%) y Caldas (23%). Los departamentos que más reportan ácido fosfónico son Guaviare (34%), Atlántico (32%) y Cesar (25%).

Finalmente los tiocarbamatos se reportaron de manera importante en Boyacá (26%), Nariño (12%), Santander y Huila (11%) cada uno. Los departamentos que tiene reporte de bipiridilo por encima del 15% son: Guaviare (17%) y Sucre (16%), mientras Arauca reporta en mayor proporción (31%) de otros (coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes, biológicos).

Tabla 6.12 Porcentaje de uso de plaguicidas por categoría toxicológica, para Colombia, 2012

OMS (Guías de clasificación 2009)			
Categoría toxicológica		Frecuencia	Porcentaje
Ia	Extremadamente peligroso	327	1.8
Ib	Altamente peligroso	4.292	23.3
II	Moderadamente peligroso	8.778	47.6
III	Ligeramente peligroso	2.569	13.9
U	Improbable que presente riesgo agudo en uso normal	2.080	11.3
O	Obsoleto o discontinuado para uso como plaguicida, No clasificado	9	0.0
FM	Fumigante gaseosos o volátiles, No clasificado bajo las recomendaciones de la OMS	4	0.0
*	Plaguicidas sujetos al convenio Rotterdam	0	0.0
**	No clasificada por la OMS	366	2.0
Total		18.425	100.0

Fuente: Información reportada al Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO, 2012, Grupo Salud Ambiental –DRSP.

Tabla 6.13 Número de participantes y reporte de plaguicidas en 20 departamentos de Colombia, 2012

Departamentos	Número de trabajadores	Número de plaguicidas reportados	% de trabajadores
Nariño	1.072	3.415	18,9
Cundinamarca	967	3.457	17,0
Tolima	737	1.773	13,0
Santander	657	2.233	11,6
Norte de Santander	328	1.271	5,8
Cesar	304	1.052	5,4
Huila	288	1.171	5,1
Risaralda	251	1.002	4,4
Boyacá	222	443	3,9
Sucre	158	629	2,8
Meta	145	285	2,6
Caldas	91	230	1,6
Atlántico	87	199	1,5
Magdalena	80	330	1,4
Bolívar	70	173	1,2
La Guajira	62	328	1,1
Guaviare	46	154	0,8
Arauca	44	159	0,8
Quindío	41	85	0,7
Cauca	22	36	0,4
Total	5.672	18.425	100,0

Fuente: Información reportada al Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO, 2012, Grupo Salud Ambiental –DRSP.

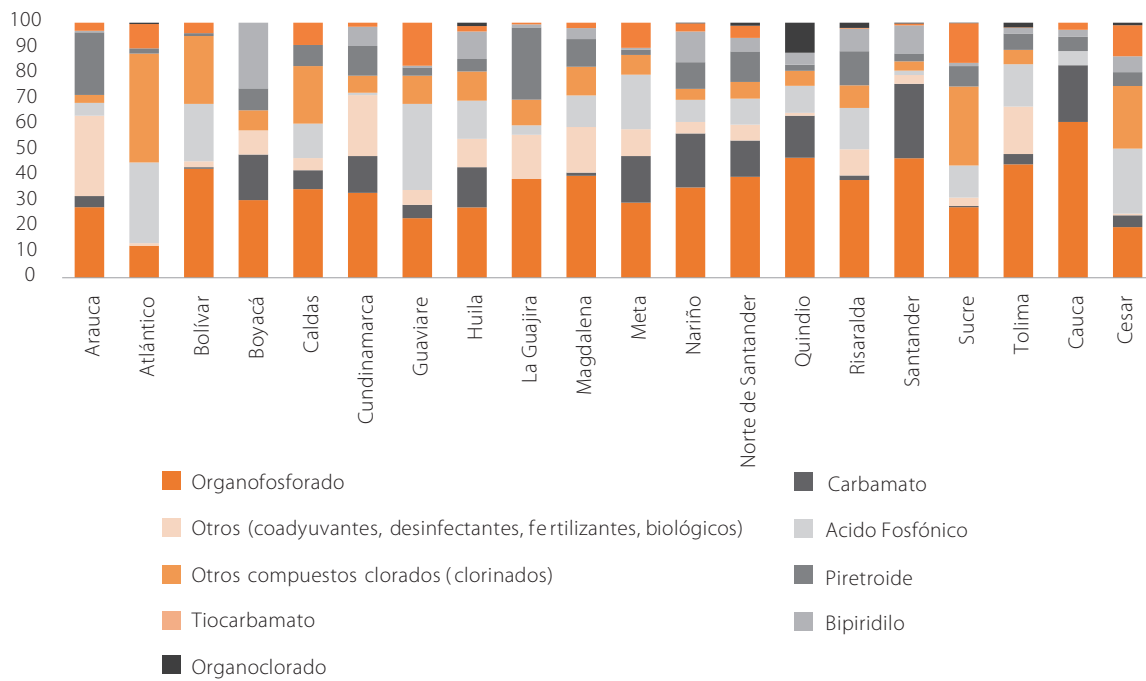


Figura 6.20 Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico y departamento. Colombia 2012
Fuente: Información reportada al Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos – VEO, 2012, Grupo Salud Ambiental –DRSP.

De los 174 municipios que presentaron información de plaguicidas se observa diferencias en su uso y en su reporte (Figura 6.21).

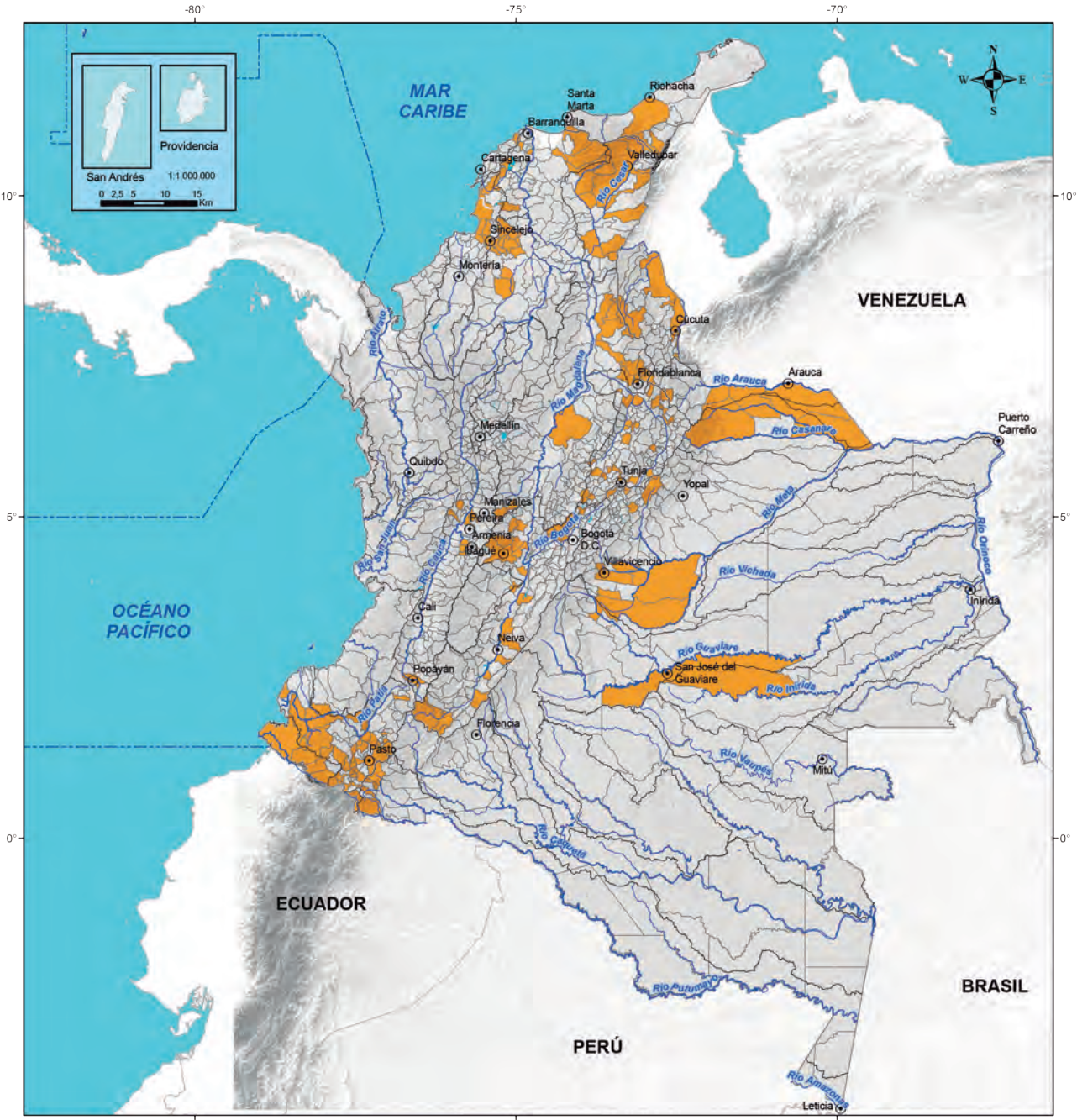
Se reporta en mayor proporción otros plaguicidas (coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes, biológicos) en Hobo (Huila) (74%); Tutazá (Boyacá) (60%); Facatativá (Cundinamarca) (51%); Villa del Rosario (Norte de Santander), Puerto López (Meta) y Cravo Norte (Arauca) (50%) cada uno, Arcabuco (Boyacá) (49%); Cachipay (Cundinamarca) (46%), y Saravena (Arauca) (45%).

El ácido fosfónico se reportó en mayor proporción en: Roberto Payán (Nariño) (75%); Palmar de Varela (Atlántico) (58%); Becerril (Cesar) (54%); Manaure (Cesar) (50%); Cumaral (Meta) (47%); Repelón (Atlántico) y San Pedro (Sucre) (45%) cada uno. Los bipiridilo fueron informados en un porcentaje más alto en Corozal (Sucre) (45%); Palmito (Sucre) (36%); Ovejas (Sucre) (34%); El Copey (Cesar) y Matanza (Santander) con el (33%) cada uno.

La mayor proporción de carbamatos se informó en San Martín (Meta) (65%); Motavita (Boyacá) (62%); Consaca (Nariño) (46%); Sutamarchán (Boyacá) y Rio-negro (Santander) (40%) cada uno; Viracachá (Boyacá) y Magüi (Nariño) (38%) cada uno; Páramo (Santander) (37%); Guachucal (Nariño) (36%); Ventaquemada (Boyacá), Zapatoca (Santander), Túquerres (Nariño) y Imués (Nariño) (33%) cada uno.

En relación a los otros compuestos clorados (clorinados), los municipios que tienen un mayor reporte en este grupo químico son: Curumaní (Cesar) (80%); Chimichagua (Cesar) (75%); Baranoa y Tubará (Atlántico) (64%); Sampués (Sucre) (58%); Manaure (Cesar) y San Juan de Betulia (Sucre) (50%) cada uno; San Estanislao (Bolívar) (49%); Becerril (Cesar) (46%); San Marcos (Sucre) (44%) y Bosconia (Cesar) (42%).

Los municipios que tienen un reporte por encima del 50% de organofosforado son: Valledupar (Cesar); Lebrija (Santander); Santa Bárbara (Santander); La Sierra (Cauca); Miraflores (Boyacá); Matanza (Santander);



Calidad de agua

277

<p>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014 USO PLAGUICIDAS</p>	<p>Municipios con reporte de uso de plaguicidas</p> <ul style="list-style-type: none"> Si No 	<p>Convenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Capital Departamental Limite Internacional Maritimo Ríos Cuerpos de agua Área Hidrográfica Zona Hidrográfica Subzona Hidrográfica 	<p>Información de Referencia</p> <p>Escala 1:1.11.000.000</p> <p>0 50 100 200 300 Km</p> <p>PROYECCION: Conforme de Gauss DATUM: MAGNA - SIRGAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 4° 35' 46.32" Lat N, 74° 04' 39.02" Lon O</p> <p>Fuente: Instituto Nacional de Salud 2014 Cartografía Básica IGAC</p>
	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Localización</p>		

Figura 6.21 Municipios con reporte de uso de plaguicidas, Colombia, 2012
 Fuente: Información reportada al Programa de vigilancia epidemiológica de plaguicidas organofosforados y Carbamatos – VEO, 2012, Grupo Salud Ambiental -DRSP

Linares (Nariño); Arjona (Bolívar); Cimitarra (Santander); Villa de San Diego de Ubaté (Cundinamarca); Montenegro (Quindío), Rionegro (Santander); Imués (Nariño); Gachantivá (Boyacá); Popayán (Cauca); Iles (Nariño); Saboyá (Boyacá); Funza (Cundinamarca); San Andrés de Tumaco (Nariño); Ospina (Nariño); Fundación (Magdalena); Zapatoca (Santander); Ovejas (Sucre); Sincelejo (Sucre); Carmen de Carupa (Cundinamarca) Ciénaga (Magdalena).

Hubo un menor reporte de los municipios para organoclorados, sin embargo, se reportaron en una proporción importante en Saldaña (Tolima) (45%) y Quimbaya (Quindío) (24%). También hubo bajo reporte de bupiridilo los municipios de Palmito (Sucre); El Copey (Cesar); Tolú Viejo (Sucre); Matanza (Santander); Ovejas (Sucre); González (Cesar); Santiago de Tolú (Sucre) tienen un reporte entre el 25% y 37%. Bucaramanga (Santander) con 81% es el municipio que tiene el mayor reporte de piretroide, Aquitania (Boyacá) (51%); Sogamoso (Boyacá) y Puerto López (Meta) con un 50% cada uno, tienen un reporte importante de tiocarbamato.

6.3.3 Discusión

A pesar de ser un análisis descriptivo basado en el auto reporte del uso de plaguicidas por parte de los individuos con riesgo de exposición a estos, se aporta información importante sobre los patrones de uso de plaguicidas por entidad territorial, no disponible en el país y de gran relevancia en salud pública. Es importante resaltar el alto porcentaje (62,2%) de aplicación de insecticidas y entre estos los organofosforados y los carbamatos.

El uso de los organofosforados es el más relevante a nivel nacional, con base en la información del programa VEO; su uso fue reportado por encima del 25% en 18 de los 20 departamentos analizados, mientras los organoclorados son los que se reportan en menor medida aunque en dos municipios uno en Tolima y

otro en Quindío tienen una proporción importante de reporte de este plaguicida, a pesar de que el uso de este tipo de productos no es adecuado, por los posibles efectos en la salud del hombre y el impacto al medio ambiente (Consejo de Estado, 2001) (ICA, 2004).

El 15% de los municipios tienen un reporte por encima del 50% de organofosforado. Hubo bajo reporte de bupiridilo en los municipios, solo fue reportado en Palmito (Sucre); El Copey (Cesar); Tolú Viejo (Sucre); Matanza (Santander); Ovejas (Sucre); González (Cesar); Santiago de Tolú (Sucre) entre el 25% y 37%. El municipio de Bucaramanga (Santander), es el que tiene el mayor reporte de piretroide y sólo tres de los 174 municipios reportaron tiocarbamato por encima del 50%.

Este análisis tiene limitaciones. Primero, está basado en un formulario de auto reporte, por lo que el sesgo de memoria puede ser un potencial confusor de los resultados, sin embargo, al no relacionarlo con ningún resultado de salud en particular no hay posibilidad de un error diferencial. Segundo, existe falta del reporte de la información o este no se hace con oportunidad por parte de cada entidad territorial de salud al programa VEO, por tanto aquellas entidades territoriales que tienen un mayor reporte al programa; no significa que tienen mayor uso de plaguicidas sino que están más comprometidas con el seguimiento y reporte de información, sin embargo, este análisis solo se basó en las proporciones de reporte de cada uno de los plaguicidas y no en los valores absolutos. Tercero, el reporte de la información en formatos diferentes a los diseñados por el programa y el reporte de plaguicidas con nombres inadecuados es un problema de calidad de los datos, que trató de ser corregido con una depuración rigurosa de la información.

Relacionado con estos dos últimos puntos se hace extensiva la invitación a las secretarías de salud que no están reportando o que han reportado en forma interrumpida al programa VEO, para que lo hagan y así se pueda evidenciar en el país la problemática de las

intoxicaciones y la contaminación por plaguicidas en sus verdaderas dimensiones y así permitir la realización de acciones apropiadas y oportunas, con un control adecuado, priorizando los plaguicidas utilizados en cada departamento.

La contaminación ambiental por el uso de plaguicidas no sólo afecta al individuo ocupacionalmente expuesto, sino también a la comunidad en general y al medio ambiente por la contaminación de alimentos, agua, suelo y aire, lo cual hace necesario aunar esfuerzos con otras instituciones de salud, educación y protección ambiental para fortalecer el abordaje intersectorial y multidisciplinario para la vigilancia con acciones de promoción, prevención y control

que prioricen formas de menor riesgo para la salud de la población y el impacto en el medio ambiente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los individuos con riesgo de exposición, gerentes de almacenes y propietarios de haciendas o fincas participantes en el estudio, a los coordinadores de los laboratorios de salud pública y responsables del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos - VEO, a los técnicos de saneamiento, directivas de hospitales y a todo el personal en cada una de las entidades territoriales de salud por el apoyo brindado en la realización del programa de vigilancia.

Capítulo 7
Sedimentos



*Juan José Montoya
Claudia Contreras*

Fotografía: Juan José Montoya ▶

El componente de sedimentos para el ENA 2014 tiene como propósito evaluar los procesos de producción y depositación de sedimentos a nivel de cuenca hidrográfica en Colombia, a partir de las características del medio físico actual que determinan los procesos de producción de sedimentos que se realizan en el territorio nacional y la identificación de áreas de producción y depositación donde existe información del monitoreo por parte de las estaciones hidrométricas del IDEAM.

El estudio y análisis de sedimentos en el ENA es considerado un criterio importante para identificar las condiciones de respuesta de las cuencas y los sistemas hídricos a los procesos de transformación por las actividades humanas. En tal sentido, se identifican las áreas potenciales de producción o aporte de sedimentos a los cauces, se identifican los flujos de los sedimentos (depositación y transporte) sobre los que hay información hidrométrica y se plantean hipótesis respecto del comportamiento de dichos flujos como respuesta a las actividades humanas en las cuencas.

En la evaluación de la calidad del agua para diversos usos, los sedimentos se consideran contaminantes que sirven como medio de transporte de contaminantes químicos.

En la sección 3.4.5²⁵ del IV Informe IPCC (2008) se aborda el problema de la erosión y el transporte de sedimentos, y menciona que los cambios en el balance de agua afecta varios procesos geomorfológicos, tales como la erosión, la estabilidad de laderas, los cambios en canales y el transporte de sedimentos.

El alcance del capítulo de sedimentos no aborda los procesos de colmatación de sedimentos en las grandes infraestructuras fluviales como presas, canales de irrigación y navegación, que en los cuerpos de agua naturales son de gran impacto para estos (Hagen & Foster, 1990). Tampoco contempla los tipos de flujos

de sedimentos que hacen parte de los eventos como inundaciones y avenidas torrenciales que puedan generar durante el recorrido y su depositación en las obras ingenieriles (puentes, taludes, etc.), así como en las zonas agrícolas y urbanas; sin embargo, aporta a la identificación de áreas para su estudio.

En este capítulo se presentan los aspectos conceptuales y metodológicos, al igual que los resultados de las escalas analizadas.

7.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

La concentración de partículas o sedimentos en los cauces es el resultado del arranque de partículas sólidas de suelo y roca en los cauces y sus márgenes, el aporte indirecto (arranque y transporte) de partículas provenientes de procesos degradacionales de las laderas que conforman la cuenca y el vertimiento de materiales por actividades humanas. Los sedimentos hacen parte de la dinámica de los cauces y su análisis (tamaño, cantidad, concentración) es importante en la hidráulica de los ríos.

La capacidad de transporte y depositación de sedimentos en los sistemas hídricos se relaciona con el volumen de agua y la morfometría, morfología y dinámica de los sistemas hídricos, que puede ser afectada o modificada por procesos morfodinámicos e hidrológicos. Estos procesos naturales han actuado desde tiempos geológicos y modelado la mayor parte de geoformas actuales. La actividad humana ejerce una influencia profunda sobre los procesos de producción de sedimentos; según Julien (1998), las tasas de erosión debido a causas humanas pueden exceder hasta cien veces las tasas por procesos naturales.

Los procesos de producción de sedimentos actúan en diferentes escalas espaciales y temporales, produciendo gran variedad de geoformas. Por lo general,

25 El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, IPCC de Naciones Unidas, trata de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad al cambio climático global.

las geoformas se clasifican en erosivas, en las cuales prevalece la erosión; deposicionales, en las que prevalece el depósito de sedimentos; y en equilibrio, en las cuales predominan la meteorización y formación de suelos.

Es posible efectuar análisis de los procesos de erosión, transporte y depósito de sedimentos a diferentes escalas espaciales y temporales, según sea el objetivo. Para cada escala se hace necesario definir las variables determinantes de los procesos y las fuentes de información de modo que permitan efectuar una validación cuantitativa o cualitativa de los análisis. En la figura 7.1 se esquematiza el sistema físico con sus diversas escalas espacio-temporales y se delimitan las escalas y procesos analizados en el ENA 2014.

La producción de sedimentos en laderas se analiza a partir de un estudio cualitativo que incluye mapas de sistemas morfogénicos, coberturas de la tierra y degradación del suelo por erosión; por su parte, el depósito de sedimentos se analiza con base en datos de transporte obtenidos en las estaciones de la red básica del IDEAM a partir de considerar la concentración diaria superficial. Las dinámicas geomorfológicas (geoformas en ladera y morfología de los cauces) no se

tienen en cuenta debido a limitaciones de información y escalas espaciales.

Según Chorley y Kennedy (1971) el flujo de sedimentos en el paisaje puede ser concebido como un sistema proceso-respuesta, considerando la morfología como un factor que controla los procesos y a la vez un producto de la evolución del sistema. Los flujos de sedimentos, en un contexto sistémico, están concebidos como una serie de geoformas en el paisaje en las cuales los sedimentos se almacenan en diversidad de escalas temporales (ver figura 7.2).

El análisis y evaluación de los procesos sedimentológicos actuales están referidos a los procesos actuales o potenciales que pueden aportar sedimentos a los sistemas hídricos. Por lo tanto, el análisis se lleva a cabo a una escala temporal de años y decenas de años en una cuenca hidrográfica, a fin de evaluar el aporte por erosión en ladera, el transporte de sedimentos en cauces y el depósito en ambientes deposicionales, siendo los elementos del paisaje a analizar: las laderas, los cauces y los depósitos. Los componentes del medio físico asociados a los procesos de producción de sedimentos son la geomorfología, los suelos, la vegetación, el clima y la topografía.

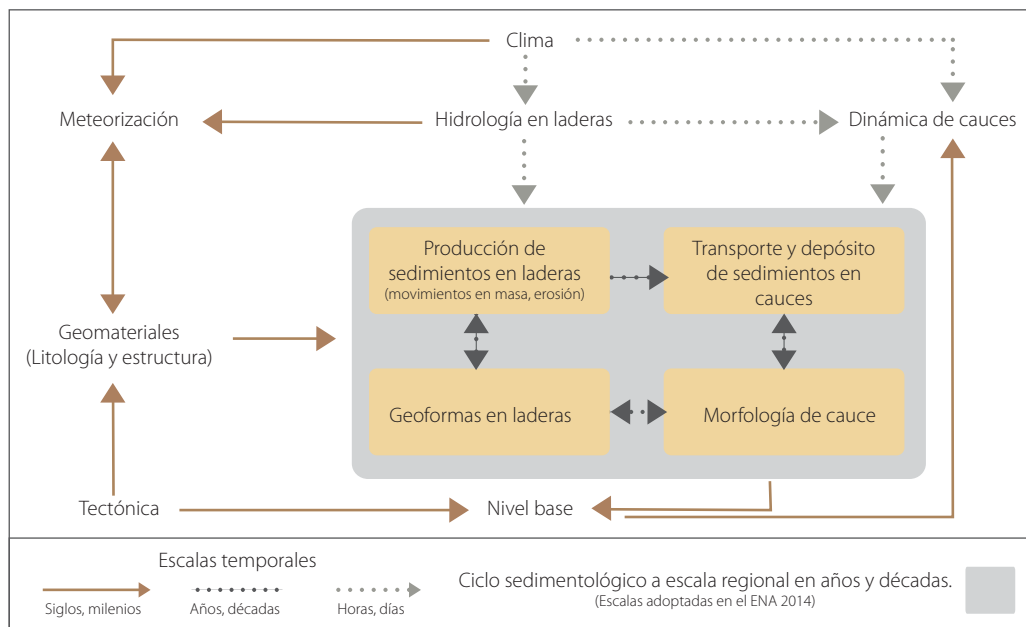


Figura 7.1 Componentes del ciclo sedimentológico en diferentes escalas temporales y espaciales
Fuente: Preston y Schmidt (2003).

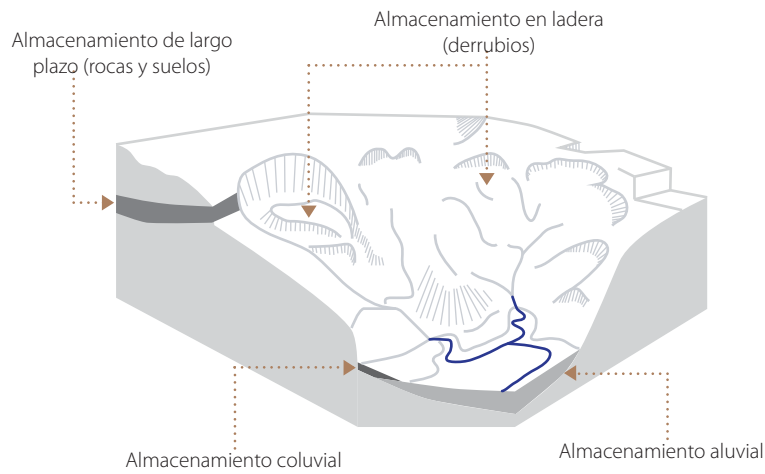


Figura 7.2 Diagrama que esquematiza las unidades de paisaje de diferentes almacenamientos de sedimentos a escala regional
Fuente: Preston y Schmidt (2003).

El esquema metodológico adoptado en el ENA 2014 se basa en la información con la que es posible efectuar análisis cuantitativos y cualitativos de la producción de sedimentos (figura 7.3).

El mapa potencial de producción de sedimentos se realizó para todo el territorio nacional empleando una

metodología cualitativa, y para las áreas que cuentan con información de estaciones de medición se hizo el cálculo del rendimiento de producción de sedimentos con información de las series históricas de transporte de estos (1974-2012).

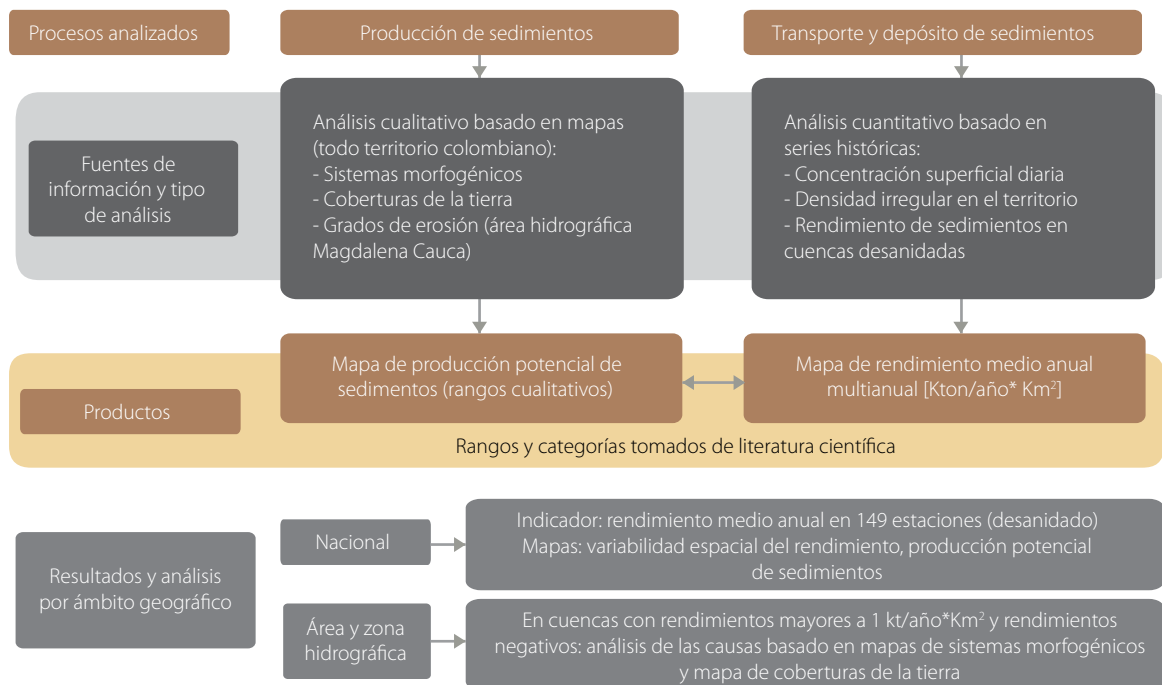


Figura 7.3 Esquema metodológico del componente de sedimentos

7.1.1 Producción potencial de sedimentos

El mapa de producción potencial de producción de sedimentos se construyó considerando los factores relevantes en este proceso que contaran con información cartográfica del territorio nacional, a partir de los procesos cartográficos de agregación, reclasificación, álgebra de mapas y definición de rangos y categorías. Este análisis permite la identificación de zonas potenciales para la producción de sedimentos siguiendo un proceso de categorización según criterios sustentados en referencias bibliográficas. Con la definición de categorías cualitativas (muy baja, baja, media, alta y muy alta) se delimitan zonas según el potencial de producción de sedimentos en todo el territorio nacional.

Los insumos para la elaboración del mapa de producción potencial de producción de sedimentos son: sistemas morfogénicos del territorio colombiano (IDEAM, 2010b), coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia en escala 1:100.000 de 2010 (IDEAM, 2010c) y protocolo de degradación de suelos y tierras por erosión (IGAC, IDEAM, MAVDT, 2010).

La relación proceso-forma está asociada a los sistemas morfogénicos, lo que permite definir zonas de acuerdo a los procesos dominantes y el modelado al que se asignan valores con relación a la producción de sedimentos que pueden generar los procesos de denudación por unidad de área, sin reflejar una magnitud específica.

La erosión concentrada aporta más cantidad de sedimentos por unidad de área que la erosión laminar (Casali *et al.*, 2006, Nachtergaele *et al.*, 2002). La erosión concentrada, tanto en surcos como en cárcavas, representa la pérdida del horizonte de suelos apto para la agricultura y es un indicador de procesos de desertificación (Vandekerckhove *et al.*, 2000); además, una alta proporción del suelo que se eroda por erosión laminar se deposita en la misma ladera, mientras que

el suelo erodado por erosión concentrada, en gran medida, alcanza la red de drenaje (Poesen *et al.*, 2003, Takken *et al.*, 2005).

Poesen *et al.* (2003), a partir de una recopilación de datos de campo de investigaciones en diferentes partes del mundo con condiciones climáticas y usos del suelo diversas, demuestran la importancia de la erosión concentrada en términos del aporte de sedimentos a las corrientes de agua en cuencas hidrográficas.

Es así como se le asignan valores de acuerdo al tipo de geoforma, pendiente y proceso principal, siendo el valor más bajo en las zonas de depósito de sedimentos, asumiendo que en ellas, aunque se pueden presentar procesos de erosión, predominan los procesos de depositación. A la erosión laminar se le asigna la segunda categoría en términos de producción de sedimentos; la tercera categoría se le asigna a la erosión concentrada, la cual se presenta en surcos y cárcavas, con mayor aporte de sedimentos; y el valor más alto se le asigna a los movimientos en masa, los cuales generan la mayor cantidad de sedimentos por unidad de área.

Teniendo en cuenta que las tasas de erosión varían de forma considerable según la cobertura de vegetación, ya que esta reduce la energía de la lluvia al interceptarla antes de su caída al suelo y regula la velocidad de la escorrentía directa, se asignaron valores de las coberturas de uso del suelo (hasta nivel 2) del mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia en escala 1:100.000 de 2010 (IDEAM, 2010c).

Los mayores valores fueron asignados a los territorios artificializados (tejido urbano, zonas industriales, zonas de extracción minera, entre otros), ya que generan mayor cantidad de sedimentos que los territorios agrícolas, y los usos que generan menor cantidad de sedimentos son las zonas de bosques. Esta categorización se basa en conclusiones de estudios que relacionan medidas de tasas de erosión y producción de sedimentos en cuencas hidrográficas

con las coberturas de la tierra, en períodos de tiempo que abarcan varias décadas (Beguiría, 2005, López, 2006, García *et al.*, 2001).

El protocolo de degradación de suelos y tierras por erosión (IGAC, IDEAM, MAVDT, 2010) plantea y desarrolla un esquema metodológico para el análisis de la producción de sedimentos en Colombia. Esta metodología incluye la utilización de información cartográfica, análisis basados en teledetección (fotografías aéreas, imágenes de satélite) y comprobación en campo. Hasta la fecha la metodología se ha aplicado en el área hidrográfica Magdalena-Cauca. El mapa resultado de esta área presenta una clasificación del territorio según el tipo, la clase y el grado de erosión predominante.

Según el protocolo de degradación de suelos y tierra por erosión (IGAC, IDEAM, MAVDT, 2010), el proceso de clasificación y calificación de la erosión se realiza teniendo en cuenta los distintos grados de intensidad de la afectación en el terreno, determinada por la cantidad de pérdida de suelos superficial y sus relaciones con la cobertura vegetal. Entre mayor es la intensidad, mayor es la pérdida y menor es la cobertura vegetal. La calificación de la intensidad se da en rangos, desde el muy alto hasta el muy bajo o desde ligera hasta muy severa.

Las categorías adoptadas en el mapa de producción potencial de sedimentos están basadas en un álgebra de los mapas de las tres coberturas descritas, las cuales se reclasifican y normalizan para definir cinco rangos según la desviación estándar de la distribución de valores. La normalización de valores permite definir rangos para todo el territorio nacional aun teniendo en cuenta que el área hidrográfica Magdalena-Cauca posee información adicional del mapa de degradación de suelos.

7.1.2 Transporte y depósito de sedimentos

El análisis del transporte y depósito de sedimentos se basa en el rendimiento de sedimentos en cuencas aferentes desanidadas, a partir de la información sobre

transporte de sedimentos en suspensión obtenida con datos de concentración recopilados en las estaciones del IDEAM. Con este producto es posible determinar sectores con valores altos de rendimiento de sedimentos y sectores en los cuales hay depósito neto de sedimentos.

El rendimiento de sedimentos²⁶ corresponde a aquellos que pasan por un punto de control en un tiempo determinado (generalmente un año) sobre el área aferente y da cuenta de los sedimentos erodados menos los sedimentos depositados en el área aferente al punto de control. Tiene unidades de masa sobre tiempo por área [M/T*A].

El rendimiento de sedimentos se estima para las cuencas aferentes desanidadas a cada estación considerando el transporte medio anual multianual de la estación menos el transporte medio anual multianual de las estaciones aguas arriba. De tal forma, se efectúa un balance en la cuenca aferente desanidada, en el que el rendimiento para dicha cuenca es igual a los sedimentos que entran menos los que salen del área de la cuenca (ver figura 7.4).

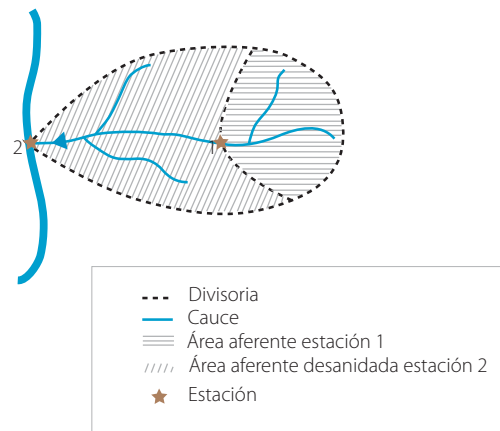


Figura 7.4 Esquema de cuencas aferentes con más de una estación, con datos de transporte de sedimentos

El análisis de la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos permite determinar cuencas e in-

26 En inglés *sediment yield*.

tercuenas con alta producción de sedimentos, o que presentan tasas de depósito neto de sedimentos. Al considerar el área aferente desanidada a las estaciones es posible comparar cuencas con condiciones diversas y definir rangos de rendimientos excesivos, normales, o cuencas en las que predomina el depósito de sedimentos. Por ejemplo, si el rendimiento es negativo, quiere decir que en el balance de sedimentos anual es mayor el depósito que la producción de sedimentos. Este comportamiento se espera que se presente en las partes bajas de las cuencas.

En la literatura científica se encuentran datos sobre rendimiento de sedimentos en cuencas de diversos tamaños (Latrubesse & Restrepo, 2014, Restrepo *et al.*, 2006a, Restrepo & Kjerfve, 2000, Restrepo *et al.*, 2006b). Estos valores permiten delimitar rangos de valores de rendimientos en términos relativos (alto, medio, bajo). La tabla 7.1 muestra los rangos adoptados para la variable rendimiento medio anual multianual.

Tabla 7.1 Rangos adoptados para el rendimiento medio anual multianual

Rango	kton / año - km ²
Zona de depósito	< 0
Muy bajo	0 - 0,2
Bajo	0,2 - 0,5
Medio	0,5 - 1
Alto	1 - 2
Muy alto	> 2

7.1.3 Criterios de análisis de resultados

El análisis de sedimentos por área hidrográfica se basa en el rendimiento medio anual multianual para cada estación con datos disponibles de transporte de sedimentos. En el caso de que una cuenca hidrográfica presente más de un punto de control es posible determinar el rendimiento de sedimentos en el área aferente desanidada entre los puntos de control.

Para las cinco áreas hidrográficas del territorio nacional se analiza la variabilidad espacial del rendi-

miento medio anual de sedimentos, considerando las cuencas aferentes desanidadas de las estaciones con datos disponibles sobre transporte de sedimentos.

Los análisis cualitativos utilizan la información cartográfica disponible para todo el territorio nacional (sistemas morfogénicos, coberturas de la tierra y degradación de suelos por erosión), exceptuando la cartografía derivada del protocolo de degradación de suelos y tierras, que se limita al área hidrográfica Magdalena-Cauca.

7.2 Resultados y análisis

En este apartado se evalúan los grados de producción potencial de sedimentos en el territorio colombiano y el transporte y depósito de sedimentos.

7.2.1 Producción potencial de sedimentos

En la figura 7.5 se presenta el mapa de producción potencial de sedimentos en el territorio colombiano. Al respecto, la zona andina presenta los potenciales más altos de producción de sedimentos, exceptuando el valle del río Magdalena en prácticamente toda su extensión y el valle del río Cauca antes de su encajonamiento en el departamento de Risaralda y hasta su desembocadura en la región de La Mojana.

Estas zonas se encuentran en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, en el área hidrográfica Pacífico (vertiente occidental de la cordillera Occidental) y en las áreas hidrográficas Orinoco y Amazonas (vertiente oriental de la cordillera Oriental).

El alto potencial de producción de sedimentos se da en las vertientes de los tres ramales de los Andes en Colombia, debido a la conjunción de varios factores:

- Altas pendientes desde las que discurren ríos encajonados en los cuales predominan procesos de movimientos en masa, muchos de ellos ubicados en las márgenes de fuentes de agua encargadas del transporte de sedimentos.

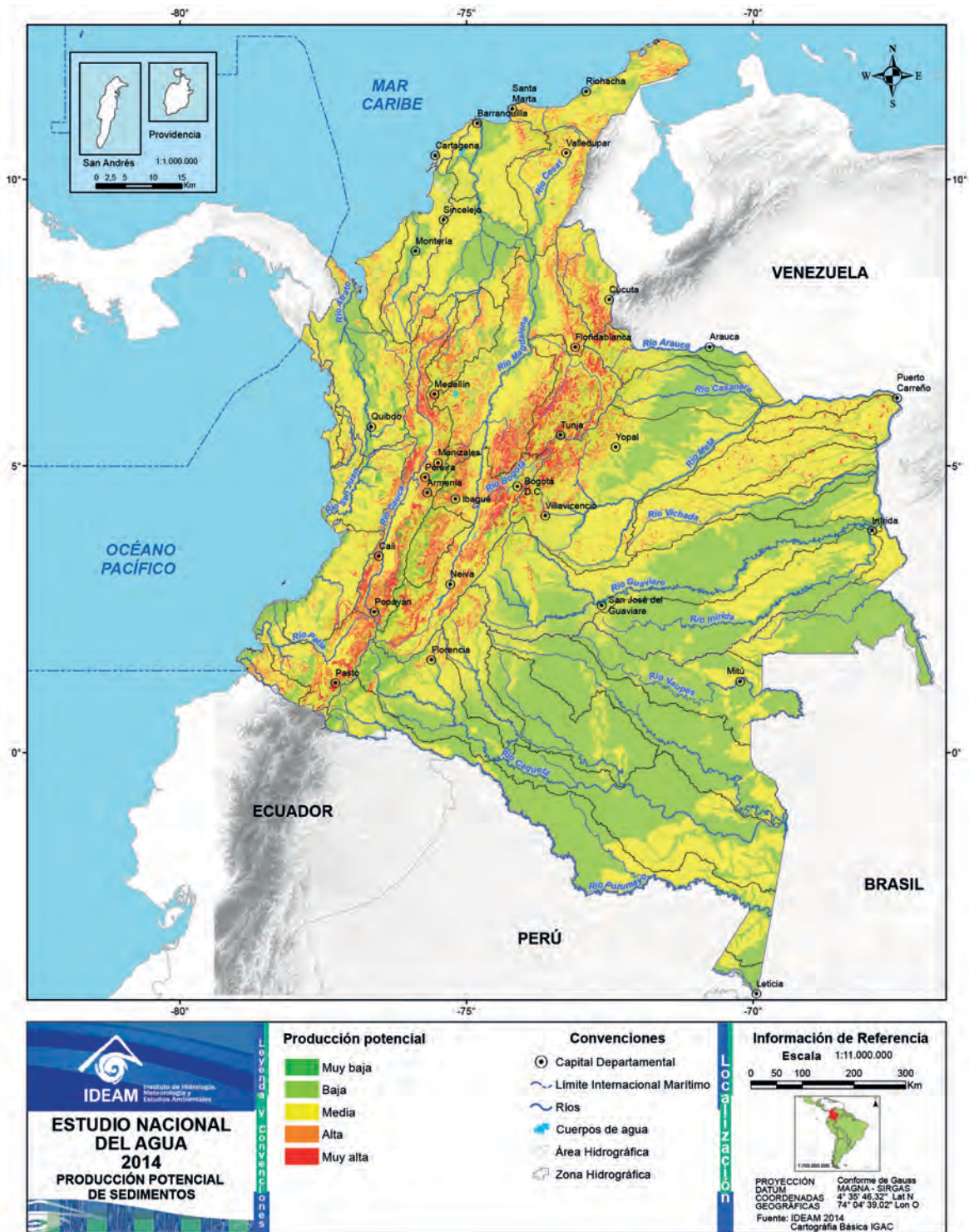


Figura 7.5 Producción potencial de sedimentos

- Regímenes de lluvias torrenciales que ocasionan la saturación de las vertientes por precipitaciones intensas en cortos períodos.
- Usos del suelo predominantemente agrícola con poca cobertura natural protectora, que en ocasiones se limita a las cabeceras de las fuentes de agua.
- Alta ocupación del territorio con obras civiles —p. e. carreteras— que aumentan la producción de sedimentos al ocasionar procesos de desestabilización de laderas.

Las áreas hidrográficas de Orinoco y Amazonia, así como la del Pacífico, presentan una producción potencial de sedimentos baja y muy baja en casi la totalidad de su extensión (con excepción de las zonas de piedemonte, donde se presenta producción potencial media, alta y muy alta). Estas zonas se asocian con procesos de depósito de sedimentos y erosión laminar en coberturas de bosques y áreas seminaturales. Las zonas con producción potencial media de estas áreas hidrográficas se caracterizan por procesos de erosión concentrada en bosques y áreas seminaturales.

7.2.2 Transporte y depósito de sedimentos

El 72% de las estaciones analizadas presentan rendimientos bajos, con valores del rendimiento medio anual entre 0 y 1 kton/año*km², mientras que el 15%

de las estaciones presentan valores entre 1 y 2 kton/año*km², el 7% se encuentran en rango muy alto (valores mayores de 2 Kton/año*km², y el 6% presentan valores negativos.

La figura 7.6 muestra la dispersión de los valores del rendimiento medio anual de las estaciones analizadas. Las líneas en negro marcan el rango de valores de rendimiento bajos y medios.

Los valores altos de rendimiento de sedimentos se relacionan, en algunos casos, con alta producción de sedimentos en cuencas de montaña, y en otros, con aumento de la capacidad de transporte de sedimentos debido a encajonamientos y mayor pendiente longitudinal del cauce.

Cuando hay más de una estación en una cuenca, en ocasiones se encuentran sectores en los que se obtienen valores negativos de rendimiento de sedimentos, especialmente en partes bajas de la cuenca, dado que en las estaciones aguas arriba la cantidad de sedimentos es mayor que la capacidad de transporte del cauce.

De acuerdo a los análisis detallados en las cuencas con valores altos de rendimiento de sedimentos, en los que se tuvo en cuenta la producción potencial de estos fue posible establecer las causas de dichos valores al considerar aspectos como las coberturas vegetales y los sistemas morfogénicos.

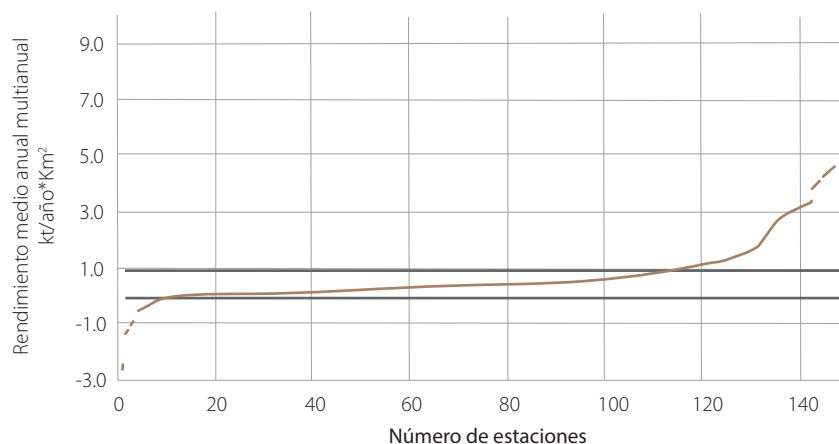


Figura 7.6 Dispersión de valores de rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas

La tabla 7.2 muestra el transporte y rendimiento medio anual multianual de las 149 estaciones analizadas en el territorio colombiano. Los valores de transporte y rendimiento corresponden a cuenca

aferente desanidada para cada estación analizada. De esta forma, los valores negativos representan estaciones con depósito neto de sedimentos en la respectiva cuenca desanidada.

Tabla 7.2 Transporte y rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas

Código	Nombre de la estación	Nombre de la subcuenca	Años con datos		Años totales	Área aferente (Km ²)	Transporte medio anual multianual (kton/año)	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
			Desde	Hasta				
11027030	El Siete	Atrato	1994	2011	18	204,10	87,58	0,43
11117010	El Añil	Riosucio	1978	2011	34	714,97	662,58	0,93
11117040	Mutatá	Riosucio	1980	2008	29	1.352,96	829,73	0,61
11117050	Dabeiba 2	Riosucio	1977	2011	35	1.258,78	2.647,13	2,10
11147020	Bajira	Bajirá	1998	2010	13	84,57	13,35	0,16
12017010	Chigorodó	Chigorodó	1978	2011	34	195,35	98,64	0,50
12017020	Barranquillita	León	1979	2011	33	658,42	625,54	0,95
12017060	Apartadó	Apartadó	1984	2011	28	87,29	35,15	0,40
12027010	Pueblo Bello	Mulatos	1985	1995	11	308,30	106,53	0,35
12027050	Pueblo Nuevo	Mulatos	1998	2011	14	706,63	411,57	0,58
13067020	Montería Autom.	Sinú	1973	2010	38	8.666,09	3.968,56	0,46
13077060	Cotoca Abajo	Sinú	1985	2010	26	4.766,96	-1.757,78	-0,37
16027060	Pto. León	Zulia	1988	2006	19	2.895,47	1.153,60	0,40
16027120	San Javier-Pte. Zul.	Zulia	1977	2010	34	1.581,36	279,23	0,18
16027280	Astilleros	Zulia	1995	2011	17	1.073,56	77,06	0,07
16067010	Pto. Barco-Gabarra	Catatumbo	1998	2009	12	5.182,57	2.454,62	0,47
21027010	Pericongo	Magdalena	1981	2011	31	3.567,59	1.524,06	0,43
21037010	Pte. Garcés	Suaza	1981	2011	31	996,64	321,36	0,32
21047010	Pte. Balseadero	Magdalena	1974	2011	38	1.090,56	1.367,20	1,25
21057060	Paicol	Páez	1974	2006	33	3.984,83	2.384,44	0,60
21057080	Villalosa	La Plata	1981	2011	31	865,52	249,70	0,29
21077020	Paso del Colegio	Magdalena	2000	2010	11	1.367,48	-1.722,29	-1,26
21087050	Bocatoma	Iquira	1984	2011	28	54,55	12,55	0,23
21087070	Jardín El Hda.	Yaguará	1981	2011	31	435,38	103,30	0,24
21087080	Venecia Hda.	Yaguará	1984	2011	28	181,87	267,03	1,47
21097070	Pte. Santander Autom.	Magdalena	1971	2011	41	1.760,25	4.793,41	2,72
21107020	Pte. Mulas	Neiva	1989	2011	23	617,12	148,93	0,24
21117080	Guayabo	Ceibas	1984	2011	28	224,04	62,38	0,28
21147010	San Alfonso	Cabrera	1981	2011	31	549,26	-245,84	-0,45
21147030	Carrasposo	Cabrera	1993	2011	19	1.667,77	1.212,86	0,73
21147050	Pte. Venado	Venado	1988	2011	24	526,18	80,46	0,15
21187030	Cucunubá	Luisa	1991	2009	19	260,78	75,00	0,29
21197010	Profundo El Autom.	Sumapaz	1981	2010	30	958,05	38,51	0,04

Continúa...

Continuación tabla 7.2

Código	Nombre de la estación	Nombre de la subcuenca	Años con datos		Años totales	Área aferente (Km ²)	Transporte medio anual multianual (kton/año)	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
			Desde	Hasta				
21197150	El Limonar	Sumapaz	1988	2009	22	1.470,54	120,44	0,08
21207960	Pte. Portillo	Bogotá	1976	2008	33	5.393,69	961,69	0,18
21217070	Payandé	Coello	1984	2010	27	1.366,93	475,31	0,35
21217180	Montezuma	Combeima	1985	2008	24	68,86	17,26	0,25
21217220	San Vicente	Combeima	1985	2007	23	102,92	6,98	0,07
21237010	Nariño-Autom.	Magdalena	1981	2011	31	12.893,00	-6.199,36	-0,48
21237020	Arrancaplumas-Autom.	Magdalena	1972	2010	39	5.097,87	23.354,19	4,58
21257090	La Esmeralda	Lagunilla	1990	2010	21	642,16	126,78	0,20
21257100	La Nueva	Recio	1980	2010	31	647,87	122,59	0,19
22017010	Bocas	Anamichú	1981	2010	30	653,65	92,59	0,14
22017020	Las Sardinas	Saldaña	1981	2010	30	1.626,98	298,27	0,18
22017030	Bocas	Blanco	1985	2010	26	105,73	38,45	0,36
22027010	El Cóndor	Atá	1973	2010	38	463,62	322,18	0,69
22027020	Gaitanía	Atá	1981	2010	30	920,72	94,59	0,10
22037010	La Esperanza	Mendarco	1981	2011	31	107,46	85,99	0,80
22057010	Pied. Cobre-Autom.	Saldaña	1974	2011	38	1.252,27	4.137,19	3,30
22057040	Palmararga	Saldaña	1974	2011	38	1.815,26	980,20	0,54
22057050	Pte. La Hamaca	Qda. Pole	1981	2010	30	173,38	67,64	0,39
22057060	La Muralla	Saldaña	1974	2010	37	371,13	1.048,93	2,83
22067010	Pte. Ortega	Ortega	1990	2011	22	284,35	155,35	0,55
23017040	La Esperanza	Gualí	1990	2011	22	447,29	1.280,48	2,86
23017060	Pte. Carretera	Sucio	1990	2011	22	88,73	10,14	0,11
23027060	Pte. Carretera	Guarínó	1982	2010	29	835,13	447,60	0,54
23057140	San Miguel-Autom.	La Miel	1979	2011	33	2.330,39	2.179,00	0,94
23067040	Pto. Libre	Negro	1979	2011	33	4.572,11	5.719,53	1,25
23077020	Pte. Ferrocarril	Cocorná	1979	2005	27	815,75	278,80	0,34
23087150	Pte. Real	Negro	1988	2011	24	320,55	28,90	0,09
23087160	Caramanta	Nus	1981	2011	31	285,13	138,21	0,48
23087190	La Garrucha	Samaná Norte	1984	2011	28	1.525,02	974,75	0,64
23087210	Canteras	Nare	1976	2011	36	2.886,11	1.047,23	0,36
23127010	Borbur	Minero	1982	2011	30	1.564,35	4.708,37	3,01
23127020	Pto. Araújo Autom.	Carare	1982	2011	30	482,40	804,63	1,67
23127060	Sta. Rosa	Carare	1985	2011	27	3.336,68	3.774,30	1,13
23147020	Pte. Ferrocarril	Opón	1976	2011	36	1.733,41	2.390,47	1,38
23197290	Café Madrid	Lebrija	1976	2009	34	1.267,51	519,73	0,41
24017570	San Benito	Suárez	1982	2011	30	3.090,37	1.225,26	0,40
24017590	Pte. Nacional	Suárez	1982	2011	30	2.263,19	212,75	0,09
24017640	La Ceiba	Suárez	1982	2011	30	1.665,98	-207,24	-0,12
24027010	San Gil	Fonce	1983	2010	28	508,09	309,70	0,61

Continúa...

Continuación tabla 7.2

Código	Nombre de la estación	Nombre de la subcuenca	Años con datos		Años totales	Área aferente (Km ²)	Transporte medio anual multianual (kton/año)	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
			Desde	Hasta				
24027030	Nemizaque	Pienta	1982	2011	30	626,94	29,41	0,05
24027040	Pte. Cabra	Mogoticos	1986	2011	26	183,52	16,38	0,09
24027050	Pte. Llano	Taquiza	1986	2011	26	606,54	108,88	0,18
24027060	Pte. Arco	Monchía	1986	2011	26	165,36	17,57	0,11
24037030	El Palo	Tuta	1985	2010	26	373,42	3,64	0,01
24037040	Güicán	Nevado	1985	2009	25	161,67	5,79	0,04
24037360	El Jordán	Chicamocha	1975	2011	37	3.228,12	2.971,52	0,92
24037390	Capitanejo	Chicamocha	1982	2010	29	5.677,31	3.365,53	0,59
24067010	El Tablazo	Sogamoso	1972	2010	39	2.306,28	3.768,99	1,63
25017010	Montelíbano Autom.	San Jorge	1977	2009	33	3.906,04	2.175,80	0,56
26017020	Julumito	Cauca	1986	2006	21	566,15	-6,02	-0,01
26017060	Pte. Aragón	Cauca	1986	2011	26	160,10	75,82	0,47
26107130	Mateguadua	Tuluá	1986	2010	25	765,89	110,59	0,14
26127010	Alambrado El Autom.	La Vieja	1982	2008	27	1.655,05	2.327,88	1,41
26137110	Bananera La 6-909	Otún	1976	2011	36	275,38	17,28	0,06
26147140	Pte. Negro	Risaralda	1977	2011	35	804,78	130,65	0,16
26167070	Irra	Cauca	1973	2011	39	2.438,03	1.551,80	0,64
26177030	La Virginia-Autom.	Cauca	1973	2010	38	17.902,90	6.170,54	0,34
26187110	La Pintada	Cauca	1974	2010	37	1.882,32	7.641,61	4,06
26197030	El Remolino	San Juan	1977	2011	35	1.106,38	1.092,83	0,99
26207080	Bolombolo	Cauca	1976	2011	36	3.484,06	-1.292,92	-0,37
26217010	La Galera	Tonusco	1973	2011	39	319,00	387,18	1,21
26217050	Cañafisto	Cauca	1986	2009	24	1.714,74	-1.666,31	-0,97
26237020	Peñalta	Aburrá	1977	2011	35	191,52	15,48	0,08
26237040	Pto. Valdivia Autom.	Cauca	1977	2011	35	3.332,88	14.523,77	4,36
26237100	Olaya	Cauca	1986	1998	13	923,68	8.680,26	9,40
26247010	Palmira Hda.	Man	1976	1987	12	336,19	244,52	0,73
26247030	Apavi	Cauca	1976	2011	36	627,15	-1.563,44	-2,49
27027090	Pte. Anorí	Nechí	1985	2007	23	1.384,66	666,81	0,48
28037090	Pte. Canoas	Cesar	1985	2004	20	10.378,90	111,48	0,01
29067050	Canal Florida	Sevilla	1985	2004	20	243,96	1.101,36	4,51
29067070	Río Frío	Frío	1985	2004	20	301,60	22,86	0,08
29067150	Ganadería Caribe	Aracataca	1985	2004	20	737,45	316,37	0,43
32077100	Peñas Blancas	Güéjar	1985	2000	16	939,70	646,19	0,69
32077110	El Limón	Güéjar	1985	2011	27	267,48	241,97	0,90
35017020	Pte. Lleras-Autom.	Meta	1981	2011	31	5.194,40	1.410,10	0,27
35027100	Caraza	Une	1989	2009	21	160,47	26,25	0,16
35027150	Las Ánimas	Chochal	1989	2010	22	110,79	11,37	0,10
35027190	Guacapate	Negro	1981	2010	30	1.143,71	632,43	0,55

Continúa...

Continuación tabla 7.2

Código	Nombre de la estación	Nombre de la subcuenca	Años con datos		Años totales	Área aferente (Km ²)	Transporte medio anual multianual (kton/año)	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
			Desde	Hasta				
35027200	El Palmar	Blanco	1981	2002	22	898,54	1.132,76	1,26
35027210	Caseteja-Delicias	Negro	1981	2010	30	172,66	1.210,78	7,01
35047030	Pte. Carretera	Guacavía	1985	2009	25	344,05	1.352,17	3,93
35057010	El Cable	Humea	1977	2009	33	950,23	2.247,60	2,37
35067010	La Gloria	Negro	1983	2010	28	74,34	27,14	0,37
35067130	Mundo Nuevo	Rucio	1983	2010	28	38,08	23,87	0,63
35077080	Pte. Fierro	Somondoco	1981	2011	31	242,69	293,96	1,21
35077090	Pte. Adriana	Jenesano	1986	2010	25	313,95	42,11	0,13
35077100	San José	Teatinos	1993	2011	19	29,95	0,52	0,02
35077120	El Caracol	Garagoa	1983	2010	28	1.070,61	185,31	0,17
35077140	Barbosa Termales	Machetá	1983	2011	29	375,41	49,18	0,13
35087010	San Agustín	Lengupá	1986	2010	25	516,04	1.661,55	3,22
35087020	Páez	Lengupá	1977	2010	34	1.035,03	2.804,00	2,71
35087030	Pte. Forero	Tunjita	1983	2010	28	82,57	13,54	0,16
35097090	La Reventonera	Upía	1985	2011	27	1.133,89	3.618,28	3,19
35217010	Pte. Yopal	Cravo Sur	1981	2010	30	1.098,23	1.967,56	1,79
37017040	Pte. López	Chitagá	1989	2011	23	845,66	24,24	0,03
37017050	Venaga	Chitagá	1988	2011	24	723,33	180,51	0,25
37037010	Paso de la Canoa	Cobugón	1988	2011	24	1.519,60	1.088,77	0,72
44017060	Papas	Caquetá	1984	2011	28	86,20	1,94	0,02
44017070	Sta. Rosa	Caquetá	1986	2011	26	254,91	54,52	0,21
44017090	Curiaico	Caquetá	1984	2011	28	342,59	23,42	0,07
44037090	Larandia	Orteguaza	1986	2010	25	1.629,26	1.753,48	1,08
44037100	Itarca	San Pedro	1986	2004	19	633,42	448,83	0,71
46037060	Pto. Rico	Guayas	1981	1999	19	2.442,98	1.204,08	0,49
47017020	La Cocha	Guamues	1984	2012	29	238,66	4,11	0,02
47017070	El Edén	Putumayo	1981	2010	30	474,78	100,14	0,21
47017110	Monopamba	Sucio	1984	2011	28	179,64	199,41	1,11
47017150	La Joya	Guíneo	1983	2011	29	382,87	67,51	0,18
47017160	Pte. Texas	Putumayo	1983	2011	29	2.646,78	1.052,05	0,40
51027020	Pilispi	Güiza	1983	2011	29	424,13	26,93	0,06
51027050	Pipiguay	Güiza	1983	2007	25	684,77	144,73	0,21
52017010	Pte. Guascas	Patía	1973	2002	30	3.363,10	5.821,82	1,73
52017020	Pto. Nuevo	Patía	1973	2009	37	3.318,46	3.588,01	1,08
52017030	La Fonda	Patía	1978	2011	34	1.543,86	631,73	0,41
52037010	La Cañada	Mayo	1973	1993	21	336,29	255,35	0,76
52057030	Agroyaco	Guaitará	1981	1998	18	3.309,62	1.488,96	0,45
54017040	Tadó Autom.	San Juan	1985	2010	26	1.767,42	1.329,40	0,75

La figura 7.7 muestra la variabilidad espacial del rendimiento medio anual de sedimentos en las cuencas

aférentes a las estaciones analizadas en el territorio colombiano.

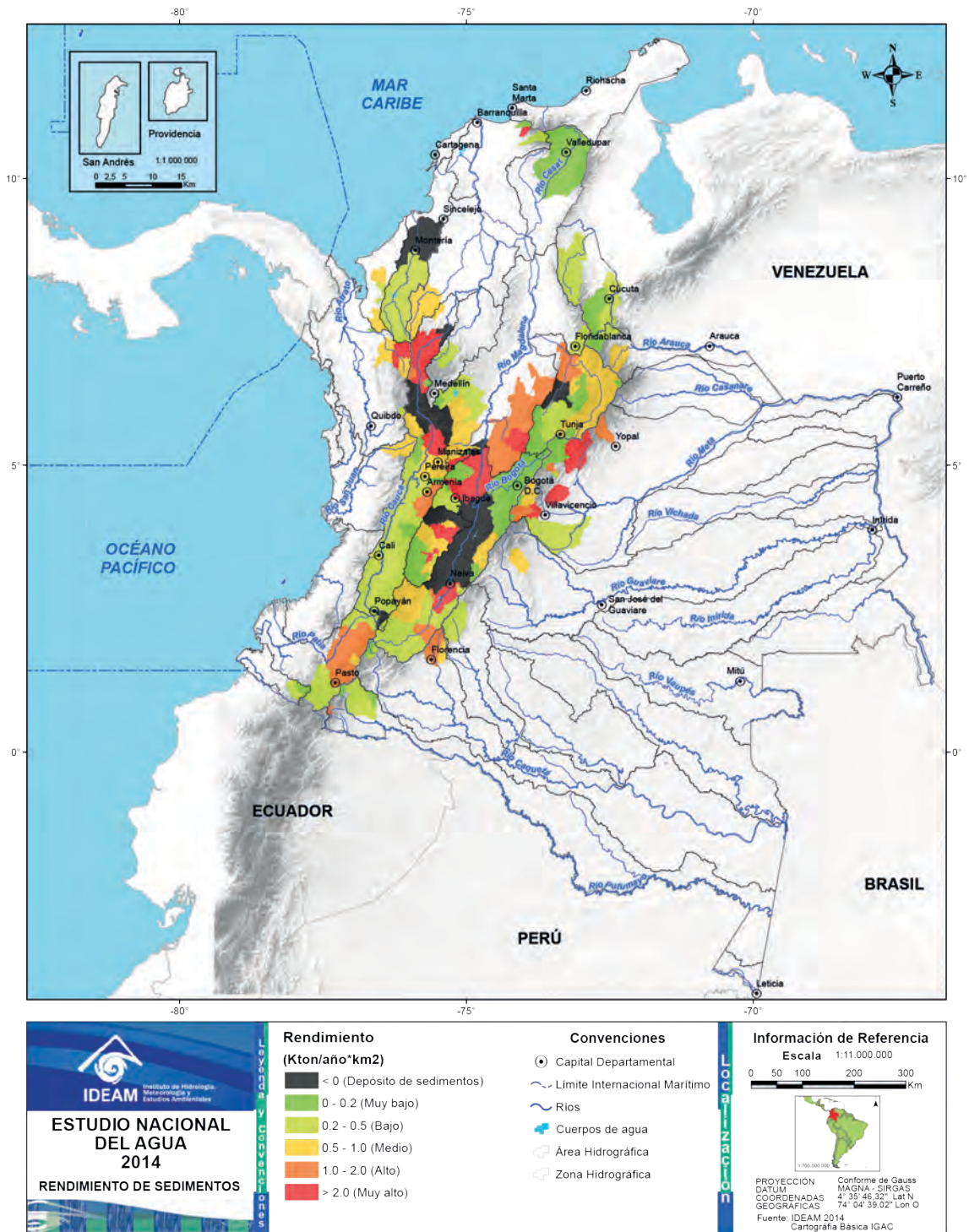


Figura 7.7 Variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos medio anual multianual en cuencas a las estaciones

7.2.3 Análisis comparativo de sedimentos ENA 2010 - ENA 2014

En el Estudio Nacional del Agua de 2010 se efectuó un análisis basado en el transporte de sedimentos determinado a partir de relaciones caudal líquido *versus* caudal sólido, mientras que en el Estudio Nacional de 2014 los valores del transporte de sedimentos se estiman a partir de estaciones con medidas de concentración de sedimentos diarias. Estas medidas no son comparables, en general se observa que el transporte estimado a partir de caudales líquidos es mayor que el generado por la concentración superficial.

Como una forma de comparar los valores registrados en el ENA 2010 y encontrar tendencias de

aumento o disminución en el transporte de sedimentos, se generaron valores de transporte de sedimentos mediante el caudal líquido en estaciones, con los que fuera posible efectuar la comparación. La tabla 7.3 muestra los resultados del transporte, el período de análisis y las diferencias porcentuales.

En la tabla 7.3 se aprecia que, en general, se ha presentado aumento del transporte de sedimentos en las estaciones del área hidrográfica Magdalena-Cauca de hasta el 5%, con excepciones notables en las estaciones La Coquera Automática y Margento, en el río Cauca, región de La Mojana; una posible explicación es el incremento de las explotaciones mineras en los depósitos aluviales del río Cauca aguas arriba de las estaciones durante el período 2007-2011.

Tabla 7.3 Comparación del transporte de sedimentos entre valores del ENA 2010 y el ENA 2014

ENA 2010					ENA 2014			
Estación	Corriente	Desde	Hasta	Transporte medio anual multianual	Desde	Hasta	Transporte medio anual multianual	Diferencia porcentual
				(kton/ año)			(kton/ año)	
Calamar	Magdalena	1972	2007	140.054,2	1972	2011	143.104,7	2,2
Magangué-Esperanza	Bzo. de Loba	1979	2007	102.353,3	1979	2011	108.859,3	6,4
Sitionuevo	Bzo. de Loba	1980	2007	101.240,1	1982	2011	106.318,5	5,0
Peñoncito	Magdalena	1972	2007	96.272,4	1973	2011	95.798,5	-0,5
La Coquera-Autom.	Cauca	1974	2007	55.290,2	1974	2011	69.600,9	25,9
Las Varas	Cauca	1973	2007	55.085,8	1973	2011	56.647,3	2,8
Las Flores	Cauca	1978	2007	53.790,1	1978	2011	55.121,7	2,5
Tres Cruces	Cauca	1978	2007	48.136,2	1978	2011	49.307,2	2,4
Margento	Cauca	1978	2007	47.628,9	1978	2011	54.367,8	14,1
Nariño	Magdalena	1980	2007	13.333,5	1981	2011	13.376,8	0,3
Pto. Arturo	Guaviare	1983	2007	26.364,0	1985	2010	29.092,7	10,4
Peña de los Micos	Margua	1982	2005	551,2	1982	2011	538,8	-2,2
Barranco Murciélagos	Guaviare	1995	2003	24.261,6	1995	2010	20.447,8	-15,7
Mapiripán	Guaviare	1995	2003	19.275,7	1996	2010	17.614,1	-8,6
Cejal	Guaviare	1993	2003	19.228,2	1993	2010	23.019,5	19,7
La Macarena	Guayabero	1984	2003	12.932,0	1984	2011	12.061,8	-6,7

Las estaciones ubicadas en el área hidrográfica Orinoco presentan disminución generalizada del transporte de sedimentos, a excepción de las estaciones Puerto Arturo y El Cejal, en el río Guaviare.

7.3 Características y evaluación de sedimentos en las áreas hidrográficas

En este acápite se presenta, de cada área hidrográfica y las zonas que la integran, un análisis sobre la variabilidad de sedimentos (kton/año-Km²) y una evaluación detallada de los procesos predominantes de erosión, producción y depósito de sedimentos, con énfasis en las subzonas identificadas con mayor potencial de ellos.

7.3.1 Área hidrográfica Magdalena-Cauca

7.3.1.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos

En el área hidrográfica Magdalena-Cauca se encuentran 89 estaciones con información disponible sobre rendimiento de sedimentos. Además cuenta con el mapa de degradación de suelos por erosión. Con dicha información fue posible efectuar análisis más detallados que en el resto de áreas.

La tabla 7.4 muestra las estaciones que presentan valores altos de rendimiento de sedimentos (mayores a 1 kton/año*Km²).

Tabla 7.4 Estaciones con valores altos de rendimiento de sedimento medio anual multianual

Zona	Grado de erosión predominante	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
Alto Magdalena	Entre ligero y moderado, presencia de zonas aisladas con grados severo a muy severo, asociados a zonas con surcos y terraceo. Presencia de usos agrícolas en las partes bajas y medias de las laderas, en tanto que los bosques y áreas seminaturales se encuentran en las partes altas.	Ríos directos al Magdalena	21047010	Pte. Balseadero	1,25
		Ríos Yaguará e Iquirá	21087080	Venecia Hda.	1,47
		Juncal y otros ríos directos al Magdalena	21097070	Pte. Santander Autom.	2,72
		Río Seco y otros directos al Magdalena	21237020	Arrancaplumas-Autom.	4,58
Saldaña	Erosión laminar con coberturas boscosas y áreas seminaturales en las partes altas y territorios agrícolas en las partes medias y bajas. En las partes medias y bajas de la zona el grado de erosión es de ligero a moderado, asociado a erosión laminar, en surcos y terraceo. En la parte baja del río Saldaña hay grados severos de erosión relacionados con erosión concentrada en surcos y terraceo debido, posiblemente, a sobrepastoreo.	Ríos Tetuán y Ortega	22057010	Pied. Cobre-Autom.	3,30
		Medio Saldaña	22057060	La Muralla	2,83

Continúa...

Continuación tabla 7.4

Zona	Grado de erosión predominante	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km²)
Medio Magdalena	Movimientos en masa y territorios agrícolas. Prácticas agrícolas asociadas a procesos de erosión laminar, en surcos y terraceo con grados de erosión ligera y moderada. Áreas aisladas con grados de erosión severa, asociadas a terraceo por sobrepastoreo.	Río Gualí	23017040	La Esperanza	2,86
		Río Negro	23067040	Pto. Libre	1,25
		Río Carare (Minero)	23127010	Borbur	3,01
			23127020	Pto. Araújo Autom.	1,67
			23127060	Sta. Rosa	1,13
Río Opón	23147020	Pte. Ferrocarril	1,38		
Sogamoso	Grado severo de erosión en las vertientes cercanas al río Sogamoso.	Río Sogamoso	24067010	El Tablazo	1,63
Cauca	Predomina la erosión laminar, erosión en surcos y terraceo, asociada a terrenos agrícolas y ganaderos con grados de degradación ligeros y moderados. Las zonas que se encuentran en grados severos de degradación están asociadas a procesos de erosión laminar y terraceo, posiblemente debido a sobrepastoreo.	Río La Vieja	26127010	El Alambrado Autom.	1,41
		Río Arma	26187110	La Pintada	4,06
		Directos al río Cauca entre río San Juan y Pto. Valdivia	26217010	La Galera	1,21
		Directos al río Cauca	26237040	Pto. Valdivia Autom.	4,36
		Directos al río Cauca	26237100	Olaya	9,40
Bajo Magdalena	Las pocas zonas altas se encuentran en bosques y áreas seminaturales con procesos de erosión concentrada y movimientos en masa. La degradación del suelo en la zona se debe principalmente a erosión laminar, terraceo y surcos en tierras agrícolas. En las zonas planas no hay evidencia de degradación de suelos.	Cga. Grande de Santa Marta	29067050	Canal Florida	4,51

La tabla 7.5 muestra las estaciones con valores negativos del rendimiento medio anual multianual.

Tabla 7.5 Estaciones con valores negativos de rendimiento de sedimentos medio anual multianual

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km²)
Alto Magdalena	Ríos directos al Magdalena	21077020	Paso del Colegio	-1,26
	Río Cabrera	21147010	San Alfonso	-0,45
	Río Seco y otros directos al Magdalena	21237010	Nariño-Autom.	-0,48
Sogamoso	Río Suárez	24017640	La Ceiba	-0,12
Cauca	Alto río Cauca	26017020	Julumito	-0,01
	Directos al río Cauca entre el río San Juan y Pto. Valdivia	26207080	Bolombolo	-0,37
	Directos al río Cauca entre el río San Juan y Pto. Valdivia	26217050	Cañafisto	-0,97
	Río Taraza - Río Man	26247030	Apavi	-2,49

En la figura 7.8 se observa la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos y en la figura 7.9 la producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca.

Debido a la disponibilidad de información respecto del área Magdalena-Cauca, se presentan los análisis integrales de la producción y el rendimiento de sedimentos, detallados por zonas hidrográficas.

Zona hidrográfica Alto Magdalena

A continuación se detallan las áreas aferentes a las estaciones que presentan valores de rendimiento en sedimentos altos y muy altos (mayores que 1 kton/año*km²):

En cuanto a la producción potencial de sedimentos en la cuenca aferente a la estación Puente Balseadero, en el río Magdalena, aguas abajo de la desembocadura del río Suaza, se resaltan dos zonas con producción alta: una ubicada a lo largo del río Suaza, que presenta cañones profundos (entre 100 y 1.000 metros), con pendientes abruptas, en los cuales se encuentran flujos torrenciales, disección profunda y movimientos en masa; y la otra ubicada al noroccidente de Pitalito (Tolima), en la que se encuentran procesos de disección acelerada y deslizamientos rotacionales en pendientes medias.

Ambas zonas se ubican en márgenes de ríos (Suaza y Magdalena), por lo cual es posible suponer que sean las que aportan mayor cantidad de sedimentos y expliquen el alto valor de rendimiento en la estación Puente Balseadero.

La producción potencial alta y muy alta de sedimentos asociada con el área aferente a la estación Hacienda Venecia en las subcuencas de los ríos Yaguará e Iquira, aguas arriba de la represa de Betania, se concentran en las partes altas de estos dos ríos, donde se presentan movimientos en masa generalizados con disección acelerada en deslizamientos rotacio-

nales. Los suelos se encuentran en cultivos, pastos y mosaicos con espacios naturales. Es de esperarse que los deslizamientos rotacionales sean la principal fuente de sedimentos a las corrientes de agua, las cuales se encargan de arrastrarlos hasta la estación Hacienda Venecia.

En el área aferente a la estación Puente Santander, sobre el río Magdalena, aguas abajo de la represa de Betania y en las inmediaciones de Neiva, el alto valor de rendimiento de sedimentos (2,73 kton/año*km²) se debe al aumento de la capacidad de transporte de sedimentos del río Magdalena ocasionado por el encajonamiento luego de discurrir sobre una llanura aluvial. Esta afirmación es coherente con los valores de rendimiento de sedimentos mayores a 1 kton/año*km² en las estaciones ubicadas aguas arriba de Puente Santander: Puente Mulas (río Neiva) y El Guayabo (río Ceibas), mientras que la estación Puente del Colegio presenta valor negativo.

En cuanto a los sedimentos cerca de la estación Puente Santander, aguas arriba de la misma se aprecian amplias zonas con producción potencial media, lo cual confirma que el alto valor de rendimiento de sedimentos se da por aumento en la capacidad de transporte del río Magdalena. Además se identifica una zona al oriente de Neiva con muy alto potencial de producción de sedimentos asociado a procesos de erosión concentrada en surcos y cárcavas con degradación de suelos. Esta zona, ubicada cerca de la estación Puente Santander, es una fuente de sedimentos que puede explicar el alto valor de rendimiento de sedimentos.

El área aferente a la estación Arrancaplumas sobre el río Magdalena, en inmediaciones de Honda, es la que presenta el valor de rendimiento de sedimentos más alto en la zona hidrográfica del Alto Magdalena, 4,58 kton/año*Km², el cual se debe al aumento en la capacidad de transporte del río Magdalena a consecuencia del encajonamiento del cauce en Honda.

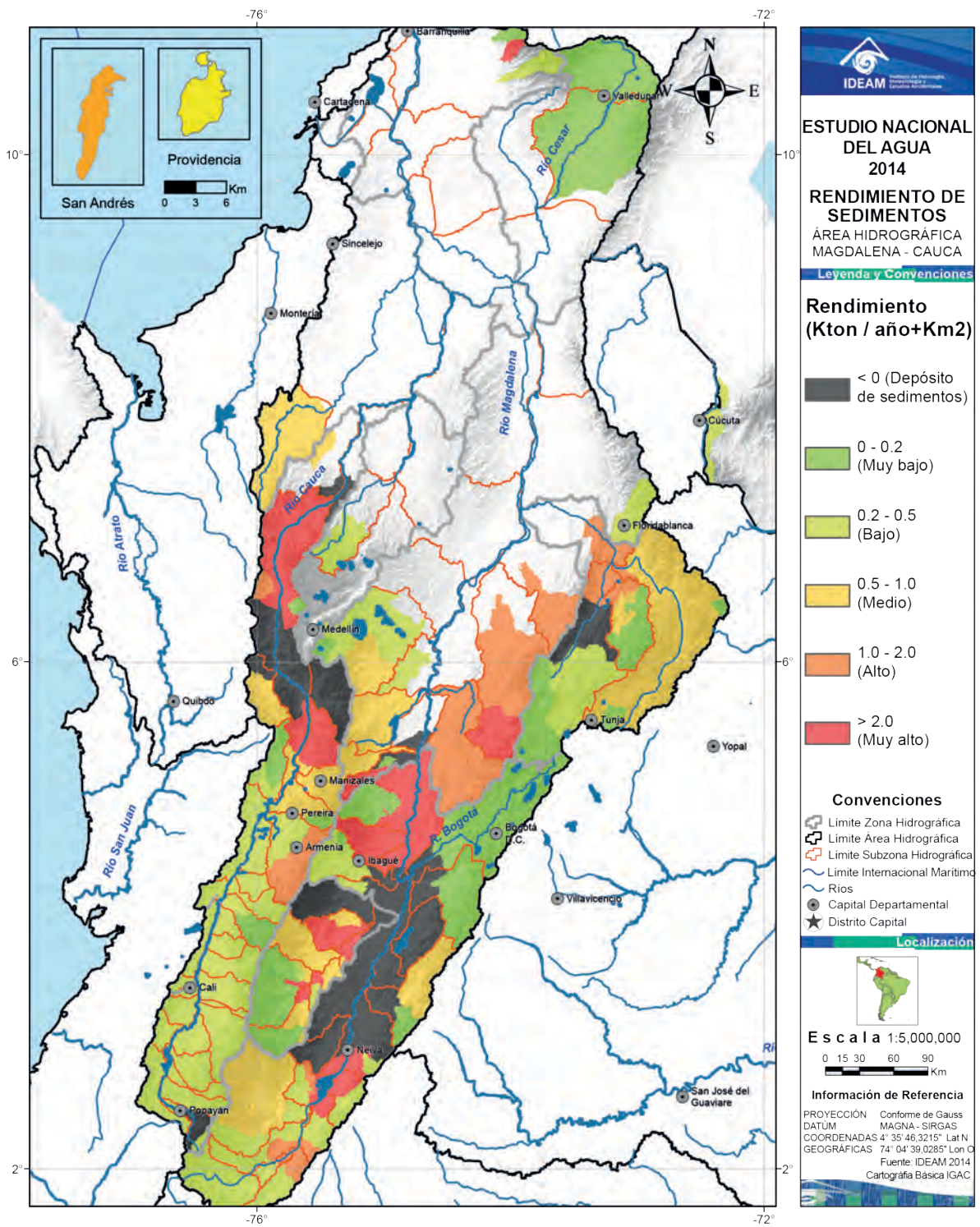


Figura 7.8 Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca

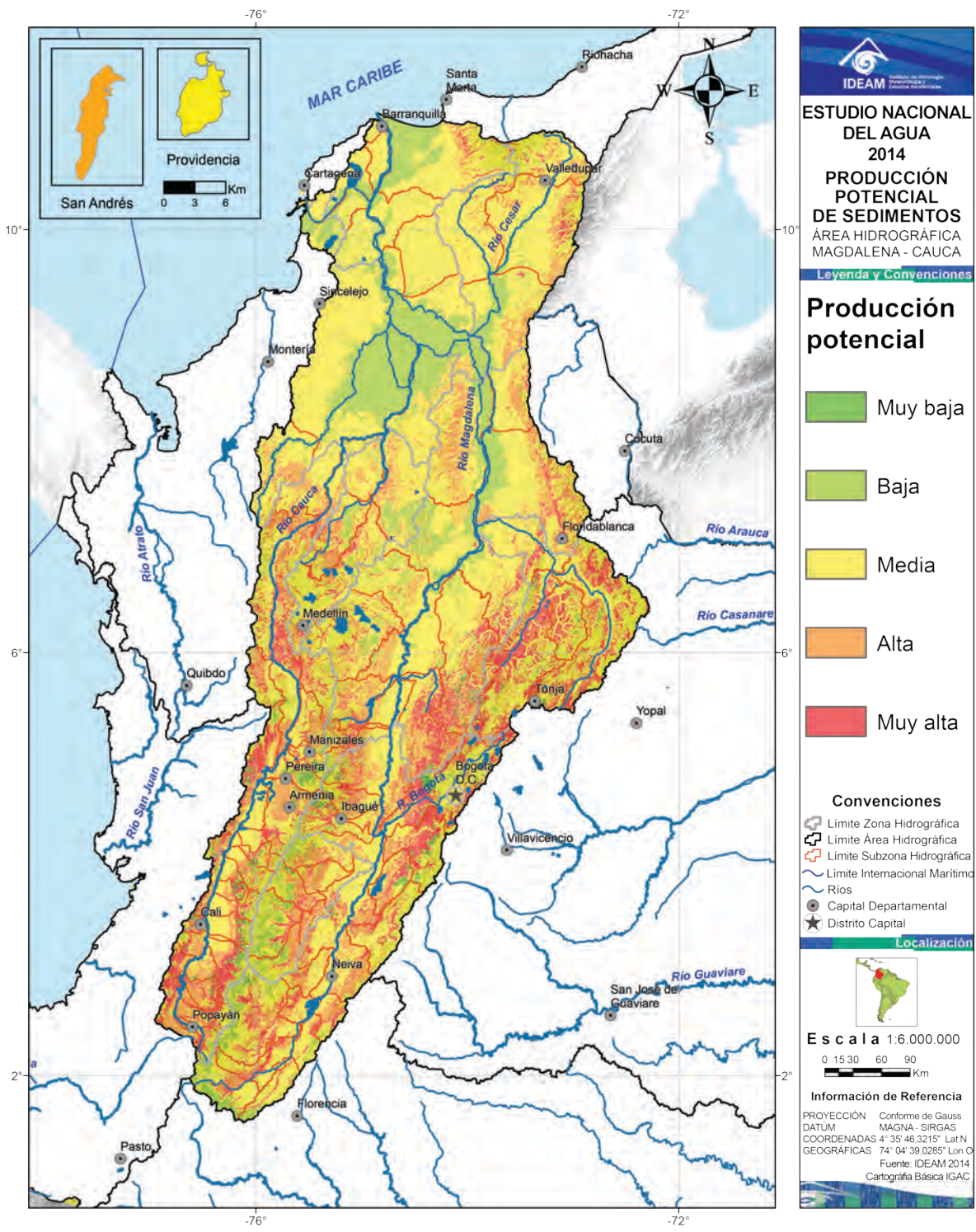


Figura 7.9 Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca

Se destaca cómo aguas arriba, antes de dicho encajonamiento, la producción potencial de sedimentos se encuentra en el rango de valores de medios a bajos, llegando incluso a presentar valor negativo (estación Nariño). Esto ratifica que el alto valor de rendimiento de sedimentos en Arrancaplumas es debido al aumento de la capacidad de transporte. En la figura 7.10 se muestra la producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de la estación Arrancaplumas.

En la zona hidrográfica del Alto Magdalena se encuentran varias zonas en las que el balance de sedimentos muestra que hay depósito neto de sedimentos: en la cuenca aferente a la estación Paso del Colegio, sobre el río Magdalena, aguas arriba del embalse Betania, en la cuenca aferente a la estación Nariño, y en la cuenca aferente a la estación San Alfonso, en la subcuenca del río Cabrera.

Estas zonas se caracterizan por disminución en la capacidad de transporte del cauce debido a cambios en la pendiente longitudinal. Las estaciones en cues-

tion se ubican en tramos en los cuales el río discurre en zonas de baja pendiente (generalmente llanuras y abanicos aluviales), donde los sedimentos disponibles son mayores que la capacidad de transporte del cauce.

Zona hidrográfica Saldaña

Las áreas aferentes a las estaciones La Muralla y Piedras de Cobre, en el río Saldaña, presentan altos valores de rendimiento. La explicación para el caso de La Muralla es que aguas arriba de la estación se presenta aumento de la capacidad de transporte del Saldaña debido a la alta pendiente longitudinal del río por el encajonamiento que presenta y la conjunción de varias corrientes de agua en zonas con predominio de procesos de movimientos en masa con coberturas de la tierra casi en su totalidad en territorios agrícolas.

La figura 7.11 muestra la producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de las estaciones La Muralla y Piedras de Cobre.

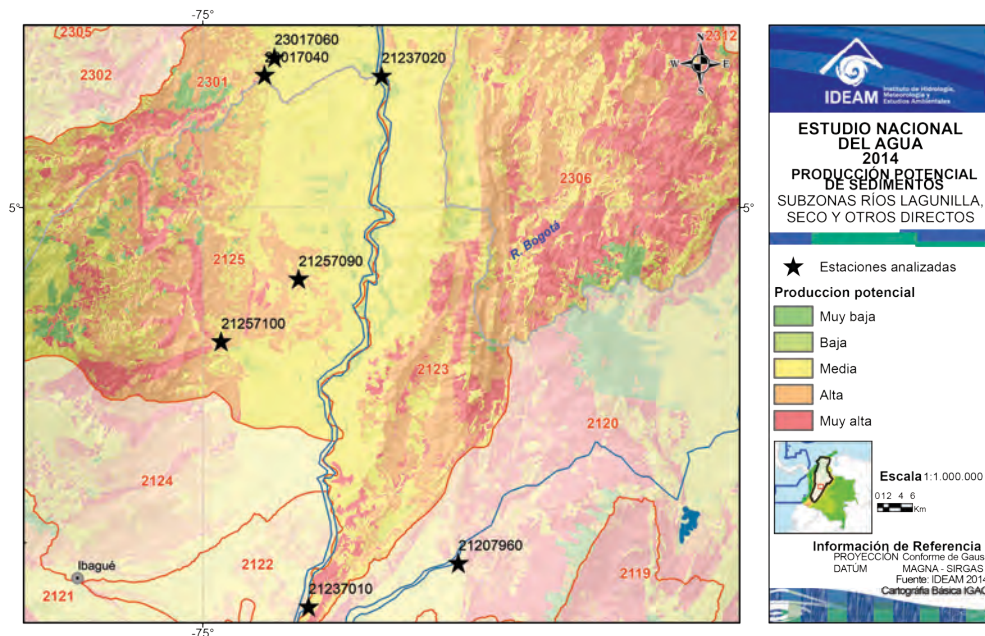


Figura 7.10 Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de la estación Arrancaplumas

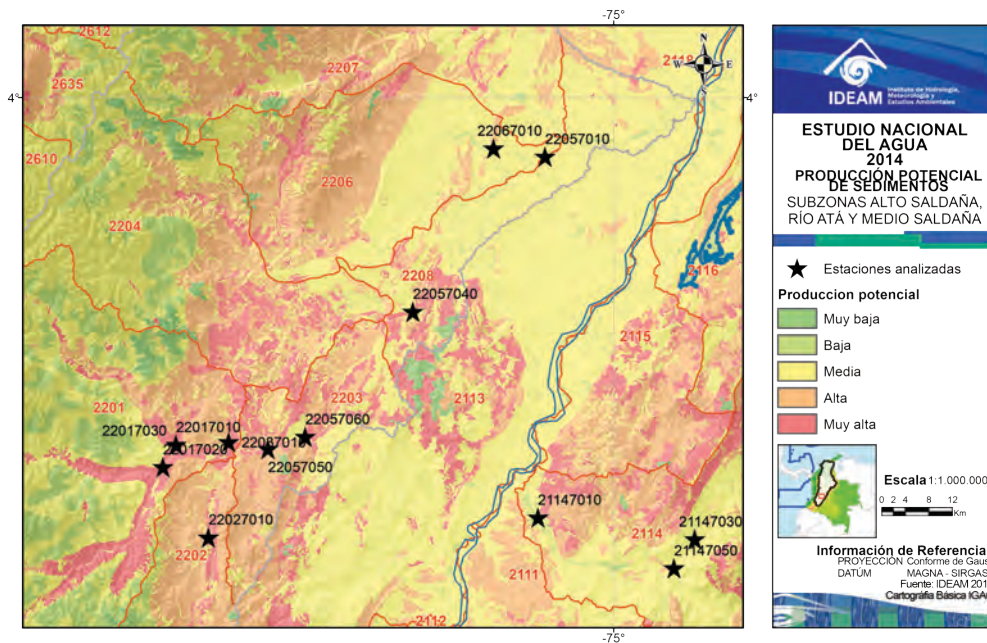


Figura 7.11 Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de las estaciones La Muralla y Piedras de Cobre

302

En el caso de Piedras de Cobre, en la estación ubicada aguas abajo de La Muralla el alto valor de rendimiento se explica porque la estación se ubica aguas abajo de la confluencia de varias corrientes de agua, lo que le confiere alta capacidad de transporte de sedimentos. Es de esperarse una removilización de los sedimentos transportados por las corrientes de agua. De esta forma, el alto valor del rendimiento de sedimentos se debe a procesos fluviales más que a procesos de producción de sedimentos.

Zona hidrográfica Medio Magdalena

A continuación se detallan las áreas en las que se presentan altos valores de rendimiento de sedimentos.

El valor de rendimiento alto en el área aferente a la estación La Esperanza, en la subcuenca del Gualí, en inmediaciones del casco urbano de Mariquita, se debe a que el río presenta cañones profundos con pendientes abruptas, siendo los procesos dominantes los movimientos en masa que generan flujos torrenciales. Adicionalmente, en las vertientes se encuentran mosaicos de cultivos, pastos y pocos espacios naturales.

El área aferente a la estación Puerto Libre, en la subcuenca del río Negro, presenta valores altos y muy altos de producción potencial de sedimentos, los cuales se asocian a pendientes fuertes y escarpes estructurales (sinclinales y anticlinales) en territorios agrícolas.

Las tres estaciones ubicadas en la subzona Carare (Minero) presentan valores altos de rendimiento de sedimentos dado que estas áreas están asociadas a procesos de movimientos en masa, en pendientes fuertemente inclinadas con control estructural (fallas, fracturas y plegamientos).

El área aferente a la estación Puente Ferrocarril, en la subcuenca del río Opón, muestra alto valor de rendimiento de sedimentos dado que los procesos asociados a las zonas de mayor producción de sedimentos son movimientos en masa, en pendientes fuertemente inclinadas con control estructural.

Zona hidrográfica Sogamoso

Las cuencas de esta zona hidrográfica muestran rendimiento de sedimento normales, con valores entre

0 y 1 kton/año*km². Aunque predominan los territorios agrícolas, se observan bosques y áreas seminaturales que cumplen una función protectora contra la erosión en las partes medias y altas de las corrientes de agua.

Se destaca el contraste entre los valores normales de rendimiento de sedimentos en las cuencas de esta zona hidrográfica y el grado severo de erosión en las vertientes cercanas al río Sogamoso, el cual está asociado a la erosión en surcos, cárcavas y terraceo. Esto se debe a la alta sedimentación en la parte baja de los ríos Suárez, Fonce y Chicamocha, y a su baja capacidad de transportarlos. El balance de sedimentos muestra que hay depósito neto de sedimentos en el área aferente a la estación La Ceiba, en la subcuenca del río Suárez.

La única estación que presenta un valor de rendimiento alto es El Tablazo (24067010), en el río Sogamoso, antes de su desembocadura (1,63 kton/año*km²), el cual se debe a que la estación se encuentra en un tramo encajonado del río que presenta alta capacidad de transporte. La figura 7.12

muestra la producción potencial de sedimentos en esta zona hidrográfica.

Zona hidrográfica Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge

Esta zona se caracteriza por la presencia de complejos cenagosos que permiten el depósito de sedimentos de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge. Predominan las zonas de depósito y procesos de erosión laminar en territorios agrícolas y áreas húmedas. En las zonas altas se encuentran bosques y áreas seminaturales con procesos de movimientos en masa.

Las clases de erosión predominantes son la erosión laminar, erosión en surcos y terraceo debido a sobrepastoreo con grados de ligero a moderado. Se presentan zonas aisladas con grados severos de erosión, asociados a erosión en surcos y cárcavas.

La única estación con datos disponibles en la zona es la de Montelíbano, con un rendimiento de sedimentos de 0,56 kton/año*km².

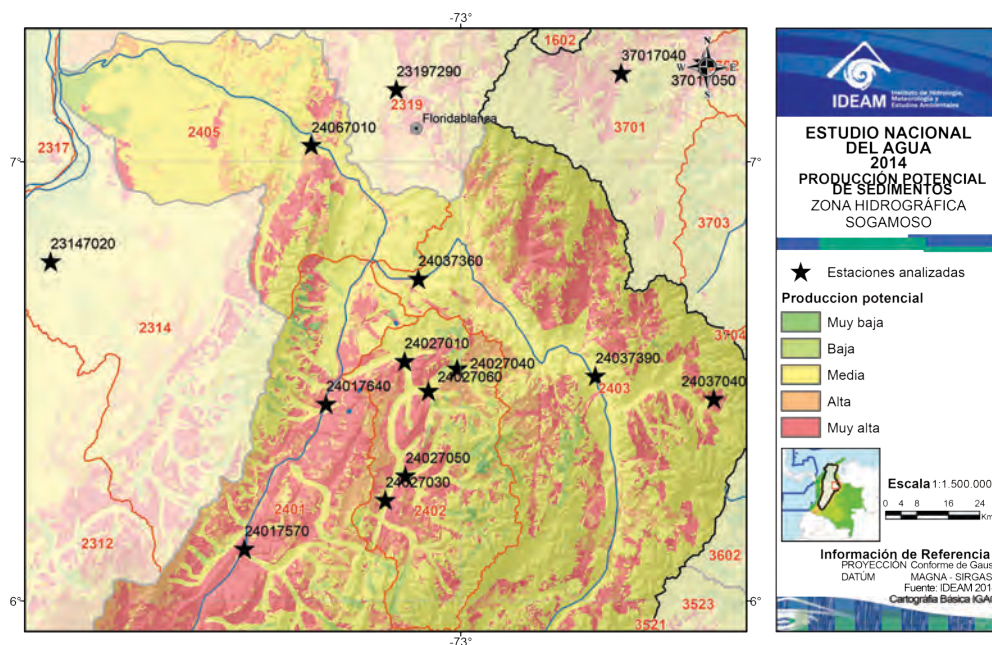


Figura 7.12 Producción potencial de sedimentos en las inmediaciones de las estaciones La Ceiba y El Tablazo

Zona hidrográfica Cauca

Los bosques y áreas seminaturales se encuentran en las partes altas de las cuencas, mientras que las partes medias y bajas tienen usos agrícolas. Los movimientos en masa son los procesos predominantes en las partes altas y medias de las cuencas y en las bases de las laderas se presenta erosión concentrada y laminar. Las zonas de depósito se limitan a los depósitos aluviales del río Cauca. Las zonas con altos valores de rendimiento de sedimentos se hallan en el encajonamiento de este río.

A continuación se detallan las zonas con valores altos de rendimiento de sedimentos. En el área afluente a la estación El Alambrado, en la subcuenca del río La Vieja, se presenta un valor de rendimiento alto, pues corresponde a cañones profundos con procesos de movimientos en masa, disección profunda y flujos

torrenciales; en el uso de la tierra predominan los cultivos de café y pastos.

El área aferente a la estación La Galera, en la subcuenca del río Tonusco, presenta zonas con mayor producción potencial de sedimentos que comprenden las márgenes de los cauces, los cuales son cañones profundos con procesos de movimientos en masa y presencia de flujos torrenciales. El uso de la tierra que predomina son pastos limpios y mosaicos de pastos y cultivos.

Las estaciones La Pintada, Puerto Valdivia y Olaya muestran valores altos de rendimiento dado que se ubican en tramos del río Cauca encajonados que discurren sobre llanuras aluviales de bajas pendientes. Esto ocasiona removilización de sedimentos por el río debido a un aumento considerable en la capacidad de transporte (ver figura 7.13).

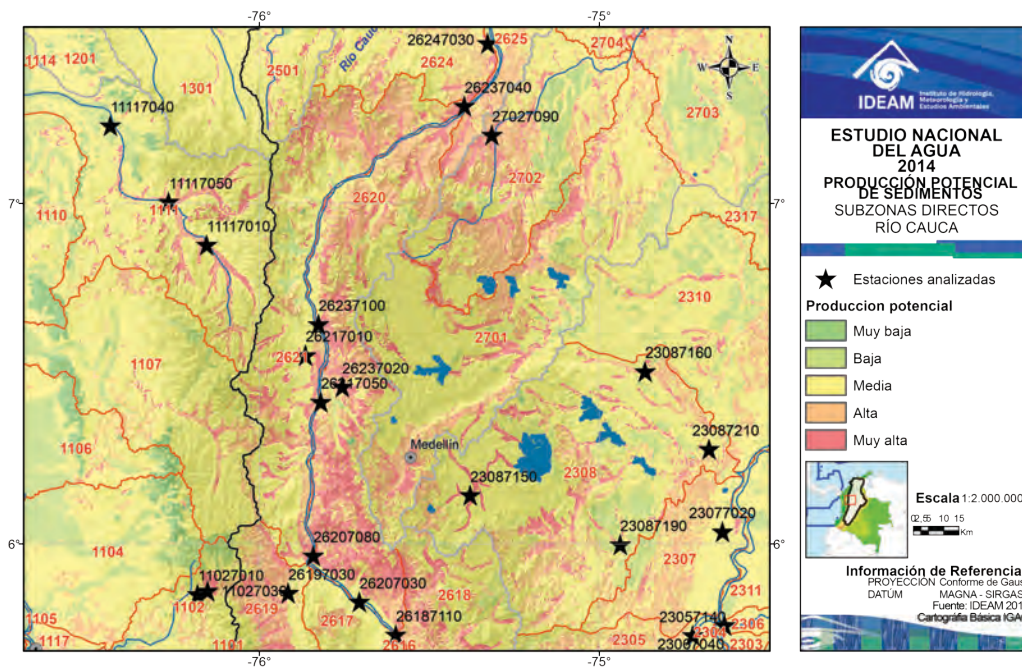


Figura 7.13 Producción potencial de sedimentos en las subzonas directas al río Cauca

En contraste, algunas estaciones sobre el cauce principal del río Cauca establecen valores de rendimiento de sedimentos negativos (ver tabla 7.6), destacándose las áreas aferente a las estaciones Julumito, Bolombolo, Cañafisto y Apavi. Estas estaciones se ubican en tramos del río con baja pendiente, en las cuales el río pierde capacidad de transporte de sedimentos con la consecuente formación de depósitos aluviales.

Zona hidrográfica Nechí

En ella predominan los procesos de movimientos en masa y erosión laminar. Las zonas de depósito se encuentran en los embalses, en la parte alta de la cuenca, y en los depósitos aluviales de la parte baja del río Nechí. Solo una estación cuenta con datos disponibles para estimar el rendimiento de sedimentos, el cual se encuentra en valores normales (entre 0 y 1 kton/año*km²).

La región presenta una amplia zona sin evidencias de erosión, que coincide con zonas boscosas y áreas seminaturales. Donde hay procesos de erosión laminar y en surcos el grado es ligero y moderado, a excepción de zonas al norte con erosión severa o muy severa, con surcos y cárcavas. Los suelos en estas zonas se encuentran con degradación severa debido a minería informal de aluvi6n. Puesto que no se encuentran estaci6n con datos disponibles para determinar la producci6n de sedimentos, no es posible concluir de forma cuantitativa el aporte de sedimentos en estas zonas degradadas por minería.

Zona hidrográfica Cesar

La única estaci6n analizada en la zona hidrográfrica del río Cesar presenta un rendimiento de sedimentos muy bajo (estaci6n Puente Canoas, 0,01 kton/año* km²). En esta zona ocurren movimientos en masa en las

partes altas de la cuenca, en las cuales se encuentran los pocos bosques y áreas seminaturales. En las partes medias y bajas predomina la erosión concentrada en territorios agrícolas. Las zonas de depósito se ubican en los depósitos aluviales.

Las clases predominantes de degradaci6n de suelos son por erosión laminar y erosión en surcos. En las zonas de depósito alrededor de la Ciénaga Grande de Santa Marta no hay evidencias de erosión. Predominan los grados de degradaci6n ligeros y moderados. Las zonas que reportan grados severos de degradaci6n de suelos se hallan en territorios agrícolas con erosión laminar y surcos.

Zona hidrográfica Bajo Magdalena

Comprende el complejo cenagoso de la Depresi6n Momposina y la Ciénaga Grande de Santa Marta. Las zonas de depósito de sedimentos se ubican en las ciénagas y en las márgenes del río Magdalena, en las cuales predominan los territorios agrícolas.

El alto valor de rendimiento de sedimentos en el área aferente a la estaci6n Canal Florida se asocia a la presencia de cañones profundos, de 100 hasta 1.000 m, respecto de las divisorias, con pendientes abruptas, depósitos de flujos torrenciales y procesos de movimientos en masa tipo derrumbe, desplome y deslizamiento con disecci6n profunda.

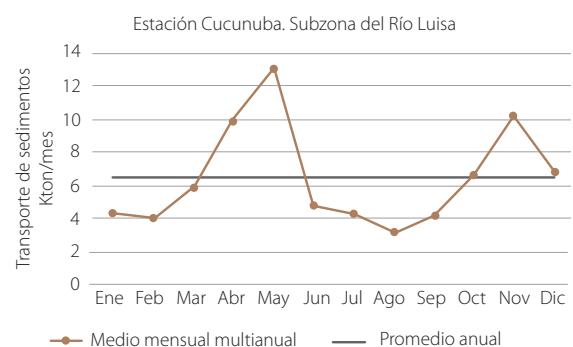
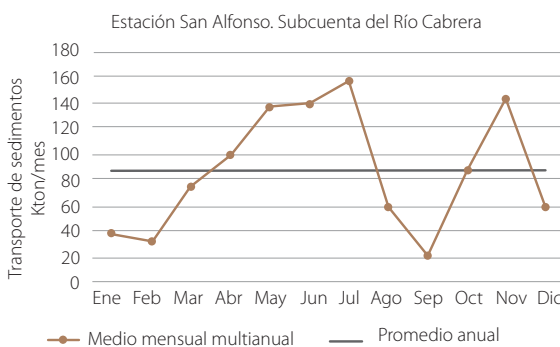
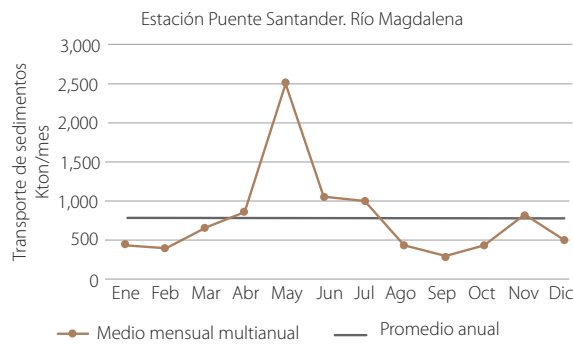
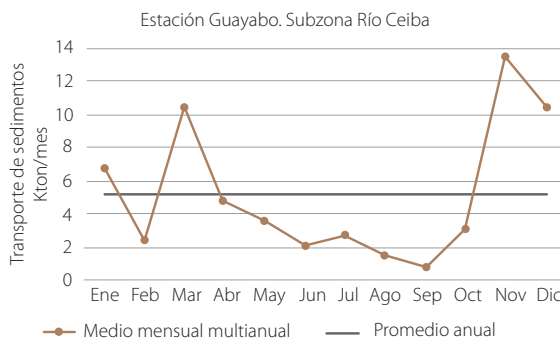
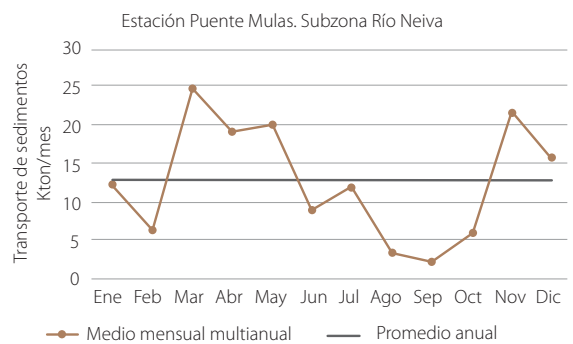
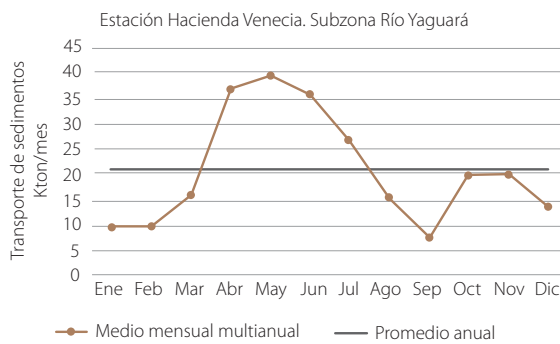
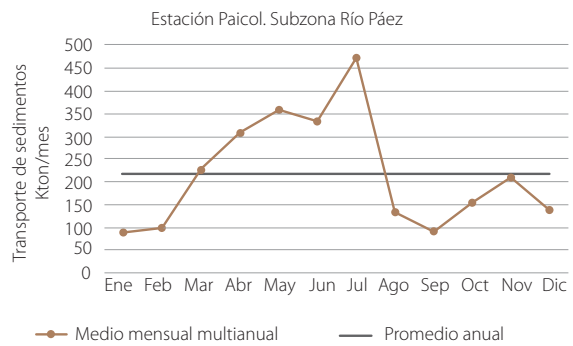
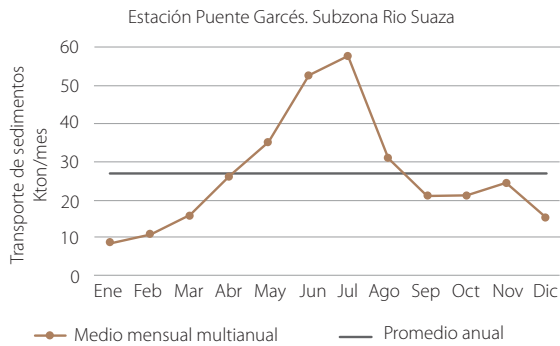
7.3.1.2 Variaci6n de la media mensual multianual del transporte de sedimentos

Zona hidrográfica Alto Magdalena

La tabla 7.6 muestra las estaci6nes en las que se analiza la variaci6n mensual multianual, y las subzonas en las que se divide la zona hidrográfrica Alto Magdalena se reseñan en la figura 7.14.

Tabla 7.6 Estaciones en las que se analiza la variación mensual mutianual en la zona hidrográfica Alto Magdalena

Subzona	Estación	Subzona	Estación	Subzona	Estación
Río Suaza	21037010	Río Páez	21057060	Yaraguá-Iquirá	21087080
Río Neiva	21107020	Río Fortalecilla	21117080	Juncal y otros	21097070
Río Cabrera	21147010	Río Luisa	21187030	Río Sumapaz	21197150
Río Coello	21217070	Río seco	21237020	Río Lagunilla	21257090



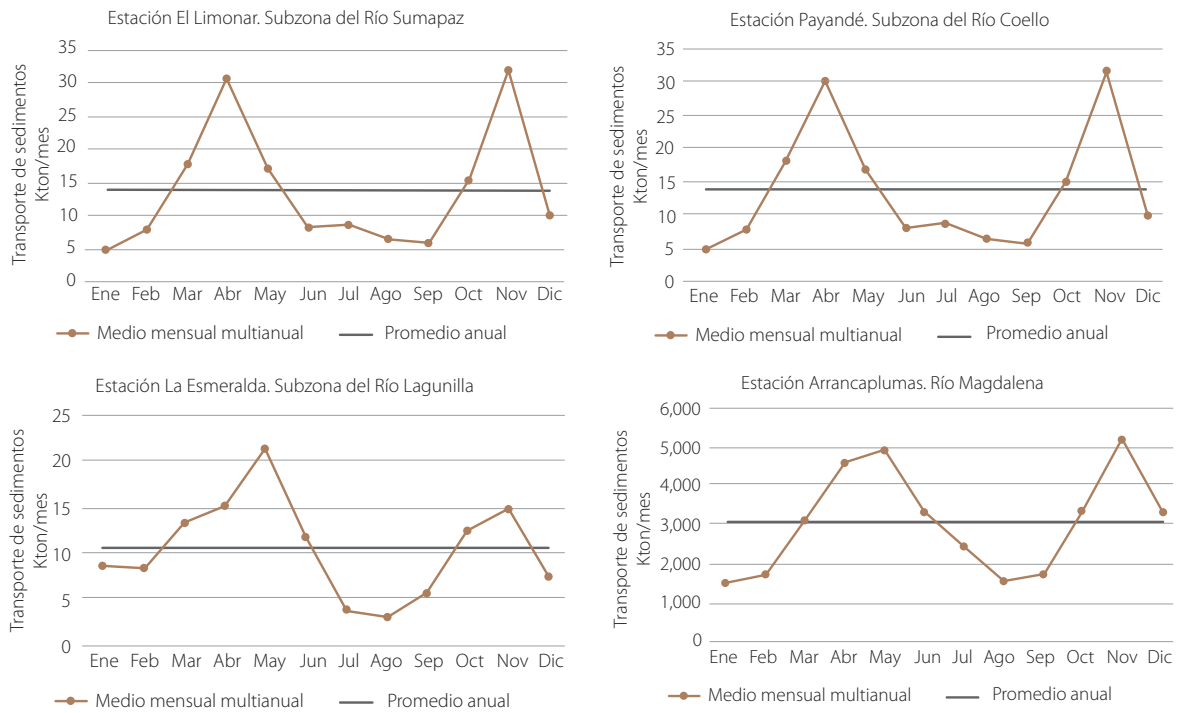
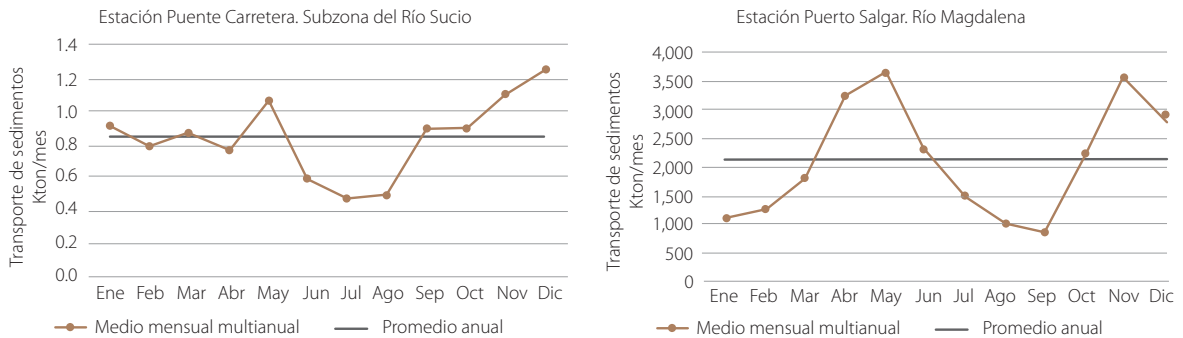


Figura 7.14 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Alto Magdalena

Con relación a las estaciones de la zona hidrográfica Alto Magdalena se observa que en las subzonas ubicadas al sur la variación mensual multianual del transporte de sedimentos presenta un régimen unimodal, con valores picos en mayo, junio y julio. A medida que las subzonas se encuentran más al norte, se presentan regímenes claramente bimodales, con dos períodos de valores altos en abril-mayo y octubre-noviembre.

Zona hidrográfica Medio Magdalena

El régimen es claramente bimodal, con variaciones drásticas en meses con altos y bajos transportes. En la estación Puente Carretera las variaciones son leves, aunque el régimen es el reseñado en la figura 7.15.



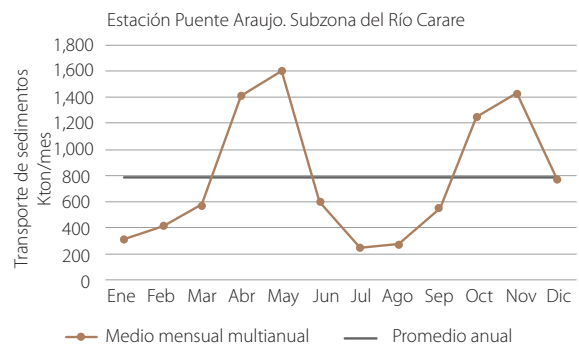
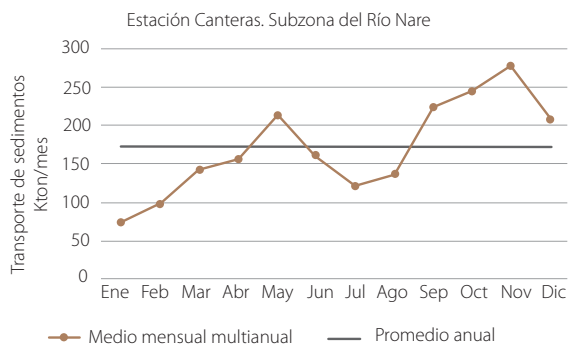


Figura 7.15 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Medio Magdalena

Las tres estaciones analizadas en la cuenca hidrográfica Sogamoso presentan régimen bimodal, con valores altos entre abril-junio y octubre-noviembre (ver figura 7.16).

al sur. Este comportamiento coincide con lo anotado en las zonas hidrográficas Alto Magdalena y Saldaña (ver figura 7.17).

Zona hidrográfica Cauca

La única estación que no presenta régimen bimodal en esta zona es Puente Aragón (26017060), ubicada

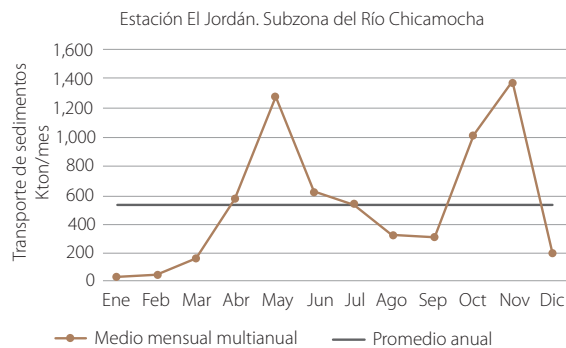
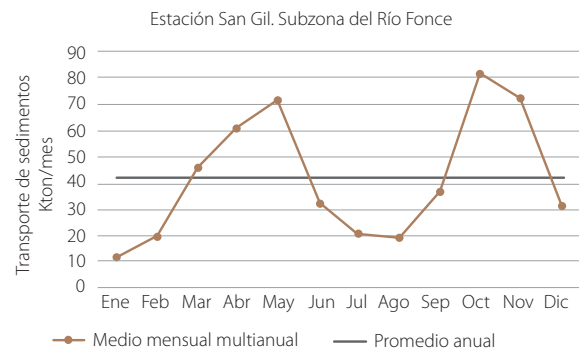
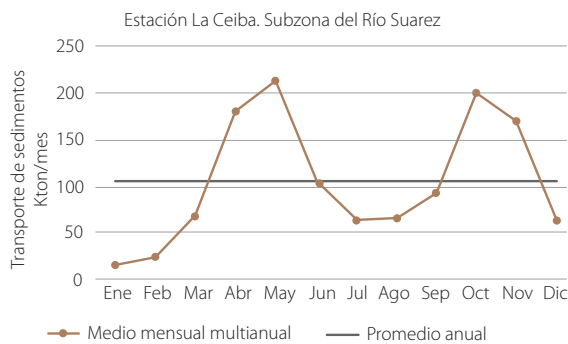


Figura 7.16 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Sogamoso

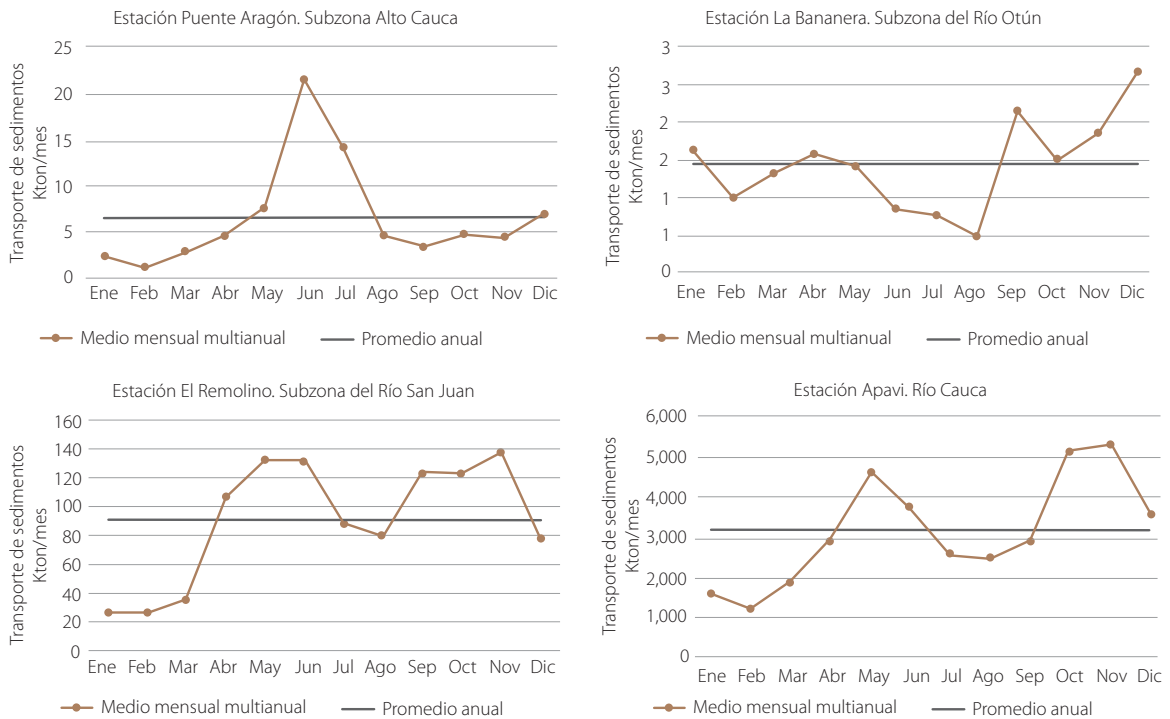


Figura 7.17 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Cauca

Zona hidrográfica Nechí

Para esta zona hidrográfica se muestra la variación mensual multianual del transporte de sedimentos determinada por la estación Puente Anorí (27027090), ubicada en la subzona del Alto Nechí. La estación presenta régimen unimodal, con un período de caudales de sedimentos altos entre mayo y octubre y un período de caudales de sedimentos bajo entre diciembre y marzo (ver figura 7.18).

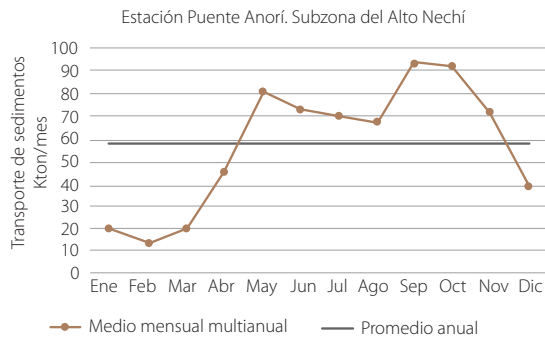


Figura 7.18 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en la zona hidrográfica Nechí

Zona hidrográfica Bajo Magdalena

Para la zona hidrográfica Bajo Magdalena se muestra la variación mensual multianual del transporte de sedimentos registrada por la estación 29067010, en la subzona de la Ciénaga Grande de Santa Marta (ver figura 7.19). Esta estación presenta un régimen bimodal con valores altos en mayo y octubre y valores bajos en enero y julio.

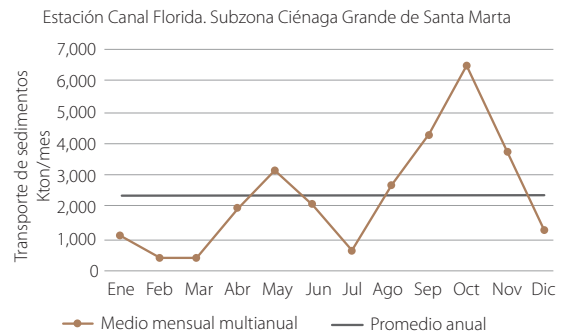


Figura 7.19 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en la zona hidrográfica Bajo Magdalena

7.3.2 Área hidrográfica Caribe

7.3.2.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos

En el área hidrográfica Caribe fueron analizadas dieciséis estaciones y en la tabla 7.7 se muestran los valores de rendimiento de sedimentos calculados para cada una de las áreas aferentes a las estaciones.

La única estación que presenta un valor alto del rendimiento medio de sedimentos, anual multianual, es Dabeiba 2, en la subzona del río Sucio, zona Atrato

Darién, con 2,1 kton/año*km². La estación Cocotá Abajo, ubicada en la zona del río Sinú y subzona Bajo Sinú, presenta depósito neto de sedimentos, con un valor de rendimiento de -0,37 kton/año*km². El resto de estaciones presentan valores entre bajos y medios.

En la figura 7.20 se observa la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe. La zona hidrográfica Caribe-Guajira no cuenta con estaciones de medición y las zonas Atrato Darién (código 11) y Caribe Litoral (código 12) se encuentran desprovistas de estaciones en una gran proporción de su extensión.

Tabla 7.7 Rendimiento de sedimentos en las zonas hidrográficas del área hidrográfica Caribe

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*km ²)
Atrato - Darién	Alto Atrato	11027030	El Siete	0,43
	Río Sucio	11117010	El Añil	0,93
		11117040	Mutatá	0,61
		11117050	Dabeiba 2	2,1
		11147020	Bajirá	0,16
Caribe - Litoral	Río León	12017010	Chigorodó	0,5
		12017020	Barranquillita	0,95
		12017060	Apartadó	0,4
	Río Mulatos y otros directos al Caribe	12027010	Pueblo Bello	0,35
		12027050	Pueblo Nuevo	0,58
Sinú	Bajo Sinú	13067020	Montería Autom.	0,46
		13077060	Cotoca Abajo	-0,37
Catatumbo	Río Zulia	16027060	Pto. León	0,4
		16027120	San Javier - Pte. Zul.	0,18
		16027280	Astilleros	0,07
	Río Socuavo del Norte y Río Socuavo del Sur	16067010	Pto. Barco - Gabarra	0,47

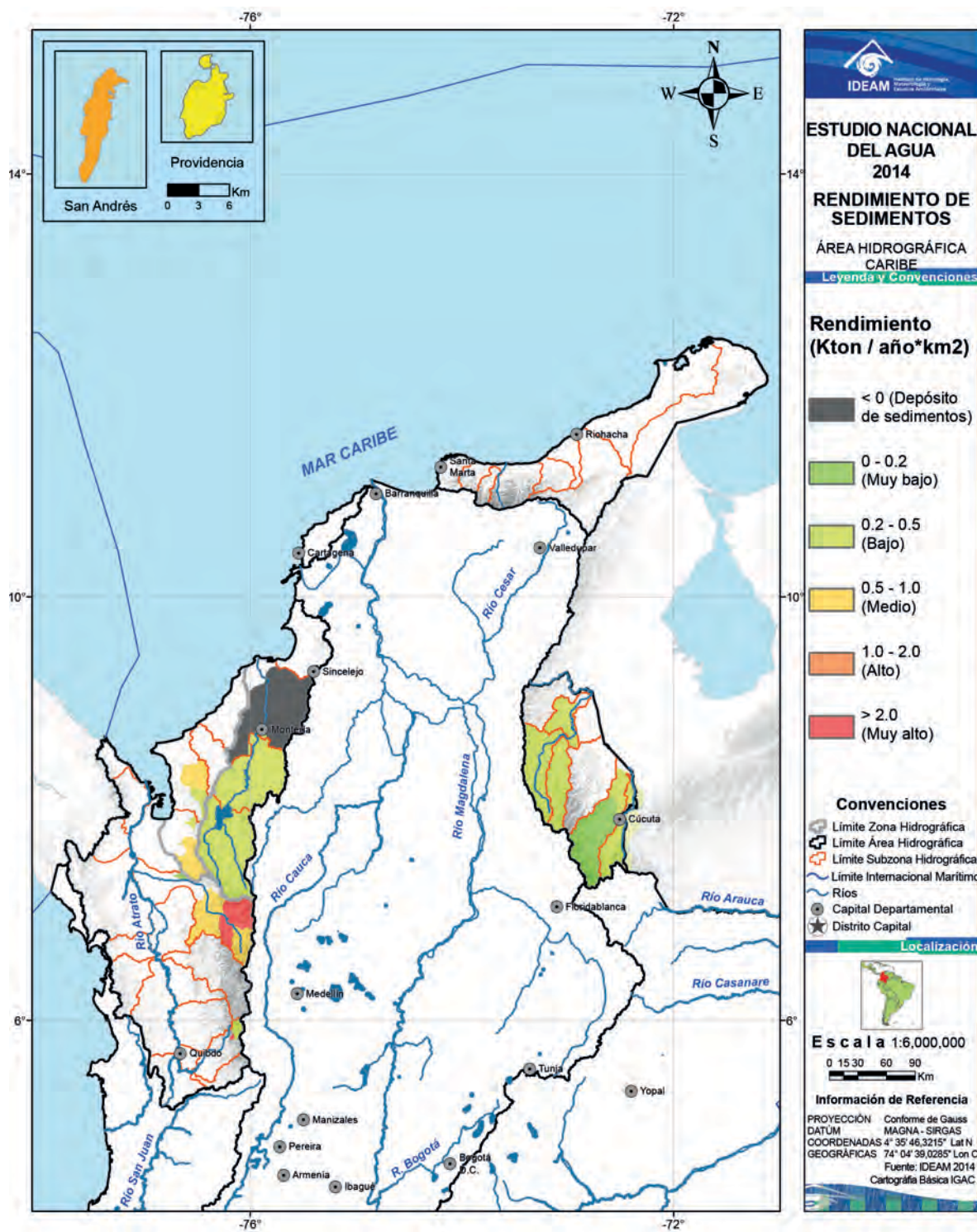


Figura 7.20 Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe

La figura 7.21 muestra el mapa de producción potencial de sedimentos.

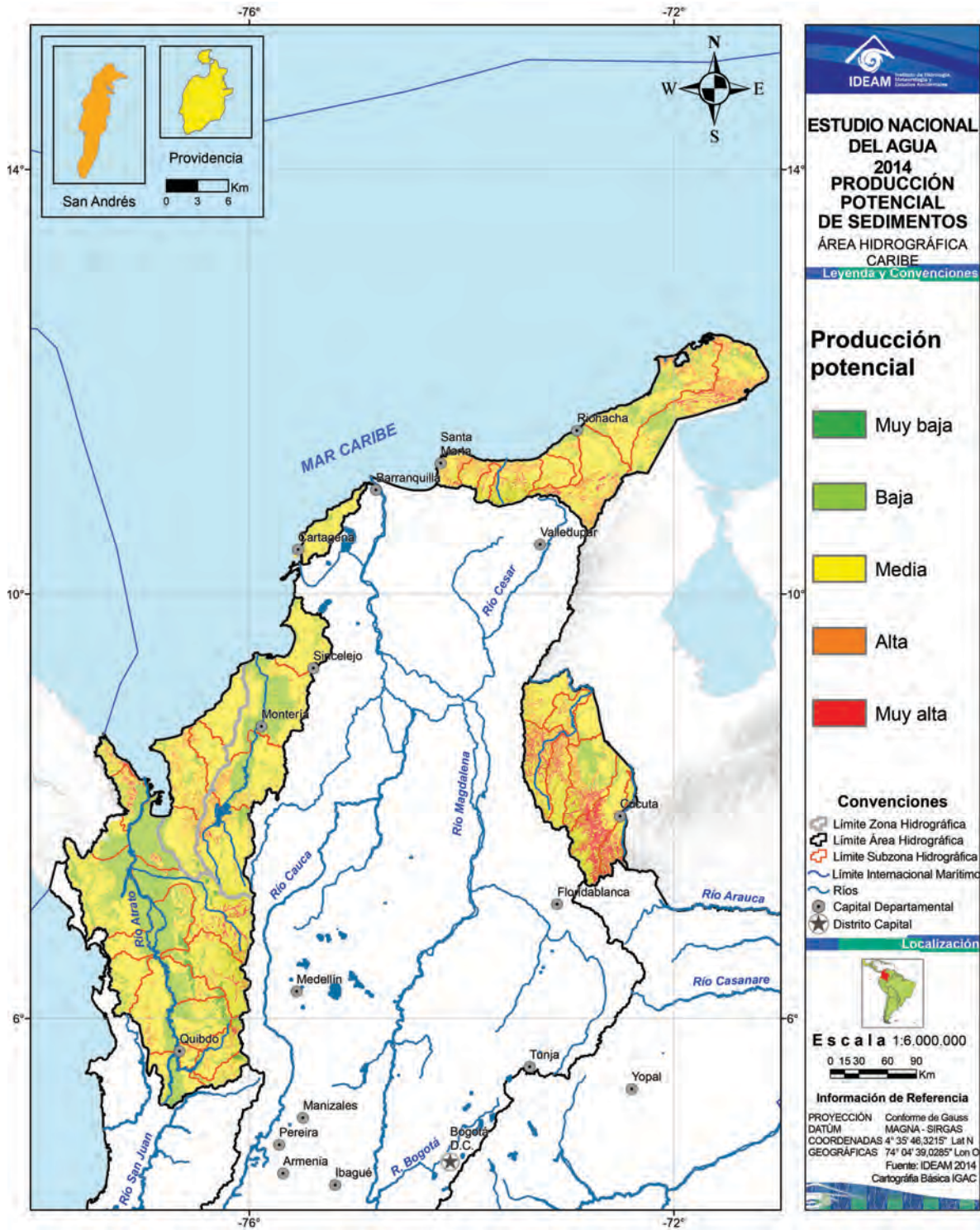


Figura 7.21 Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Caribe

La cuenca aferente a la estación Dabeiba 2 se encuentra en casi su totalidad destinada a las actividades agrícolas; predominan procesos de erosión concentrada y movimientos en masa en vertientes con pendientes medias fuertemente quebradas y drenaje denso. El 78% del área de captación de la estación presenta producción potencial media de sedimentos, los cuales se ubican en las laderas. Las zonas de producción potencial de sedimentos altas (10,6%) y muy altas (11%) se encuentran en cañones profundos conformados en la red de drenaje.

La estación Cocotá Abajo, ubicada en la zona del río Sinú, presenta depósito neto de sedimentos. Se ubica en zonas de depósito de sedimentos asociados a la llanura aluvial del río Sinú, con pendiente media plana, formas de diques, orillares, meandros y cauces abandonados.

En la zona hidrográfica Catatumbo (código 16) predominan las áreas de producción, las zonas de depósito se encuentran en los cauces aluviales. Los valores de rendimiento de las dos subzonas monitoreadas se encuentran en el rango de muy bajo a bajo; el río Zulia (cuenca limítrofe con Venezuela), en su parte alta-media, presenta un valor de 0,18 kton/año*km² en la estación San Javier-Pte. Zulia, y aguas abajo 0,07 kton/año*km² en la estación Astilleros, donde el río disminuye la pendiente, favoreciendo el depósito de los sedimentos. El valor de rendimiento en la última estación de monitoreo sobre el río Zulia (Puerto León) es de 0,4 kton/año*km², el cual está sobrestimado,

dado que para su cálculo solo se consideró el área de drenaje de la cuenca en Colombia.

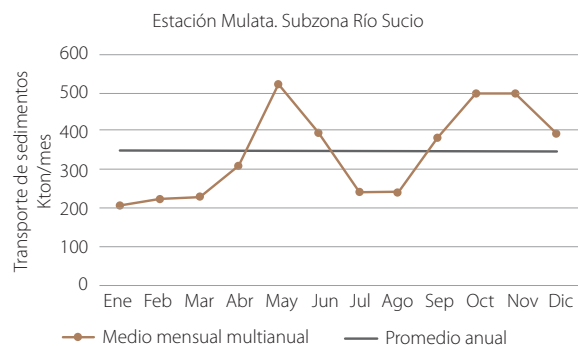
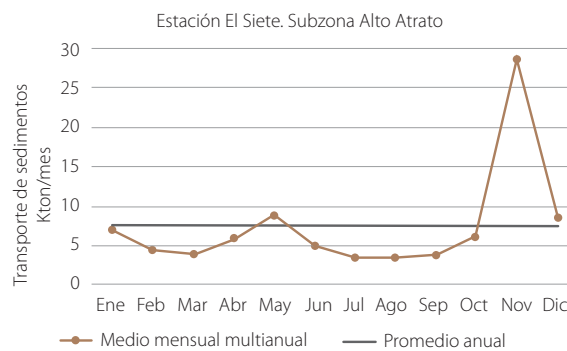
7.3.2.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos

Zonas hidrográficas Atrato-Darién y Caribe-Litoral

La estación El Siete se encuentra en la subzona Atrato Alto y muestra régimen unimodal, con un pico de transporte de sedimentos en noviembre. La estación El Añil, ubicada en la subzona del río Sucio, al igual que la estación Barranquillita en la subzona del río León y la estación Chigorodó en la subzona del río Mulatos, presentan régimen bimodal, con picos en mayo y octubre y valores bajos de transporte de sedimentos entre enero y marzo (ver figura 7.22).

Zona hidrográfica Catatumbo

En la zona hidrográfica Catatumbo se observa un régimen unimodal, caracterizado por una temporada con altos valores de transporte de sedimentos (agosto y septiembre) y una temporada de valores bajos (enero a julio). La figura 7.23 muestra la variación mensual multianual del transporte de sedimentos en la estación Puerto León, ubicada en la subzona del río Zulia, y la estación Puerto Barco-Gabarra, ubicada en la subzona Río Socuavo del Norte y Río Socuavo del Sur.



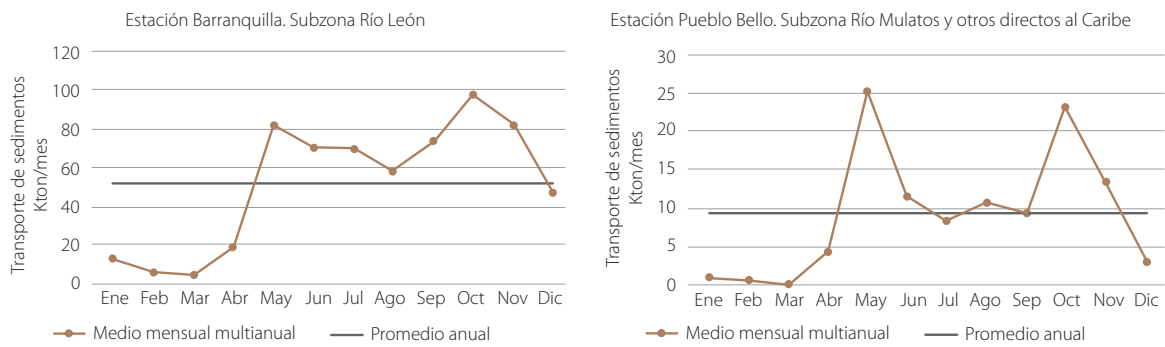


Figura 7.22 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de las zonas Atrato-Darién y Caribe-Litoral

7.3.3 Área hidrográfica Orinoco

7.3.3.1 Rendimiento de sedimentos y producción potencial de sedimentos

El área hidrográfica Orinoco presenta veinticinco estaciones con datos de transporte de sedimentos,

ubicadas en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, así que la mayor parte del área se encuentra sin información disponible para analizar la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos. Las estaciones se ubican en las zonas de los ríos Guaviare, Meta y Arauca, siendo la del Meta la que más estaciones presenta —veinte— (ver tabla 7.8).

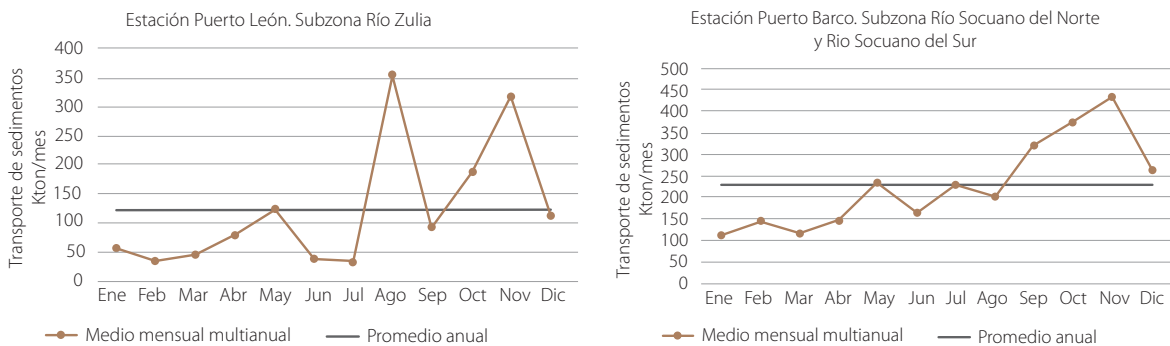


Figura 7.23 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona Catatumbo

Tabla 7.8 Rendimiento de sedimentos en la zonas hidrográficas del área hidrográfica Orinoco

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km²)
Guaviare	Río Güéjar	32077100	Peñas Blancas	0,69
		32077110	El Limón	0,9
Meta	Río Metica (Guamal-Humadea)	35017020	Pte. Lleras-Autom.	0,27
	Río Guayuriba	35027100	Caraza	0,16
		35027150	Las Ánimas	0,1
		35027190	Guacapate	0,55
		35027200	El Palmar	1,26
		35027210	Caseteja-Delicias	7,01

Continúa...

Continuación tabla 7.8

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
Meta	Río Guacavía	35047030	Pte. Carretera	3,93
	Río Humea	35057010	El Cable	2,37
	Río Guavio	35067010	La Gloria	0,37
		35067130	Mundo Nuevo	0,63
	Río Garagoa	35077080	Pte. Fierro	1,21
		35077090	Pte. Adriana	0,13
		35077100	San José	0,02
		35077120	El Caracol	0,17
		35077140	Barbosa Termales	0,13
	Río Lengupá	35087010	San Agustín	3,22
		35087020	Páez	2,71
		35087030	Pte. Forero	0,16
	Río Upía	35097090	La Reventonera	3,19
Río Cravo Sur	35217010	Pte. Yopal	1,79	
Arauca	Río Chitagá	37017040	Pte. López	0,03
		37017050	Venaga	0,25
	Río Cobugón - Río Cobaría	37037010	Paso de la Canoa	0,72

Ninguna de las estaciones registra valores negativos de sedimentos, y eso se explica porque no hay estaciones en las partes bajas de los ríos. Las estaciones que presentan valores altos de rendimiento de sedimentos se ubican en su totalidad en la zona hidrográfica del Meta.

En la figura 7.24 se aprecia la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco. Se observa que la mayor parte del área no cuenta con estaciones para el análisis, el cual se concentra en el piedemonte de la cordillera Oriental. Los valores de rendimiento de sedimentos se encuentran en rangos normales, excepto en las cuencas aferentes a las estaciones ubicadas en cabecera del río Meta.

La figura 7.25 muestra la producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica del Orinoco. Las zonas con producción potencial alta y muy alta se ubican en la vertiente oriental de la cordillera Oriental y se encuentran asociadas a pendientes fuertemente inclinadas, con escarpes estructurales. Las geoformas se hallan determinadas por fallas y fracturas. Estas características producen movimientos en masa, generalmente asociados a la red de drenaje. Además, los usos del suelo en las vertientes son, en su gran mayoría, agrícolas.

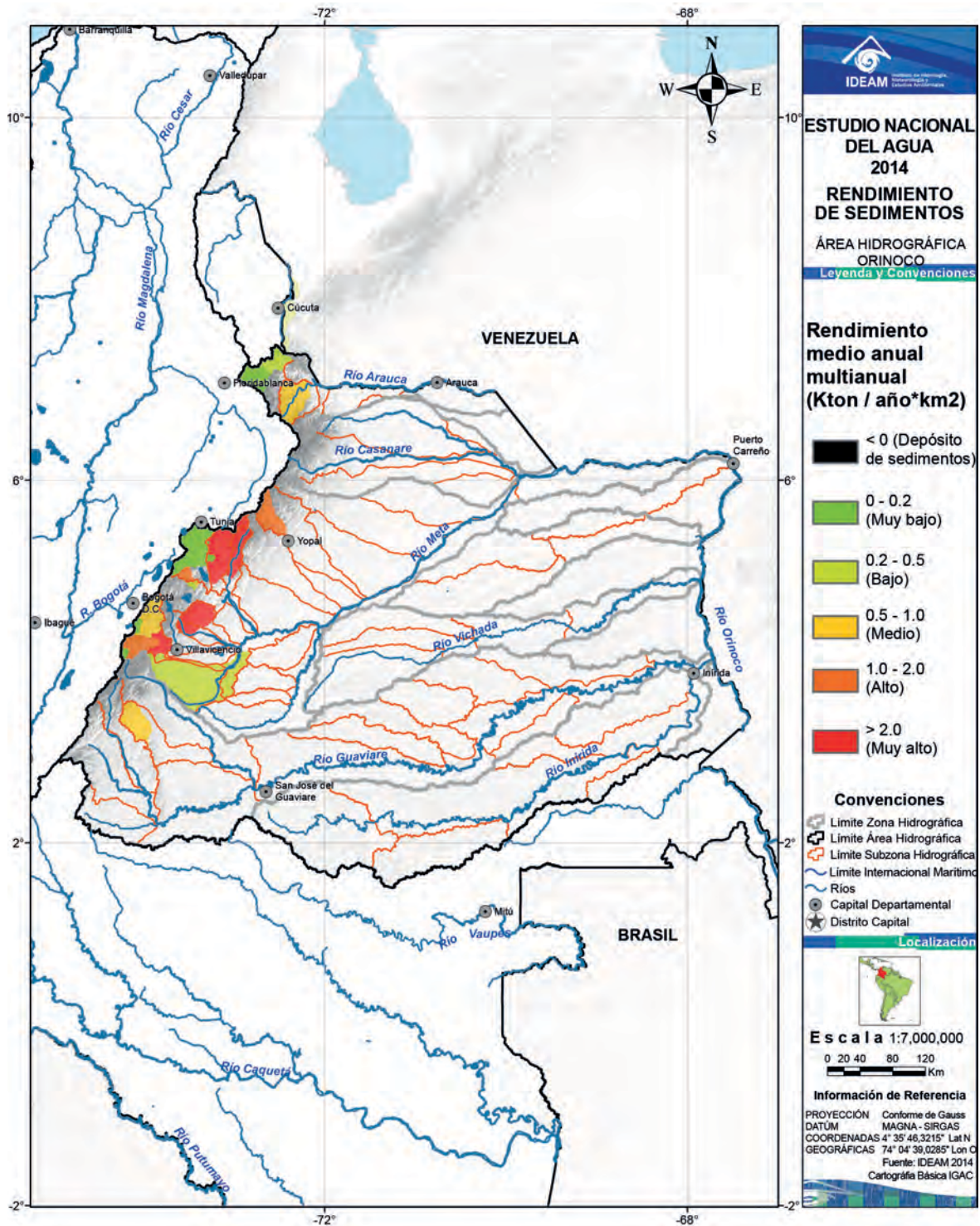


Figura 7.24 Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco

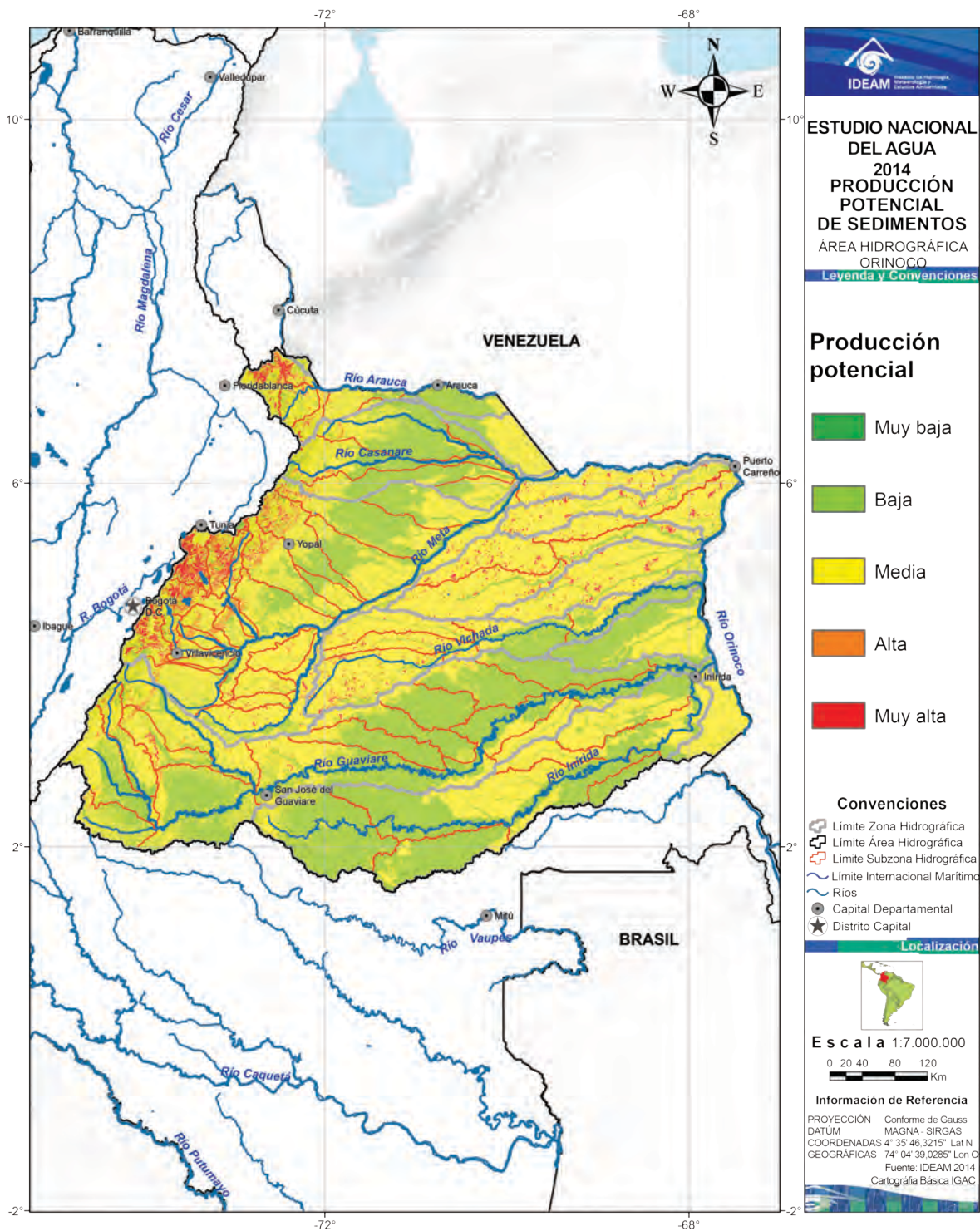


Figura 7.25 Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco

Las zonas de producción potencial de sedimentos bajas se asocian con amplias zonas de depósito de sedimentos, y las zonas con producción potencial media se caracterizan por procesos de erosión concentrada en bosques y áreas seminaturales.

Zona hidrográfica Meta

En la zona hidrográfica del Meta se ven contrastes entre la vertiente de la cordillera Oriental, el piedemonte y la zona plana. En el piedemonte se presentan amplias zonas con depósito de sedimentos. En la zona plana predominan los bosques y las áreas seminaturales, con procesos de erosión concentrada, y en la vertiente predominan los territorios agrícolas y las zonas de movimientos en masa.

En estas zonas se hallan las cuencas aferentes a las estaciones con valores altos de rendimiento de sedimentos (ver tabla 7.9). Las características comunes de estas cuencas son:

- En las laderas se presentan pendientes fuertemente inclinadas, quebradas en los frentes y ligeramente planas o inclinadas en los reverses. Control parcial de la red de drenaje por fallas y fracturas. Los procesos dominantes son derrumbes y deslizamientos.
- La red de drenaje se caracteriza por presentar cañones profundos (de 100 hasta 1.000 m) en relación con las divisorias, con pendientes abruptas. En estos cañones los procesos dominantes son los flujos

torrenciales, movimientos en masa tipo derrumbe, desplome y deslizamiento, y disección profunda.

7.3.3.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos

Zona hidrográfica Meta

La estación El Caracol se encuentra en la subzona del río Garagoa y muestra régimen unimodal, con valores altos de transporte de sedimentos en junio, julio y agosto. La estación Páez (35087020), perteneciente a la subzona del río Lengupá, presenta régimen unimodal, con un período de valores altos entre junio y noviembre, y un período de valores bajos entre diciembre y abril (ver figura 7.26).

Zona hidrográfica Arauca

En la zona hidrográfica del río Arauca se observa régimen unimodal caracterizado por una temporada con altos valores de transporte de sedimentos (entre mayo y agosto) y una temporada de valores bajos (entre diciembre y abril). La figura 7.27 ilustra la variación mensual multianual del transporte de sedimentos en la estación Venaga, ubicada en la subzona del río Chitagá, y la estación Paso de la Canoa, ubicada en la subzona del río Cravo Norte.

Tabla 7.9 Subzonas con alto rendimiento de sedimentos en la zona hidrográfica Meta

Subzona	Código	Estación	Subcuenca	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km ²)
Río Guayuriba	35027200	El Palmar	Blanco	1,26
	35027210	Caseteja-Delicias	Negro	7,01
Río Guacavía	35047030	Pte. Carretera	Guacavía	3,93
Río Humea	35057010	El Cable	Humea	2,37
Río Garagoa	35077080	Pte. Fierro	Somondoco	1,21
Río Lengupá	35087010	San Agustín	Lengupá	3,22
	35087020	Páez	Lengupá	2,71
Río Upía	35097090	La Reventonera	Upía	3,19
Río Cravo Sur	35217010	Pte. Yopal	Cravo Sur	1,79

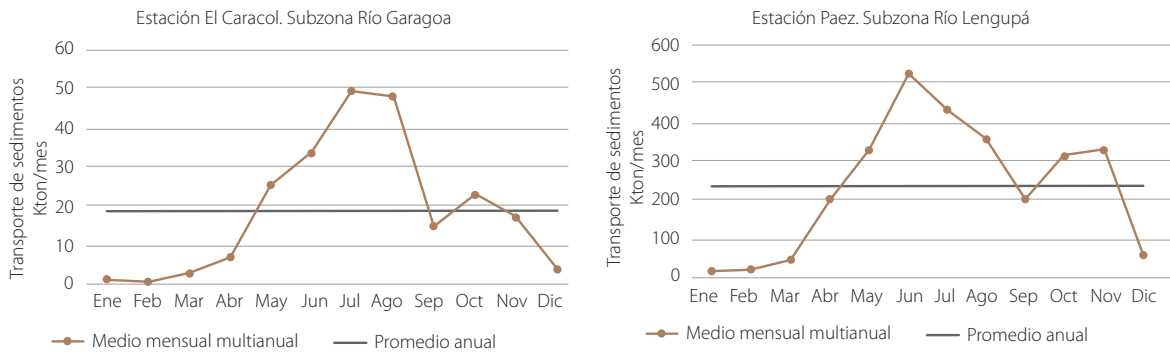


Figura 7.26 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Meta.

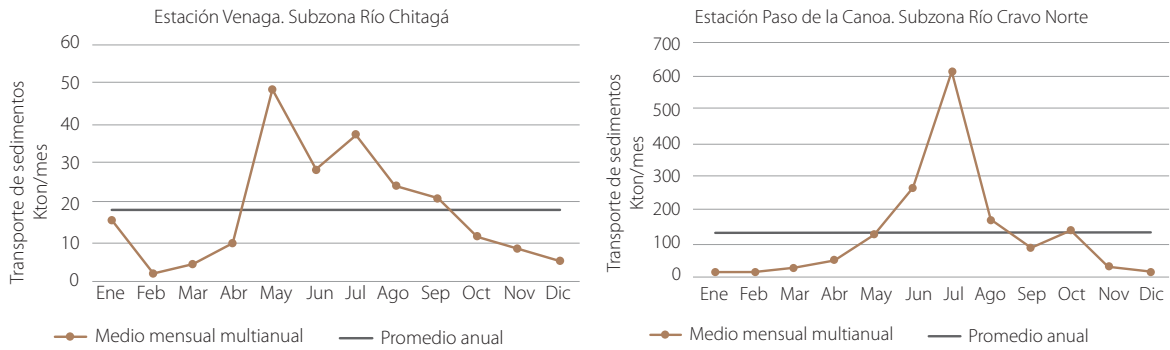


Figura 7.27 Variación mensual multianual del transporte de sedimentos en estaciones de la zona hidrográfica Arauca

7.3.4 Área hidrográfica Amazonas

7.3.4.1 Rendimiento de sedimentos y producción

El área hidrográfica Amazonas presenta once estaciones (ver tabla 7.10) con datos de transporte de

sedimentos ubicadas en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, es decir que la mayor parte del área se encuentra sin información disponible para analizar la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos. Además, las estaciones disponibles se encuentran en las subzonas: Alto Caquetá, río Orteguaza, Río Guayas y Alto Río Putumayo.

Tabla 7.10 Rendimiento de sedimentos en las zonas hidrográficas del área hidrográfica Amazonas

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*km ²)
Caquetá	Alto Caquetá	44017060	Papas	0,02
		44017070	Sta. Rosa	0,21
		44017090	Curiaco	0,07
	Río Orteguaza	44037090	Larandia	1,08
		44037100	Itarca	0,71
Caguán	Río Guayas	46037060	Pto. Rico	0,49

Continúa...

Continuación tabla 7.10

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*km ²)
Putumayo	Alto Río Putumayo	47017020	La Cocha	0,02
		47017070	El Edén	0,21
		47017110	Monopamba	1,11
		47017150	La Joya	0,18
		47017160	Pte. Texas	0,4

Los valores de rendimiento de sedimentos se encuentran en rangos normales, exceptuando los de las cuencas aferentes a las estaciones Larandia, con valor de 1,08 kton/año*km² y Monopamba, con un valor de 1,11 kton/año*km².

En la figura 7.28 se observa la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Amazonas. Las estaciones con información disponible

se ubican en el piedemonte de la cordillera Oriental, por lo cual se limitan los análisis.

La figura 7.29 ilustra la producción potencial de sedimentos en esta área hidrográfica; las zonas con producción potencial media se presentan en extensiones de planas a onduladas, con interfluvios poco pronunciados y pendientes ligeramente planas en los que se dan procesos de erosión concentrada leve.

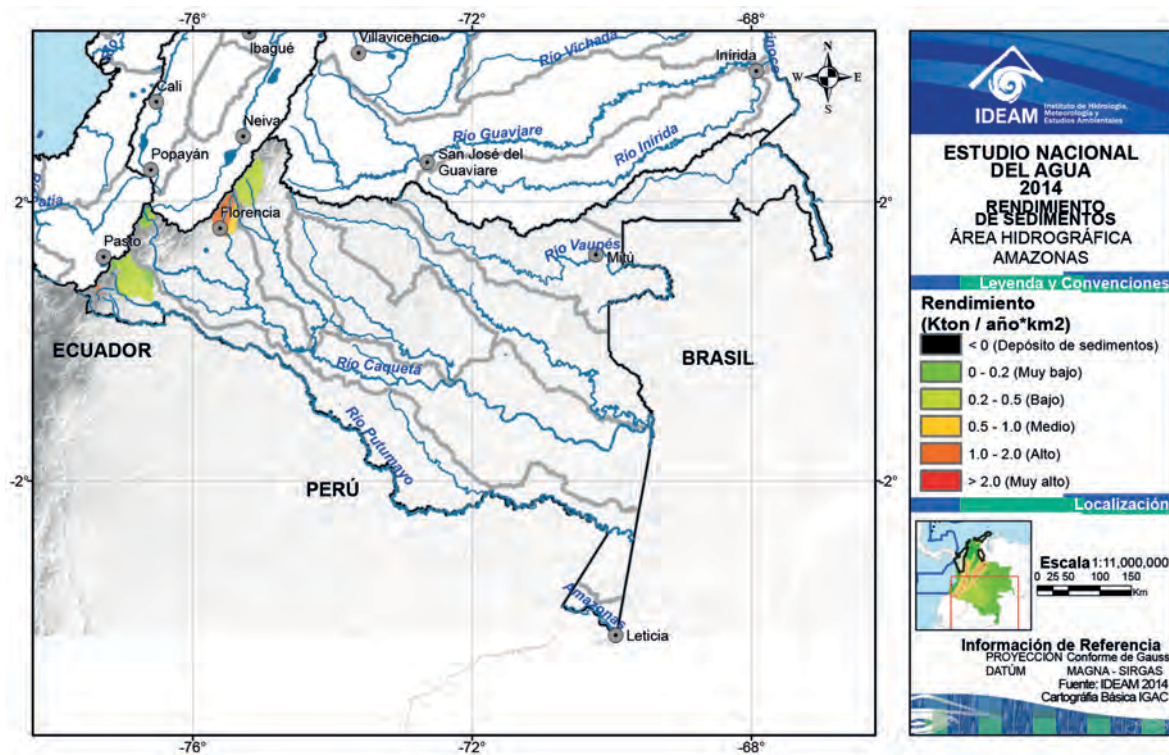


Figura 7.28 Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Amazonas

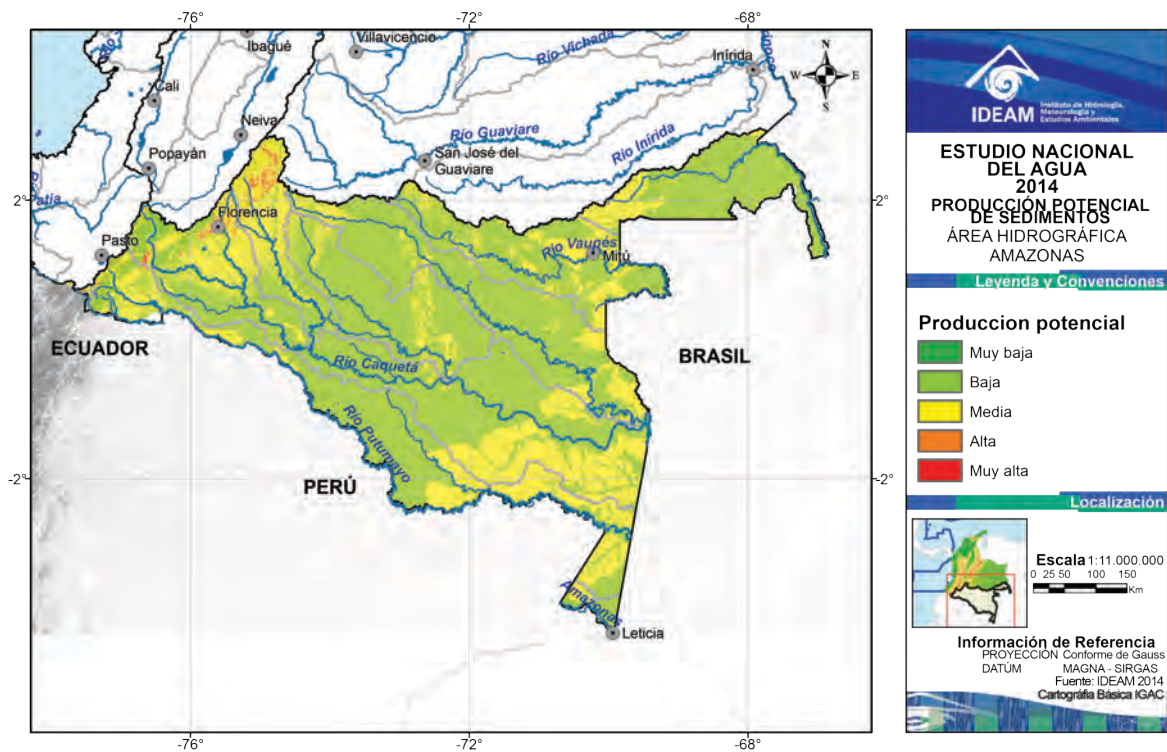


Figura 7.29 Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Amazonas

En esta área hidrográfica predominan los bosques y las áreas seminaturales, con zonas agrícolas ubicadas en las márgenes de los ríos y en el piedemonte.

Las zonas con producción potencial baja se presentan en formas residuales tipo mesa de pocos metros de elevación y pendientes medias planas en las cuales ocurren procesos de erosión laminar. Las pocas zonas con producción potencial alta se hallan en la vertiente de la cordillera Oriental, donde se presentan procesos de movimientos en masa.

En las cuencas aferentes a las estaciones Larandia y Monopamba se registran valores altos del rendimiento de sedimentos. Las zonas con producción potencial alta en estas cuencas se ubican en las márgenes de corrientes que discurren en pendientes medias quebradas, lomeríos y cañones profundos, en una red de drenaje muy densa y profunda. Los procesos asociados son de disección profunda y movimientos en masa.

En la zona hidrográfica Caguán el rendimiento de sedimentos del río Guayas, aportante a la cuenca del Caguán hasta la estación Puerto Rico, es de 0,49 kton/año*km². En términos generales, los territorios agrícolas de la zona del Caguán se encuentran en la vertiente de la cordillera Oriental y el piedemonte. En el piedemonte se presentan procesos de erosión laminar y en la vertiente procesos de movimientos en masa y erosión concentrada.

7.3.4.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos

La variación mensual de las estaciones analizadas en el área hidrográfica Amazonas presenta régimen unimodal con valores máximos en julio y valores mínimos en diciembre, enero, febrero y marzo (ver figura 7.30).

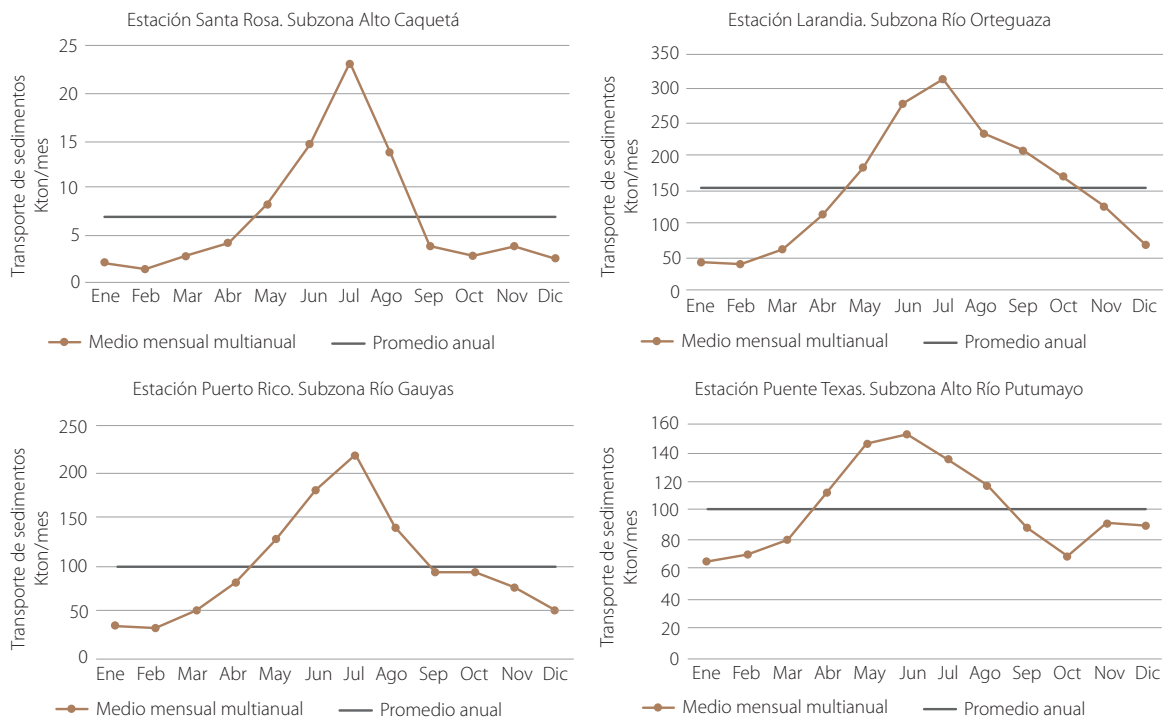


Figura 7.30 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones del área hidrográfica Amazonas

7.3.5 Área hidrográfica Pacífico

7.3.5.1 Rendimiento de sedimentos y producción

El área hidrográfica Pacífico presenta tan solo ocho estaciones con información disponible sobre transpor-

te de sedimentos (ver tabla 7.11), la mayor parte del área carece de información disponible para analizar la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos. Las estaciones se encuentran en las zonas del río Mira, el río Patía y el río San Juan. La única subzona que presenta valores altos del rendimiento de sedimentos es la del río Patía Alto.

Tabla 7.11 Rendimiento de sedimentos en las zonas hidrográficas del área hidrográfica Pacífico

Zona	Subzona	Código	Estación	Rendimiento medio anual multianual (kton/año*Km²)
Mira	Río Mira	51027020	Pilispi	0,06
		51027050	Pipigúay	0,21
Patía	Río Patía Alto	52017010	Pte. Guascas	1,73
		52017020	Pto. Nuevo	1,08
		52017030	La Fonda	0,41
	Río Mayo	52037010	La Cañada	0,76
	Río Guáitara	52057030	Agroyaco	0,45
San Juan	Río San Juan Alto	54017040	Tadó Autom.	0,75

La figura 7.31 muestra la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico. Se observa que la mayor parte del área carece de información disponible, la cual se limita a estaciones ubicadas en la vertiente occidental de la cordillera Occidental.

La producción potencial de sedimentos se observa en la figura 7.32. En el área predominan los bosques y las áreas seminaturales. En la vertiente de la cordillera Occidental hay presencia de movimientos en masa y en el piedemonte procesos de erosión concentrada. Las zonas de acumulación de sedimentos se ubican en el litoral y en los aluviales de los ríos. Existen territorios agrícolas en las márgenes de las corrientes y bosques y áreas seminaturales en el resto de las cuencas.

La zona hidrográfica Patía presenta valores altos de rendimiento de sedimentos en la subzona del río

Patía Alto, en las estaciones Puente Guasca y Puerto Nuevo ($1,73$ y $1,08$ $\text{kton/año} \cdot \text{km}^2$, respectivamente). Se destaca que las áreas de la zona del Patía dispuestas como territorios agrícolas están afectadas por procesos de erosión concentrada y movimientos en masa, y en el área del litoral predomina la acumulación de sedimentos.

Las cuencas aferentes a las estaciones Puente Guasca y Puerto Nuevo se encuentran casi en su totalidad en zonas con producción potencial media, ubicadas en las laderas, y zonas con producción potencial alta y muy alta, las cuales se caracterizan por encontrarse en cañones amplios de profundidad superior a 100 m en relación con las divisorias, procesos de escurrimiento superficial difuso y concentrado con truncamiento de suelos, disección incipiente y derrumbes en los bordes.

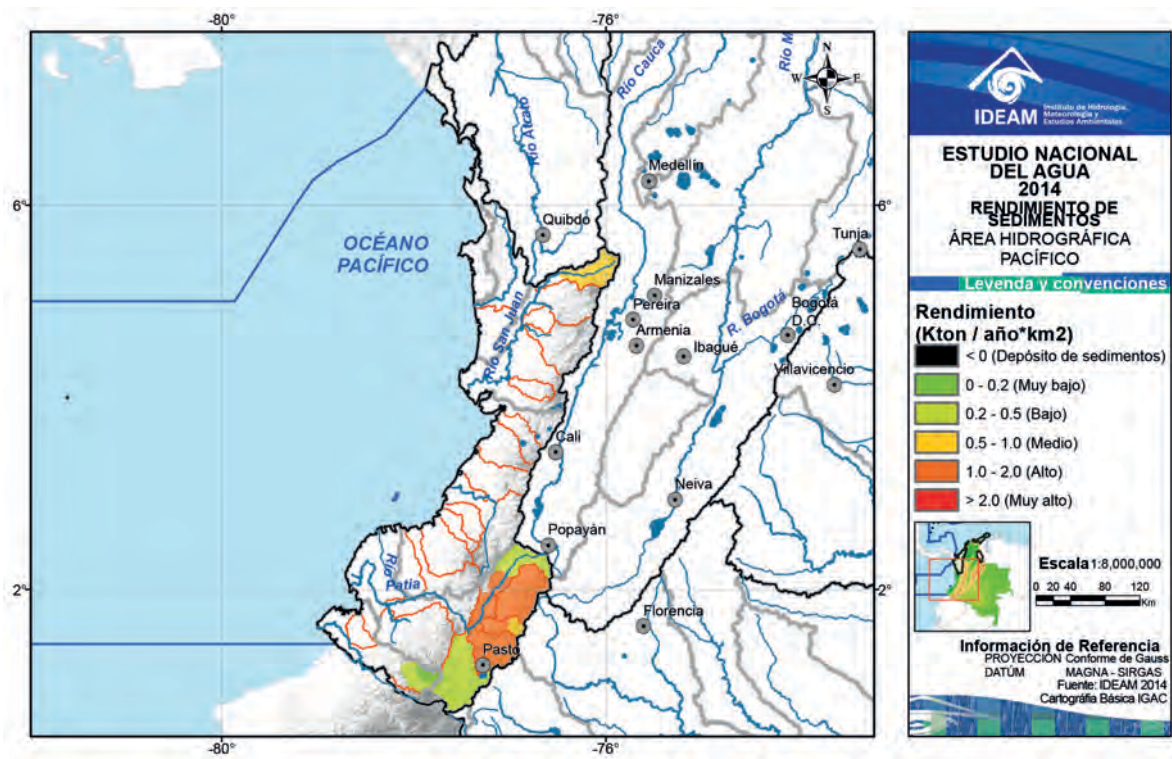
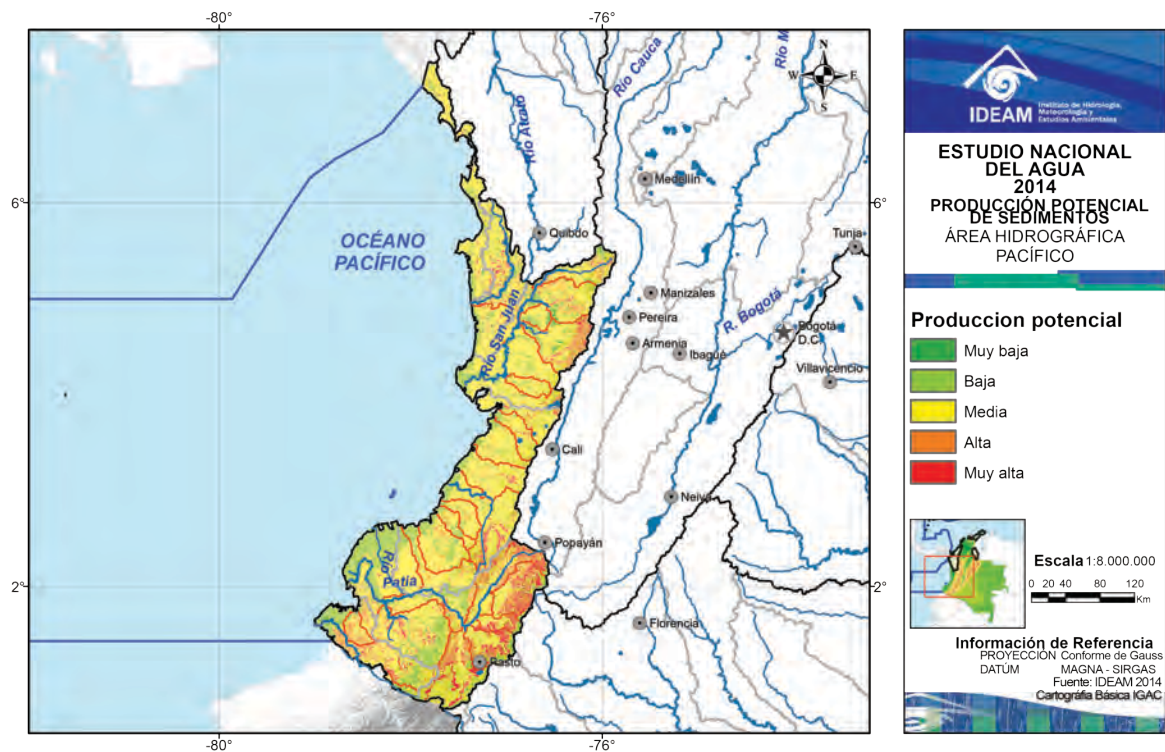


Figura 7.31 Rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico



324 **Figura 7.32** Producción potencial de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico

En la zona hidrográfica Mira predominan los procesos de movimientos en masa en la vertiente de la cordillera Occidental, con territorios agrícolas y zonas boscosas y seminaturales. En el litoral predomina el depósito de sedimentos. El río Güiza, uno de los principales aportantes, presenta valores de rendimiento en los rangos de muy bajo a bajo para la cuenca Alta-Media (0,06 y 0,21 kton/año*km²) en las estaciones Pilispi y Pipiguay, respectivamente.

La zona hidrográfica San Juan, de acuerdo al valor de rendimiento del área aferente hasta la estación Tadó Automática, presenta un rendimiento medio (0,75 kton/año*km²). Los territorios agrícolas de esta zona hidrográfica están ubicados en las partes altas de

las cuencas, en las cuales se encuentran procesos de movimientos en masa. En las partes bajas, sobre zonas boscosas se presenta erosión concentrada y depósito de sedimentos en los depósitos aluviales y el litoral.

7.3.5.2 Variación de la media mensual multianual del transporte de sedimentos

En las estaciones del área hidrográfica Pacífico la variación mensual del transporte de sedimentos presenta régimen bimodal, con valores altos en marzo, abril y mayo, y en noviembre, diciembre y enero. Los valores mínimos se presentan de junio a octubre (ver figura 7.33).

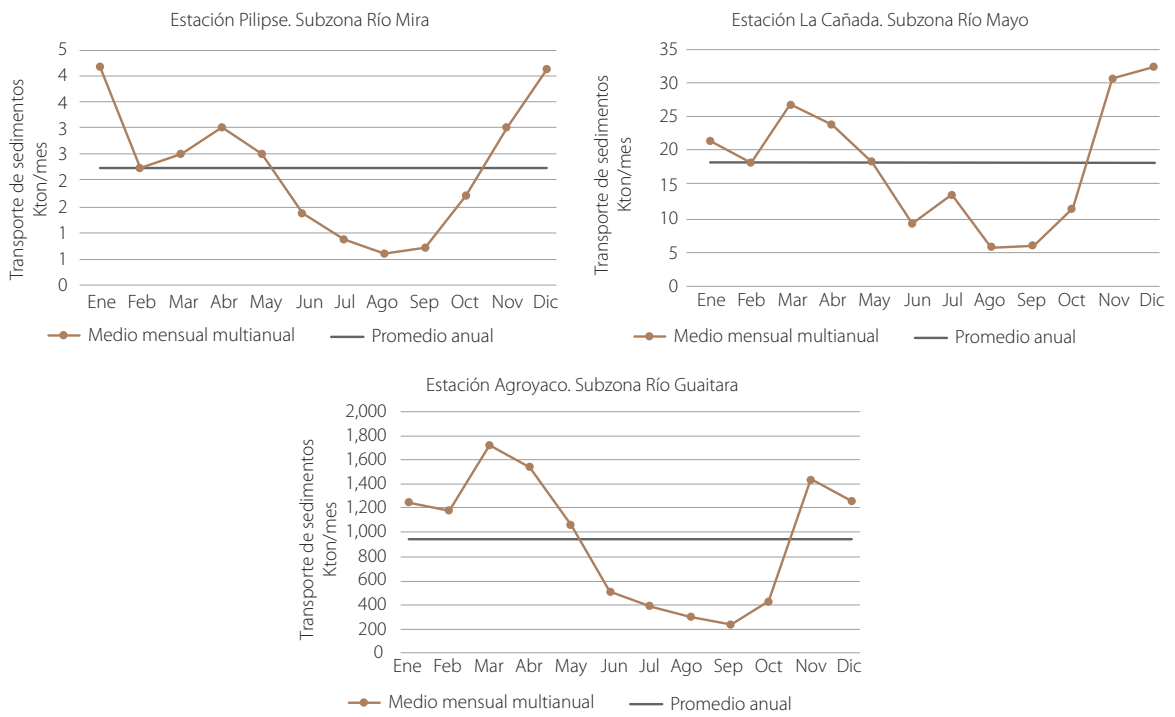


Figura 7.33 Variación mensual multianual de transporte de sedimentos en estaciones del área hidrográfica Pacífico

Capítulo 8

Variabilidad hidroclimática

Fabián Mauricio Caicedo

Fotografía: Consuelo Onofre ▶



El Estudio Nacional del Agua 2014, en su componente de variabilidad hidrológica, se orienta a determinar el grado de asociación lineal entre los distintos índices que monitorean oscilaciones en el clima a nivel global y regional, con la oferta hídrica superficial y series de precipitación sobre las unidades espaciales subzonas hidrográficas (SZH) del territorio nacional. Por otra parte, analiza las anomalías de caudales y precipitación en estas unidades.

8.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

La variabilidad climática se define como las fluctuaciones del clima durante periodos tales como meses, años o decenios, de manera que es natural registrar valores por encima o por debajo de la normal climatológica o valor normal —promedio de treinta años— (Pabón, 2011). Esta diferencia es perturbada cuando cada una de esas fluctuaciones en sus respectivas escalas de tiempo (intraestacional, interanual, interdecadal y secular), interactúan entre

sí de manera que intensifican o debilitan los parámetros meteorológicos. La diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se conoce como anomalía (Pabón, 2011).

Este estudio se orienta a identificar la variabilidad hidrológica a escala Interanual. Los índices seleccionados para este análisis corresponden a los que pueden tener influencia en la variabilidad hidrológica en las diversas regiones de Colombia. Se pueden mencionar relaciones con fenómenos como el ENSO (El Niño/Southern Oscillation), determinado por sus dos fases (NOAA, 2009): El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), dada la importancia de los efectos de este fenómeno en los eventos hidrológicos extremos (sequías e inundaciones) y en la oferta hídrica del país.

8.1.1 El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)

Los fenómenos ENSO son impulsados por el desplazamiento de masas de agua cálidas o frías en el océano Pacífico ecuatorial y subtropical, entre las costas occidentales de Suramérica y el continente asiático (ver figura 8.1).

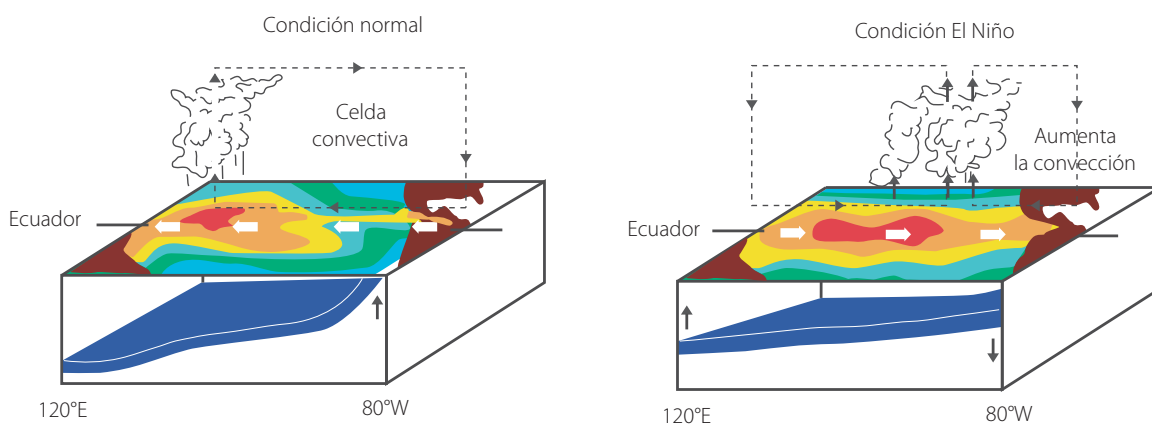


Figura 8.1 Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad, en la región de desarrollo del ENSO. Fuente: http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_nino.php

La fase fría del ENSO corresponde al fenómeno La Niña, fase que se presenta frente a las costas suramericanas e intensifica los vientos alisios, la corriente ecuatorial, la subsecuente intensificación de la corriente fría de Humboldt, lo cual intensifica la surgencia (*up-welling*), emerge la termoclina y en consecuencia aumenta la concentración de nutrientes en las aguas de las costas suramericanas.

Bajo este escenario, las aguas cálidas se concentran cerca de las costas asiáticas y en Oceanía, haciendo que se robustezca el sistema de baja presión, el cual fortalece la circulación zonal de Walker, que finalmente, después de un largo recorrido, favorece la precipitación sobre el territorio colombiano.

Existen diferentes indicadores para estimar la fase actual de esta oscilación y su estado de desarrollo. Entre los más usados están el índice multivariado, MEI (Multivariate Enso Index) y el índice oceánico, ONI (Oceanic Niño Index), que a la vez se basa en el índice Niño 3,4.

El índice MEI muestra el comportamiento de la variabilidad interanual de las variables atmosféricas sobre el territorio colombiano, los valores positivos del MEI representan la fase caliente de ENSO (El Niño), mientras que los valores negativos de MEI representan la fase fría de ENSO (La Niña).

El ONI (Índice Oceánico El Niño) se basa en la desviación de la temperatura superficial del mar (SST) con respecto al promedio en la parte central del Pacífico tropical y es la magnitud utilizada para monitorear, evaluar y pronosticar un evento ENSO.

Se calcula como la media móvil durante tres meses consecutivos de las anomalías de la SST en la región Niño 3,4 (centro del Pacífico). Un evento El Niño se caracteriza por ONI positivos mayores o iguales a + 0,5 °C. El evento La Niña se caracteriza por ONI negativos menores o iguales a - 0,5 °C. Para ser catalogado como un periodo Niño o Niña es necesario que el ONI alcance valores superiores a estos rangos durante al menos cinco periodos consecutivos de tres meses.

8.1.2 Índices océano-atmosféricos (IOA)

Con el fin de establecer la afectación de fenómenos regionales como El Niño a la oferta hídrica nacional, se pretende determinar el grado de asociación lineal entre los distintos índices que monitorean las oscilaciones en el clima a nivel global y regional (NOAA)²⁷, con series hidrológicas y de precipitación lo suficientemente representativas del territorio nacional.

En la tabla 8.1 se describen los índices océano-atmosféricos objeto de análisis del ENA 2014.

Tabla 8.1 Descripción de los índices océano-atmosféricos (modificado de NOAA, 2014)

Acrónimo	Índice	Descripción	Método	Variables	Referencia
PNA	Patrón del Pacífico y América del Norte (PNA)	Patrón de variación de baja frecuencia en la circulación atmosférica y teleconexión sobre el Pacífico Norte y América del Norte	Funciones empíricas ortogonales rotadas de las anomalías	Pr	Barnston (1987)
WP	Índice del Pacífico Oeste	Cambios en la locación e intensidad de la corriente de chorro del Pacífico Norte	Funciones empíricas ortogonales rotadas de las anomalías	Pr	Barnston (1987)

Continúa...

27 Ver <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>

Continuación tabla 8.1

Acrónimo	Índice	Descripción	Método	VARIABLES	Referencia
NAO	Oscilación del Atlántico Norte	Cambios en la intensidad y posición de la corriente de chorro del Atlántico Norte, de la trayectoria de las tormentas y el transporte de calor y humedad sobre el Atlántico Norte	Diferencias entre anomalías		Jones et al. (1998)
PDO	Oscilación decadal del Pacífico	Variabilidad interanual e interdecadal del Pacífico Norte	Funciones empíricas ortogonales (FEO) de las anomalías		Mantua y Hare (1997)
SOI	Índice de la Oscilación del Sur	Variabilidad interanual de la posición geográfica e intensidad de los centros de baja y alta presión sobre el Pacífico Sur Ecuatorial (ENSO)	Diferencias entre anomalías	Pr	Trenberth (1984)
QBO	Oscilación bienal	Oscilación bianual de los vientos zonales en la estratosfera sobre el Ecuador	Promedio de las anomalías	VZ	Reed <i>et al.</i> (1961), Veryard y Ebdon (1961)
MEI	Índice multivariado del ENSO	Variabilidad interanual del ENSO sobre el Pacífico Tropical	Funciones empíricas ortogonales (FEO) de las anomalías	TSM, TSA, VZ, VM, Pr, N	Wolter (1987), Wolter y Timlin (1993)
Niño 1+2	Índices del ENSO	Efectos de la variabilidad interanual del ENSO sobre la TSM en distintas regiones del Pacífico Tropical	Promedio de las anomalías	TSM	http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/
Niño 3					
Niño 4					
Niño 3,4					
Best	Serie bivariada del ENSO	Variabilidad interanual de los procesos oceánicos y atmosféricos relacionados con el ENSO sobre el Pacífico Sur Ecuatorial	Promedio de las anomalías	TSM, Pr	Smith y Sardeshmukh (2000) http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/cathy.smith/best/
ONI	Índice de la Oscilación del Norte	Eventos climáticos tropicales (ENSO) y extratropicales en el Pacífico Norte	Diferencias entre anomalías		Schwing y Gaxiola-Castro (2002)
TNI	Índice trans-Niño	Evolución del ENSO en el Pacífico Tropical	Diferencias entre anomalías		Trenberth y Stepaniak (2001), http://www.cgd.ucar.edu/cas/papers/jgr2001b/jgr2.html
WHWP	Alberca cálida occidental	Anomalías de la TSM en la región del Pacífico Oriental Tropical, golfo de México y mar Caribe con TSM > 28,5 °C	Promedio de las anomalías		Wang y Enfield (2001)

Continúa...

Continuación tabla 8.1

Acronimo	Índice	Descripción	Método	Variables	Referencia
TNA	Índice del Atlántico Norte/Sur tropical	Variabilidad de la TSM en la parte tropical del Atlántico Norte/Sur	Promedio de las anomalías		Enfield et al. (1999)
TSA					
AMO	Oscilación multidecadal del Atlántico	Variabilidad decadal de la TSM en el Atlántico Norte	Promedio ponderado de anomalías	TSM	Enfield (2001)

Las series de estos indicadores fueron obtenidas en la página web de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica —NOAA, por su sigla en inglés— (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>).

8.1.3 Información hidrometeorológica utilizada

La información base utilizada para el desarrollo del componente de variabilidad hidroclimática en Colombia corresponde a las series mensuales promedio de caudal líquido (QL) y precipitación total (PT), para la ventana temporal de 1974 a 2012.

El criterio de selección de la información hidroclimática corresponde a series con registros de al menos 180 meses de datos, periodo relacionado con los ciclos del ENSO en el país. Las estaciones con disponibilidad de información corresponden a QL (467) y PT (2.033). Adicionalmente, se contó con información espacial relacionada con la zonificación hidrográfica de Colombia (IDEAM, 2013b), cartografía a escala 1:500.000 de drenajes (dobles y sencillos), límites departamentales y municipales, cuerpos de agua, áreas aferentes a las estaciones hidrológicas, entre otra información temática.

Los índices océano-atmosféricos de la NOAA seleccionados fueron 18, relacionados así: teleconexiones (PNA, WP, NAO, PSDO), atmósfera (SOI, QBO), ENSO (MEI, N4, N3.4, N3, N1+2, BEST), SST Pacífico (ONI, TNI, N4, N3.4, N3, N1+2, WHWP), SST Atlántico (WHWP, TNA, TSA, AMO).

Debido a la disponibilidad de información y su relación con fenómenos macroclimáticos, la unidad espacial adoptada para los análisis es la subzona hidrográfica (SZH).

8.1.4 Enfoque metodológico

8.1.4.1 Asociación lineal IOA y series hidroclimáticas

En cuanto a las series de caudales, con el propósito de asignar un valor característico a la correspondiente subzona hidrográfica —espacialización de la variable— se estima la lámina de agua promedio mensual mediante la siguiente expresión (ecuación 1):

$$Y_o = \frac{Q_o \times T}{A \times 10^3} \quad (\text{ecuación 1})$$

Y_o = Escorrentía superficial expresada en términos de lámina de agua [mm]
 Q_o = Caudal promedio mensual de las estaciones incluidas en las SZH [m³/s]
 T = Cantidad de segundos en el periodo de agregación de la escorrentía [s]
 A = Área aferente a cada estación de medición [km²]

Las series mensuales de precipitación para cada subzona hidrográfica fueron estimadas mediante el método de interpolación espacial: Inverse-Distance-Weighted (IDW, por su sigla en inglés) (García, Peters-Lidard y Goodrich, 2008); en la ecuación 2 se presenta su formulación.

$$P_i = \frac{1}{W_i} * \sum_{n=1}^{nn \leq N} w_i, n P_n \quad (\text{ecuación 2})$$

donde P_n es el valor conocido de precipitación de la estación n ; los pesos w_i , están dados como:

$$w_{i,n} = [c_x(x_i - x_n)^k + c_y(y_i - y_n)^k + c_z(z_i - z_n)^k]^{-1} \quad (\text{ecuación 3})$$

La cuantificación del grado de dependencia lineal que existe entre los parámetros (escorrentía y PT) y los índices oceano-atmosféricos (NOAA) se realiza mediante la función de correlación cruzada (FCC) entre los registros de cada variable rezagada en el tiempo.

$$\bar{\rho}_{x,y}(k) = \frac{\bar{\gamma}_{x,y}(k)}{\bar{\sigma}_x * \bar{\sigma}_y} \quad (\text{ecuación 4})$$

Según Castaño y Martínez (2008), la ecuación 4 corresponde a la función de correlación cruzada (FCC), que considera procesos estacionarios de X_t, Y_t (—las variables) de orden k (rezagadas en el tiempo $t \pm$). $\bar{\gamma}_{x,y}$ es llamada la función de covarianza entre X_t, Y_t . Las desviaciones estándar de los procesos X_t, Y_t , corresponden a $\bar{\sigma}_x$ y $\bar{\sigma}_y$.

El rezago máximo que se emplea en estos análisis es de -7 meses, ya que está en función del periodo mínimo que se requiere para la identificación de un fenómeno ENSO, trimestralización de las anomalías durante cinco periodos consecutivos, (NOAA, 2009). Debe verificarse la significación de la correlación, mediante una prueba que demuestre que su valor es diferente de cero. Dicha prueba se basa en la estadística t , (Ramírez, 2010, Domínguez, 2004):

$$t = r * \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (\text{ecuación 5})$$

El valor de t calculado se confronta con el estadístico t de tablas al 95% de confiabilidad, con $n-2$ grados de libertad; prueba de hipótesis: $H_0: r = 0$, $H_a: r \neq 0$; si es mayor el valor calculado se rechaza la hipótesis nula, es decir, la relación es significativa.

Las correlaciones entre los parámetros escorrentía y precipitación, con los índices oceano-atmosféricos (IOA), se realizó aplicando un proceso previo de des-

estacionalización (Ladiray & Quennenville, 2001), consistente en suavizar las varianzas de corto plazo de las series; de acuerdo con Ladiray y Quennenville (2001), las medias móviles son filtros lineales que permiten eliminar o atenuar las oscilaciones asociadas a algunas frecuencias. Finalmente, el proceso metodológico de caracterización de series culmina, con la obtención del IOA que mejor correlaciona positiva o negativamente con los parámetros QL o expresado en lámina y precipitación, para cada subzona hidrográfica.

8.1.4.2 Ajustes de funciones de densidad de probabilidad (PDF)

Una vez caracterizadas las series mensuales de los parámetros por subzona hidrográfica, se procede al ajuste de la PDF. Las funciones escogidas para el análisis fueron 12: Normal, LogNormal, Exponencial, Gamma, LogGamma, GenGamma, Gumbel_L, Gumbel_R, PowerLaw, GenExtreme, Weibull_max y Weibull_min (Haan, 2002, Rozhdenstvenskiy y Chevotariov, 1974). Los criterios de selección de la PDF fueron:

- Error medio absoluto relativo.
- Error máximo absoluto relativo.
- Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (ω^2)

Por último, se debe realizar una estandarización del error de los ajustes y se selecciona la PDF que menor error estandarizado arroje por cada serie mensual, así como el valor anual.

8.1.4.3 Caracterización de la variabilidad climática y del régimen hídrico a través de isopercentiles

Con el fin de representar la variabilidad climática en una sola figura, se pueden construir gráficos de isopercentiles (ej., figura 8.2), entendidos como gráficas de dispersión que unen los percentiles de cada mes

y presentan el mismo valor de probabilidad de exceedencia. En este estudio los percentiles seleccionados para caracterizar la variabilidad climática y del régimen hídrico, representada por valores extremos, son: 10 y 85, etiquetados como:

- *Extremo alto (1)*: aquellos valores del parámetro que excedan el valor correspondiente al percentil 10.
- *Medio (2)*: valores del parámetro que se encuentra entre el percentil 10 y el 85.
- *Extremo bajo (3)*: aquellos valores del parámetro que no son excedidos por el valor correspondiente al percentil 85.

Finalmente, se calculan anomalías promedio mensuales multianuales por subzona hidrográfica para las

clasificaciones altos y bajos de los parámetros QL y PT, siguiendo la expresión:

$$Anomalia_{mes(i)} = \frac{Valor(condición\ extrema) - condición\ media}{condición\ media} \quad (\text{ecuación } 6)$$

8.2 Resultados de variabilidad hidrocimática

Este numeral está orientado a presentar una visión nacional de los resultados de variabilidad en la oferta hídrica superficial, así como en la precipitación media por subzona, a partir del enfoque conceptual y metodológico citado.

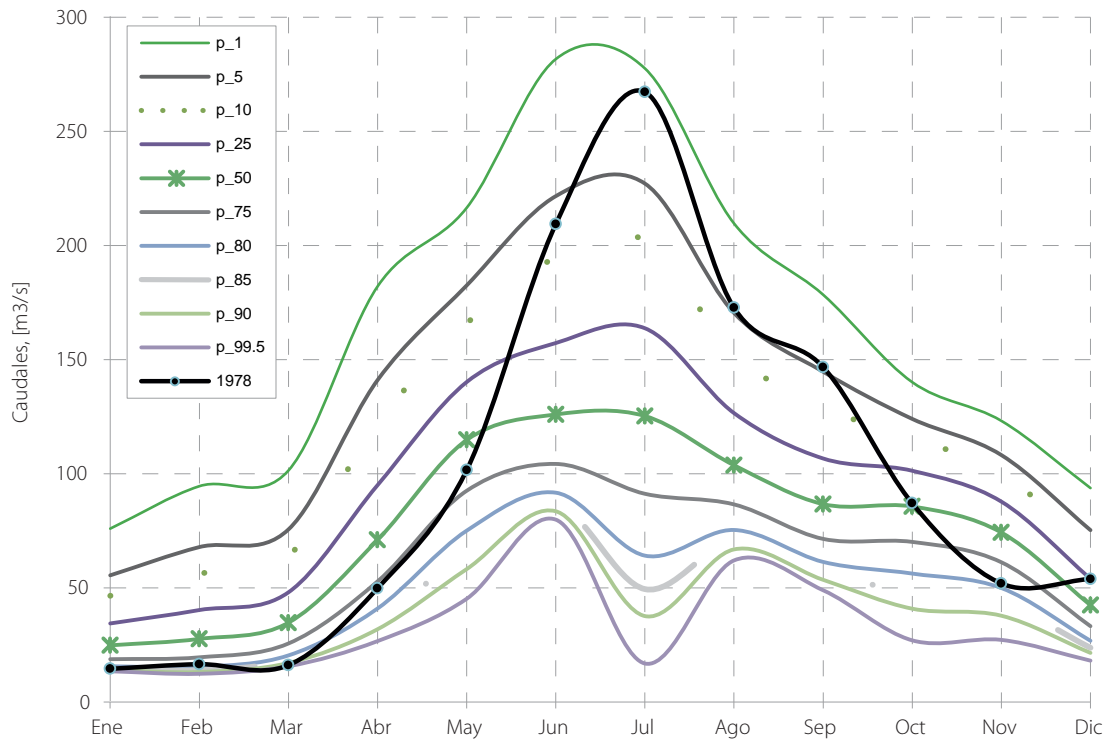


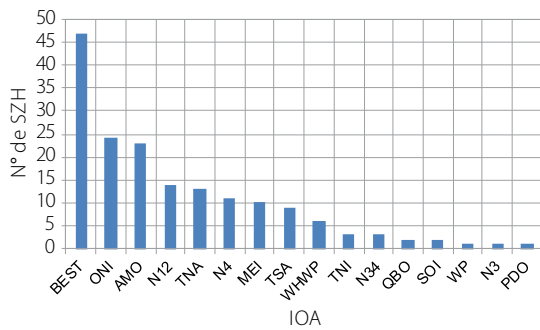
Figura 8.2 Isopercentiles de los caudales mensuales y secuencia de caudales mensuales con máximo histórico (1978), estación hidrológica Puente Abadía

8.2.1 Variabilidad en la oferta hídrica superficial (mm)

La oferta hídrica superficial fue determinada como lámina de agua (escorrentía), expresada en milímetros (mm) por subzona hidrográfica (SZH); la selección de esta unidad de análisis está sujeta a la disponibilidad de información hidrológica, es decir, a la existencia de estaciones hidrométricas en su área aferente. Dado lo anterior, el análisis de variabilidad de la oferta hídrica se realiza para 170 SZH, repartidas en todo el territorio nacional. En su orden, las áreas hidrográficas con mayor concentración en cuanto a SZH son: Magdalena-Cauca (84), Orinoco (35), Caribe (27), Pacífico (15) y Amazonas (9).

De acuerdo al proceso metodológico planteado, las correlaciones de la escorrentía superficial con los IOA y su rezago en meses (*Lag*), señalan que los cinco índices de mayor relación con esta variable corresponden a: BEST (-2 meses), ONI (-2 meses), AMO (-6 meses), N1+2 (-3 meses) y TNA (-5 meses), categorizados con el ENSO y las temperaturas de los océanos Pacífico y Atlántico, siendo este último representado en mayor medida por el AMO (Oscilación Multidecadal del Atlántico).

En la figura 8.3 se presenta la distribución de los IOA por la cantidad de subzonas correlacionadas, así como una gráfica representativa de los resultados de correlaciones para la subzona 2317 (río Cimitarra y otros afluentes al Magdalena), valores entre -1 a 1



rezagados hasta -7 meses.

En la figura 8.4 se presentan los resultados de correlación entre la variable escorrentía y los índices océano-atmosféricos (IOA), espacializados para el territorio nacional.

En la figura anterior se observa que los IOA correspondientes al ENSO (BEST, MEI, ONI) tienen mayor relación con la escorrentía en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca y las zonas hidrográficas de los ríos Catatumbo y Patía. Las zonas hidrográficas del río Atrato y el río Meta, que geográficamente se encuentran en dos vertientes diferentes, presentan relaciones con los índices derivados de anomalías de la temperatura superficial del océano Atlántico (AMO, TNA, TSA y WHWP). La escorrentía derivada de los ríos Guape, Ariari, Guaviare, Guayabero, Caguán y Manacacías correlaciona con las anomalías de la temperatura superficial del océano Pacífico, específicamente en la región N1+2.

Continuando con el proceso metodológico, una vez definida la relación de la escorrentía con los diversos IOA se procede a obtener el ajuste de las series mensuales y anuales para el parámetro con las diversas funciones de densidad de probabilidad (PDF) seleccionadas. En la figura 8.5 se presenta una salida gráfica, correspondiente al ajuste de las PDF con la escorrentía de la serie mensualizada para diciembre, en la subzona 2305 – Río La Miel.

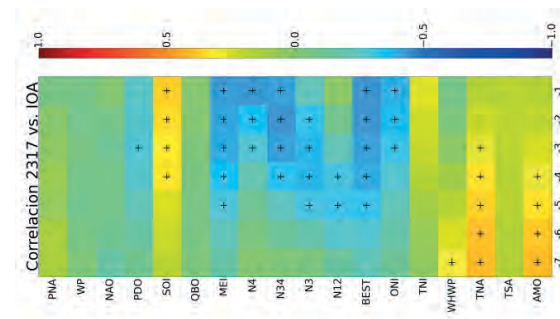


Figura 8.3 Relación entre los IOA y la oferta hídrica superficial por subzona hidrográfica

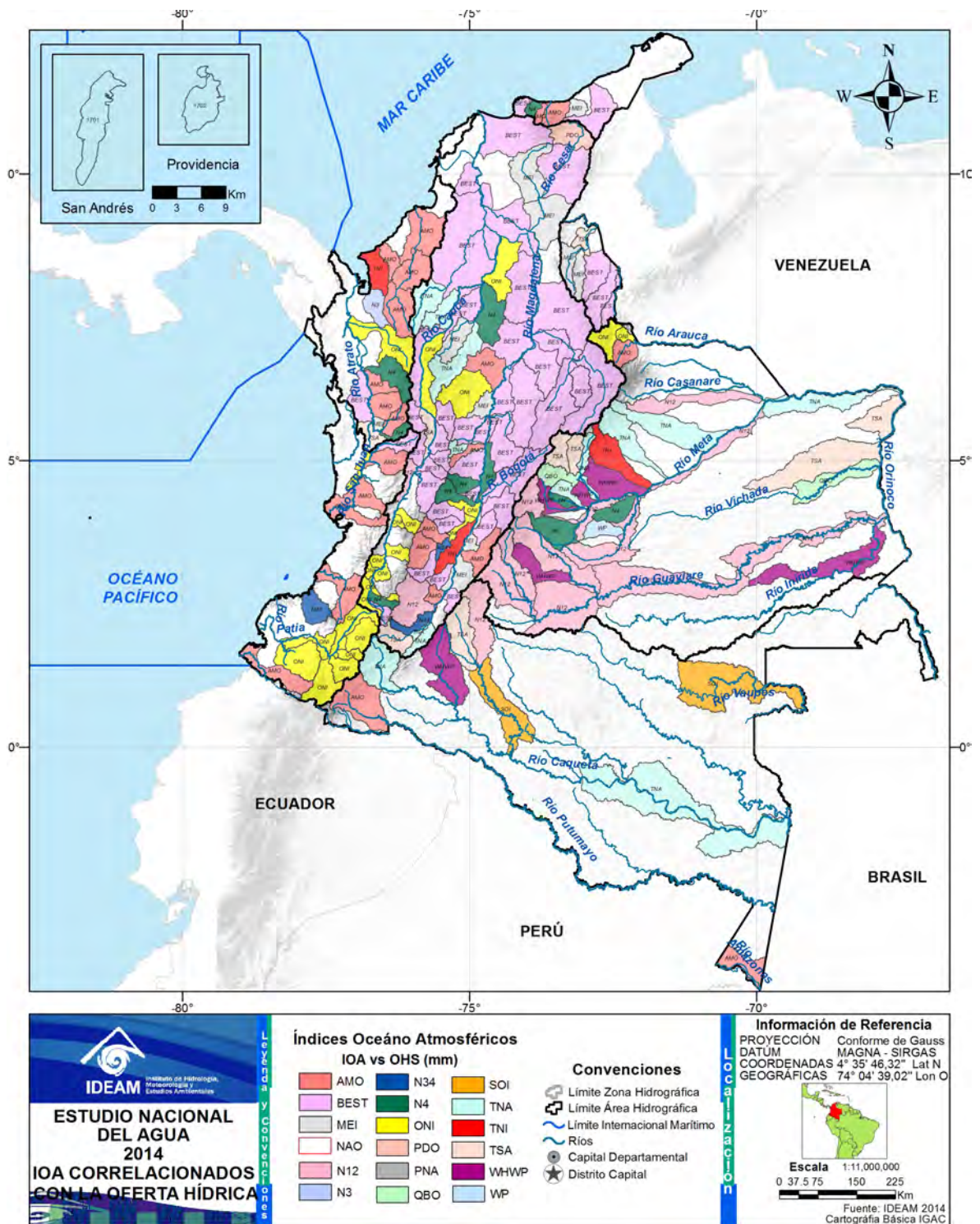


Figura 8.4 Índices océano-atmosféricos correlacionados con la oferta hídrica superficial (OHS) por subzona hidrográfica

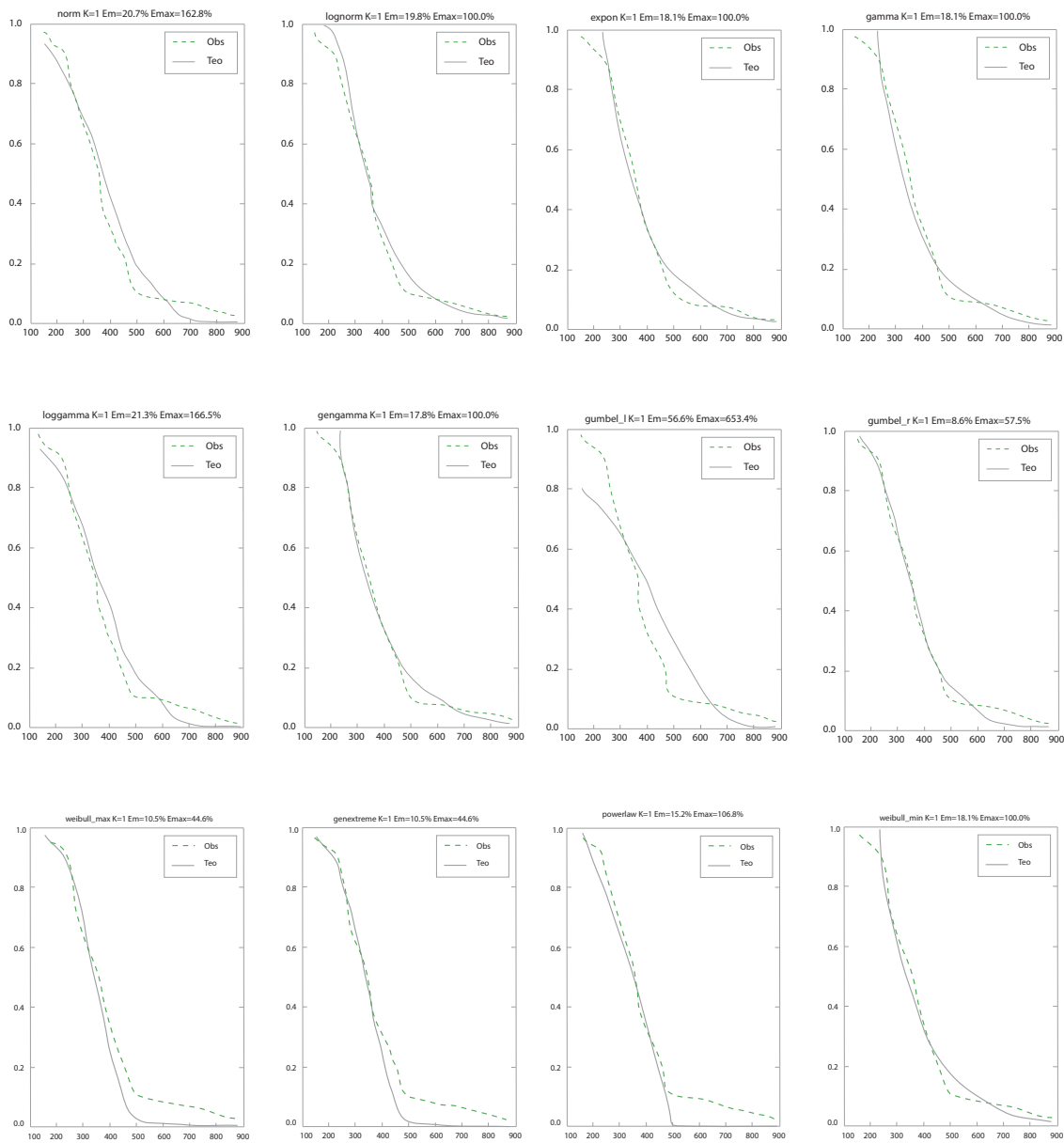


Figura 8.5 Ajustes de funciones de distribución teóricas con la oferta hídrica superficial de la serie multianual de diciembre, SZH Río La Miel

Dada la figura anterior, la selección de la PDF “Gumbel R” (distribución Gumbel con asimetría a la derecha), se realiza teniendo en cuenta criterios como los menores valores de los errores de ajustes, medio y máximo, así como la validación del ajuste mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov — ω^2 — ($k = 1$,

prueba aceptada; $k = 0$, prueba rechazada). En la figura 8.6 se señalan las PDF seleccionadas empleando estos criterios, por SZH a nivel nacional, para la escorrentía anual.

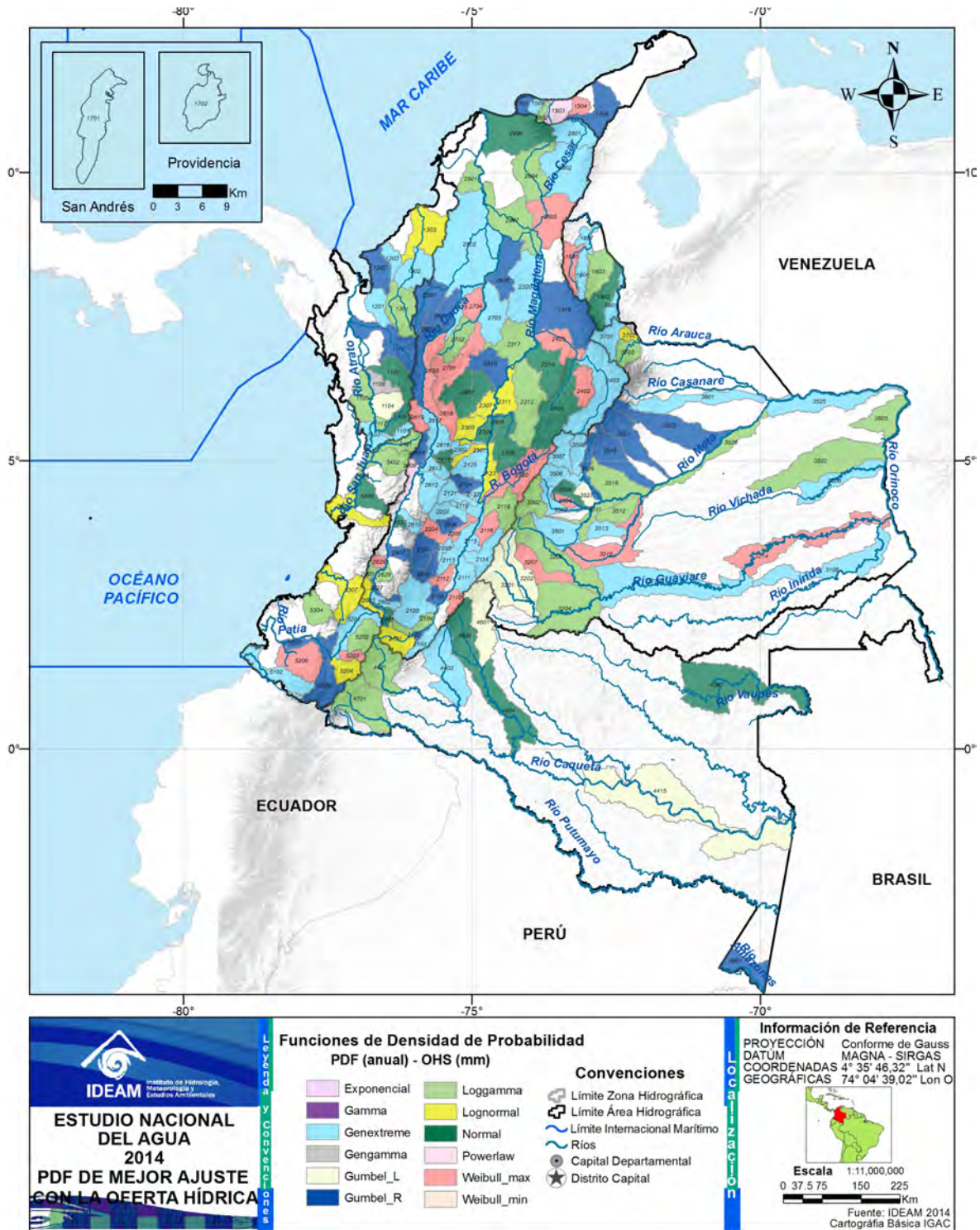


Figura 8.6 Funciones de densidad de probabilidad (PDF) de mejor ajuste con la oferta hídrica superficial (OHS) por subzona hidrográfica

En la figura 8.7 se puede apreciar el número de distribuciones por subzona hidrográfica. La mayor representación de PDF, en las series anuales de escorrentía, se obtiene para la Generalizada de extremos, seguida de LogGamma.

La distribución espacial de esos ajustes muestra que estas dos funciones tienen mayor representatividad en la región Andina y la Orinoquia.

Consecuentemente con estos ajustes de PDF a las series mensuales de escorrentía por SZH, se procede

a la obtención de los isopercentiles correspondientes a cada unidad de análisis, con el objetivo de identificar las anomalías por valores altos (excedencia del percentil 10) y valores bajos (no excedencia del percentil 85). En la figura 8.8 se presenta la salida gráfica de los isopercentiles para la SZH 2305 - Río La Miel.

Los isopercentiles por cada SZH, para la variable escorrentía, son OHS (mm) _SZH. En la figura 8.9 se presenta la distribución por SZH de las anomalías de la oferta hídrica para condiciones altas.

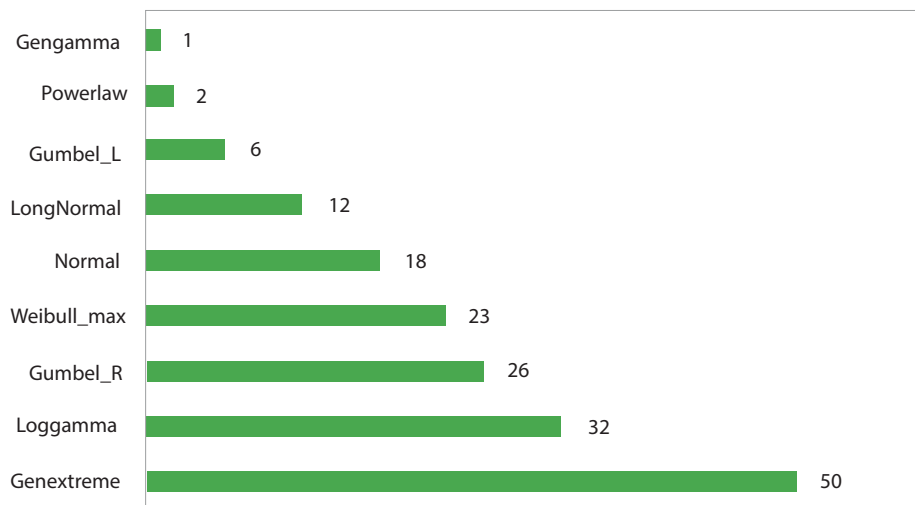


Figura 8.7 Número de subzonas hidrográficas por funciones de densidad de probabilidad para ajustes con oferta hídrica superficial anual

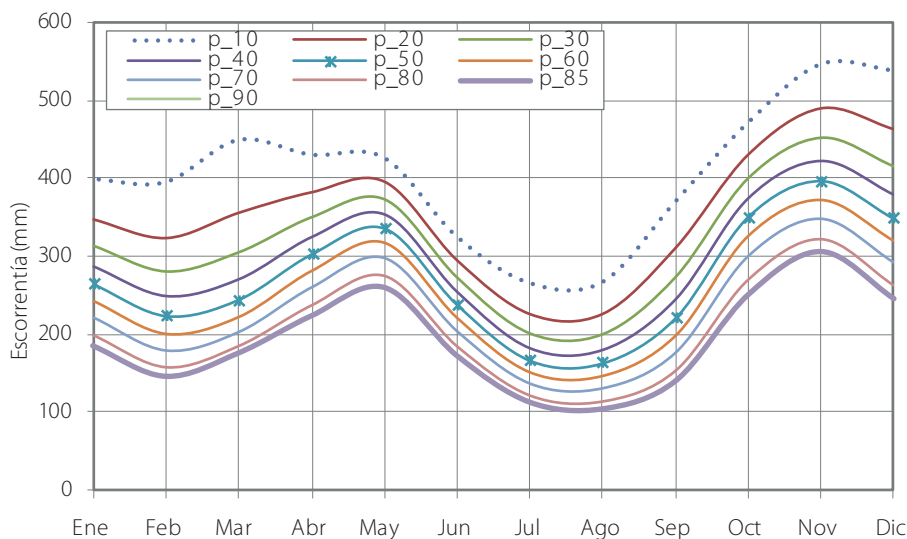


Figura 8.8 Isopercentiles de oferta hídrica superficial, SZH Río La Miel

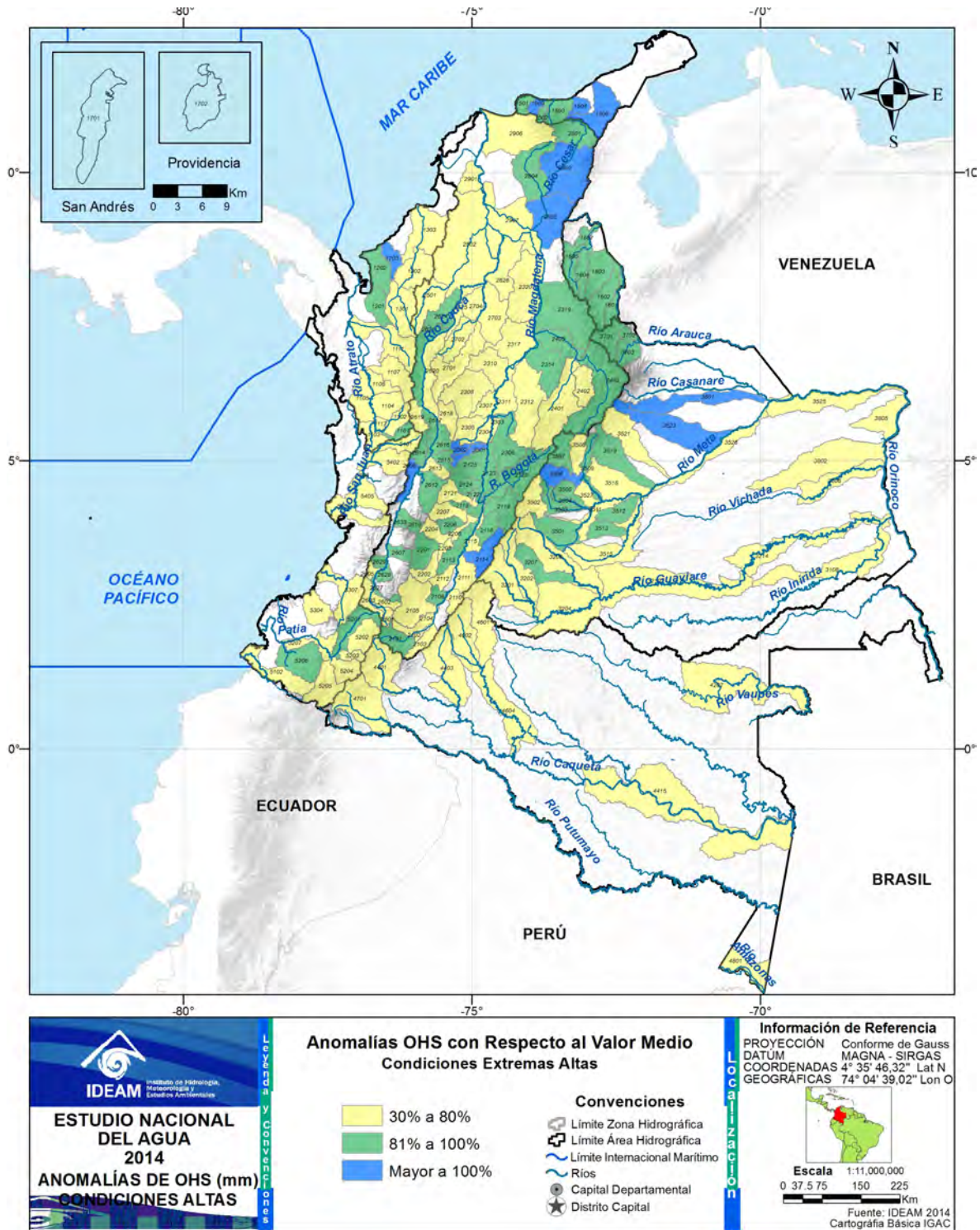


Figura 8.9 Anomalías en la oferta hídrica superficial (OHS) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)

La excedencia del percentil 10 (p_{10}), según la metodología planteada, determina condiciones extremas de excesos de agua, lo que podría representar riesgos potenciales en cuanto a inundaciones, deslizamientos y demás procesos físicos que se deriven de esta anomalía.

Los resultados indican que son seis las SZH en el área Magdalena-Cauca que presentan anomalías de más del 100%: ríos Cabrera (2114), Gualí (2301), Guarinó (2302), Pescador (2608) y Cesar (2802, 2805), es decir, eventos de escorrentía que sobrepasan el valor de la media estacional en más de un orden de magnitud.

Las SZH de los ríos Tapias (1504), Ranchería (1506) y Guachaca (1509), representativas de La Guajira, presentan valores de anomalías por encima del 100%, lo que evidencia la gran variabilidad en cuanto a extremos de dichas corrientes, ya que los valores promedio de lámina de agua en gran parte del año son bajos.

Con referencia al área hidrográfica Orinoco, los ríos de mayor variabilidad en cuanto a valores extremos altos son: Guavio (3506), Pauto (3523) y Ariporo (3601). En términos generales, las condiciones de valores extremos altos en el país en cuanto a escorrentía presentan cifras por encima del valor de referencia medio estacional entre 30 y 80%.

Otra condición extrema sucede cuando los valores de la escorrentía no exceden el percentil 85 (p_{85}), y en este caso se hace alusión a condiciones de baja oferta hídrica. En la figura 8.10 se presenta la distribución por SZH de las anomalías de oferta hídrica para condiciones bajas.

A nivel nacional se obtienen valores entre el 30 y 95% de disminución de la oferta hídrica superficial para condiciones de baja escorrentía. Las SZH de mayor sensibilidad a estos eventos se representan en color rojo; se puede notar que corresponden a las enunciadas en el análisis anterior, es decir, son sus-

ceptibles a variaciones del valor medio tanto positivo como negativo.

Es importante mencionar que las cuencas de ríos localizados en la cordillera Oriental, mencionados de sur a norte (Cabrera, Prado, Sumapaz, Bogotá, Suárez, Chicamocha y Catatumbo), presentan anomalías en su valor medio ante eventos extremos bajos de hasta 60% menos en términos de oferta hídrica.

Se determinan en este análisis subzonas hidrográficas críticas de hasta un 95% en reducción de escorrentía, en el litoral Caribe, pertenecientes a los ríos Mulato y San Juan. Finalmente, se aprecia bajo una óptica nacional que las afectaciones o impactos de eventos extremos como El Niño, enfocado en condición que no siempre excede el percentil 85, como un efecto generalizado sobre el recurso hídrico en las diversas regiones del país.

Siguiendo el mismo proceso metodológico, y con el ánimo de escalar su desarrollo, en el siguiente numeral se presentan las anomalías en estaciones hidrométricas específicas.

8.2.2 Anomalías en caudales medios mensuales (m^3/s)

En este capítulo se pretende identificar la variabilidad hidroclimática empleando la técnica de los isopercentiles. De esta manera, se construyeron para 467 estaciones hidrométricas sus respectivas curvas de isovalores de probabilidad de excedencia, a partir de la función de densidad de probabilidad (PDF) de mejor ajuste, así se identifican las diversas anomalías —altas y bajas— que presentan las series de caudales históricamente.

Las anomalías obtenidas por excedencias de caudales para el percentil 10, a diferencia de la agregación por SZH, representan una mejor discretización de valores en términos porcentuales, con referencia al valor promedio estacional.

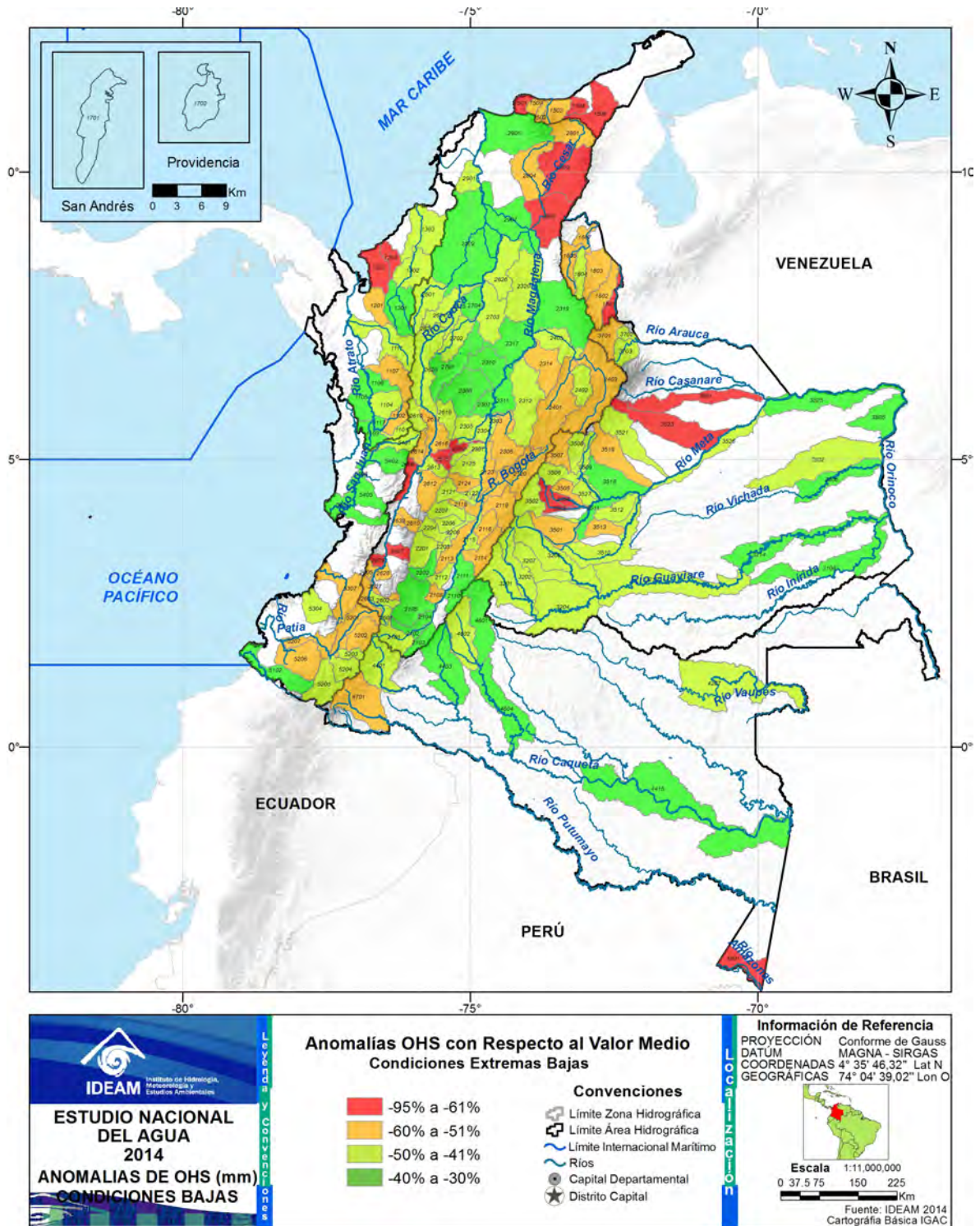


Figura 8.10 Anomalías en la oferta hídrica superficial (OHS) para condiciones bajas (no excedencia del percentil 85)

En la figura 8.11 se indica la distribución espacial de las estaciones seleccionadas para el análisis; en azul oscuro se señalan aumentos mayores al 100% con respecto al valor medio del caudal, estaciones que representan la condición más crítica en cuanto a extremos altos; en azul más claro se registran anomalías entre 76 y 100%; en verde claro, aumentos de 51 a 75%; en amarillo oscuro se esquematizan las condiciones entre 31 y 50%; finalmente, en rojo, valores por debajo del 30% de variación.

Dada esta interpretación, se corrobora lo establecido por el IDEAM en el ENA 2010, ya que la Orinoquia y la Amazonia son las áreas menos afectadas por el aumento en caudales dados eventos extremos altos. Las estaciones hidrológicas ubicadas en el piedemonte dan señal de mayor sensibilidad ante dicha anomalía. Se identifican aumentos del 30 al 75% en las estaciones localizadas en el río Atrato, perteneciente al área Caribe.

Gran parte de las estaciones localizadas en la cuenca del río Cauca, sobre todo en la parte alta y media, presentan aumentos de más del 75% en sus caudales, dada la ocurrencia de un evento extremo de condiciones altas.

Las estaciones que registran aportes de las cuencas de los ríos Sumapaz, Bogotá, Sogamoso, Suárez, Lebrija, Catatumbo y Cesar presentan también importantes aumentos que, en muchas ocasiones, exceden el 100% del valor de referencia promedio de la serie histórica.

Los resultados expresados en términos de anomalías por condiciones de valores altos de caudales pueden ser entendidos como fenómenos detonantes que podrían poner en riesgo de inundación a una población, lo que debe ser tenido en cuenta por los tomadores de decisiones, tanto regionales como locales.

Por otra parte, en la figura 8.12 se muestran las anomalías obtenidas por la no excedencia de caudales para el percentil 85, que corresponde a caudales bajos.

Dada la figura anterior, la distribución espacial de las estaciones seleccionadas para el análisis se describen como sigue: en rojo se representan disminuciones entre el 75 y 95%, con respecto al valor medio del caudal, estaciones que representan la condición más crítica en cuanto a extremos bajos; en amarillo oscuro se presentan anomalías entre el 74 y 65%; en amarillo claro, disminuciones del 55 al 64%; en verde claro se esquematizan las condiciones entre el 45 y 54%; finalmente, en color azul, valores entre el 30 y 44% de variación.

Al observar el mapa presentado con las anomalías por caudales bajos se puede inferir que la hidrología del área Magdalena-Cauca tiene reducciones significativas en caudales (entre el 30 y 65%). Según este análisis, los ríos de mayor afectación ante eventos extremos bajos, y que pueden presentar disminuciones de hasta un 95% en su caudal, son: León y Mulatos en el litoral Caribe; Ranchería, Tapias y Ancho, en La Guajira; Ariguani y Cesar, en el Cesar; Pamplonita, en el Catatumbo; Cusiana, Pauto y Ariporo, en Meta.

Asimismo, en los ríos Vaupés y Caquetá, pertenecientes al área de la Amazonia, las disminuciones no son tan significativas, se obtienen valores de hasta 30% por debajo de la condición media. Más al sur del país, se identifica la estación Limnigráfica Nazareth, sobre el río Amazonas (código 48017030), área de monitoreo de aproximadamente 878.000 km², cuenca internacional que presenta reducción de caudales por debajo del valor promedio de hasta 67%.

Finalmente, los ríos Inírida, Guaviare, Vichada, Meta y Casanare, afluentes al río Orinoco, perteneciente al área hidrográfica del mismo nombre, presentan anomalías negativas no inferiores al 35%.

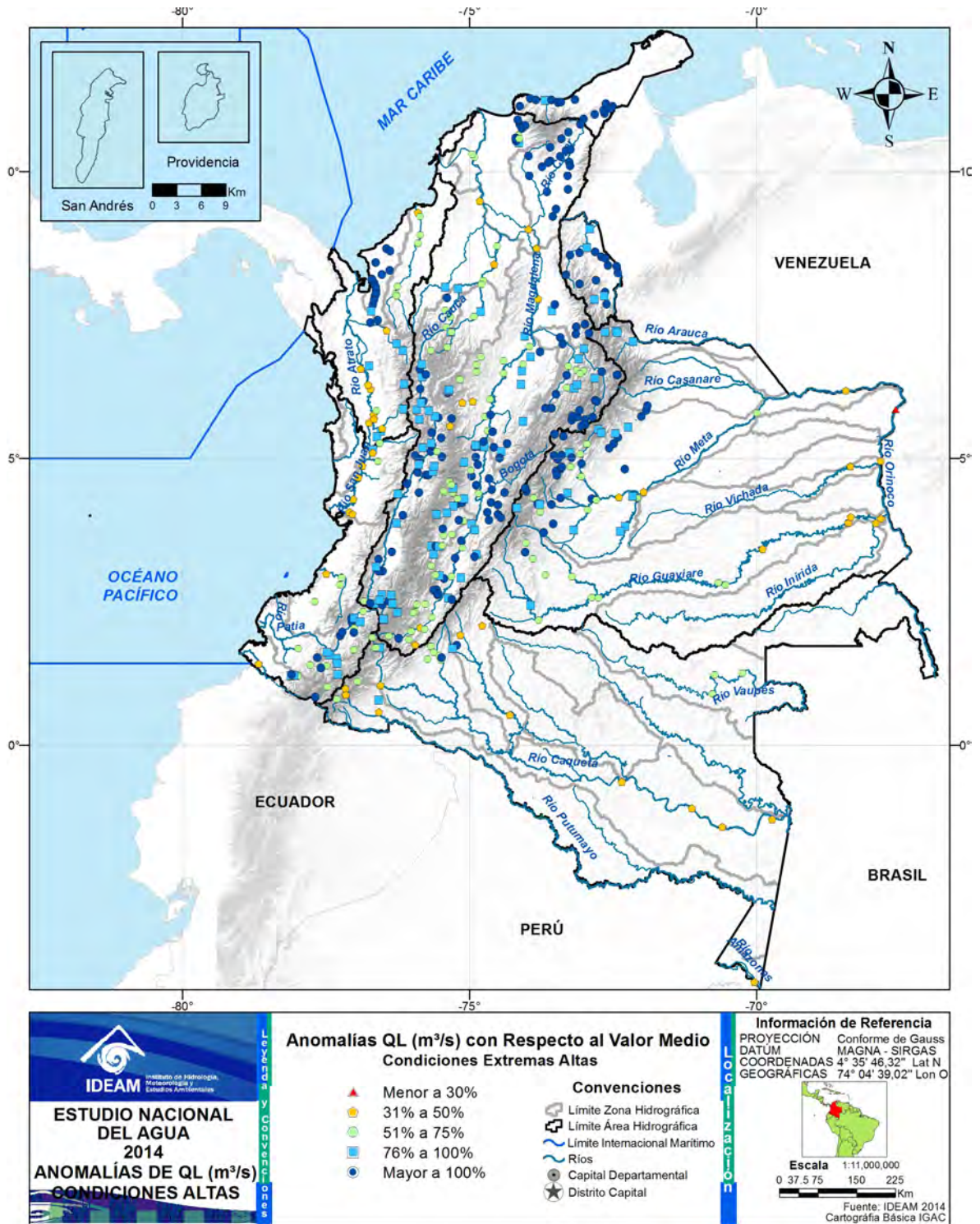


Figura 8.11 Anomalías en el caudal líquido (m³/s) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)

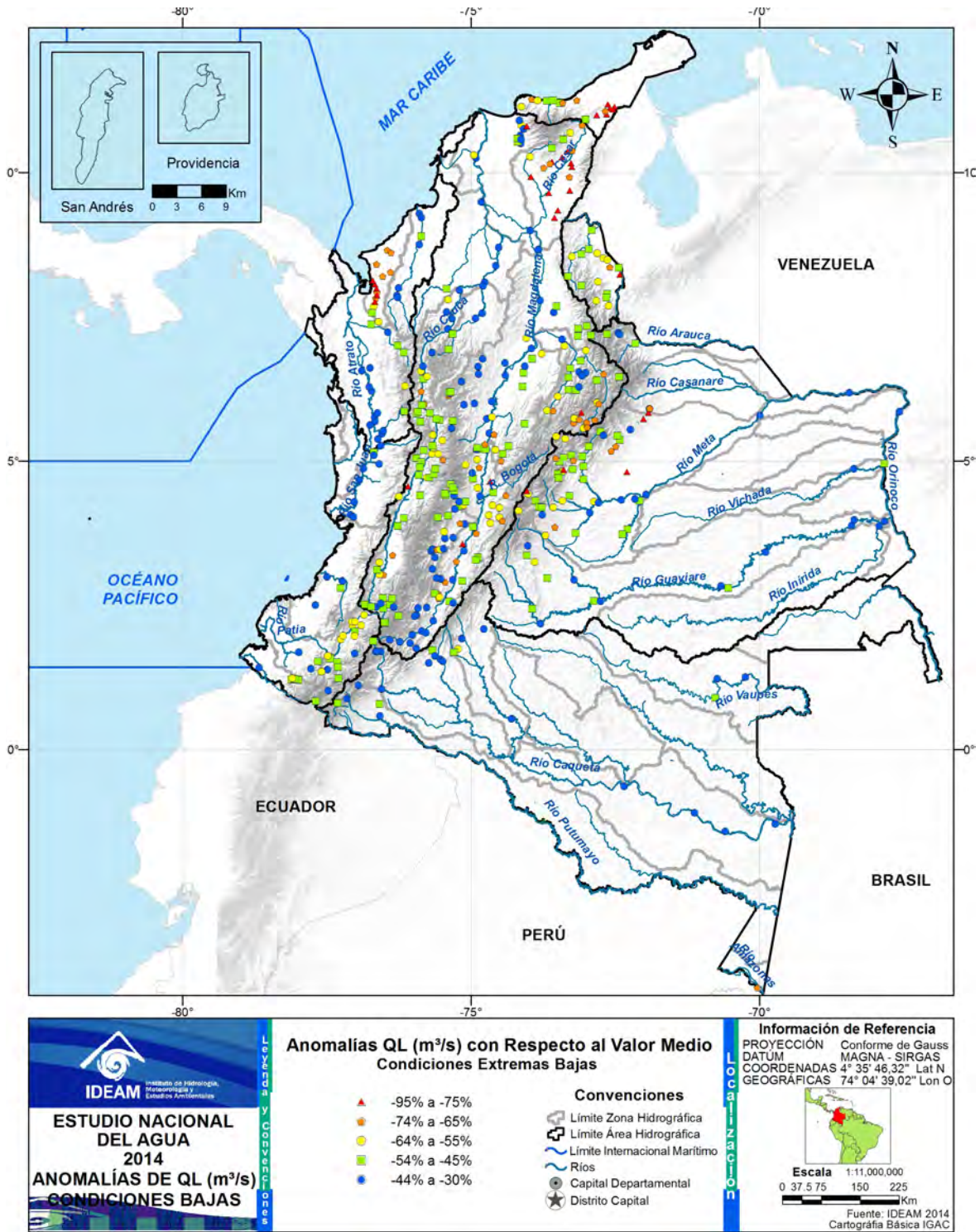


Figura 8.12 Anomalías en el caudal líquido (m³/s) para condiciones bajas (no excedencia del percentil 85)

8.2.3 Variabilidad en la precipitación total por SZH

Como fue indicado en el proceso metodológico, las series mensuales de precipitación para cada subzona hidrográfica fueron estimadas mediante el método de interpolación espacial *Inverse-Distance-Weighted* —IDW, por su sigla en inglés— (García *et al.*, 2008). El análisis de variabilidad climática para esta variable se realiza en 313 SZH, repartidas en todo el territorio nacional, 311 en la plataforma continental y 2 de las islas San Andrés (1701) y Providencia (1702).

Las correlaciones de la precipitación total mensual con los IOA y su rezago en meses (*Lag*), arrojan que los seis índices de mayor relación con esta variable corresponden a: AMO (-7 meses), TNA (-3 meses), BEST (-1 mes), N1+2 (-3 meses), WHWP (-7 meses) y ONI (-1 mes), al igual que la escorrentía estas correlaciones de precipitación están categorizadas con el ENSO y las temperaturas de los océanos Pacífico y Atlántico, siendo este último representado en mayor medida por el AMO (Oscilación Multidecadal del Atlántico). En la figura 8.13 se presenta la distribución de los IOA por la cantidad de subzonas correlacionadas, así como una gráfica representativa de los resultados de correlaciones para la subzona 1507 (directos al Caribe - Ay. Sharimahana, Alta Guajira), con valores entre -1

a 1 y rezagos hasta -7 meses; la mejor correlación se obtiene para el índice AMO, con un rezago de 3 meses, correlaciones PT_SZH, las cuales se generaron para cada una de las unidades de análisis.

En la figura 8.14 se presentan los resultados de correlación entre la variable precipitación y los índices océano-atmosféricos (IOA), espacializados para el territorio nacional. Se observa que los IOA correspondientes al ENSO —BEST, MEI, ONI, N34— tienen mayor correlación con la precipitación que ocurre en la zona hidrográfica del Catatumbo y la cuenca Media y Alta de los ríos Magdalena y Cauca. Las SZH localizadas en la región baja de ambas cuencas presentan relaciones más causales con los IOA derivados de anomalías de la temperatura superficial del océano Atlántico (AMO, TNA, TSA y WHWP).

Asimismo, las islas San Andrés y Providencia, como toda la costa Caribe desde el golfo de Urabá hasta la Alta Guajira, presentan una correlación más directa con las anomalías del SST Atlántico. En términos generales, las precipitaciones de la Orinoquia y la Amazonia tienen correlación lineal más significativa con los IOA (AMO, TNA y WHWP), índices que evalúan las anomalías de la temperatura superficial del mar de la región Pacífico Oriental Tropical, golfo de México y mar Caribe, con temperaturas mayores a 28,5 °C, así como la variabilidad de la SST en la parte tropical del Atlántico Norte y Sur.

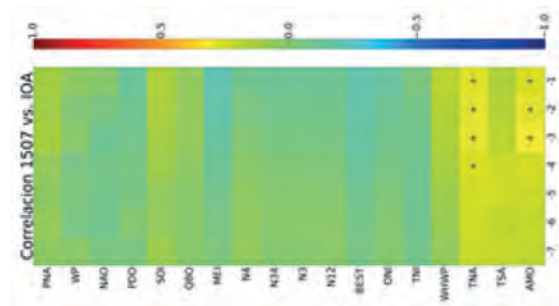
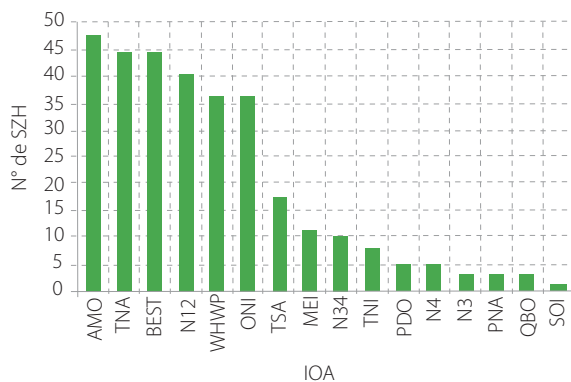


Figura 8.13 Relación entre los IOA y la precipitación total mensual por subzona hidrográfica

Finalmente, la trimestralización realizada a las temperaturas de la región N1+2 del océano Pacífico guardan una significancia importante con las precipitaciones ocurridas en las SZH pertenecientes a las cuencas de los ríos Casanare, Meta, Guayabero, Vichada, Orinoco y Apaporis.

Una vez definida la correlación de la precipitación espacializada por SZH con los diversos IOA, se procede a obtener el ajuste de las series mensuales y anuales, para el parámetro, con las diversas funciones de densidad de probabilidad (PDF) seleccionadas.

En la figura 8.15 se presentan las PDF por SZH a nivel nacional para la variable de precipitación total anual. No se aprecia un patrón espacial por área hidrográfica. En la figura 8.16 se ilustra la cantidad de subzonas hidrográficas que fueron ajustadas a una determinada PDF; con un porcentaje de representación del 26%, la función Gamma Logarítmica es la de mayor ajuste de las precipitaciones a nivel anual, seguida de Generalizada de extremos con 24% y la función Normal con 17%.

Consecuentemente con estos ajustes de PDF a las series mensuales de precipitación por SZH, se procede

a la obtención de los isopercentiles correspondientes a cada unidad de análisis, con el objetivo de identificar las anomalías por valores altos (excedencia del percentil 10) y bajos (no excedencia del percentil 85). En la figura 8.17 se presenta la salida gráfica de los isopercentiles para la SZH 1605 - Río Algodonal (Alto Catatumbo).

En la figura 8.18 se presenta la distribución por SZH de las anomalías de la precipitación para condiciones altas.

Las SZH pertenecientes a La Guajira, litoral Caribe (1.206), islas San Andrés y Providencia, Alto Cesar (2.801), ríos Mayo (5203) y Juncal en el Alto Magdalena (2.109), son las de mayor disminución (70% en promedio) y consideradas muy susceptibles a variaciones del valor medio, tanto positivo como negativo. La región Caribe que incluye el Catatumbo presenta en promedio disminuciones de hasta un 50% en las precipitaciones.

Finalmente, se observa en la figura 8.19 que las regiones del Pacífico y la Amazonia, aunque presentan disminuciones de 35% en promedio en las lluvias, no se consideran tan críticas.

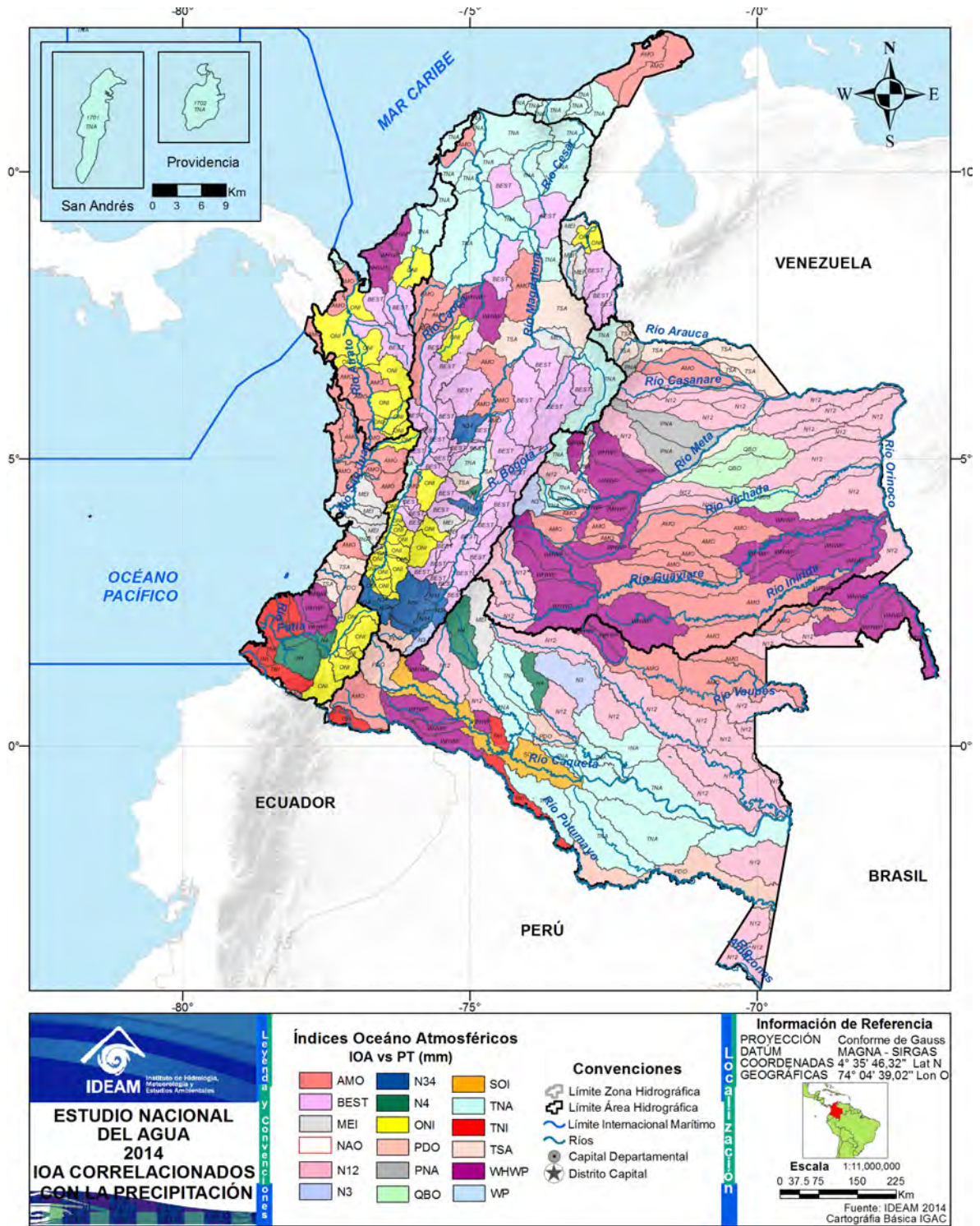


Figura 8.14 Índices océano-atmosféricos correlacionados con la precipitación (mm) por subzona hidrográfica

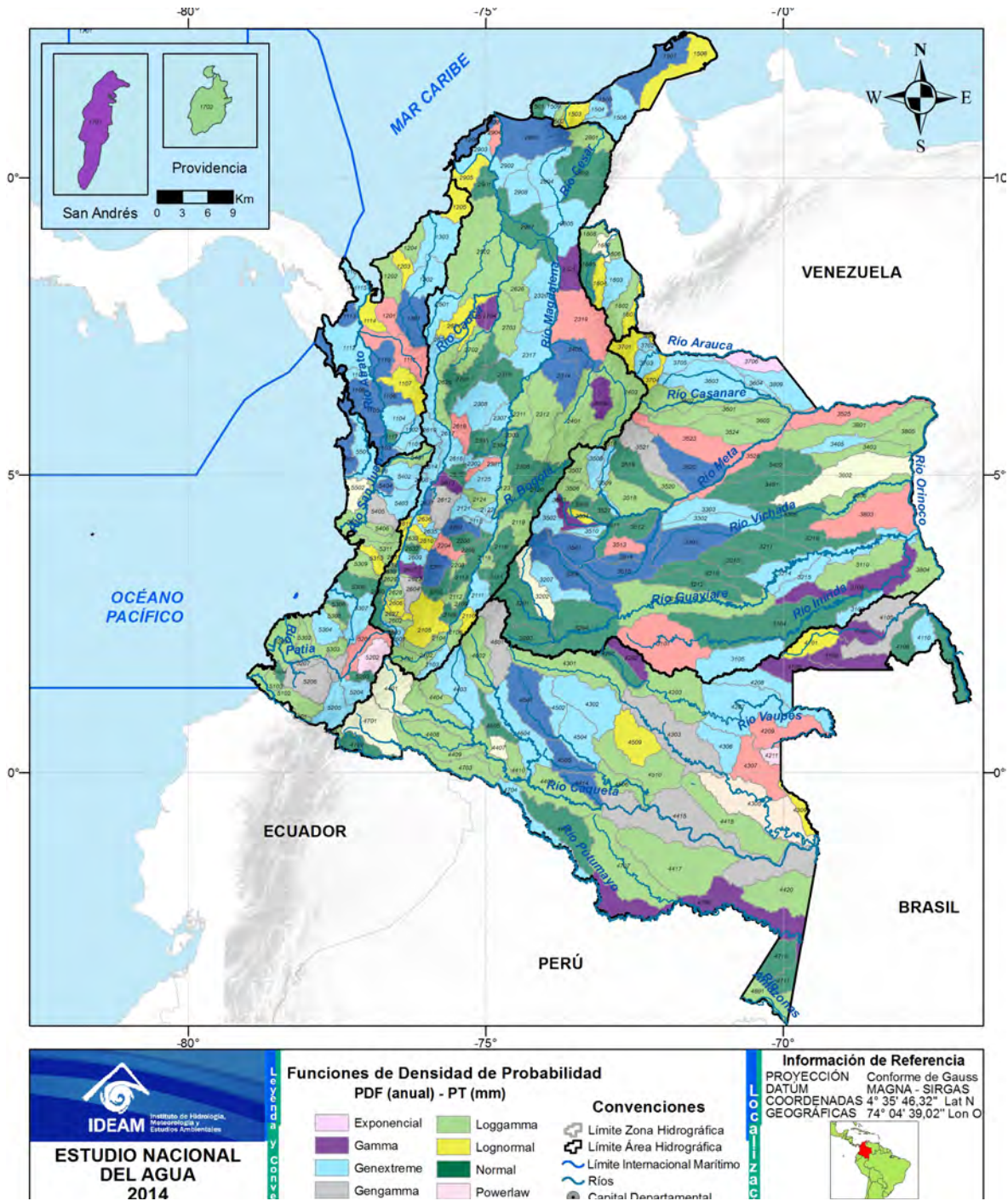


Figura 8.15 Funciones de densidad de probabilidad (PDF) de mejor ajuste con la precipitación (mm) anual por subzona hidrográfica

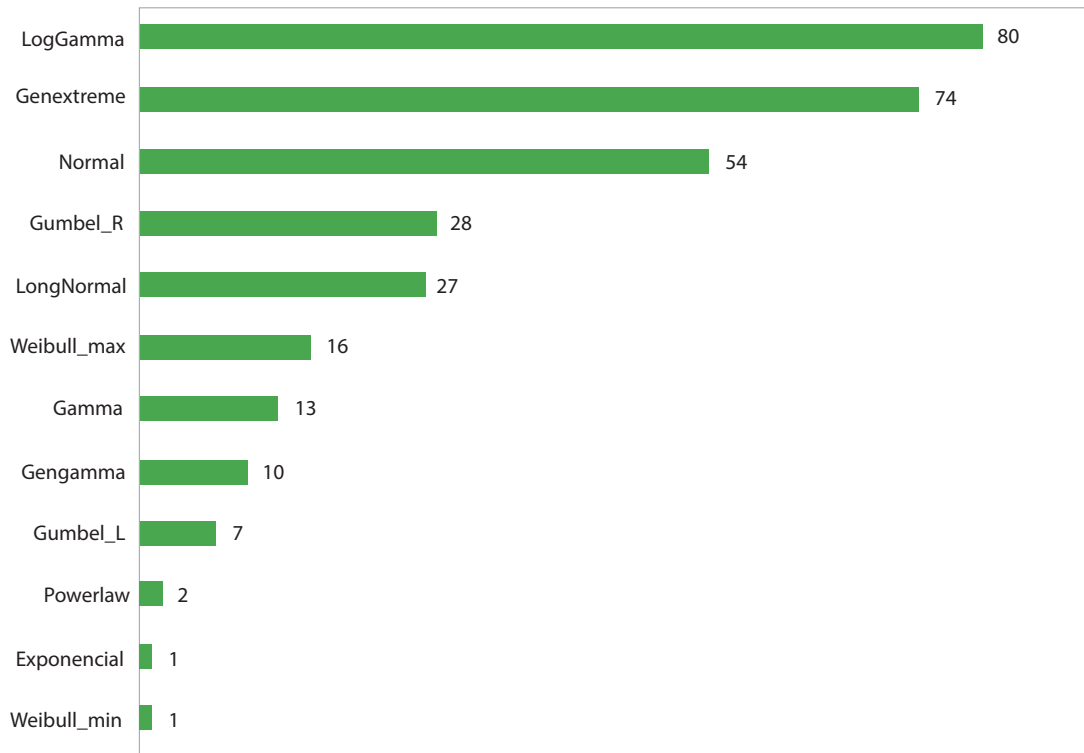


Figura 8.16 Funciones de densidad de probabilidad por número de subzonas hidrográficas para ajustes con precipitación anual

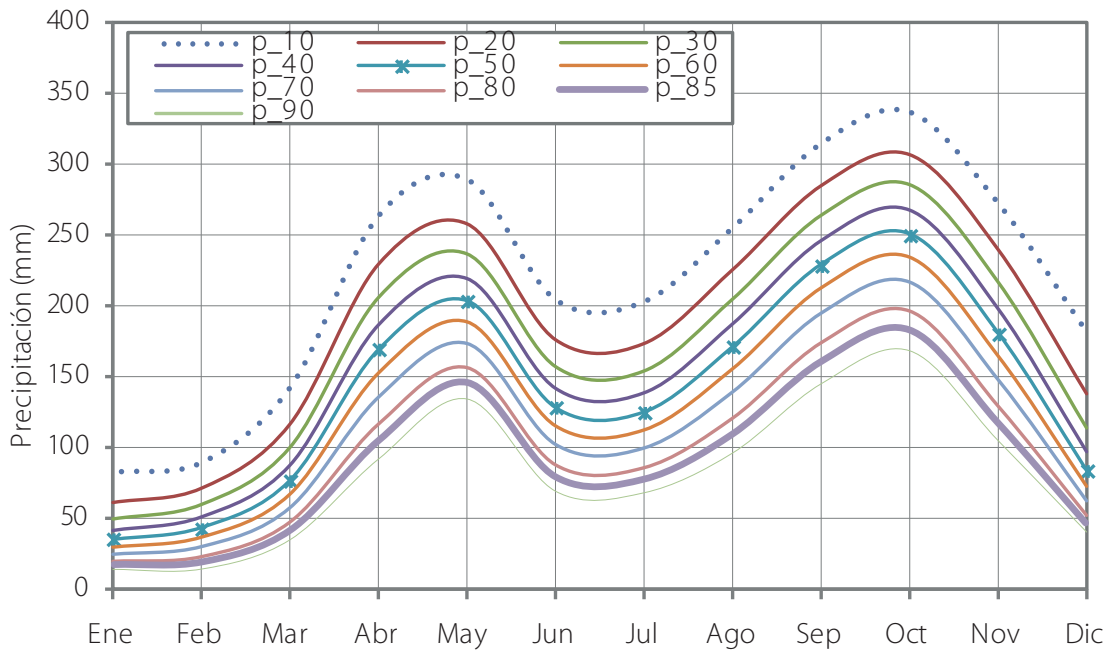


Figura 8.17 Isopercentiles de precipitación mensual, SZH Río Algodonal (Alto Catatumbo)

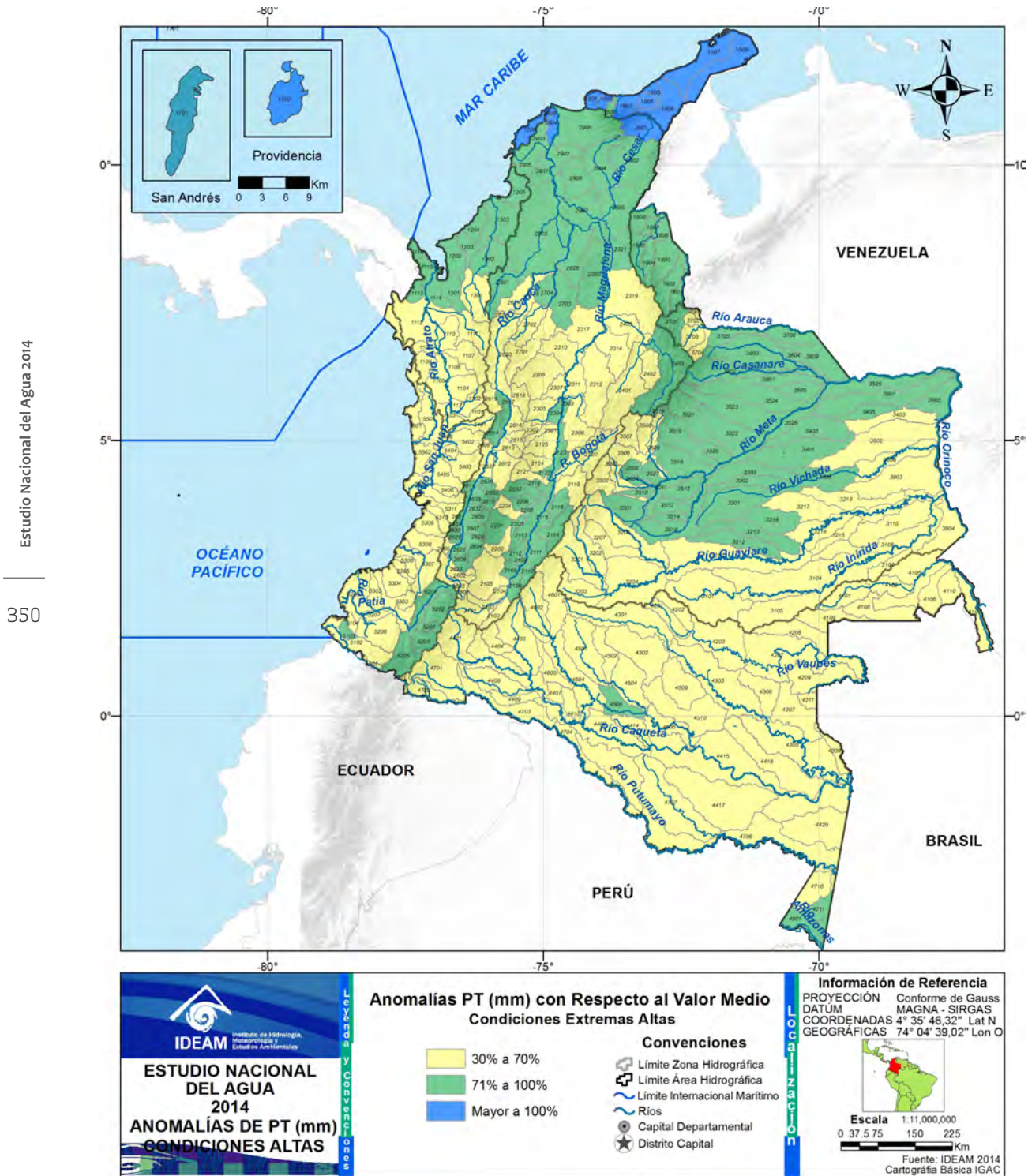


Figura 8.18 Anomalías en la precipitación (mm) para condiciones altas (excedencia del percentil 10)

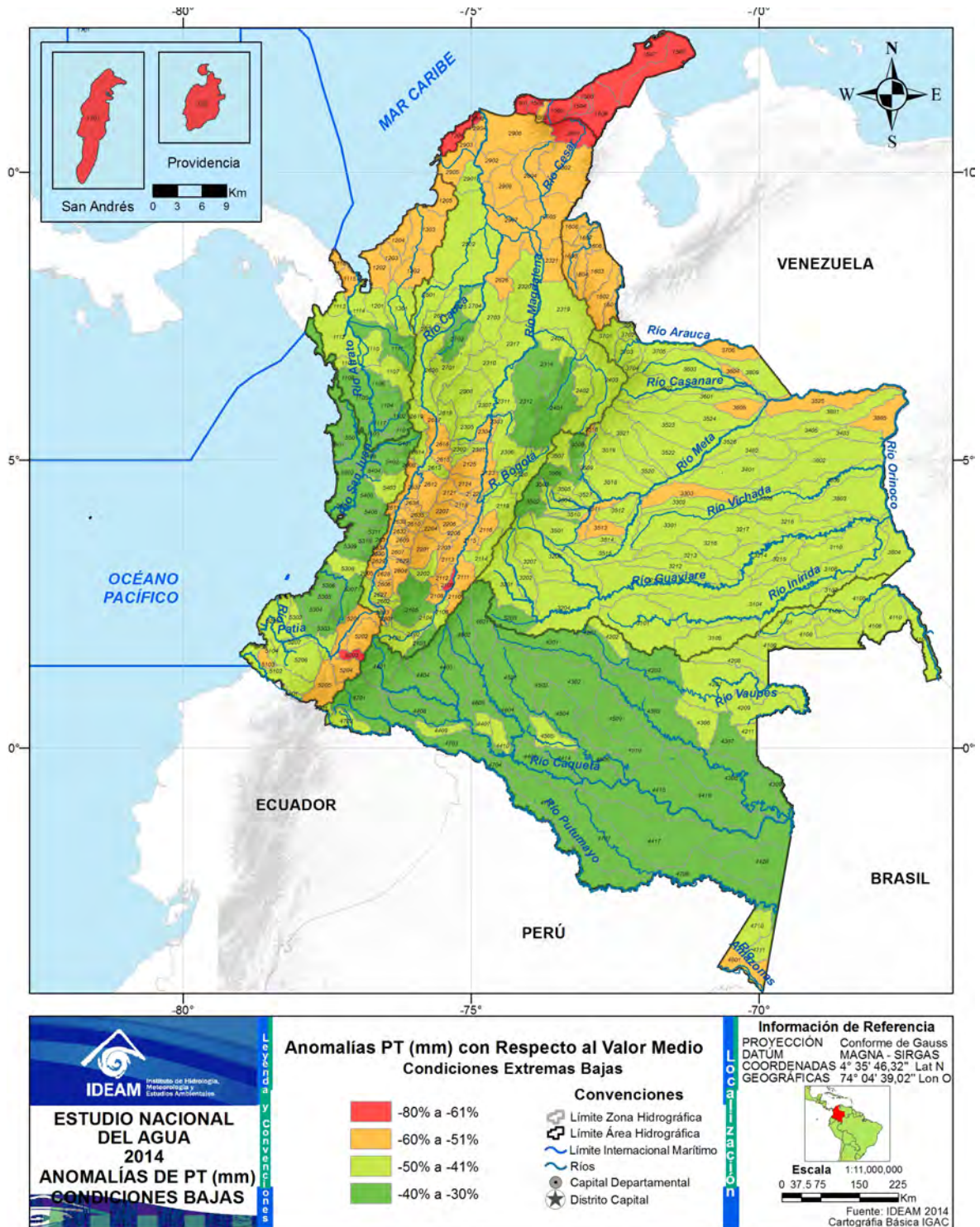


Figura 8.19 Anomalías en la precipitación (mm) para condiciones bajas (no excedencia del percentil 85)

Capítulo 9

Análisis Integrado

Nancy Alfonso
Omar Vargas
Martha García
Fabio Bernal
Ana Campillo
Consuelo Onofre
Silvia Aguirre
IDEAM

Andrea Guzmán
Diego Arévalo
CTA y GSI-LAC
Proyecciones Agrícolas

Fotografía: Andrés Herreño ▶



En este capítulo se presenta el análisis integrado del agua en Colombia para las subzonas hidrográficas, así como las proyecciones sectoriales de demanda del agua año a año en un escenario a 2022 y el agregado nacional de 2013 a 2022.

La evaluación integrada de la situación actual para las 316 subzonas hidrográficas se realiza desde una perspectiva de la variabilidad de la oferta hídrica en condiciones naturales y de la situación actual del recurso hídrico con el propósito de identificar las subzonas a nivel nacional que requieren ser priorizadas; adicional a esta variabilidad natural. Se tiene en cuenta el conjunto de indicadores que representan las intervenciones antrópicas, incluyendo en el análisis temas relevantes como los de producción potencial de sedimentos, uso de mercurio en la obtención de oro y plata y uso de agroquímicos en la producción de coca.

Se realiza además el análisis de vulnerabilidad de 318 fuentes hídricas que abastecen los acueductos de cabeceras municipales y que tienen problemas de abastecimiento. Se calcula para ellas el índice de uso de agua IUA y el de vulnerabilidad hídrica IVH como una señal para que se profundice en la evaluación de la oferta, su variabilidad y disponibilidad en la resolución local adecuada.

Finalmente, se realiza el análisis tendencial a partir de proyecciones de la demanda hídrica de los sectores. Estas proyecciones se construyen a partir de un modelo básico y para dos escenarios; el deseable y el probable para el año 2022 y el agregado nacional de 2013 a 2022. Se incluyen todos los sectores usuarios del agua considerados en la evaluación de la situación actual en el ENA 2014.

Con los resultados obtenidos se pretende que tanto las entidades territoriales, las sectoriales, y las correspondientes del Sistema Nacional Ambiental (en particular las autoridades ambientales), tengan como referente las subzonas identificadas en esta evaluación nacional, por su alto grado de vulnerabilidad frente a variabilidad de la oferta hídrica y altas presiones por

uso y por carga contaminante. Se espera que estos resultados se constituyan en referente para orientar las necesidades de priorización de áreas en las cuales es deseable mejorar la resolución en el desarrollo temático de las Evaluaciones Regionales del Agua.

9.1 Evaluación integral del agua y priorización de subzonas hidrográficas a nivel nacional

La evaluación integral del agua se construye desde la variabilidad de la oferta hídrica natural y el análisis del recurso hídrico por condiciones de uso expresadas en presiones y afectaciones por contaminación, con el objetivo de generar insumos técnicos para la categorización de las subzonas hidrográficas.

La metodología utilizada para la evaluación integral del agua en Colombia se presenta en la figura 9.1.

En primer lugar, se evalúa la variabilidad de la oferta hídrica natural considerando el rendimiento hídrico, la reducción de la oferta para una condición promedio (mes más seco) y la reducción de la oferta para una condición extrema seca, temas tratados en los capítulos 2 y 8 respectivamente. Para el análisis de consistencia, los resultados se compararon con el Índice de regulación hídrica (IRH).

En segundo lugar, para realizar el análisis del recurso hídrico por condiciones de uso, contaminación y variabilidad se consideraron los indicadores que en conjunto dan cuenta del estado y de las afectaciones de las condiciones naturales del agua en las subzonas hidrográficas del país. Estos indicadores son: Índice de uso del agua (IUA), Índice de regulación hídrica (IRH), Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), Índice de presiones hídricas a los ecosistemas (IPHE), Índice de Agua que no retorna a la cuenca (IARC), Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL).

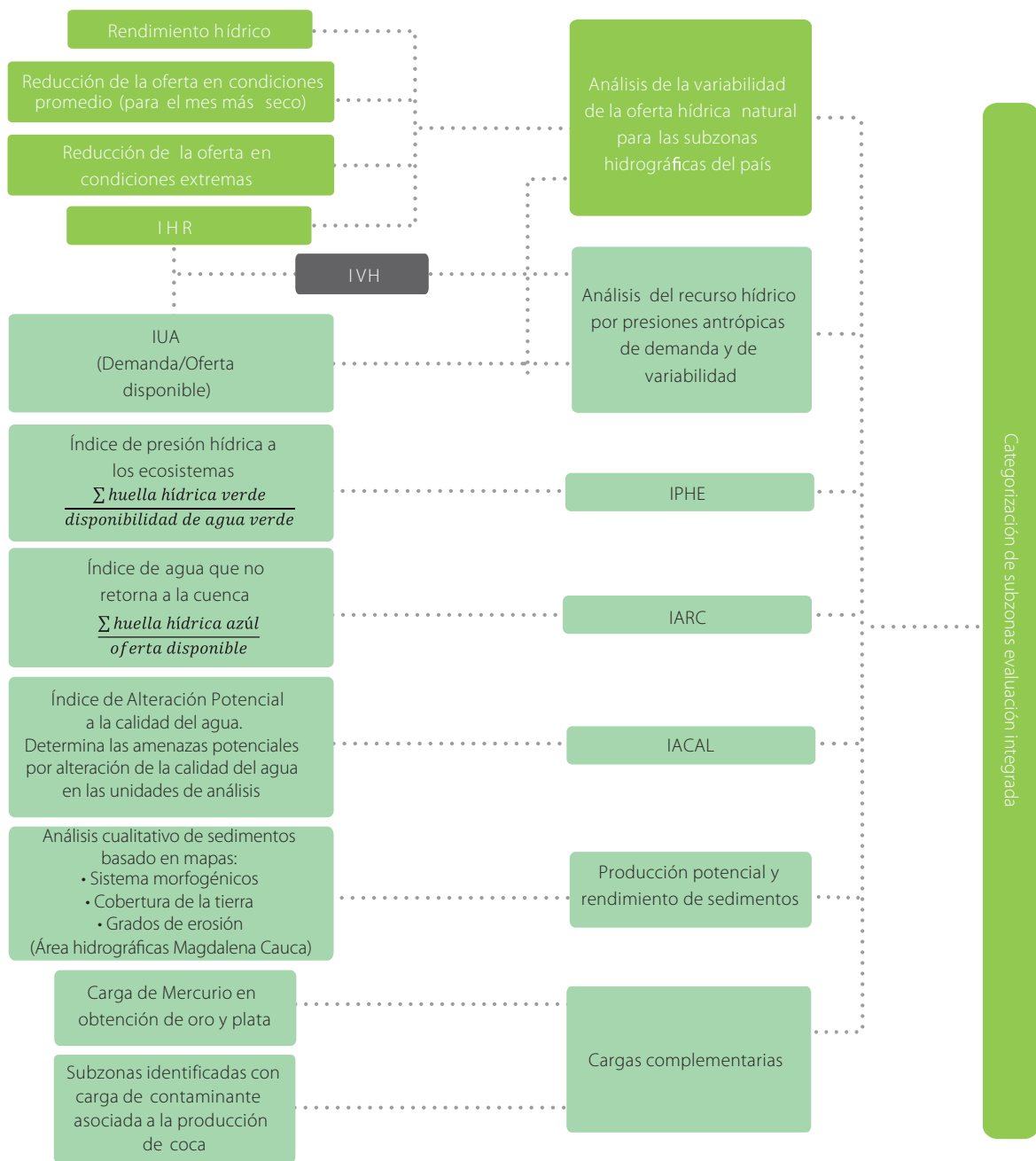


Figura 9.1 Esquema metodológico para la categorización de subzonas hidrográficas y análisis integrado.

Adicionalmente se incorporaron en el análisis, los insumos de la producción potencial y rendimiento de sedimentos y para las subzonas con información disponible, se emplearon también como elementos de análisis, la carga de mercurio en obtención de oro y plata y la carga contaminante en la producción de coca.

La síntesis de los conceptos, metodología de cálculo y categorías definidas para cada uno de los indicadores o temática específica, se presentan en conjunto con los resultados en los puntos 9.1.1 a 9.1.3. Se asignaron a las unidades de análisis las categorías de muy alta, alta, media y baja, para definir su nivel de criticidad a partir del análisis realizado con matrices de decisión.

9.1.1 Análisis de la variabilidad de oferta hídrica natural

Para identificar las subzonas con mayor tendencia a la reducción del caudal por efecto de variaciones hidroclimáticas medias y extremas, se utiliza la información del capítulo 2 Oferta hídrica superficial y el capítulo 8 Variabilidad hidroclimática. Lo anterior se emplea para definir categorías de reducción de la oferta en condiciones hidrológicas medias (Tabla 9.1) y extremas secas (Tabla 9.2).

Tabla 9.1 Categorías del porcentaje reducción de caudales del mes más seco con relación a las condiciones medias

Porcentaje reducción caudal condiciones medias	Categorías de intensidad
>75	Muy alta
50-75	Alta
20-50	Media
<20	Baja

En el capítulo 8, se identificó el comportamiento de las anomalías de los caudales (condiciones máximos y mínimos) en relación con la media mensual promedio, definiendo rangos de reducción del caudal entre el 30% al 95%.

En la Tabla 9.2, se presentan los rangos de la reducción de caudal planteados en el Capítulo 8 para condiciones extremas secas y se define una categoría de intensidad de la variabilidad sobre la oferta hídrica.

Tabla 9.2 Categorías de porcentaje reducción de caudal en condición extrema baja

Porcentaje reducción caudal anomalía extrema baja	Categorías de intensidad
-95 a -61	Muy alta
-60 a -51	Alta
-50 a -41	Media
-40 a -30	Baja

Teniendo en cuenta que la variabilidad de la oferta hídrica natural está definida no sólo por la reducción

respecto a una condición media o extrema, sino también por el rango del rendimiento hídrico dentro de la unidad analizada, se combinan estos dos elementos para obtener la categorización de las condiciones de variabilidad de la oferta hídrica natural por subzona. En este contexto para un rendimiento hídrico muy bajo y una reducción de caudales muy alta se tiene la categoría de variabilidad de la oferta más crítica (muy alta). Por el contrario para condiciones en una subzona de rendimientos muy altos y reducciones de caudales en condiciones promedio muy bajas la categoría de variabilidad será la mínima (muy baja).

En la tabla 9.3, se presenta la categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en una subzona hidrográfica para condiciones hidrológicas promedio.

La categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en una subzona hidrográfica para condiciones extremas secas, se calcula de acuerdo con la matriz de análisis de la Tabla 9.4. En ella se establece la relación entre el porcentaje de reducción de la oferta en condiciones extremas seca y el rendimiento hídrico en un año medio. Se observa en la tabla que para rendimientos hídricos menores de 10 l/s/km² y reducciones mayores del 51% se tendrán las condiciones de variabilidad más críticas (muy alta).

La categorización por subzona se realizó empleando la condición extrema seca en las subzonas con monitoreo hidrológico y con la condición media para las demás. Los resultados de esta categorización para las 316 subzonas hidrográficas se presenta en el anexo 5.

Los criterios de categorización de la matriz de análisis fueron verificados con el Índice de regulación hídrica IRH, que expresa el comportamiento de los caudales de manera anual de acuerdo con las variaciones climáticas y a la capacidad de regulación de los sistemas hídricos para mantener dichos volúmenes en el tiempo. La síntesis de los resultados del IRH a nivel nacional se presentan en el capítulo 2 y por subzona hidrográfica en el anexo 2.

Tabla 9.3 Matriz categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones promedio

Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones promedio (VOH media)					
Rendimiento hídrico año medio		Reducción oferta condiciones hidrológicas promedio			
Rango l/s/km ²	Categoría	Muy alta	Alta	Media	Baja
		>75%	50-75%	20-50%	<20%
<10	Muy bajo	Muy alta	Alta	Media	Media
10 -20	Bajo	Alta	Alta	Media	Baja
20-50	Medio	Media	Media	Media	Baja
50-100	Alto	Media	Baja	Baja	Baja
>100	Muy alto	Baja	Baja	Baja	Muy baja

Tabla 9.4 Matriz categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones extremas seca

Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural condición extrema seca (VHO ex)					
Rendimiento hídrico año medio		Reducción oferta condiciones hidrológicas extremas secas			
Rango l/s/km ²	Categoría	Muy alta	Alta	Media	Baja
		-95 a -61%	-60 a -51 %	-50 a -41%	-40 a -30 %
<10	Muy bajo	Muy alta	Muy alta	Alta	Media
10 -20	Bajo	Alta	Alta	Alta	Media
20-50	Medio	Alta	Alta	Media	Media
50-100	Alto	Alta	Media	Media	Media
>100	Muy alto	Media	Media	Media	Baja

9.1.2 Análisis del recurso hídrico por condiciones de uso, contaminación y variabilidad

Para identificar las subzonas con mayor presión por condiciones de uso, contaminación y variabilidad se utilizan un conjunto de indicadores y de temas que aportan en la evaluación del estado actual del recurso hídrico y que conforman los criterios relevantes en el análisis.

9.1.2.1 Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad

Para la categorización de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad de la oferta hídrica, se emplea como insumo la categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural (descrita en el numeral 9.1.1) y el Índice de uso de agua. Estas categorías definidas para el análisis representan las condiciones de uso expresadas como una relación entre la demanda hídrica para aprovechamiento humano y la naturaleza de la oferta hídrica en una subzona (oferta hídrica y su variabilidad).

Índice de uso de agua, IUA

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 temporales y espaciales. (IDEAM, 2010a).

Se continúa considerando aún solamente la oferta superficial en el cálculo del indicador, para lo cual se emplea la siguiente expresión:

$$IUA = (Dh/Oh)*100$$

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).

$Dh = \Sigma(\text{Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado})$

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

Donde:

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano o doméstico

Csp: Consumo del sector agrícola

Csm: Consumo del sector industrial

Ccss: Consumo del sector servicios

Ce: Consumo del sector energía

Ca: Consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

$$Oh = O_{htotal} - O_{Qamb}$$

Donde:

O_{htotal} 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.

En la tabla 9.5, se presentan los rangos, categorías y significado del Índice del agua. Los resultados del IUA para las subzonas hidrográficas tanto para condiciones promedio como para condiciones secas se relacionan en el anexo 2. Para ENA 2014 se adiciona una categoría, *crítico*, para aquellos casos en los que la presión supera las condiciones de oferta, y en muchos otros representa los trasvases.

La representación espacial de los resultados de este indicador por subzonas hidrográficas para condiciones medias y secas se ilustra en los mapas de las Figuras 9.2 y 9.3, respectivamente.

Tabla 9.5 Rangos y categorías Índice de uso de agua

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	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
1.0 - 20	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

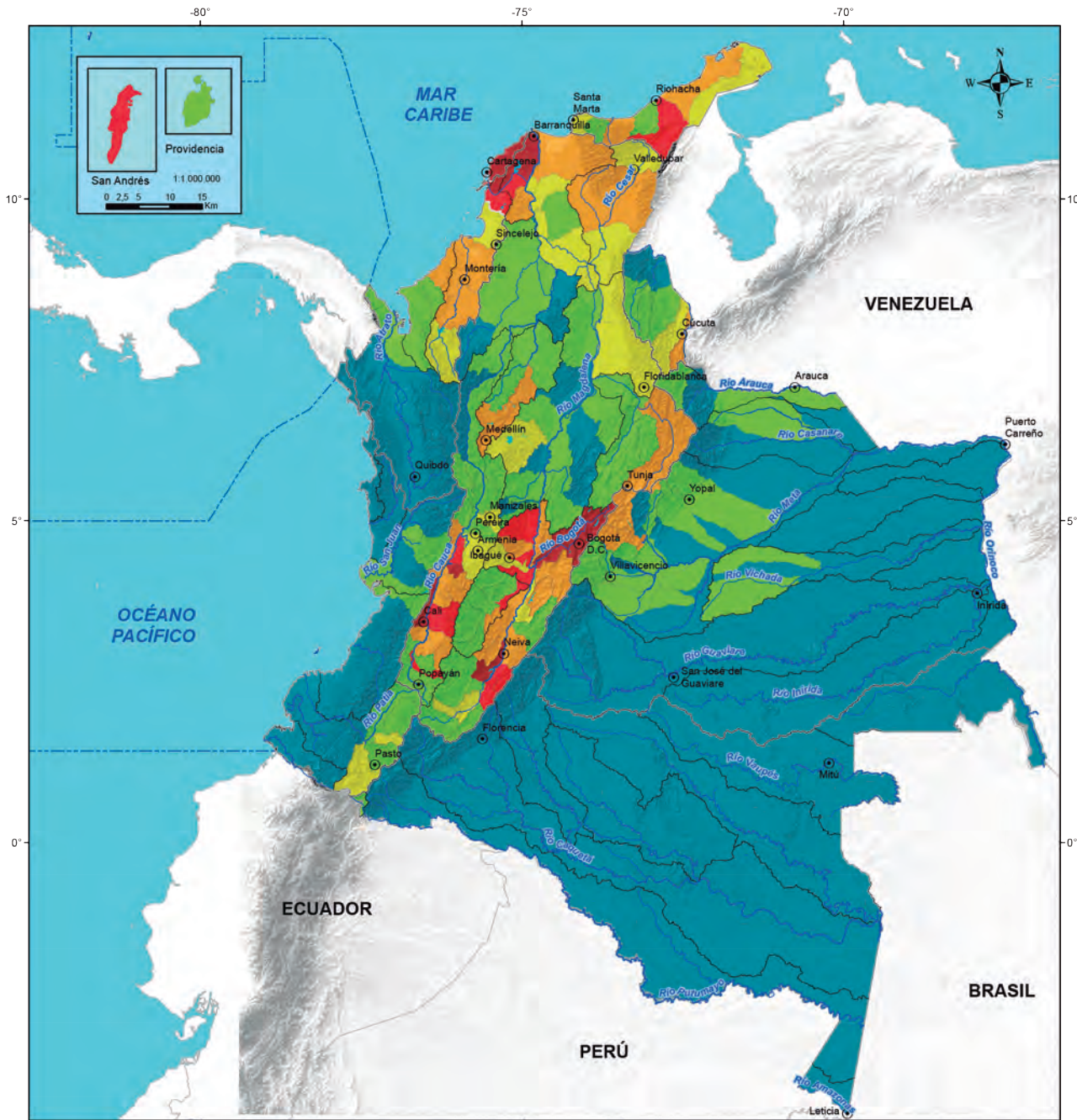
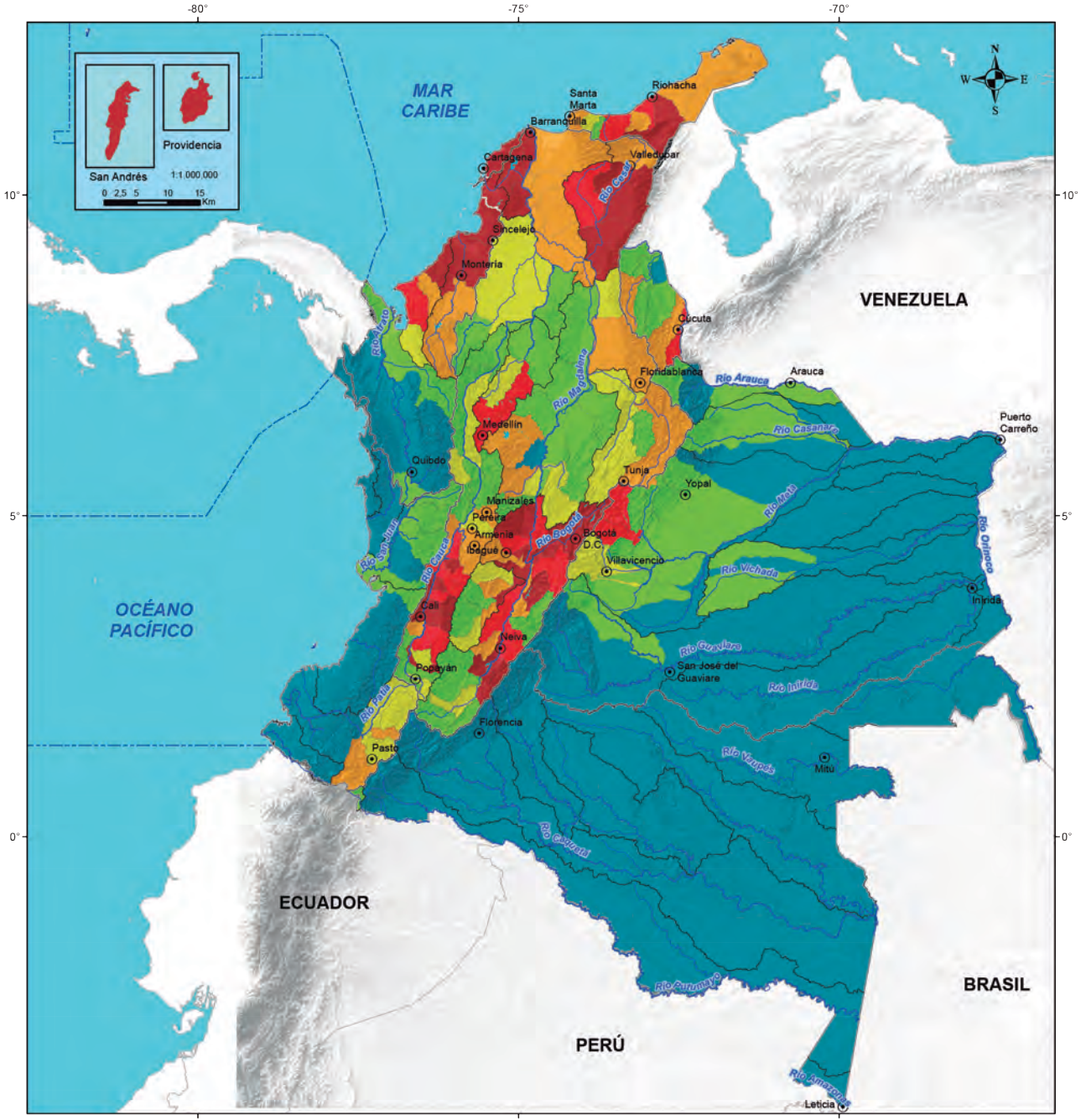


Figura 9.2 Índice de uso de agua IUA para condiciones hidrológicas promedio



<p>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014 ÍNDICE DE USO DEL AGUA CONDICIONES HÍDRICAS AÑO SECO</p>	<p>Índice de Uso del Agua (IUA) por Subzona Hidrográfica</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Crítico ■ Muy Alto ■ Alto ■ Moderado ■ Bajo ■ Muy Bajo 	<p>Convenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Capital Departamental Límite Internacional Marítimo Ríos Cuerpos de agua Área Hidrográfica Zona Hidrográfica Subzona Hidrográfica 	<p>Información de Referencia</p> <p>Escala 1:11.000.000</p> <p>0 50 100 200 300 Km</p> <p>PROYECCIÓN: Conforme de Gauss DATUM: MAGNA - SIRGAS COORDENADAS: 4° 35' 46,32" Lat N GEOGRÁFICAS: 74° 04' 39,02" Lon O</p> <p>Fuente: IDEAM 2014 Cartografía Básica IGAC</p>
	<p>Localización</p>		

Figura 9.3 Índice de uso de agua IUA para condiciones hidrológicas de año seco

La categorización del análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en una subzona hidrográfica (en condiciones media y extrema), se calcula de acuerdo con la matriz de la Tabla 9.6 y 9.7, respectivamente. Para una subzona hidrográfica se establece la relación entre el porcentaje IUA para condición hidrológica media con las categorías de variabilidad de la oferta hídrica natural en la misma condición promedio (Tabla 9.6). La categoría más crítica se establece cuando la relación de la demanda sobre la oferta disponible supera el 50% y la variabilidad es muy alta. Igualmente en condiciones extremas de variabilidad y en condiciones hidrológicas de año seco, si se supera el 20% de la oferta disponible el estado del recurso hídrico estaría en condición crítica (muy alta).

Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico IVH

Este indicador mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en 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. (IDEAM, 2010a).

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 9.8.

Tabla 9.6 Matriz de análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condición promedio

Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condiciones promedio (VRH media)						
IUA promedio = porcentaje (Demanda/oferta)		Análisis de la variabilidad de oferta hídrica natural en condición promedio				
Rango	Categoría	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Media	Media	Media	Baja	Muy baja
1 - 10	Bajo	Media	Media	Media	Baja	Muy baja
10 - 20	Moderado	Alta	Alta	Media	Media	Baja
20 -50	Alto	Muy alta	Alta	Alta	Media	Baja
50 - 100	Muy alto	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Media
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta

Tabla 9.7 Matriz de análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condiciones extremas secas

Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condiciones extremas secas (VRH ex)						
IUA (AÑO SECO) = porcentaje (Demanda/oferta)		Análisis de la variabilidad de la oferta hídrica natural en condición extrema seca				
Rango	Categoría	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Media	Media	Media	Baja	Baja
1 - 10	Bajo	Alta	Alta	Media	Media	Baja
10 - 20	Moderado	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
20 -50	Alto	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
50 - 100	Muy alto	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Tabla 9.8 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH

Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Los resultados de la estimación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento para todas las subzonas hidrográficas se presentan en el anexo 2. La representación espacial de la síntesis nacional se muestra en el mapa de la figura 9.4.

Los resultados del Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento se utilizaron para verificar los criterios de categorización de la matriz de análisis del recurso

hídrico por presiones de demanda y variabilidad en condiciones promedio (tabla 9.6) extremas secas (tabla 9.7).

En la Tabla 9.9, se presentan los resultados consolidados del análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad a nivel nacional y por área hidrográfica.

Tabla 9.9 Análisis del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad a nivel nacional y por área hidrográfica

Área hidrográfica							
	Nombre zona	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico	Total nacional
Categoría	Área total (km ²)	102.868	271.132	347.228	342.010	77.309	1.140.546
	Número subzonas hidrográficas	46	105	73	57	35	316
Muy alta	No. SZH/Categoría	2	12	1			15
	% Área ZH/AT	6,0%	8,5%	0,1%			2,6%
Alta	No. SZH/Categoría	8	33	1			42
	% Área ZH/AT	27,5%	24,7%	0,7%			8,6%
Media	No. SZH/Categoría	11	77	45	7	6	146
	% Área ZH/AT	24,1%	54,0%	63,7%	5,7%	16,6%	37,2%
Baja	No. SZH/Categoría	18	17	26	50	22	133
	% Área ZH/AT	35,5%	12,9%	35,5%	94,3%	68,0%	50,0%
Muy baja	No. SZH/Categoría	4				5	9
	% Área ZH/AT	6,9%				15,4%	1,7%

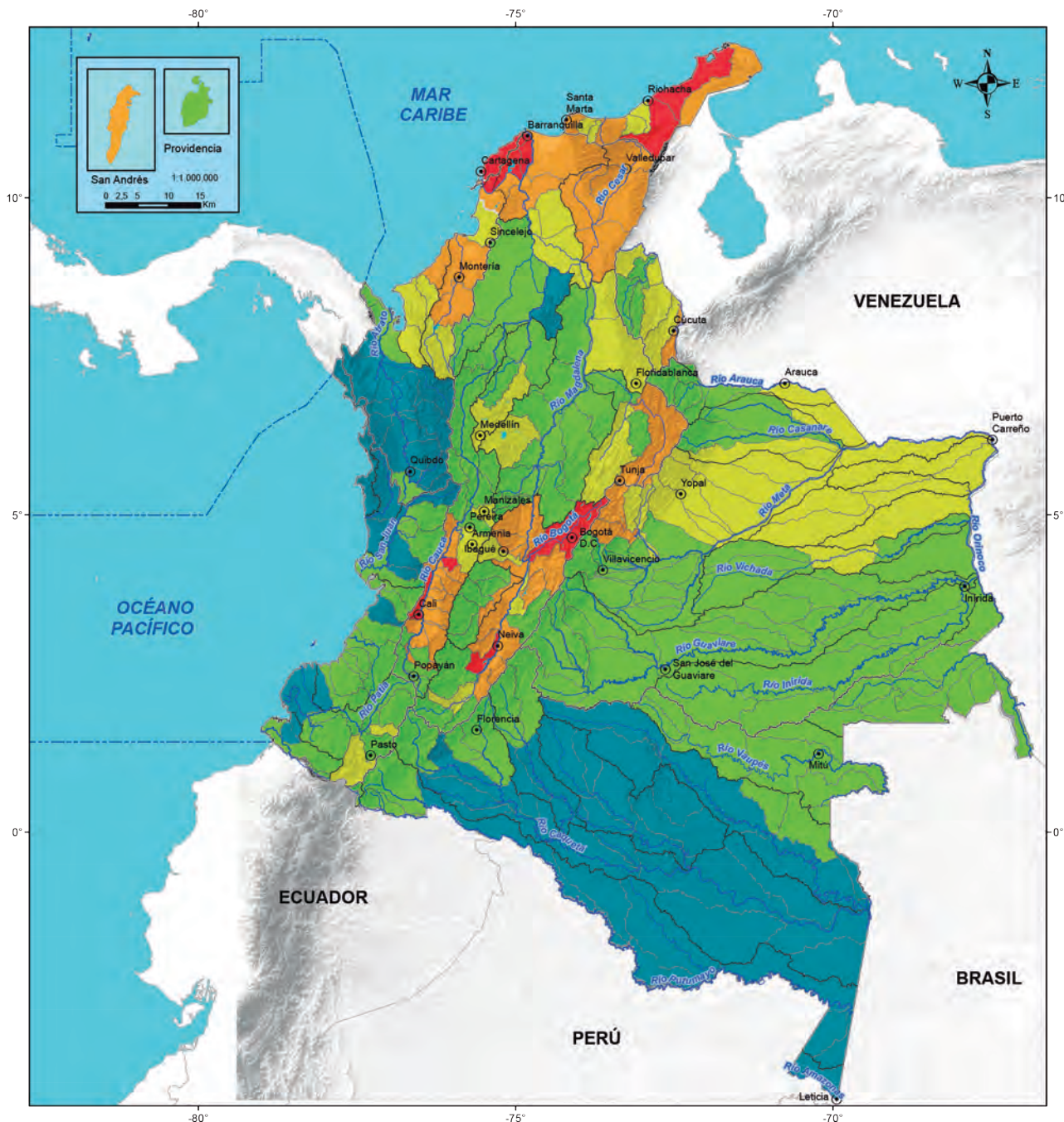


Figura 9.4 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico

La distribución de la categorización de este análisis por áreas hidrográficas se presenta en la Figura 9.5.

Tal como se aprecia en esta gráfica, las áreas hidrográficas más críticas son el Magdalena Cauca y el Caribe, mientras las áreas del Pacífico y Amazonas no presentan condiciones de criticidad pues en ellas la demanda hídrica es reducida.

9.1.2.2 Análisis del Índice de presiones hídricas a los ecosistemas por subzona hidrográfica

El Índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE) es una aproximación a la vulnerabilidad de los mismos al aprovechamiento hídrico en una subzona, dada la intensidad de las actividades agrícolas y pecuarias que no requieren riego. Éste índice se estima a partir de la relación entre la huella hídrica verde total y la disponibilidad del agua verde en una subzona.

En la Tabla 9.10, se presentan los rangos y categorización del Índice de presión hídrica de los ecosistemas y en el anexo 2 se presentan los resultados por subzonas hidrográficas.

Tabla 9.10 Categorías del Índice de presión hídrica de los ecosistemas

IPHE = Huella hídrica verde/Disponibilidad agua verde	
Rangos	Categoría
<0,1	Muy baja
0,1 - 0,3	Baja
0,3 - 0,5	Moderada
0,5 - 0,8	Alta
0,8 - 1,0	Muy alta
>1,0	Crítica

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se deduce que si la relación es superior o igual a 0.8 (muy alta), hay condiciones de insostenibilidad de los procesos ecosistémicos de las áreas protegidas; si supera a 1 (crítica) se considera que existe un deterioro de las áreas protegidas dada la conversión de éstas al sector agrícola y pecuario. La categoría alta indica que no se tendría capacidad de soporte para aumento de actividades agrícolas y pecuarias en una subzona. Las estimaciones del indicador y el análisis de resultados se desarrolló en el capítulo 5 de huella hídrica. Los resultados para las subzonas se presentan en el anexo 2.

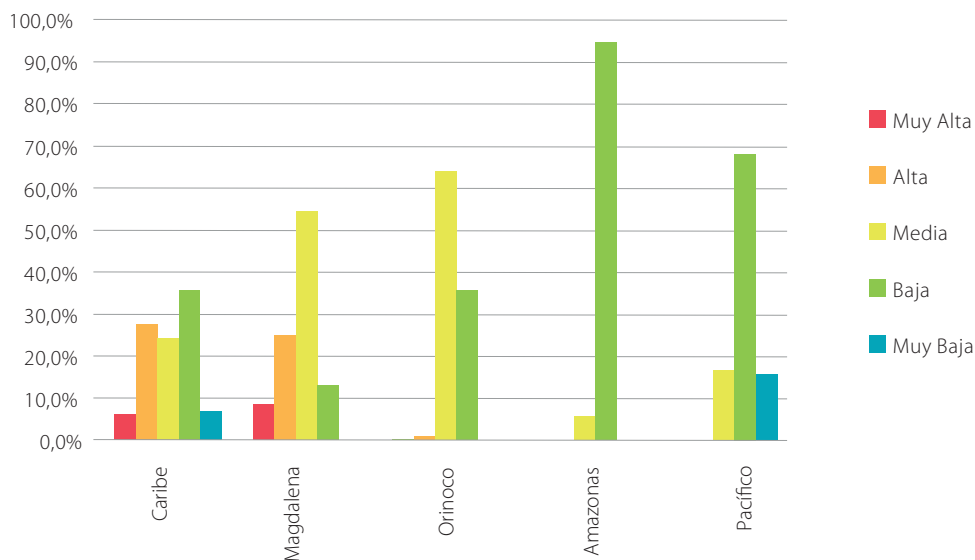


Figura 9.5 Categorización del recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad según área hidrográfica

9.1.2.3 Análisis del Índice de agua no retornada a la cuenca por subzona hidrográfica

El Índice de agua no retornada a la cuenca- IARC corresponde a la relación de la huella hídrica azul (agua no retornada a la cuenca) con la oferta hídrica disponible.

La apropiación humana del agua en una subzona presupone un relativo equilibrio entre los flujos de entrada y salida en esta. Sin embargo, dado que el agua puede ser incorporada a un producto o trasvasada se puede presentar que parte de esta no sea retornada a la cuenca lo cual se manifiesta como pérdida de agua.

La pérdida de un volumen de agua en una subzona genera alteración de procesos y dinámicas del agua superficial asociadas a la capacidad de dilución y depuración de los sistemas hídricos, además de la restricción de usos por disminución de la oferta hídrica.

Se considera que las afectaciones pueden tener una intensidad alta sobre los procesos cuando el agua no retornada constituye del 20% al 50% del total de la oferta hídrica.

En la Tabla 9.11, se presentan los rangos y categorías del IARC y en el anexo 2 se presentan los resultados por subzonas hidrográficas.

Tabla 9.11 Categorías y rangos para el IARC

IARC = Huella azul / Oferta hídrica	
Rangos	Categoría
<0,01	Muy baja
0,01 - 0,1	Baja
0,1 - 0,2	Moderada
0,2 - 0,5	Alta
0,5 - 1,0	Muy alta
>1,0	Crítica

9.1.2.4 Análisis del IACAL por subzona hidrográfica

El Indicador de Alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) da cuenta de la presión de los contaminantes vertidos a los sistemas hídricos superficiales (materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes) que afectan las condiciones de calidad del agua. (IDEAM, 2010a).

El cálculo del IACAL involucra las siguientes variables: Demanda química de oxígeno – DQO, demanda bioquímica de oxígeno – DBO, sólidos suspendidos totales – SST, nitrógeno total- NT, fósforo total – PT y la oferta hídrica. Este componente de oferta representa en forma general una señal de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos (subzonas) en condiciones hidrológicas específicas (secas y medias). En la Tabla 9.12, se presentan las categorías y rangos del IACAL.

Tabla 9.12 Categorías y rangos del IACAL

Categoría	Rangos (Carga en toneladas - año / Millones de metros cúbicos)				
	DBO	DQO - DBO	SST	NT	PT
Muy baja	< 0,13	< 0,13	< 0,3	< 0,02	< 0,004
Baja	0,14 a 0,39	0,14 a 0,35	0,40 a 0,70	0,03 a 0,05	0,005 a 0,0013
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
Alta	1,20 a 4,85	1,17 a 6,77	1,90 a 7,60	0,14 a 0,55	0,0036 a 0,134
Muy alta	> 4,86	> 6,78	> 7,70	> 0,56	> 0,135

Las estimaciones del indicador y el análisis de resultados se desarrolla en el capítulo 6 de calidad de agua. Los resultados para las subzonas hidrográficas se presentan en el anexo 2.

9.1.2.5 Análisis de la producción potencial y rendimiento de sedimentos por subzona hidrográfica

El análisis cualitativo de la producción potencial de sedimentos tiene en cuenta las siguientes variables: Sistemas morfogénicos, cobertura de la tierra y grados de erosión (área hidrográfica Magdalena-Cauca). La producción de sedimentos es acelerada por efecto de los cambios de la cobertura vegetal.

Las categorías de evaluación de la producción potencial de sedimentos se presentan en la tabla 9.13.

Tabla 9.13 Categorización de producción potencial de sedimentos

Categorización de producción potencial de sedimentos	
Rango	Categoría
0,0 - 0,02	Muy Baja
0,02 - 0,16	Baja
0,16 - 0,43	Media
0,43 - 0,56	Alta
0,56 - 1,0	Muy alta

La representación espacial y el análisis de la producción potencial de sedimentos y la síntesis nacional por área hidrográfica se trata en el capítulo 7. Los resultados para las subzonas hidrográficas se relacionan en el anexo 5.

9.1.2.6 Análisis de la carga de mercurio en obtención de oro y plata y carga contaminante en la producción de coca

En este componente se contemplan las subzonas sobre las cuales hay información de la carga de mercurio

y los contaminantes por producción de pasta de coca. Se consideran los resultados y análisis del capítulo 6 calidad de agua.

9.1.3 Evaluación integrada del agua a nivel nacional

La evaluación integrada del agua en las subzonas hidrográficas del país corresponde a la consolidación los elementos referenciados anteriormente. El propósito es identificar las subzonas hidrográficas críticas en relación con la variabilidad de la oferta hídrica en condiciones naturales VOH y con la situación actual del recurso hídrico por presiones antrópicas de uso VRH, afectación a la calidad IACAL y presión sobre ecosistemas IPHE. El análisis se complementa con información de producción potencial de sedimentos PPS/RS, uso de mercurio en la obtención de oro y plata y uso de agroquímicos que agravan la criticidad de las unidades de análisis.

En la Tabla 9.14, se presenta la matriz construida con los indicadores para evaluar integralmente el efecto combinado de los diferentes elementos considerados en términos de variabilidad y presión. Los puntajes están asignados de acuerdo con las categorías de menor a mayor criticidad (muy baja a crítica).

VOH-EX: Variabilidad de la oferta hídrica condición extrema

VOH-Media: Variabilidad de la oferta hídrica condición media

VRH –Ex: Variabilidad del recurso hídrico condición extrema

VRH –Media: Variabilidad del recurso hídrico condición media

IPHE: Índice de presión hídrica sobre los ecosistemas

IARC: Índice de agua que no retorna a la cuenca

IACAL: Índice de alteración potencial de la calidad

PPS: Producción potencial de sedimentos / RS: rendimiento de sedimentos

Tabla 9.14 Matriz de análisis para la categorización de los componentes del análisis integrado

Oferta hídrica		Recurso hídrico					Sedimentos	
1		2		3	4	5	6	
VOH- EX	VOH- Media	VRH-Ex	VRH-Media	IPHE	IARC	Iacal	PPS	RS
Muy baja 1	Muy baja	Muy baja 1	Muy baja	Muy alta 1	Muy baja 1	Muy baja 1	Muy baja 1	Muy bajo
Baja 2	Baja	Baja 2	Baja	Baja 2	Baja 2	Baja 2	Baja 2	Bajo
Media 3	Media	Media 3	Media	Media 3	Media 3	Media 3	Media 3	Medio
Alta 4	Alta	Alta 4	Alta	Alta 4	Alta 4	Alta 4	Alta 4	Alto
Muy alta 5	Muy alta	Muy alta 5	Muy alta	Muy alta 5	Muy alta 5	Muy alta 5	Muy alta 5	Muy alto
				Crítica 6	Crítica 6			

Las categorías para cada elemento del análisis integrado se evalúan para cada subzona, generando un puntaje por elemento de acuerdo con lo presentado en la tabla 9.14. En las subzonas hidrográficas donde se identifican cargas contaminantes derivadas del mercurio se le adiciona 6 al puntaje y 3 para aquellas donde se registra procesamiento de coca. Se suman los puntajes descritos para cada subzona y se le asignan las categorías de la Tabla 9.15.

En la Figura 9.6, se presenta el mapa de subzonas hidrográficas categorizadas según la evaluación integrada, con excepción de las Islas del Pacífico.

Tabla 9.15 Rangos de puntuación de las categorías de análisis integrado

Puntaje $\sum P$ variables	Categoría priorización
< 16	Baja
16 - 23	Media
24-29	Alta
>29	Muy alta

En la Tabla 9.16, se consolidan los resultados de la evaluación integrada por áreas hidrográficas en categorías.

Tabla 9.16 Categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada- área hidrográfica

Área hidrográfica							
Categoría	Nombre zona	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico	Total nacional
	Área (km ²)	102.868	271.132	347.228	342.010	77.309	1.140.546
	Número subzonas hidrográficas	46	105	73	57	35	316
Muy alta	No. SZH/Categoría	2	16				18
	% Área ZH/AT	15,7%	7,2%				3,1%
Alta	No. SZH/Categoría	15	53	3		4	75
	% Área ZH/AT	37,4%	58,5%	1,9%		11,1%	18,6%
Media	No. SZH/Categoría	7	24	9	2	5	47
	% Área ZH/AT	19,5%	22,7%	8,3%		10,6%	11,2%
Baja	No. SZH/Categoría	19	12	61	55	24	171
	% Área ZH/AT	37,0%	11,6%	89,8%	97,4%	78,3%	67,9%

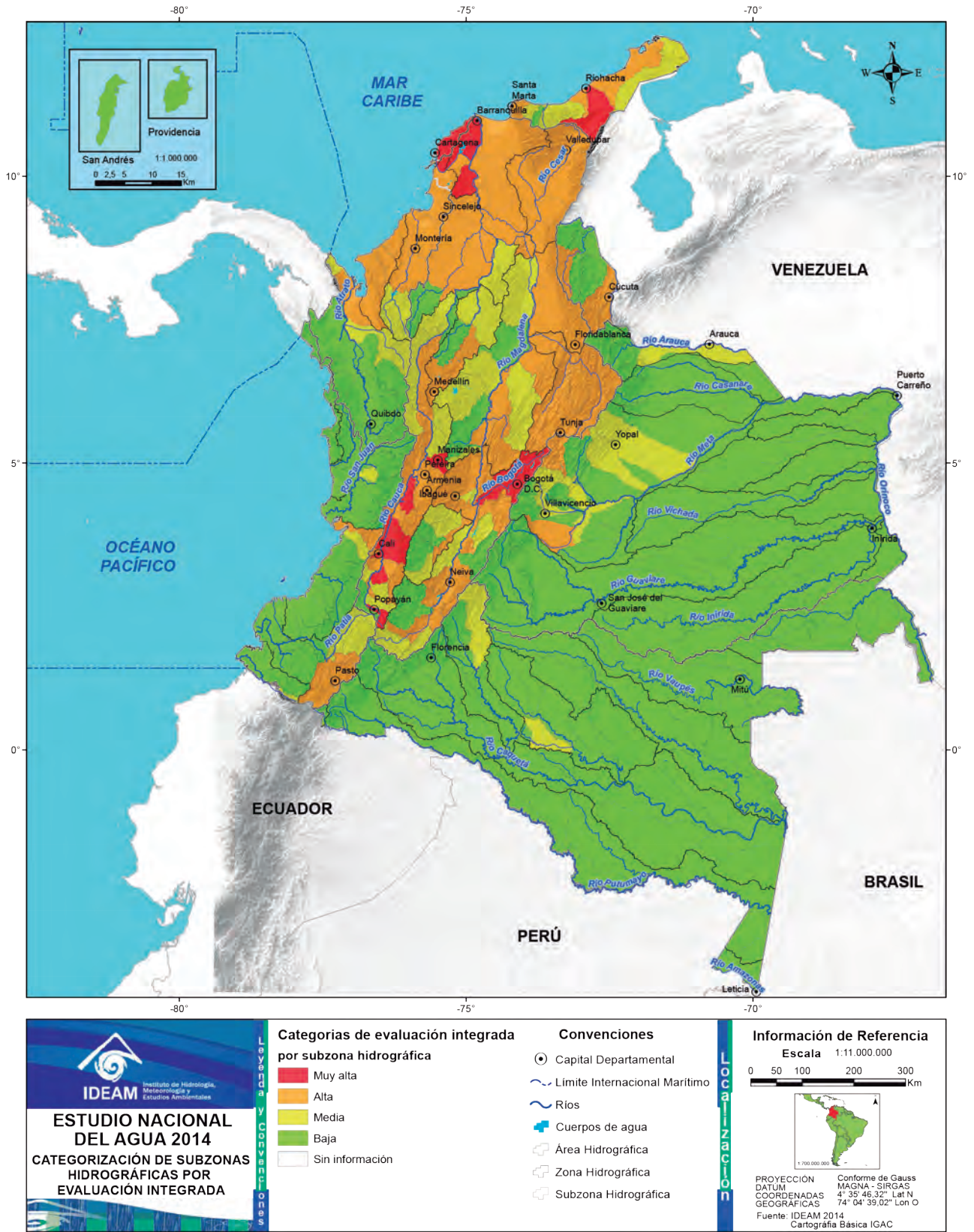


Figura 9.6 Categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada

En la figura 9.7, se presentan los porcentajes de áreas cubiertas por cada categoría según área hidrográfica.

En el Anexo 5 se presenta la tabla de categorías por evaluación integrada de subzona hidrográfica.

Las 18 subzonas con categoría muy alta, relacionadas en la Tabla 9.17, se concentran en las áreas hidrográficas Caribe y Magdalena- Cauca y cubren 25.802 km² que corresponden al 3.1% del territorio nacional.

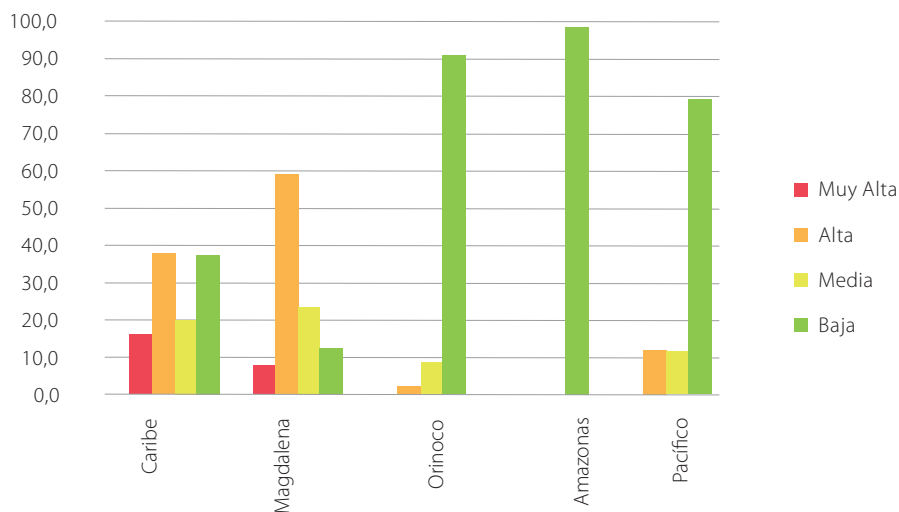


Figura 9.7 Porcentaje del área cubierta por categorías de evaluación integrada del agua por área hidrográfica

Tabla 9.17 Subzonas hidrográficas con categoría muy alta

Área hidrográfica	Zona hidrográfica		Subzonas hidrográficas	
	ZH	NOMZH	SZH	NOMSZH
Caribe	12	Caribe - Litoral	1206	Arroyos directos al Caribe
	15	Caribe - Guajira	1506	Río Ranchería
Magdalena - Cauca	21	Alto Magdalena	2120	Río Bogotá
	26	Cauca	2601	Alto Río Cauca
			2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)
			2609	Ríos Amaime y Cerrito
			2615	Río Chinchiná
			2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca
			2630	Ríos Lilí, Melendez y Cañaveralejo
			2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco - Mediacanoa y Piedras
			2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso
			2633	Ríos Guadalajara y San Pedro
			2636	Río Paila
	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando		
	29	Bajo Magdalena	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)
			2903	Canal del Dique margen derecho
			2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)
2909			Ciénaga Mallorquín	

En la Tabla 9.18, se presentan las 75 subzonas con categoría alta que corresponden al 18,6% (212.140 km²) del territorio nacional.

Tabla 9.18 Subzonas hidrográficas con categoría alta

Área hidrográfica	Zona hidrográfica		Subzonas hidrográficas		
	No.	Nombre	No.	Nombre	
Caribe	11	Atrato - Darién	1114	Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	
			1115	Río Tanela y otros directos al Caribe	
	12	Caribe - Litoral	1201	Río León	
			1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	
			1203	Río San Juan	
			1204	Río Canalete y otros Arroyos directos al Caribe	
			1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	
	13	Sinú	1302	Medio Sinú	
			1303	Bajo Sinú	
	15	Caribe - Guajira	1501	Río Piedras - Río Manzanares	
			1505	Río Camarones y otros directos Caribe	
			1507	Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	
	16	Catatumbo	1601	Río Pamplonita	
			1602	Río Zulia	
			1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	
	Magdalena - Cauca	21	Alto Magdalena	2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena
				2104	Ríos directos al Magdalena (mi)
				2106	Ríos directos Magdalena (md)
2108				Río Yaguará y Río Iquira	
2109				Juncal y otros ríos directos al Magdalena	
2110				Río Neiva	
2111				Río Fortalecillas y otros	
2112				Río Baché	
2115				Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	
2118				Río Luisa y otros directos al Magdalena	
2119				Río Sumapaz	
2121				Río Coello	
2123				Río Seco y otros directos al Magdalena	
2124				Río Totare	
2125				Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	
22		Saldaña	2203	Medio Saldaña	
			2208	Bajo Saldaña	
23		Medio Magdalena	2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	
			2304	Directos Magdalena entre ríos Guarín y La Miel (mi)	
			2306	Río Negro	
			2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	
			2314	Río Opón	
			2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	
24		Sogamoso	2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	
			2401	Río Suárez	
			2402	Río Fonce	
			2403	Río Chicamocha	
			2405	Río Sogamoso	

Área hidrográfica	Zona hidrográfica		Subzonas hidrográficas	
	No.	Nombre	No.	Nombre
Magdalena - Cauca	25	Bajo Magdalena-Cauca -San Jorge	2502	Bajo San Jorge - La Mojana
	26	Cauca	2604	Río Palo
			2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaverál
			2610	Ríos Tuluá y Morales
			2611	Río Frío
			2612	Río La Vieja
			2613	Río Otún y otros directos al Cauca
			2614	Río Risaralda
			2617	Río Frío y otros directos al Cauca
			2620	Directos río Cauca entre río San Juan y puerto Valdivia (md)
			2622	Río Desbaratado
			2627	Río Piendamó
			2629	Ríos Claro y Jamundí
			2634	Río Cali
	2635	Río Bugalagrande		
	27	Nechí	2701	Río Porce
	28	Cesar	2801	Alto Cesar
			2802	Medio Cesar
			2804	Río Ariguaní
			2805	Bajo Cesar
29	Bajo Magdalena	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	
		2905	Canal del Dique margen izquierda	
		2906	Ciénagaga grande de Santa Marta	
		2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	
		2908	Ríos Chimuica y Corozal	
Orinoco	35	Meta	3501	Río Metica (Guamal - Humadea)
			3507	Río Garagoa
			3516	Lago de Tota

9.1.3.1 Área Caribe

Los resultados de la evaluación integrada del agua para cada una de las zonas hidrográficas del área Caribe se resumen de manera gráfica en la Figura 9.8, donde se aprecia que:

El 44% del área (44.662 km²) se encuentra identificada con categorías altas y muy altas, distribuidas en las zonas hidrográficas.

- La zona hidrográfica Caribe Litoral se encuentra en su mayoría en categoría alta y muy alta, esto debido a una baja regulación hídrica, un índice de uso de agua para condición seca entre moderado y muy alto, que denota una alta presión

sobre el recurso hídrico. A esto se suma una alta presión por contaminación y una alta presión del sector agrícola y pecuario, que se vuelve crítica por unas condiciones de variabilidad de la oferta media a alta.

- En la zona hidrográfica Sinú, dos subzonas (Medio y Bajo Sinú) son de categoría alta y la restante (Alto Sinú) es baja, es decir un 67% se encuentra en categoría alta y muy alta. Esta situación se explica por una moderada a alta presión por el recurso hídrico (IUA medio), presiones del sector agrícola y pecuario que se incrementan hacia aguas abajo

en la subzona, y una variabilidad media a alta de la oferta hídrica.

- Para la zona Caribe- Guajira el 54% se encuentra en categorías alta y muy alta en la evaluación integrada del recurso hídrico, principalmente representado por las subzonas del río Piedras, río Camarones y otros directos, río Ranchería y directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira, caracterizadas por una baja regulación hídrica, y una moderada a alta presión sobre el recurso hídrico descrita en el IUA, así como una alta presión potencial de contaminación reflejada en el IACAL.
- La zona hidrográfica del Catatumbo tiene un 44% de su área en condiciones altas o muy altas en la evaluación integrada, representado por las subzonas del río Pamplonita, río Zulia y río Algodonal, en las cuales el IUA en condición de año seco tiene una alta y muy alta categoría relacionada al uso y aprovechamiento del agua que contrasta con las demás subzonas que presentan categoría baja. En estas mismas subzonas también se presenta una vulnerabilidad al desabastecimiento media y alta (en particular para el Zulia y el Pamplonita), una moderada a alta presión por contaminación, y producción de sedimentos media.

- La mayor parte del territorio de la zona Atrato - Darién se determinó como de categoría baja (75%). Las subzonas directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe y el río Tanela y otros directos al Caribe están catalogados de categoría alta, debido a la crítica presión del sector agrícola y pecuario sobre las zonas protegidas y alta demanda de uso de agua.
- Para la zona hidrográfica Islas Caribe, conformada por San Andrés, Providencia y Santa Catalina, a pesar que el análisis integrado realizado no la categoriza como muy alta o alta, es necesario aclarar que los elementos considerados en el análisis están basados en la oferta superficial y la principal fuente de abastecimiento en estas islas corresponde al agua subterránea. En este sentido se encuentran condiciones altas a muy altas de presión por demanda (IUA) y vulnerabilidad al desabastecimiento alta a muy alta (exceptuando providencia). Para San Andrés y Providencia la presión por contaminación está categorizada como de alta a muy alta. En vista de que el agua subterránea es la única fuente de abastecimiento de la población, ésta zona hidrográfica debe considerarse como prioritaria.

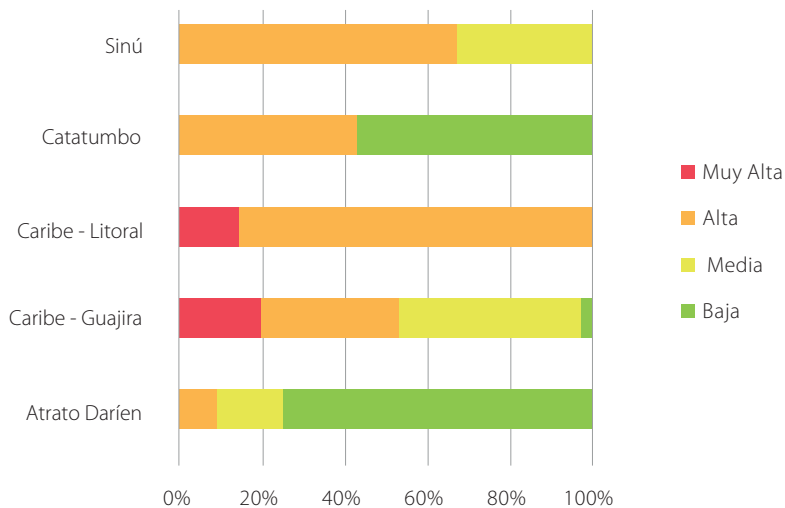


Figura 9.8 Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas en el área Caribe

9.1.3.2 Área Magdalena – Cauca

Los resultados de la evaluación integrada del agua en el área Magdalena – Cauca se resume para cada una de sus zonas hidrográficas en la Figura 9.9.

De los resultados de la evaluación integrada del agua en el área Magdalena – Cauca se establece:

- El 66 % del área del territorio (178.149 km²), el agua se encuentra en categorías muy alta y alta, que corresponde a 66 subzonas de las 105 que componen el área hidrográfica. Aunque son variadas las condiciones que generan esta categoría, se destacan una alta categoría por presiones antrópicas de uso y alta variabilidad de la oferta, además de una presión hídrica a ecosistemas alta a muy alta (sector agrícola y pecuario) y una regulación hídrica moderada a baja.
- Las zonas hidrográficas con la categoría más crítica de la evaluación del agua se concentran en Sogamoso (Suárez, Fonce, Chicamocha y Sogamoso) con categoría alta. Esto se explica por una moderada regulación hídrica (alta variabilidad de la oferta), altas presiones por uso y una alta a muy alta presión hídrica sobre los ecosistemas por el sector agrícola y pecuario.
- La zona hidrográfica del río Cesar (Alto, Medio y Bajo Cesar, y Ariguaní) está catalogada como de categoría muy alta. La zona hidrográfica Bajo Magdalena tiene el 81% de su territorio en categoría alta y la restante en muy alta. Lo anterior se explica debido a una baja regulación hídrica (alta variabilidad de la oferta), una moderada a alta presión por demanda y contaminación, que se torna a alta y muy alta en condiciones secas. La zona se caracteriza también por una alta vulnerabilidad al desabastecimiento, y una alta presión hídrica sobre los ecosistemas.
- En la zona Alto Magdalena se registra una subzona en categoría muy alta (río Bogotá) y 15 subzonas en categoría alta, siendo algunas de las más representativas: Río Yaguará y río Iquira, río Neiva, río Fortalecillas, río Baché, río Sumapaz, río Coello y río Lagunilla. En el caso del río Bogotá se da una baja regulación, frente a la alta presión por demanda y contaminación, una muy alta vulnerabilidad al desabastecimiento, crítica presión hídrica sobre los ecosistemas, y muy alta categoría de agua no retornada a la cuenca. Las demás subzonas tienen en común IUA moderado a crítico, alta vulnerabilidad al desabastecimiento y presión sobre ecosistemas en categoría alta y muy alta.
- La categorización del agua en la zona hidrográfica Cauca se distribuye en 11 subzonas en muy alta (20% del área), 14 subzonas en alta (42% del área), 8 subzonas en media (31% del área) y dos subzonas en baja (6% del área). Las subzonas en categoría muy alta presentan condiciones entre altas y críticas de presión por demanda en el recurso hídrico, vulnerabilidad al desabastecimiento entre alta a muy alta, una alta y muy alta presión por contaminación, adicionalmente presión hídrica sobre ecosistemas alta a crítica.
- En la zona del Medio Magdalena, las cuatro subzonas directas al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md), río Negro, río Opón, río Lebrija y Quebrada El Carmen) catalogadas como de categoría alta contienen el 46% del área de la zona. Estas subzonas tienen una moderada a alta presión por contaminación, alta a crítica presión por el sector agrícola y pecuario (IPHE), y una producción de sedimentos media, exceptuando la subzona del río Negro donde la producción de sedimentos es alta.
- Las subzonas de río Nare, río San Bartolo, río Carare (minero) y directas al Magdalena (Brazo Morales) presentan categoría media.
- La subzona del río Porce (36% el área total de la zona) es la única que presenta categoría alta en la evaluación integrada del agua en la zona Nechí relacionado con la alta presión del recurso por la demanda asociada, alta carga contaminante y la alta presión hídrica que ejerce el sector agrícola-pecuario sobre los ecosistemas.

- En las zona del río Saldaña, se identificaron las subzonas Medio y Bajo Saldaña en categoría alta (que representan el 13% del área) relacionada a la vulnerabilidad al desabastecimiento del recurso hídrico, la contaminación y la alta presión hídrica que ejerce el sector agrícola-pecuario sobre los ecosistemas, sumado a ello una producción de sedimentos media a alta.
- La subzona Bajo San Jorge - La Mojana, de la zona Bajo Magdalena- Cauca esta catalogada como de categoría alta, en una superficie que representa el 67% del territorio de la zona del río San Jorge. Esta categoría se presenta debido a un alto potencial de contaminación y una alta presión sobre los ecosistemas.

9.1.3.3 Área Orinoco

La evaluación integrada del agua en el área Orinoco presenta en términos generales categoría baja como se puede inferir de la Figura 9.10, con algunas excepciones en las zonas Meta y Arauca.

- Las subzonas que presentan una categoría alta se encuentran localizadas en la zona Meta y representan el 2 % del área hidrográfica. Corresponden al río Metica, río Garagoa y Lago de Tota. El río Metica con una presión sobre los ecosistemas crítica por actividades agropecuarias, y en los otros dos casos por la condición actual de la alta variabilidad de la oferta y el recurso hídrico, un alto índice de carga contaminante y de presión hacia los ecosistemas.
- Las áreas con categoría moderada representan el 8 % del area y cubren nueve subzonas en las zonas Meta y Arauca que requieren estudios del agua más detallados para determinar con mayor precisión su categoría.
- De las 73 subzonas que componen el área Orinoco, 61 se catalogaron como de categoría baja y representan el 90 % del área total del área hidrográfica. Las subzonas de categoría baja que conforman las zonas Meta y Casanare deben ser objeto de estudios del agua más detallados para determinar con mayor precisión su categoría.

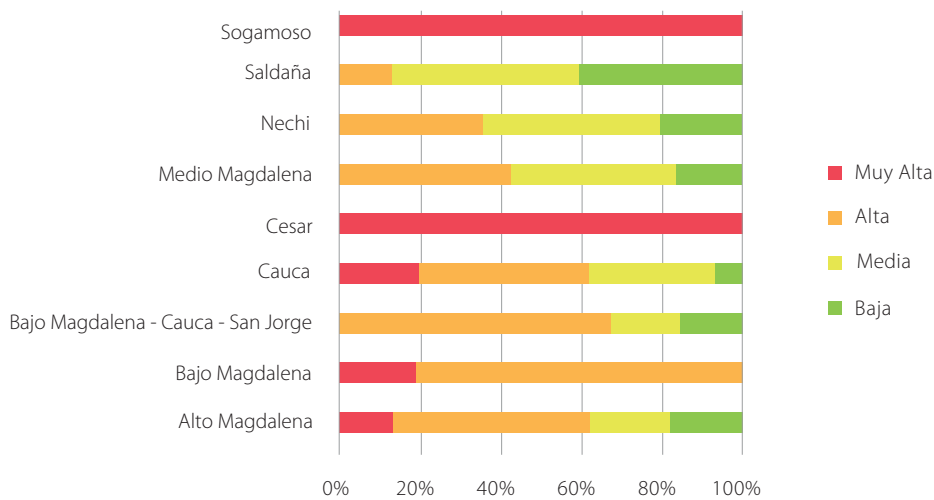


Figura 9.9 Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas en el área Magdalena – Cauca

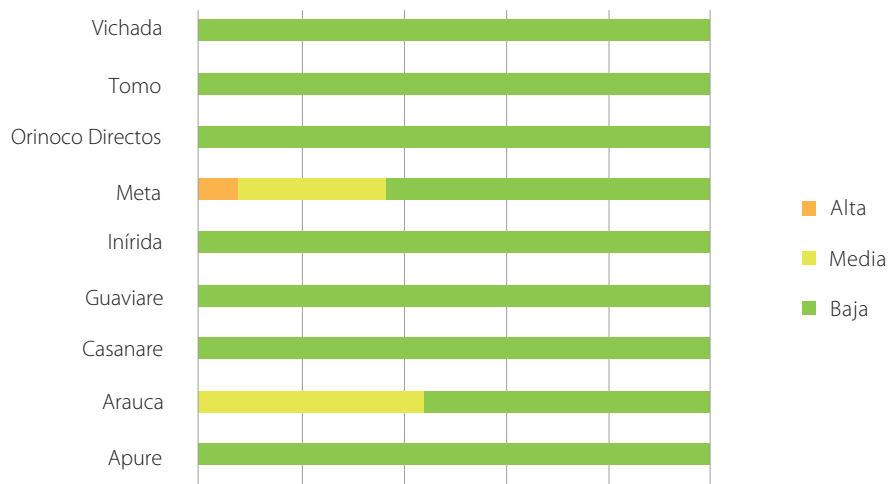


Figura 9.10 Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas– área Orinoco

9.1.3.4 Área Amazonas

En el área Amazonas no se identificaron categorías altas del agua debido a su alto rendimiento hídrico y la baja demanda registrada (Figura 9.11). Sin embargo, es necesario resaltar los altos niveles de reducción del caudal en el período seco interanual para las diferentes subzonas, lo cual denota una variabilidad de la oferta hídrica a considerar en la planeación de futuras demandas.

Teniendo en cuenta la importancia de los ecosistemas a nivel nacional y mundial en el área Amazonas se requiere la protección de estas áreas, ya que se registra presión sobre el agua almacenada en el suelo requerida por los ecosistemas por la actividad agropecuaria en las subzonas río Orteguaza, río Pescado, río Luisa, río Caguan Alto, río Guayas y río Chingual.

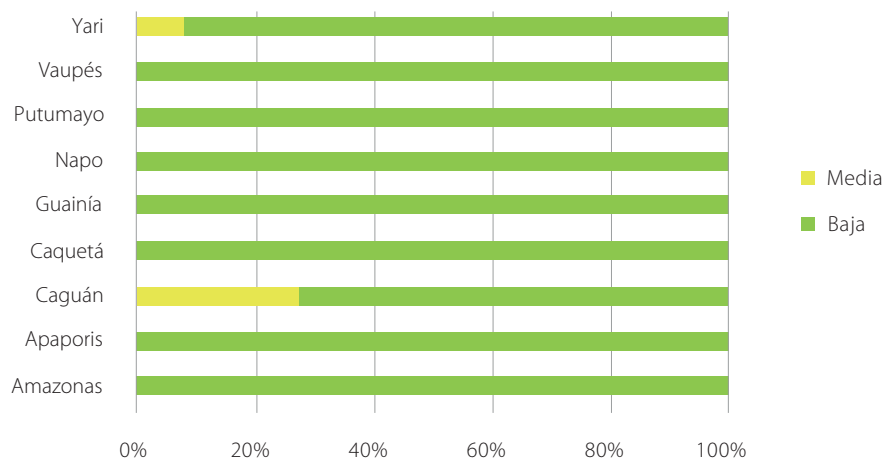


Figura 9.11 Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas – área Amazonas

9.1.3.5 Área Pacífico

El 78% del área Pacífico presenta categoría baja. La zona hidrográfica Patía presenta las condiciones menos críticas en el área Pacífico, seguida por la zona Tapaje - Dagua. Esta categoría se explica principalmente por la baja presión por demanda y contaminación y una variabilidad media de la oferta (moderada a alta regulación hídrica).

En la Figura 9.12, se presenta la información resumida de la categorización de las zonas pertenecientes al área Pacífico.

Las subzonas río Mayo, río Juanambú y río Guáitara pertenecientes a la zona Patía y la subzona Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga de la zona Tapaje-Dagua presentan una categoría alta del agua que está relacionada con un alto nivel de carga contaminante a los sistemas hídricos y una presión importante sobre el agua necesaria para el mantenimiento ecosistémicos.

La subzona río Guachicono con categoría media en la zona Patía presenta una alta producción de sedimentos, que puede ser indicativo de un deterioro importante en la cuenca.

9.1.4 Análisis Índice de vulnerabilidad de fuentes hídricas que abastecen cabeceras municipales

En el marco de lo mencionado en el capítulo 2 se analiza la vulnerabilidad de las 318 fuentes hídricas que abastecen cabeceras municipales, identificadas con problemas de abastecimiento. Se calcula para ellas el Índice de uso de agua y el de vulnerabilidad hídrica.

Los resultados de las estimaciones del Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento - IVH, que denota el grado de fragilidad de la cuenca hidrográfica para mantener una oferta, sugieren que para condiciones hidrológicas promedio de los 318 municipios, 8 cabeceras municipales del país presentan una categoría de vulnerabilidad alta, 3 de ellos en el departamento de Boyacá y uno en Cundinamarca, además de Pasto y Santa Marta. En la categoría de vulnerabilidad media se identifican 53 cabeceras municipales. Los resultados detallados para los 318 municipios se relacionan en el Anexo 3 de este estudio.

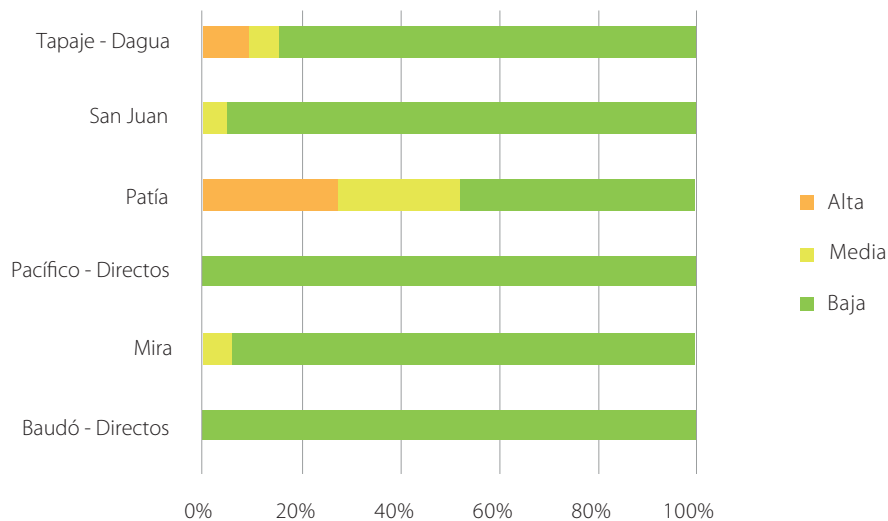


Figura 9.12 Distribución de la categorización por evaluación integrada del agua de las zonas hidrográficas – área Pacífico

La situación se acentúa para la condición seca, en la cual el IVH es muy alto en 2 cabeceras municipales, Mai-cao en el departamento de La Guajira y Chiquinquirá en el departamento de Boyacá. En vulnerabilidad alta se identifican 27 fuentes hídricas de abastecimiento municipal, 13 de ellos en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca y en la categoría media hay 42 cabeceras municipales.

De las 318 cabeceras municipales que presentan una alta probabilidad al desabastecimiento de agua, hay 65 en las que dicho desabastecimiento no es por disponibilidad en la fuente de agua, pues captan de ríos como el Magdalena- Canal del Dique, Cauca, Caquetá, Cravo sur, Pamplonita, Saldaña, Sinú, Sumapaz y Zulia entre otros. El desabastecimiento de agua que se presenta en algunos meses del año en estas cabeceras municipales, se debe principalmente a limitaciones en la infraestructura de captación y conducción e incluso en la capacidad de las plantas para tratar el agua. Es importante resaltar que aún en periodos de lluvia se puede presentar desabastecimiento de agua, debido al daño que sufre la infraestructura de captación y conducción por las continuas crecientes que presentan los ríos, quebradas, caños, arroyos o por fenómenos de remoción en masa, especialmente deslizamientos de tierra.

9.2 Análisis tendencial

En este aparte se analizan las proyecciones sectoriales de la demanda de agua en un escenario a 2022 y el agregado nacional de 2013 a 2022.

9.2.1 Proyecciones de demanda hídrica 2013 a 2022

Después de realizar un análisis del comportamiento económico sectorial del país, se construyeron las premisas conceptuales sobre las cuales se basan los modelos de proyección y se caracterizó el primer modelo conceptual. El modelo debe responder a las siguientes preguntas ¿Qué sectores económicos

ejercerán presión de uso en el recurso hídrico al año 2022 de acuerdo con las tendencias de crecimiento de la economía?, ¿Cuánta agua demandará la población colombiana al año 2022 de acuerdo con su tendencia de crecimiento?

Los conceptos básicos del modelo se resumen en:

- Intensidad de uso de agua
- Niveles de actividad económica
- Cambios de intensidad de uso de agua a lo largo del tiempo.
- Cambios de niveles de actividad de los sectores a lo largo del tiempo.
- Estructura sectorial de la economía colombiana
- Fuentes del recurso hídrico
- Costo de oportunidad de la conservación del recurso hídrico
- Cambios en la cantidad de agua perdida

Para realizar las estimaciones se plantearon los siguientes supuestos:

- Se mantienen las condiciones de crecimiento económico y su tasa es estable entre un 4% y un 5%. El DNP calculó una tasa del 4.5% como tasa de crecimiento potencial de la economía colombiana. El plan estratégico calculó una tasa de crecimiento del PIB a 2050 del 4.5%.
- Se incrementan las condiciones de la accesibilidad nacional a las regiones y por lo tanto se intensifican los intercambios y las dinámicas de crecimiento nacional y regional. Sin embargo, los efectos en la tasa de crecimiento económico no se notarán en los 10 años de proyección.
- Los mercados internacionales se mantendrán estables para los bienes comercializados con el resto del mundo.
- El comportamiento del clima y con este el régimen de lluvias (fenómeno del niño y niña) es un factor determinante en el comportamiento del sector agropecuario y puede afectar al sector energético.
- La tecnología se supone invariable.

Finalmente al hacer la investigación por sectores se escogieron las variables y se realizaron los cálculos. En síntesis, el modelo de proyecciones reúne las variables y relaciones ilustrados en la Figura 9.13.

La demanda total proyectada es igual a la sumatoria de las proyecciones de demanda de los sectores económicos y de la demanda para uso doméstico

$$Dpt = f(Dpa + Dpp + Dpch + Dpi + Dpe + Dph + Dps + Dpch) \quad \text{Ecuación 1}$$

La proyección de la demanda de agua en los sectores económicos considera:

a) Variables económicas de entorno: corresponden a las variables del mercado que influyen en las decisiones de producir más del bien, o no políticas, no tiene influencia sobre ellas pero determinan las decisiones que tomen los empresarios del sector PIB, precios internacionales población tasa de cambio, tasas de interés de los créditos.

b) Variables propias del sector económico: corresponden a variables internas que determinan el comportamiento de la demanda de agua dada las condiciones de estructura y dinámica de la actividad económica particular.

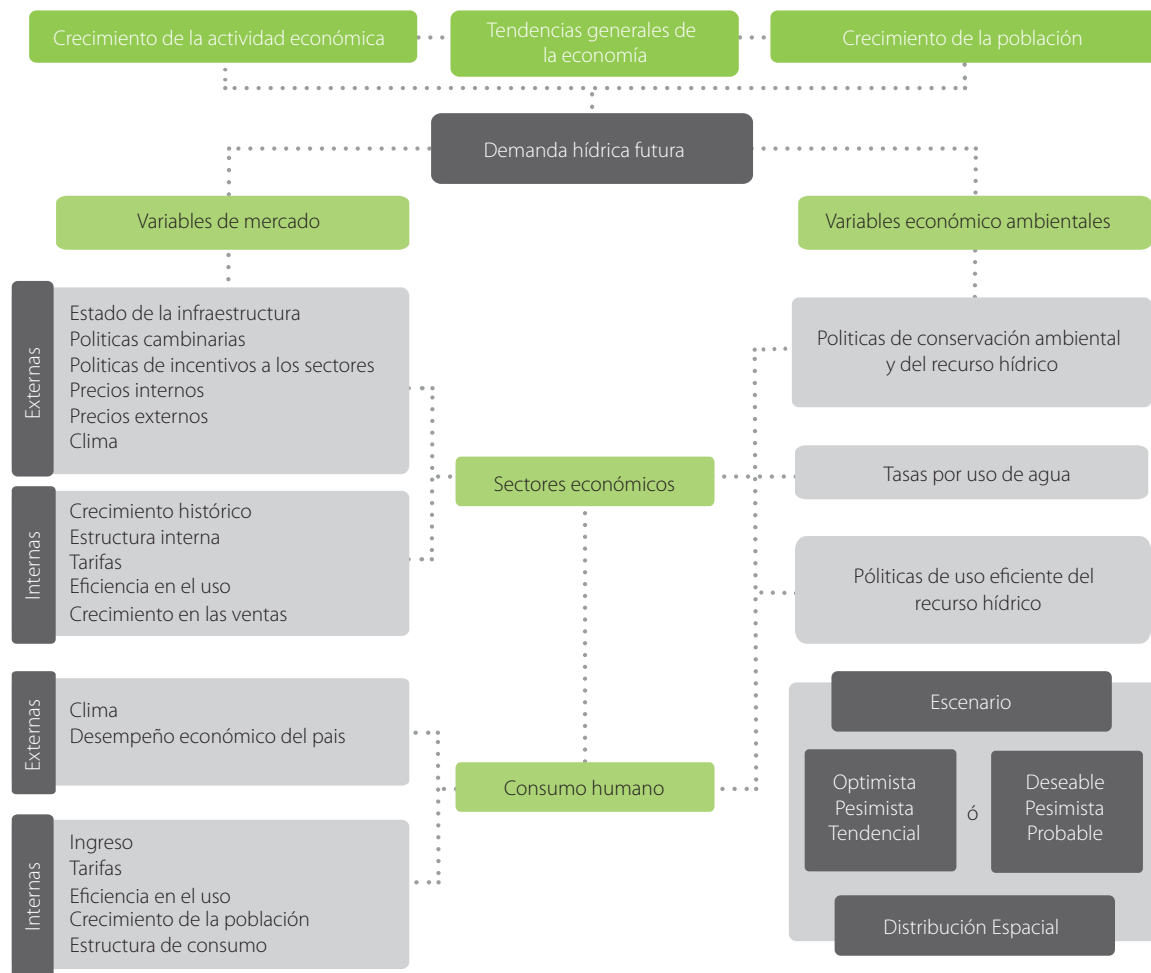


Figura 9.13 Diagrama básico de relaciones de variables para el modelo

c) Variables ambientales: corresponden a variables que hacen que se endogenicen factores que limitan la demanda de agua dadas las condiciones ambientales.

Los resultados se presentan teniendo en cuenta los diferentes escenarios de comportamiento de los sectores y de la economía colombiana en la década 2013 – 2022.

9.2.1.1 Escenario Optimista (Deseable)

El crecimiento de la población continúa con una tendencia lenta. En el consumo humano ha venido disminuyendo por los ajustes en las tarifas desde el año 2004. Se espera que el uso doméstico de agua continúe decreciendo y los sectores hagan un uso racional disminuyendo las pérdidas hasta en un 5%.

Como se tendrán mejores infraestructuras de medición y control se aumenta la autoregulación en el uso y las políticas de uso eficiente se interiorizan, lo cual se evidencia en la utilización de tecnologías ahorradoras de agua y procesos económicos de producción que hacen un uso eficiente el mismo.

Las tasas por uso de agua se nivelan de tal manera que los usuarios entienden que la tarifa es un instrumento para garantizar la conservación y no como un impuesto al uso del agua.

La economía nacional continúa con una tasa de crecimiento dinámica y sostenida superior al 5% ya que se concretan las obras de infraestructura nacional que les da mayor accesibilidad a los mercados y el clima es moderado por lo que no afecta las cosechas ni la producción ganadera. Tampoco hay racionamiento en el uso del agua ni cortes de energía.

9.2.1.2 Escenario pesimista

El uso desmedido del agua es la constante tanto en los sectores económicos como en el uso doméstico.

Si bien el crecimiento de la población mantiene su velocidad de crecimiento, se ahondan sus condiciones de pobreza por lo que no se interiorizan los comportamientos para garantizar un uso eficiente del agua.

Las tasas por uso de agua siguen siendo muy bajas y si bien los recaudos no son económicamente eficientes, no lo son tampoco los planes de conservación de cuencas o de los recursos naturales en general. El fenómeno del niño se intensifica (todos los años) y se afectará la producción agropecuaria aumentando la importación de alimentos. La actividad económica tendrá por épocas racionamiento de energía lo que puede afectar el crecimiento económico, así se tengan perspectivas de tasas altas.

Aunque la coyuntura actual del país en materia de mercado de minerales es de baja en los precios, afectando su dinámica, en el largo plazo resultará afectado por la enfermedad holandesa. Lo cierto es que ha habido un desplazamiento de las exportaciones industriales en favor de commodities, situación que tiende a profundizarse.

Si bien seguirá creciendo la participación de la minería en el PIB de Colombia lo cual es importante para la economía, no se controla el uso de agua realizado por este sector. Se considera que las pérdidas continuarán siendo altas a lo largo de la década.

9.2.1.3 Escenario Probable

Hay un crecimiento de la economía con tasas del 4% al 5%, las condiciones del proceso de uso de agua en las actividades económicas sigue siendo el mismo con altos desperdicios de agua ya sea porque no se hace un control en el uso del mismo, porque los sistemas de medición y control no mejoran o porque no se establecen tarifas con alta significación que modere el consumo. Es posible que los consumos de agua tengan una tendencia de crecimiento que supone tasas similares a las existentes hoy.

El uso de agua humano sigue aumentando y los usos en las áreas rurales no tienen control. Por lo tanto, la velocidad de demanda de agua rural será creciente y rápida mientras que la registrada en las áreas urbanas crece a ritmos mas lentos. Sin embargo, el crecimiento de las áreas urbanas continuará haciendo que los mayores volúmenes de agua se concentren en las principales ciudades. También la población sigue en un proceso de envejecimiento cuya participación estará en el 13% en el año 2020.

Dicha situación seguramente presionará el uso de agua en servicios médicos y otros servicios propios de la dinámica de la población adulta y mayor. Se mantienen las condiciones favorables para la inversión extranjera y se sigue impulsando la actividad minera con un control limitado de los consumos de agua solamente a lo establecido en los permisos.

La demanda de energía sigue alimentándose de las fuentes hídricas, factor favorable para el crecimiento del país. Entran en funcionamiento 3 nuevas hidroeléctricas y continuará aumentando moderadamente la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas.

9.2.2 Proyecciones sectoriales de demanda de agua 2012 a 2022

Las proyecciones presentadas en este documento establecen el comportamiento del uso de agua año a año hasta 2022, a diferencia de las proyecciones publicadas en el 2010 que presentan el 2019 como un solo año de proyección. Las actuales proyecciones calculan el comportamiento año a año y a establecen hipótesis de ese comportamiento con base en la literatura y el comportamiento histórico del uso de agua del sector. El cálculo año a año permite afinar los resultados, suponiendo unas hipótesis de comportamiento mas ajustado a la realidad económica y por ende el comportamiento del uso de agua.

9.2.2.1 Proyección de demanda de agua en el sector industrial

Para el cálculo de la proyección de uso de agua del sector industrial se tomó la serie 2000 – 2012 de uso de agua por ramas de actividad, tomado de la matriz de utilización de productos del DANE presentada en valores monetarios. El valor monetario del uso del agua de todo el sector se dividió por las tarifas de acueducto del año correspondiente obtenidas de la base de datos de tarifas de la de la Superintendencia de Servicios Públicos y se obtiene el volumen del uso de agua como un valor de referencia del comportamiento decreciente del uso de agua en el sector.

Se obtiene el valor proyectado del PIB industrial mediante un modelo multivariado, donde se estableció que el comportamiento del valor de la producción es decreciente de acuerdo con los coeficientes obtenidos. Tal resultado es consistente con la pérdida de participación de la industria en el PIB total y las variaciones de crecimiento del PIB del sector en la década. Las variaciones anuales del PIB obtenidas en la función ajustada 2000 – 2012 se asumen como el comportamiento que tendría la década 2013 – 2022 y por lo tanto se aplican al uso de agua de 2012 para obtener el pronóstico.

En este contexto la proyección de demanda de agua para la industria se estima a partir de:

$$D_{pi} = a x_i + b_i$$

Donde:

D_{pi} : demanda de agua proyectada de la industria
 a : es un factor de comportamiento del crecimiento del uso de agua dado por el crecimiento de la producción del sector industrial. Se conforma a partir del volumen de producción de cada uno de los sectores escogidos como demandantes de agua. El comportamiento del volumen de producción de cada sector depende de las ventas, los costos de producción, la tasa de crecimiento del PIB, el crecimiento de la población

en el periodo de tiempo escogido y la inversión extranjera directa.

bi: es el uso mínimo de agua de cada industria seleccionada como demandante de agua

xi: es el volumen de producción estimado en cada sector i, seleccionado como demandante de agua

El uso de agua proyectado para la industria en la década se comportará de manera decreciente. Si bien las tasas no superan el 0,011% durante toda la década se prevé que disminuya dada la pérdida de participación del sector en el PIB y los diferentes obstáculos para la generación de industria en el país. (Tabla 9.19 y Figura 9.14).

La Tabla 9.19, muestra un comportamiento que supera levemente los 2.070 millones de m³, perdiendo un 1% durante toda la década 2013 – 2022. El comportamiento creciente de los costos de producción y los efectos de las políticas de comercio exterior pueden afectar la producción industrial y por lo tanto afectará a la baja el uso de agua.

Dentro de las hipótesis a probar, una es que la disminución en el volumen de agua no responde a un uso más eficiente sino a una disminución en el tamaño del sector industrial en el país.

La pérdida de participación del sector industrial en la economía, en la década alcanzó 2,31%. De acuerdo con el Ministerio de hacienda y crédito público

Tabla 9.19 Proyecciones uso de agua en industria

Año	Probable miles de m ³	Pesimista miles de m ³	Deseable miles de m ³
2012	2.072.577	2.072.577	2.072.577
2013	2.072.440	2.155.481	2.064.123
2014	2.072.304	2.241.700	2.055.696
2015	2.072.162	2.331.368	2.047.289
2016	2.072.008	2.424.623	2.038.916
2017	2.071.855	2.521.607	2.030.558
2018	2.071.684	2.622.472	2.022.220
2019	2.071.502	2.727.371	2.013.915
2020	2.071.319	2.836.465	2.005.653
2021	2.071.143	2.949.924	1.997.419
2022	2.070.962	3.067.921	1.989.211

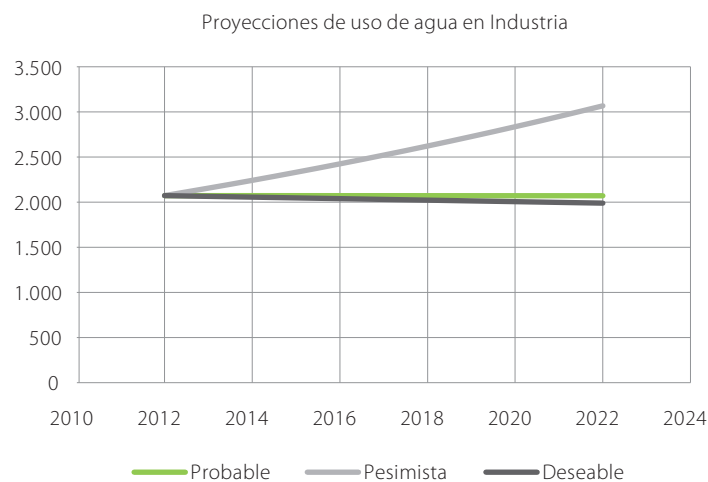


Figura 9.14 Proyecciones de uso de agua en actividad industrial

(MHCP), el PIB de 2013 se ubicó 22% por debajo del nivel que hubiera alcanzado si su crecimiento fuese el de la tendencia observada antes de la crisis de 2008. La industria ha venido desacelerando en los últimos seis años un efecto vinculado con el cambio de la estructura productiva del país que se adecua en favor del sector servicios. (DNP, 2014).

Entre los factores que influyen en tal desaceleración, se encuentran los bajos niveles de productividad, escasa innovación, débil competitividad y la concentración de las exportaciones en pocos sectores y productos industriales.

El porcentaje de crecimiento del sector a lo largo de la década ha sido fluctuante, terminando la década con un decrecimiento real de -1,20% en 2013.

9.2.2.2 Proyección de demanda de agua en el sector de generación de hidroenergía y termoeléctricas

Se obtiene la estimación 2013 – 2022 al aplicar un factor de conversión de GWH a Mm^3 al total de la demanda de energía proyectada según el modelo de la UPME, publicado en las proyecciones de demanda de energía eléctrica, revisión de 2014.

El valor de la demanda de energía eléctrica proyectada tomado es el 94,9% ya que este es el porcentaje generado con agua (hidro y termoeléctricas). Se asume el escenario de proyección de demanda de energía más alto. Se distribuye el 64,2% en generación mediante hidroeléctricas y 30,7% en generación mediante termoeléctricas. A su vez se distribuye la generación por termoeléctricas en aquellas que utilizan gas (70%) y carbón (30%).

Estos porcentajes de distribución se hacen con el fin de aplicar los factores de conversión de GWH en Mm^3 , los cuales son diferentes para cada una de estas categorías.

Los resultados de las proyecciones de uso de agua en generación de energía se presentan en la Tabla 9.20

y en la Figura 9.15, donde el comportamiento probable alcanzará 11.039 millones de m^3 en 2022. Según la tercera revisión del año 2014 de las proyecciones de demanda de energía de la UPME, estas se realizan mediante un ejercicio riguroso de modelación de la demanda que comprende el análisis macro nacional e internacional.

El análisis del entorno macroeconómico nacional e internacional es, a su vez, el marco de análisis de la demanda y de los precios de la energía. La demanda atendida por el Sistema interconectado nacional y las demandas especiales o de grandes consumidores, se analizan complementando el comportamiento de la demanda regional.

Según estas proyecciones la economía colombiana se encuentra en una fase expansiva con una reducción de riesgo, hecho que favoreció la inversión extranjera directa especialmente en el sector minero energético. Sin embargo, el comportamiento de la inflación contrae la demanda y la revaluación constriñe la inversión. Incluso el precio de la energía eléctrica jalona el aumento de la inflación.

En el plano internacional, la baja de los precios del petróleo desacelerará el crecimiento económico del país y la desaceleración de las grandes economías internacionales agravará la tendencia y dificultará el repunte de los precios. En particular el comportamiento de los indicadores de los Estados Unidos marcan el entorno económico a países como Colombia (UPME, 2014).

La demanda de energía sigue la tendencia del crecimiento económico del país. En el último año la minería y la industria contribuyeron negativamente, el agro tuvo una pobre dinámica 1,8%, el sector de la construcción, financiero y servicios sociales contribuyeron con porcentajes superiores al 5%. El comportamiento de la demanda de energía promedio en la década 2000 – 2012 es de 3,18%.

La hipótesis de la UPME cuando examina la dinámica del crecimiento observado indica la terminación de

una fase de auge en el ciclo, y el comienzo probable de una desaceleración por lo que un crecimiento - del PIB nacional- superior al 5% no parece factible en el corto plazo (UPME, 2014, pág. 10).

El 63% de la energía la demanda la industria y la minería del país, (UPME, 2014), como su comportamiento de largo plazo se ha venido reduciendo, la demanda de energía será decreciente, siendo un sector con uso intensivo. Sectores menos intensivos en el uso de energía son los que están contribuyendo al crecimiento económico y por ende de la demanda de energía. Este factor permite suponer que el crecimiento futuro de la demanda de energía sea relativamente lento. No obstante, como la demanda de energía es inelástica al precio y al ingreso de los demandantes, la

sensibilidad ante los cambios de los sectores es baja contrarrestando el efecto anterior.

“Así mismo, el crecimiento de la demanda de energía no parece estar siendo impulsado por la industria, que sumado al mejor desempeño de crecimiento en los sectores no intensivos en energía como construcción o sector financiero, infieren un uso más eficiente del consumo por parte de éstos sectores.” (UPME, 2014, pág. 12).

Como la demanda de agua para la generación de energía es el 64,9% del total de la generación, y como se está asumiendo un parámetro de conversión para hallar el uso de agua, el comportamiento de la demanda de agua a lo largo de la década 2013 – 2022 sigue la misma tendencia. La literatura revisada sobre el com-

Tabla 9.20 Proyecciones uso de agua en generación de energía

Año	Probable miles de m ³	Pesimista miles de m ³	Deseable miles de m ³
2013	8.244.778	8.345.729	8.143.827
2014	8.674.864	8.638.265	8.601.667
2015	9.164.821	9.018.023	8.871.765
2016	9.530.533	9.380.359	9.230.725
2017	9.765.788	9.611.968	9.458.687
2018	10.133.121	9.975.654	9.818.728
2019	10.480.197	10.319.219	10.158.781
2020	10.731.253	10.566.493	10.402.274
2021	10.966.508	10.798.237	10.630.506
2022	11.211.216	11.039.299	10.867.922

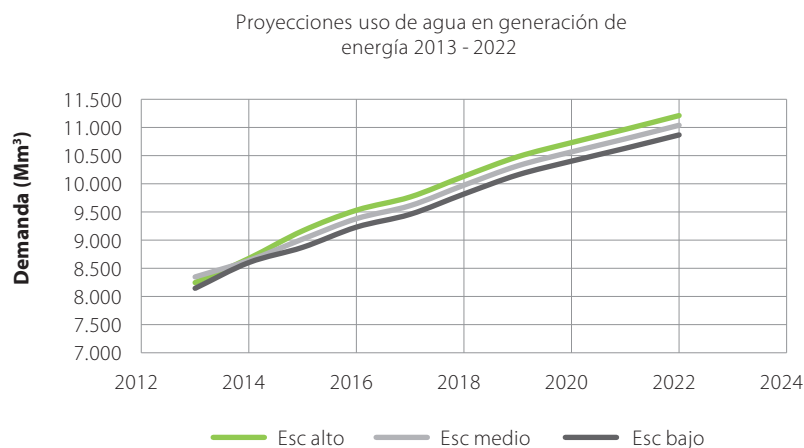


Figura 9.15 Proyecciones de agua en generación de energía

portamiento pronosticado para los demás sectores y las condiciones macro, permite asumir la hipótesis de un comportamiento medio de la demanda, aunque las proyecciones no tienen unas diferencias profundas. No hay razones para suponer una tendencia extrema a la baja o por el contrario a una gran demanda. Por lo tanto, se asume el escenario medio como el más probable en la década evaluada.

Esta demanda de agua está íntimamente relacionada con el comportamiento de los proyectos de expansión de energía en donde la generación está determinada por el comportamiento de la demanda eléctrica. La capacidad instalada se ha incrementado gradualmente en los últimos 20 años (UPME, 2013), con 14.426 MW de capacidad efectiva.

9.2.2.3 Proyección de demanda de agua en los sectores de minería y construcción

Se calcula el uso de agua de minería y de construcción en el ENA por primera vez aclarando que su estimación no corresponde a un modelo tendencial pues no se cuenta con una serie de datos de uso de agua.

En el caso de la construcción, si bien es un sector considerado estratégico para el crecimiento del país, la estimación del uso de agua está muy por debajo del uso real.

En este sentido, para dar una señal sobre el uso futuro del agua se supone que el comportamiento futuro sigue la tendencia del PIB nacional estimado en un 4%. El valor obtenido se agrega al uso de la industria en la síntesis general que se presenta al final de este capítulo.

De la misma manera, las proyecciones del sector minero se calculan con base en la tasa de crecimiento del PIB del 4% anual, debido a la ausencia de datos disponibles para establecer un modelo de comportamiento del uso de agua.

La proyección de la demanda hídrica de estos sectores calculada en estas condiciones corresponde

a 950 mil m³ de agua en el año 2022 de minería y 49 millones m³ para el sector de la construcción.

9.2.2.4 Proyección de demanda de agua en el sector de hidrocarburos

Las proyecciones fueron proporcionadas por la UPME bajo la metodología de escenarios de producción. Solamente incluye el crecimiento de la producción de hidrocarburos, es decir que no se estima el volumen de agua utilizada en exploración y refinación. Se escoge el escenario de producción base y se aplican los factores de uso de agua obtenidos por ACP para el año 2014.

De esta manera, la demanda hídrica para este sector se estima a partir de:

$$D_{hp} = a * m^3 + b * m^3 + m^3_{ap} + d * m^3 + e * m^3 + f * m^3$$

Donde:

- a: factor de uso de agua por área de exploración m³/1000 pies de pozos perforados
- b: factor de uso de agua por producción en barriles de crudo m³/BPP
- m³_{ap}: m³ de agua extraída en la recuperación de crudo (agua de producción)
- d: factor de uso de agua por longitud de tubo instalado para el transporte m³/BPPD transportado
- e: factor de uso de agua por vehículos utilizados en el transporte de crudo
- f: volumen en m³ de agua utilizada en refinación
- BPT año: producción total de petróleo en barriles al año.
- BPT año: producción total de petróleo f (Pi, l_{ext}, Vi, pp, C)
- Pi: precios internacionales del petróleo
- l_{ext}: valor de la Inversión extranjera directa en el sector
- Vi: ventas internacionales de petróleo
- pp: número de pozos perforados año
- C: costos

De acuerdo con las proyecciones del sector, realizadas por la UPME en la cual establecen 3 escenarios de comportamiento de la fase de explotación de petróleo, únicamente se utilizan los factores de uso de agua para la fase de producción y se obtuvieron los siguientes resultados:

La Tabla 9.21 y Figura 9.16, muestran un uso de agua creciente en el caso de abundancia de explotación de petróleo, decreciente en escasez y con un decrecimiento menos marcado en el escenario convencional. En cada uno de ellos y para todos los años, excepto en el escenario de escasez para 2020 a 2022, el uso de agua supera el millón de m³ anuales. Se supone, de acuerdo con los factores utilizados, que tendrán una intensidad de uso estable, pero estrechamente relacionado con el volumen de producción.

Los escenarios base, escasez y abundancia fueron contruidos por la UPME (2012) previa definición de variables críticas “actuales y futuras” para el sector de hidrocarburos. A partir de la priorización de tales variables se determinó el nivel de impacto e incertidumbre sobre el sector energético colombiano, el cual está contenido en el documento “Escenarios de oferta y demanda de hidrocarburos en Colombia”.

Los tres escenarios se construyeron con un horizonte temporal de 18 años, a partir de una distribución matricial

del nivel de impacto e incertidumbre de las variables, y se definieron de acuerdo al consenso de expertos.

El escenario base, presenta los estadios de mayor probabilidad para cada una de las variables críticas y se caracteriza por la continuidad de la tendencia reciente de incorporación de reservas. El crudo es el principal producto. La producción de crudo se mantiene por encima de los 900 KBPD de manera sostenida, nivel similar a la actual producción.

El escenario pesimista o de escasez se construyó a partir de los estadios en los que existen las mayores limitaciones a la oferta de hidrocarburos (reservas y factores de desarrollo), en este, se suponen hallazgos moderados, estimándose una incorporación inferior a la realizada en los últimos 10 años. El escenario optimista, deseable desde el punto de vista de abastecimiento, se caracterizaría por una incorporación de reservas convencionales por encima de los mejores años en la última década, y un desarrollo a gran escala de los crudos pesados tanto por la confirmación de reservas como por un aumento del factor de recobro.

Con la serie de producción de petróleo 2012 – 2037 estimada por la UPME y con los indicadores ambientales (módulos de consumo) identificados por ACP se calcularon los usos de agua proyectados año a año 2013 – 2022.

Tabla 9.21 Proyecciones de uso de agua en sector hidrocarburos

Año	Escasez - Convencional miles de m ³	Base - Convencional miles de m ³	Abundancia - Convencional miles de m ³
2013	1.263	1.263	1.263
2014	1.252	1.257	1.261
2015	1.206	1.244	1.281
2016	1.209	1.320	1.431
2017	1.233	1.447	1.661
2018	1.217	1.494	1.771
2019	1.444	1.416	1.688
2020	968	1.192	1.561
2021	908	1.101	1.571
2022	843	1.029	1.603

Se toma el escenario base como el escenario probable, dados los parámetros que le sustentan. Los resultados como lo muestra la Tabla 9.21 y en la Figura 9.16, alcanzan volúmenes de agua usados sobre los 1,028 millones de m³ en 2022 solamente para producción de petróleo convencional.

Es importante resaltar que estas proyecciones se refieren a la explotación de petróleo convencional. No se considera el fracking en donde el uso de agua puede superar en 10 o más veces al uso convencional.

Con unos precios de petróleo en disminución como es la coyuntura actual es probable que el escenario en el corto plazo se comporte como el representado en el escenario de escasez.

9.2.2.5 Proyección de la demanda de agua en el sector servicios

Las proyecciones de uso de agua del sector servicios se estimaron para los subsectores de educación, turismo, salud y comercio atendiendo las siguientes consideraciones:

La proyección de la demanda hídrica del sector educación se obtiene de la suma de las series de la matrícula en educación superior, nivel básico y medio en el periodo 2000 – 2013 obtenidas del Ministerio de Educación. La cantidad de matrículas de cada año se multiplica por un factor de utilización equivalente entre 10 y 15 litros diarios por estudiante, según la Organización Mundial de Salud y Organización Panamericana de Salud (OMS, 2009).

La proyección de la demanda hídrica del sector salud se estima a partir de la información disponible sobre oferta de camas de hospitales del sector público, mixto y privado, en el periodo 2000 – 2013 del Ministerio de Salud. La cantidad de camas de cada establecimiento de atención hospitalaria de cada año se multiplica por un factor de utilización equivalente a 209,68 m³ por persona, según la Organización Mundial de Salud y Organización Panamericana de Salud (2009).

La proyección de la demanda hídrica del sector turismo se calcula con base en la información sobre la oferta de camas de hoteles en el periodo 2000 – 2013. La cantidad de camas de cada hotel se mul-

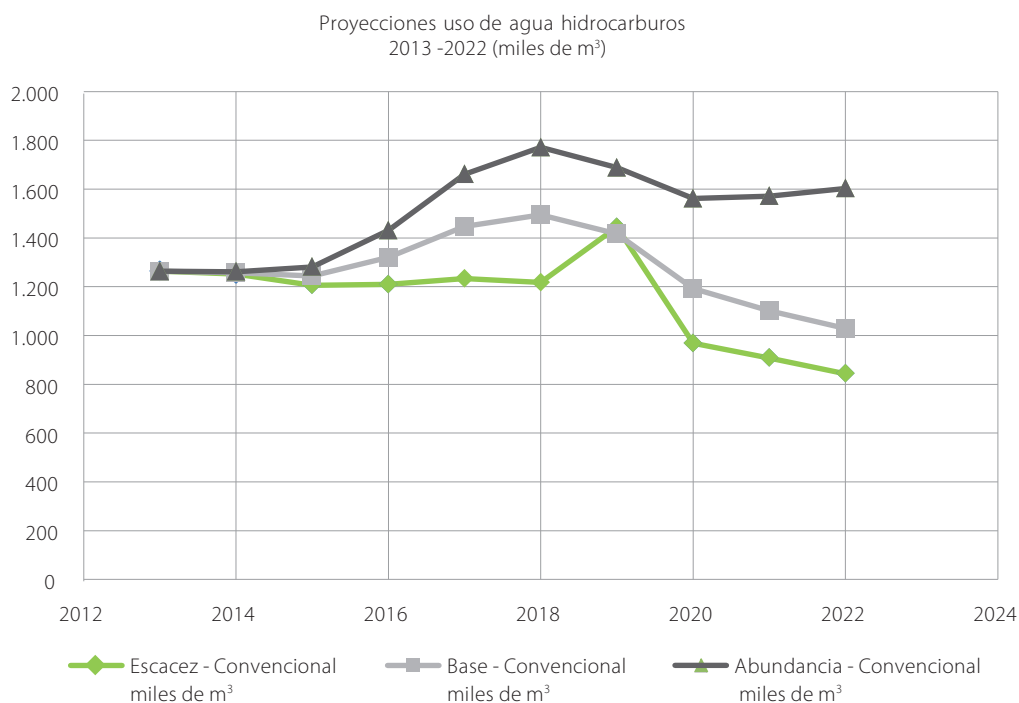


Figura 9.16 Proyecciones de uso de agua en hidrocarburos. 2013 - 2022

tipica por el factor de ocupación hotelera obtenido de la encuesta nacional de hoteles y también por el consumo de cada persona equivalente a 580 litros por día, según la literatura consultada (CEOE, Núñez Cacho de Águila,s.f.).

La proyección de la demanda hídrica del sector comercial se realiza a partir del consumo monetario de todos los establecimientos comerciales tomado de la matriz de utilización de agua del DANE y los precios de las tarifas de acueducto para el periodo 2000 – 2012. De este cociente se obtiene el consumo en m³ del sector.

En todos los casos se utilizan aproximaciones obtenidas de la aplicación del modelo Arima de series de tiempo.

Los resultados obtenidos para cada subsector se integran para estimar la proyección de la demanda de agua del sector servicios (Dps)

$$Dps = [a_i \cdot \Delta H_i + f \cdot H_i] + [a_i \cdot \Delta S_i + f \cdot S_i] + [a_i \cdot \Delta E_i + f \cdot E_i] + EC$$

Donde

Dps: demanda de agua proyectada en sector servicios

a_i: factor de consumo estándar por categoría de hotel (i)

H_i: número de hoteles por categoría i

ΔH_i: tasa de variación anual del número de hoteles por categoría i /número de camas por hotel.

Las categorías están en función del PIB, seguridad, número de visitantes al país, crecimiento de la población, políticas sectoriales, inversión extranjera directa.

f: factor de ocupación

S_i: establecimiento de salud según categoría i

E_i: establecimientos educativos según categoría i

EC: establecimientos de comercio

El uso de agua en servicios tuvo en cuenta el comportamiento del uso de agua registrado en la superintendencia para servicios y comercio. El comportamiento del uso de agua esperado se ilustra en la Tabla 9.22 y Figura 9.17.

De acuerdo con lo que muestran los datos se espera que el uso del agua en el sector se incremente a tasas que no superan el 2% durante la década.

Tabla 9.22 Proyecciones uso de agua en servicios

Año	Probable miles de m ³	Deseable miles de m ³	Pesimista miles de m ³
2012	481.793	192.717	674.510
2013	485.118	194.047	679.165
2014	488.702	195.481	684.183
2015	492.482	196.993	689.475
2016	496.009	198.404	694.413
2017	499.709	199.884	699.593
2018	503.177	201.271	704.448
2019	506.802	202.721	709.522
2020	510.204	204.082	714.286
2021	513.750	205.500	719.250
2022	517.079	206.831	723.910

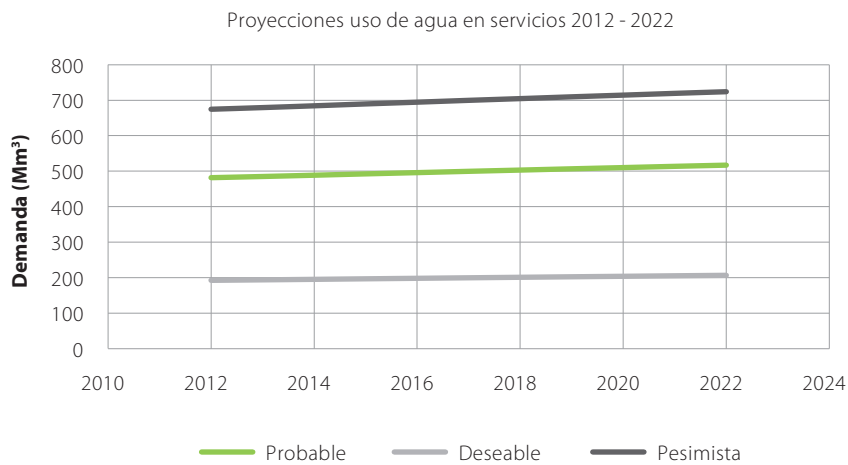


Figura 9.17 Proyecciones de uso de agua en servicios 2013- 2022

9.2.2.6 Proyección de la demanda de agua para el uso doméstico

El cálculo se hace teniendo como parámetro el comportamiento del crecimiento de la población obtenido de las estadísticas del DANE sobre estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985 - 2020. Se estima la tasa de crecimiento para los dos últimos años. Al tamaño de población de cada año se aplica un factor de uso de agua l/hab/día resultado de los factores de dotación municipal del RAS 2000. La sumatoria del uso municipal 2013-2022 es la proyección nacional.

En términos generales estas proyecciones se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$D_{pud} = PU * [U_{be} + t_{cpu} * (m^3/hab/año) + PR * [U_b + t_{cpr} * (m^3/hab/año)]] + F_p - epd * (m^3/hab/año) + eyd * (m^3/hab/año)$$

Donde:

D_{pud}: demanda de agua proyectada uso doméstico

PU: población urbana

PR: población ural

U_{be}: uso básico por estrato independiente del

precio e ingreso que depende del tamaño de las familias, los hábitos de consumo y las condiciones climáticas

t_{cpu}: tasa de crecimiento de población urbana

t_{cpr}: tasa de crecimiento de población rural

du: dotación urbana m³/h/año

d: dotación rural m³/h/año

F_p: factor de pérdida

epd: Δq/ Δt elasticidad precio de la demanda

Eyd: Δq/ Δy elasticidad ingreso de la demanda

t: tarifa por estrato

y: ingreso por estrato

Estas proyecciones suponen un uso de agua per cápita estable²⁸ a lo largo del tiempo. El crecimiento de la población se supone estable, con una tasa que no supera el 1,8%. El comportamiento del uso de agua está determinado por la tasa de crecimiento de la población y por el factor de dotación de uso de agua por persona establecido por el RAS. (Tabla 9.23 y Figura 9.18).

28 Hasta el momento no incluye las posibles variaciones por efecto de cambios en las tarifas, pues el procesamiento de esta información lleva más tiempo del previsto. Este ejercicio requiere procesar la base de tarifas de la superintendencia para realizar el ejercicio definiendo municipios con características similares de tamaño, altitud, y que tengan información de tarifas no homogéneas.

Tabla 9.23 Proyecciones de uso doméstico de agua

Año	Total Nacional miles de m ³	Rural miles de m ³	Urbano miles de m ³
2012	2.963.383	717.429	2.245.955
2013	2.996.301	720.394	2.275.908
2014	3.029.312	723.598	2.305.715
2015	3.062.376	727.018	2.335.358
2016	3.095.604	730.718	2.364.886
2017	3.128.812	734.590	2.394.222
2018	3.161.940	738.633	2.423.306
2019	3.194.921	742.802	2.452.119
2020	3.227.724	747.085	2.480.639
2021	3.260.816	751.456	2.509.400
2022	3.294.196	755.914	2.538.401

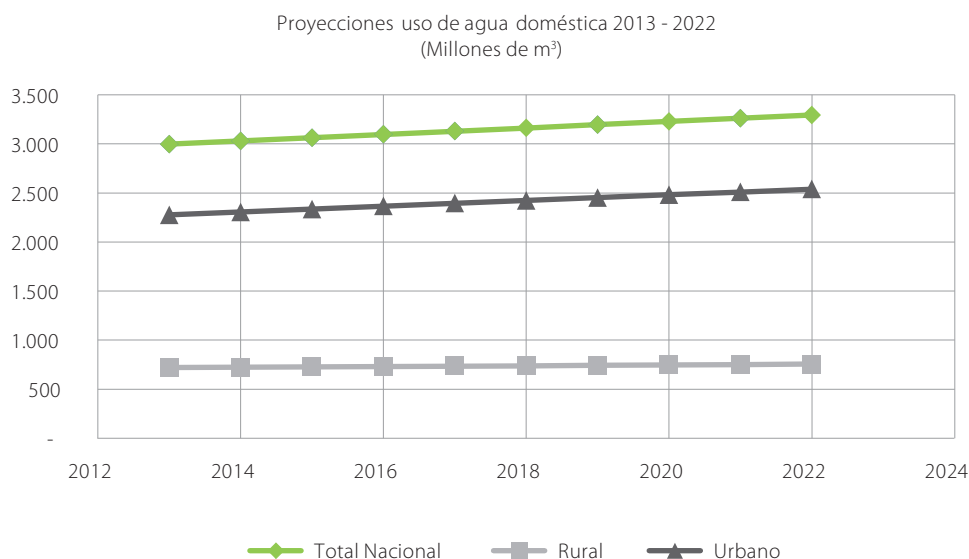


Figura 9.18 Proyecciones de uso de agua doméstico 2013 - 2022

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla y figura al año 2022 se alcanzaran volúmenes de 3.294 millones con una tendencia creciente y sostenida durante la década.

Se realizó un cálculo suponiendo que es posible que se disminuya el uso de agua por persona año en un 11% si se implementan los programas de uso eficiente del agua y se mejoran los procesos de micromedición. (Tabla 9.24 y Figura 9.19).

9.2.2.7 Proyección de la demanda de agua en el sector pecuario

Las proyecciones de demanda hídrica del sector pecuario en el periodo 2014 – 2022 se estimaron con base en los parámetros de uso de agua establecidos por las prácticas de manejo de los animales y sacrificio, así como los dados por el consumo de los animales de acuerdo con su sexo, edad y periodo de crecimiento,

Tabla 9.24 Proyecciones de uso de agua doméstico por escenario

Año	Pesimista miles de m ³	Deseable miles de m ³	Probable miles de m ³
2012	2.934.655	2.934.655	2.963.383
2013	3.015.750	2.921.508	2.996.301
2014	3.098.016	2.907.369	3.029.312
2015	3.181.425	2.892.204	3.062.376
2016	3.266.096	2.876.115	3.095.604
2017	3.351.829	2.858.913	3.128.812
2018	3.438.563	2.840.552	3.161.940
2019	3.526.213	2.820.971	3.194.921
2020	3.614.734	2.800.146	3.227.724
2021	3.704.535	2.778.401	3.260.816
2022	3.743.629	2.807.722	3.294.196

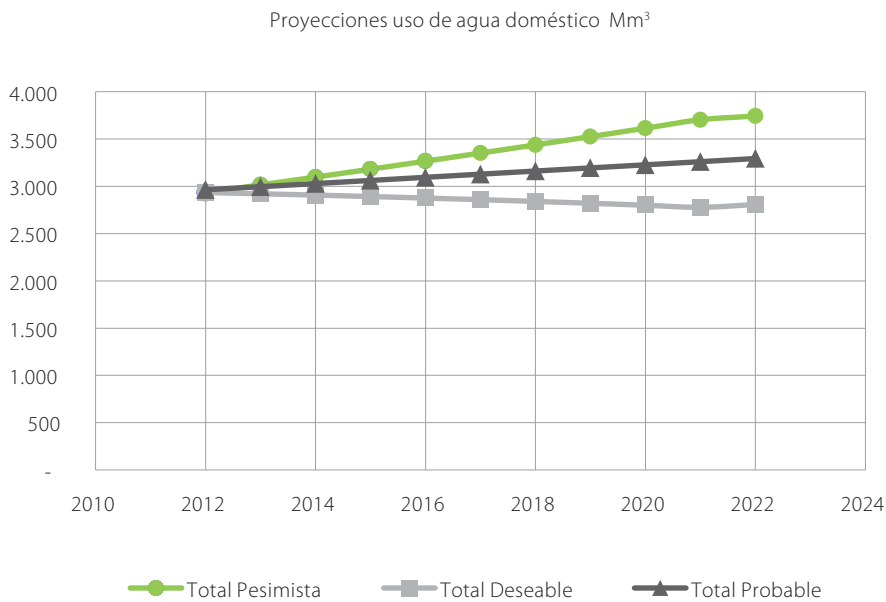


Figura 9.19 Proyecciones de uso de agua doméstico por escenario

obtenidos de los gremios y de la literatura y utilizados en la estimación del uso de agua en el año 2012. Con esta información se calcula el consumo animal y el uso de agua en alojamientos y sacrificio reportados por el sector en los inventarios 2013 – 2022 de bovinos, porcinos y aves.

Las proyecciones de uso de agua en la piscicultura se estiman con base en la producción reportada para el periodo 2000 – 2013 y los criterios de uso de agua para su cultivo utilizados en el ENA 2010. Las proyecciones se presentan para los escenarios de demanda promedio, mínima y máxima utilizando modelos Arima.

Estos estimativos de uso de agua en la piscicultura se realizan a partir de la ecuación:

$$D_{pp} = \Delta I_{g_e} \cdot f$$

Donde:

D_{pp} : demanda proyectada del sector pecuario
 ΔI_{g_e} : variación anual del inventario por subsector
 f : factor de dotación de uso de agua por especie y actividad

El comportamiento del inventario depende del clima y del mercado interno y de exportación.

Cada subsector tiene particularidades que se consideran en las estimaciones y que se relacionan a continuación:

Sector bovino

La proporción de vacas es del 96% en comparación con la cantidad de toros, que ascienden al 4%. Se calcula esta proporción para el inventario del sector considerando que cada uno tiene consumos distintos de agua, dada la característica de dotación lechera de las vacas.

- El consumo promedio de una vaca menor a 36 meses es de 54 litros por día.
- El consumo promedio de una vaca mayor a 36 meses es de 103 litros por día.
- El consumo promedio de un toro menor a 36 meses es de 45 litros por día.
- El consumo promedio de un toro mayor a 36 meses es de 70 litros por día.

Como no se cuenta con información de la cantidad de animales considerando su distribución etárea, se calcula un consumo promedio de 78,5 litros por día para las vacas y de 57,5 para los toros. Considerando los 365 días del año, se tiene un consumo de 28.653 litros por año para las vacas y de 20.988 litros por año

para los toros. La cantidad de agua para alojamiento asciende a 14.600 litros por cabeza al año. De tal manera que la demanda de agua, considerando consumo y alojamiento, promedio al año de una vaca es de 43.253 litros y de 35.588 litros para un toro.

El ENA 2014 muestra parámetros mínimos y máximos para el uso de agua de los animales de este sector. Considerando esta información se calcula el uso por animal y alojamiento mínimo y máximo al año para cada animal.

- Vaca: Mínimo: 39.238 litros por cabeza al año; Máximo: 46.840 litros por cabeza al año.
- Toro: Mínimo: 32.540 litros por cabeza al año; Máximo: 38.630 litros por cabeza al año.

Sector porcino

El consumo promedio de un porcino asciende a 18 litros diarios, con un mínimo de 15 litros y un máximo de 21 litros. Considerando los 365 días del año, se tiene un consumo de 6.570 litros por año para el promedio, de 4.672 para el mínimo y de 7.665 para el consumo máximo. La cantidad de agua para alojamiento asciende a 3.650 litros por cabeza al año. El lavado de un animal de este sector oscila entre 12,8 litros por día y 22 litros por día, para un promedio de 17 litros diarios. De tal manera que la demanda de agua, considerando consumo, alojamiento y lavado promedio al año de un porcino es de 19.345 litros en promedio, de 15.622 litros para el escenario de demanda mínima y de 23.360 litros para la demanda máxima.

Sector avícola

En este sector se considera únicamente la demanda para la crianza de pollos dada la representatividad de esta actividad con respecto al total. El consumo de agua depende de la característica de cada especie según su uso, de tal manera que es posible calcular un promedio de consumo dependiendo de si es un pollo de engorde, postura levante, postura produc-

ción, genética levante y genética producción, el cual asciende a 0,27 litros por día. Considerando que un pollo vive en promedio 49 días, se calcula la demanda de un pollo equivalente a 13,23 litros al año.

Sector piscícola

Para calcular el uso de agua del sector piscícola es necesario considerar el peso de un alevino, el cual se encuentra entre 1 y 30 gramos. De tal manera que se encuentra la cantidad de alevines de acuerdo a su peso, correspondiente a 1 ton en tres escenarios; el resultado muestra consumos de agua equivalentes a 13.333.333 litros en promedio, 2.222.222 litros para el escenario de consumo mínimo y 33.333.333 litros para el escenario de consumo máximo.

Las proyecciones del sector pecuario integrando los subsectores anteriores se estiman con la metodología Box – Jenkins (1970) que considera que la serie tiene un comportamiento estático en media y varianza, manteniendo como supuesto que la proyección se puede establecer con base en el pasado propio de la serie.

En este sentido, se espera que la proyección de uso de agua para este sector se incremente debido a las provisiones de crecimiento de los inventarios de ganado. Si bien el comportamiento futuro se calculó a partir del comportamiento histórico de los inventarios, las políticas sectoriales gremiales proponen incentivar el crecimiento de los sectores bovino, avícola y porcino. Estas políticas suponen que cada uno de los sectores mejore su productividad.

Sin embargo, de acuerdo con el estado del sector pecuario en el país, que presenta “limitantes estructurales” (DNP, 2014) (Fedesarrollo, 2011) no parece muy probable que se avecinen cambios drásticos en el comportamiento de las prácticas de manejo y la introducción de tecnologías que ahorren el uso de agua.

Las razones para argumentar esta hipótesis las expresa el DNP de la siguiente manera: “Los sistemas productivos presentan estructuras de costos poco

flexibles y altamente dependientes de insumos importados de difícil sustitución, (DNP, 2014). Los insumos pueden llegar a representar en promedio el 30% de los costos totales (Crece, 2014) y el costo logístico para transportar de la finca al puerto o al aeropuerto es más alta en Colombia que en el resto de Latinoamérica y el Caribe, un kilómetro recorrido en Colombia cuesta casi el doble de lo que cuesta en estos países (Banco Mundial, 2014)”. El costo de los alimentos concentrados se está viendo elevado por el costo del maíz amarillo (Fedesarrollo, 2011).

El comportamiento del crecimiento del PIB agropecuario, es inferior al del PIB total. Durante el periodo 2000 a 2013, registró un crecimiento promedio de 1,8% que también es inferior comparada con el grupo de los países de América Latina y el Caribe, que alcanzaron el 2,7%, durante el mismo periodo. En el mismo sentido, la participación del sector en el PIB total ha venido disminuyendo durante la década al pasar de 7,95% a 6,21% en el 2013.

Si bien una característica del desarrollo de un país es esa pérdida en la participación del sector agropecuario en el PIB, dado que otros sectores la mejorarán, la actividad agropecuaria colombiana presenta conflictos sobre la propiedad y de uso del suelo, y es muy débil su capacidad de generar ingresos de manera sostenible afectando el acceso a activos productivos. Tales factores hacen que la competitividad en el sector sea relativamente baja (DNP, 2014).

El sector pecuario tiene una baja dinámica de producción en el último año debido a los efectos del clima, presentando una caída muy fuerte en la colocación de créditos para inversión en actividades productivas pecuarias (Fedegan, 2013) los precios internacionales tienden a la baja y es evidente la disminución de su participación en el mercado exterior (Fedesarrollo, 2011). De las 1,8 millones de toneladas producidas de ganado bovino tan solo se exporta el 0,28% del total. Si bien en los últimos años se ha mejorado el volumen exportado, este es muy poco significativo para dinamizar la producción.

Es decir que la producción satisface el mercado local el cual se ha ampliado. “La actividad avícola (pollo y huevo) podría seguir con buen comportamiento, gracias a la dinámica general de crecimiento económico y del consumo” (SAC, 2014). El comportamiento del consumo de la carne de pollo, se espera que siga creciendo y por lo tanto el inventario continuará aumentando. Sin embargo el uso del agua, cada vez se hace más eficiente debido a la introducción de tecnologías de las cuales se provee de manera controlada el agua.

De la misma manera, el uso que se hace en la higienización de los lugares de alojamiento, se prevé que cada vez sean más eficientes en el uso del agua. La encuesta de opinión entre los productores en donde se destaca la expectativa de reducción de los precios internacionales de las materias primas, ha llevado a los empresarios a introducir, cada vez más, una reingeniería en sus procesos de producción, para aumentar sus niveles de productividad, con inversiones en los campos sanitario y ambiental, y con un mayor control en la nutrición de las aves. (Portafolio, junio 1º de 2013).

Por último, la encuesta de opinión empresarial agropecuaria del tercer trimestre de 2014 reporta una percepción negativa en la mayoría de los rubros,

excepto en avicultura y porcicultura que mostraron estabilidad o desempeño positivo de los dos sectores. Se asocia esta percepción negativa a las bajas en la rentabilidad y competitividad de sus actividades y en particular en el sector bovino por la situación del clima (SAC, 2014).

Por todas las razones anteriores, de acuerdo al comportamiento histórico de los inventarios no se supone ningún cambio en los parámetros de uso de agua en ninguno de los tipos de ganadería.

Estas proyecciones se refieren al uso de agua que hacen las ganaderías sin contar el agua utilizada en riego de pastos (Tabla 9.25 y Figura 9.20).

Se espera que el comportamiento del inventario porcino y bovino se mantenga estable, mientras que la avicultura se incremente. Sin embargo, se tiene incertidumbre sobre el comportamiento del sacrificio no registrado y sobre la utilización de tecnologías ambientalmente sostenibles para el beneficio, por ello se mantiene el parámetro de agua usada en sacrificio.

Sobre el ganado bovino, no se espera un cambio muy fuerte en el comportamiento del inventario durante la década estimada, por ello se recoge solo el comportamiento histórico del inventario el cual no ha superado los 25 millones de cabezas.

Tabla 9.25 Proyecciones uso de agua en el sector pecuario

Año	Deseable miles de m ³	Optimista miles de m ³	Probable miles de m ³
2012	2.337.116	934.846	3.049.406
2013	2.311.999	924.799	3.071.729
2014	2.306.048	922.419	3.077.849
2015	2.337.695	935.078	3.123.733
2016	2.367.071	946.829	3.165.940
2017	2.398.075	959.230	3.210.787
2018	2.427.907	971.163	3.253.735
2019	2.458.568	983.427	3.298.025
2020	2.488.652	995.461	3.341.381
2021	2.519.132	1.007.653	3.385.380
2022	2.549.342	1.019.737	3.428.940

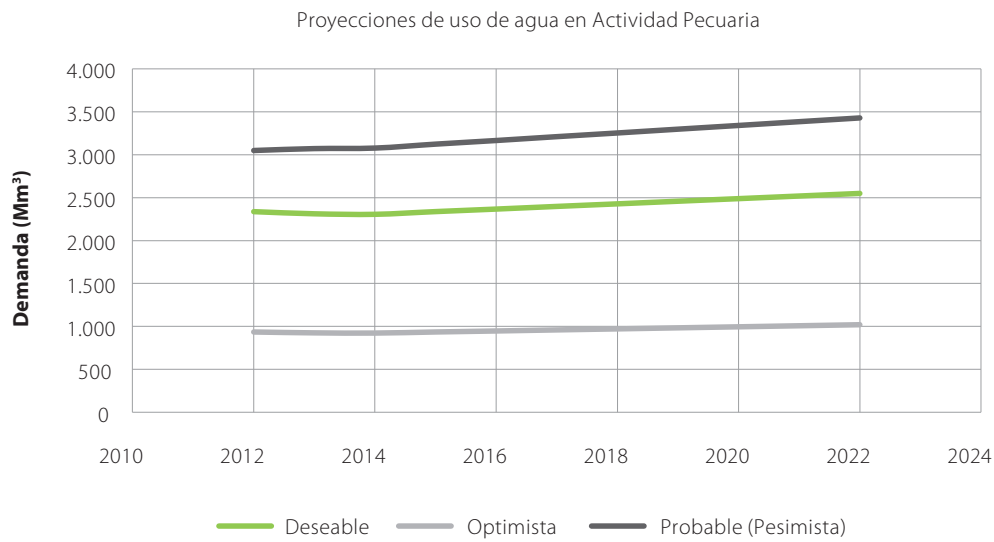


Figura 9.20 Proyecciones de agua en actividad pecuaria por escenario

Los resultados actuales de las proyecciones son más moderados con relación a las realizadas en 2010 debido a que tiene en cuenta el crecimiento de las importaciones de productos agropecuarios que afectará la producción nacional. En el caso de los porcinos se ha incrementado en 10,6% la participación de las importaciones en el último año. De 272 mil toneladas de carne anuales, se importan 26.800 toneladas aproximadamente. En el caso de productos de cerdo aumentaron en 33% en carne de cerdo congelada y refrigerada en el 2014 (Asoporcicultores, 2015).

De acuerdo con la tabla se espera que el uso de agua en la explotación pecuaria, sin contar pastos se incremente a 3.428 millones de m³ en el año 2022. Este comportamiento incluye un estimativo de pérdidas en sacrificio, pues en esta actividad de la cadena no está totalmente especializada y se realiza de manera dispersa, por esta razón se asume un estimativo de pérdidas de 40%. Por ello el escenario probable ilustra las condiciones si mejora de la eficiencia en el uso de agua.

El comportamiento del sector piscícola está dinamizado por el crecimiento de la producción de pescado, cuya tendencia ha sido creciente durante toda la

década. Refuerza esta tendencia el comportamiento de la demanda. El auge de la promoción de la alimentación balanceada y las estrategias que el gremio está implementando para mejorar el mercadeo y el consumo hacen prever que la producción se afiance y se incremente (Aunap- FAO Fedecua MADR, 2013) tal como se ilustra en la Tabla 9.26 y en la Figura 9.21).

Las razones por las que podría aumentar más que el promedio estarían dadas por incremento del mercado más allá del mercado local y las razones por las que aumente en pequeña proporción son debido a condiciones de inestabilidad en la producción. Como es una actividad de pequeña escala desmejorar las condiciones de productividad por manejos ineficientes de la tecnología podría afectar la producción. Sin embargo, no parece probable que estas condiciones extremas sucedan por lo que el escenario promedio puede ser el más probable.

9.2.2.8 Proyección de la demanda de agua en sector agrícola

Se realizan las proyecciones de la demanda de agua del sector agrícola para los años 2013 - 2022, basada en la proyección individual para 12 cultivos que con-

Tabla 9.26 Proyecciones uso de agua en actividad piscicultura según escenario

Año	Optimista miles de m ³	Probable miles de m ³	Pesimista miles de m ³
2013	178.046	1.869.482	2.670.688
2014	188.333	1.977.500	2.825.000
2015	198.622	2.085.533	2.979.333
2016	208.911	2.193.569	3.133.670
2017	219.201	2.301.606	3.288.008
2018	229.490	2.409.642	3.442.346
2019	239.779	2.517.679	3.596.685
2020	250.068	2.625.716	3.751.023
2021	260.357	2.733.753	3.905.361
2022	270.647	2.841.789	4.059.699

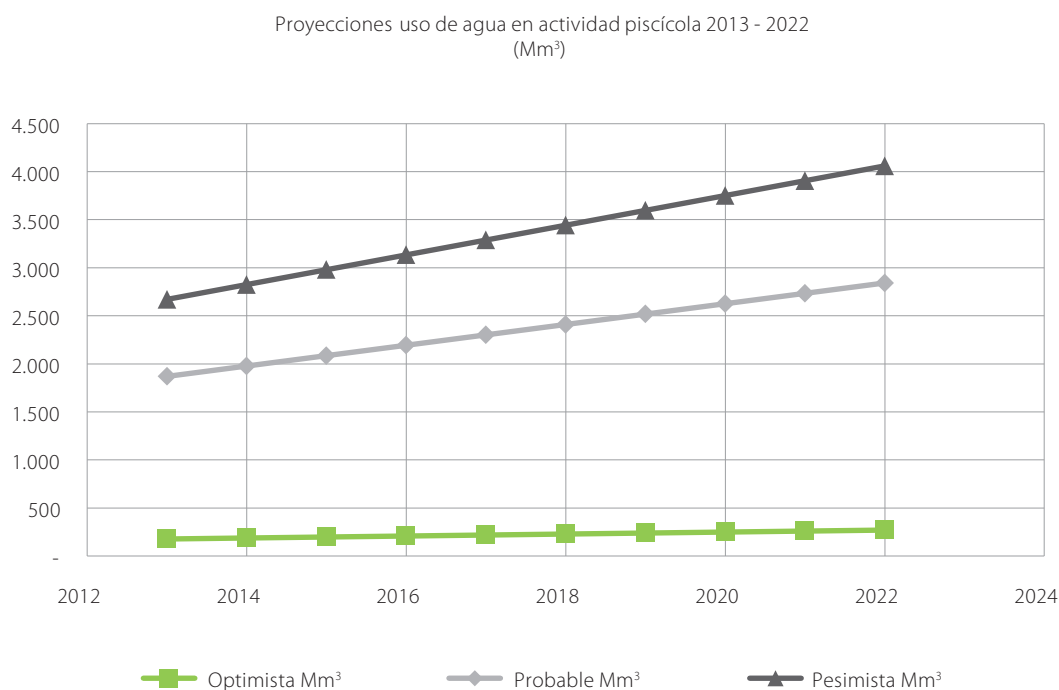


Figura 9.21 Proyecciones uso de agua en actividad piscícola según escenarios

centran aproximadamente el 85% del área sembrada en Colombia (EVA 2012) y posteriormente llevada a la totalidad del sector agrícola colombiano.

Para el cálculo de las proyecciones se realizó una caracterización de la producción agrícola al 2012 y de los agentes económicos de esta producción, para luego realizar una caracterización del comercio exterior, en donde se enfatiza en las políticas internas

y externas que promueven al sector agrícola.

A partir de esta caracterización se tienen fundamentos para establecer un modelo para la proyección de las áreas, para luego obtener la demanda hídrica proyectada para el 2022. El modelo se realiza a partir de la dinámica del sistema utilizando el software Vensim apoyado por los cálculos econométricos en el software Stata.

Caracterización económica del sector agrícola

El ejercicio de mirar al futuro, requiere en primer lugar hacer una caracterización del presente ya que la trayectoria que tome el sector agrícola colombiano en los 10 años siguientes al año base de estudio, depende de la situación actual pues los procesos de crecimiento son altamente histórico-dependientes (Arthur, 2013). En otras palabras y contextualizando esto, la situación del sector agrícola colombiano dependerá fuertemente de la situación actual de los cultivos, las instituciones y las políticas comerciales internas y externas.

Es importante resaltar que la participación de la producción agrícola como porcentaje del PIB viene disminuyendo alcanzando, para el año 2012 una participación del 6,1% frente al 7,8% en el 2000. Además comparando la distribución de las áreas del 2012 con las del 2022, se encontró que para el 2012 el cultivo de palma concentraba 8% de las áreas totales de los 12 cultivos, la soya el 7% y el cacao el 5%. Estos cultivos son los que en promedio han crecido a una mayor tasa. Por otro lado, cultivos como el maíz, la papa, el café, el arroz y la yuca han tenido una tasa de crecimiento menor al 1% anual.

Política interna asociada a la producción de los cultivos priorizados

A continuación se muestra un resumen de las políticas públicas activas para cada sector es decir, las políticas públicas de incentivos al sector agropecuario que al 2013 se encontraban vigentes.

El programa de asistencia técnica del sector del sector agropecuario del DNP y la resolución 178 del 2012 del MinAgricultura, plantean programas de investigación y desarrollo para la papa, palma, el sector pecuario y el cacao.

En el año 2013, el plan para el impulso y productividad y el empleo (PIPE) el cual contempla un paquete de incentivos para el sector agrícola colombiano entre

los cuales se destaca el aumento de recursos para las salvaguardas arancelarias del cacao, la papa, el arroz, el maíz y la soya y la transferencia de recursos para la recapitalización agropecuaria para los cultivos de la palma, banano, arroz y cacao (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2014).

A través del MinAgricultura y Fenalce pusieron en marcha el Plan "País Maíz" el cual contempla la ampliación de las áreas de maíz en los departamentos de Córdoba, Meta, Magdalena Medio y la zona cafetera además de consolidar el programa maíz-palma y maíz-café beneficiando así tanto al cultivo de maíz como a los de palma y café.

Para los biocombustibles, se encuentra las leyes 693 y 939 las cuales crean la demanda para los biocombustibles (etanol a base de caña y biodiesel a base de aceite de palma respectivamente), adicionalmente, se destacan políticas como la reducción de impuestos sobre las ventas de palma de aceite y caña destinadas a la generación de biocombustibles de un 16% a un 7% a la vez que se desgravaba totalmente la renta generada por el aprovechamiento del cultivo de palma y caña (García y Calderón, 2012).

Se encuentra que de las 12 zonas francas agroindustriales, 6 son destinadas para el cultivo de palma y 3 para el cultivo de la caña de azúcar. Para la palma, estas zonas agroindustriales se encuentran en los municipios de San Pablo y Regidor (Bolívar), Sabana de Torres (Santander), Barrancabermeja (Santander), Facatativá (Cundinamarca), la Gloria (Cesar), Puerto Rico (Meta), Santa Marta (Magdalena) y Zarzal (Valle del Cauca).

Para finalizar esta sección, cabe resaltar que desde el MinAgricultura y el DNP, se priorizaron 6 cadenas productivas agrícolas las cuales comprenden los cultivos de caucho, palma, cacao, maíz y soya, los cultivos hortofrutícolas y las plantaciones forestales²⁹ donde se tiene contemplado un objetivo de tener 1.000.000 de

29 http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Ministro_agricultura_opt.pdf

hectáreas de cada uno de los cultivos en los próximos 5 años (Fedepalma, 2014).

Metodología

Las proyecciones de la demanda de agua para el 2022 se realizaron para los 12 cultivos más representativos y que concentran aproximadamente el 85% del área sembrada en el país para el año 2012, a partir de la formulación y cálculo de un modelo de dinámica de sistemas.

Este modelo que se presenta a continuación, se realizó a través del software Vensim, el cual permite construir sobre la teoría de dinámica de sistemas, las interacciones que surgen entre las partes que conforman el sistema a través del tiempo creando relaciones no lineales (Sterman, 2000). Por lo tanto, las tasas de crecimiento de las áreas de los cultivos son endógenas al sistema pues estas se van generando dependiendo no solo del comportamiento del mismo cultivo, sino también de los demás. En este sentido, el modelo con base en la dinámica de sistemas permite modelar y proyectar la competencia por las tierras.

Por otro lado, la influencia de las variables utilizadas sobre la tasa de crecimiento de los cultivos, es estimada a través de modelos de series de tiempo y son la base para lograr las proyecciones. Cabe resaltar que la realización de este modelo tiene como base el documento: "Propuesta de acuerdo para que el desarrollo agropecuario se produzca en armonía con la gestión integral del recurso hídrico de la macrocuenca Magdalena- Cauca".

Estructura del modelo

El modelo consistirá entonces en una serie de "clúster" de variables definidas por factores naturales, oferta y demanda cuyo eje central será la variable de crecimiento en hectáreas de los cultivos.

En los factores naturales las variables estarán agrupadas alrededor del área disponible para agricultura la cual dependerá del área para vocación agrícola y el

área sembrada total. Esta última variable, junto con el área sembrada de cada cultivo, definirá un porcentaje de participación el cual, junto con el área disponible para sembrar, definirá el crecimiento en hectáreas del cultivo y es esta variable la que conecta el "clúster natural" con el "clúster" económico. Adicionalmente, esta última relación permite observar la primera retroalimentación del sistema, pues dependiendo de qué tan grande o pequeño sea este crecimiento relativo al de los demás cultivos, el porcentaje de participación cambiará, de modo que el sistema se retroalimentará en cada periodo.

Por otro lado, el "clúster" económico se conforma de dos "sub-clúster", el de productividad y el de factores de crecimiento cuyos componentes estarán agrupados alrededor de la tasa de crecimiento del cultivo la cual relaciona el clúster económico con el natural (a través del área disponible para el cultivo) que en conjunto definen el crecimiento de las hectáreas de cultivo *i* y por lo tanto las hectáreas sembradas del cultivo *i*.

El primer sub-clúster, de productividad, que gira alrededor de la variable de la tasa de productividad, tiene el objetivo de capturar el efecto que tiene el crecimiento de las hectáreas de un cultivo sobre la variación en la productividad, definida a través de la variable tasa costos, y cómo esta variación afecta la evolución de la tasa de crecimiento del cultivo. Debido a estas relaciones, surge una retroalimentación en el sistema la cual emerge debido a que el crecimiento del cultivo afecta la productividad, que a su vez afectan la tasa de crecimiento del cultivo, la cual afecta de nuevo el crecimiento del cultivo y así sucesivamente en cada periodo.

En segundo lugar, se encuentra el "sub-clúster de factores". Este sub-clúster, contiene cómo cambios en las variables del PIB, población, el precio y la productividad afectan la tasa de crecimiento del cultivo. Estas ponderaciones fueron estimadas a través de series de tiempo con base en series tomadas del EVA 2012

(hectáreas y productividad), DANE (PIB), Banco de la República (Índice de precios al productor), Banco Mundial (población) y FAO (precios). Cabe resaltar que debido a la existencia de valores proyectados para el PIB y la población, la tasa de variación de estos ingresa al modelo afectado por su ponderación correspondiente. Adicionalmente, estas variables son aptas para realizar proyecciones basadas en escenarios.

Estimaciones econométricas insumo para el modelo

Como se menciona anteriormente, el objetivo del ejercicio econométrico es la estimación de cómo afectan las variables de Producto interno bruto (PIB), población (N), precios internacionales (pint) precios internos (p) y productividad (prod) la tasa de crecimiento de las hectáreas por cultivo.

Debido a la naturaleza de la variable a estimar, se utiliza un modelo dinámico multivariado de retardos autorregresivos con retardos distribuidos (ADL) el cual permite la estimación de la variable dependiente en función de sus retardos y de variables independientes con sus retardos. Estos modelos de estimación surgen como los más apropiados debido a las relaciones teóricas que existen entre las cantidades producidas de un bien con variables como los precios, el ingreso de los consumidores y la cantidad de consumidores de determinado bien (Bentzen & Engsted, 2001; Johnstone J & Dinardo J, 2001).

Debido a lo anterior, los *modelos univariados* quedan descartados ya que estos suprimen las relaciones teóricas y no estiman el impacto de otras variables relevantes sobre la variable a analizar. En este sentido, y para mostrar el poder de explicación de los modelos ADL, estos modelos han sido ampliamente utilizados en las estimaciones de la demanda energética para diversos países (Bentzen & Engsted, 2001), las elasticidades de ingreso y precio de la demanda y oferta de productos agrícolas (Islam & Subramanian, 2008) y la

demanda de dinero de la zona Euro (Coenen & Vega, 1999) por citar algunos ejemplos.

Para realizar el análisis, se tomaron las series de tiempo de las tasas de crecimiento asociadas a cada variable para el periodo 2000-2012. Luego se realizó un análisis gráfico y técnico de las variables para cada cultivo en su nivel, primera y segunda diferencia para establecer si las variables cumplen con los supuestos de no auto correlación y que el proceso que genera los datos sea estacionario así como un análisis sobre datos atípicos en la serie. Después, se plantean 6 modelos lineales: el modelo en niveles, el modelo en niveles con su rezago, el modelo en primeras diferencias, el modelo en primeras diferencias con sus rezagos, el modelo en segundas diferencias y el modelo en su segundas diferencias con rezagos³⁰.

Una vez realizado estos primeros análisis, a través del paquete econométrico Stata12 se realizan las estimaciones por el método de mínimos cuadrados (OLS) el cual minimiza los errores del modelo (Johnstone J & Dinardo J, 2001).

Resultados

El software Vensim realiza las simulaciones para el periodo 2013-2022. De estos, se destaca el rápido crecimiento del cultivo de palma la cual llega a alrededor de las 3 millones de hectáreas al 2022, mientras que el café apenas alcanza a duplicar su área para el mismo año. Adicionalmente, se observa un significativo crecimiento de las hectáreas de la caña de azúcar las cuales triplican su área sembrada para este mismo periodo. Estos dos cultivos se consideran fuertemente jalonados al alza por el incremento en la demanda y producción de biocombustibles.

Para el 2022, la participación de cada uno de los cultivos cambia frente al encontrado en el 2012, debido a que según la proyección, la palma será el

30 Ver documento econometría modelo Vensim.

cultivo dominante representando el 28% de las áreas sembradas en Colombia. Lo siguen el café con el 18%, la caña con el 14% y el cacao con el 7%, concentrando estos cuatro cultivos casi el 70% del área agrícola del país para el año horizonte. Cabe resaltar que los cultivos más representativos al 2022, coinciden con los cultivos para los cuales se encontraron un mayor número de políticas de incentivos. Esta dinámica de los cultivos está acorde con la revisión de políticas realizada anteriormente en la cual se muestra a la palma como la mayor beneficiada de las políticas públicas seguida por el café, la caña el arroz y el cacao.

En la Tabla 9.27, 9.28 y 9.29, se observan las hectáreas proyectadas para cada uno de los cultivos desde el 2013 al 2022.

Tabla 9.29 Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los pastos de cultivo

Año	Corte	Forraje
2012	526.621	1.289.209
2013	544.313	1.330.232
2014	562.599	1.372.559
2015	581.500	1.416.234
2016	601.035	1.461.298
2017	621.227	1.507.796
2018	642.098	1.555.773
2019	663.669	1.605.277
2020	685.965	1.656.357
2021	709.010	1.709.062
2022	732.829	1.763.443

Tabla 9.27 Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los cultivos transitorios

Año	Arroz riego	Frijol	Maíz	Papa	Soya	Yuca
2012	427.701	66.942	368.184	147.796	22.673	80.368
2013	459.884	67.111	345.065	133.892	25.596	90.461
2014	494.489	67.280	323.398	121.297	28.897	101.822
2015	531.698	67.450	303.092	109.886	32.623	114.609
2016	571.707	67.620	284.060	99.549	36.830	129.002
2017	614.726	67.790	266.224	90.184	41.579	145.202
2018	660.982	67.961	249.508	81.700	46.941	163.437
2019	710.719	68.133	233.841	74.014	52.994	183.962
2020	764.198	68.305	219.158	67.051	59.827	207.064
2021	821.702	68.477	205.396	60.744	67.542	233.067
2022	883.533	68.650	192.499	55.029	76.251	262.337

Tabla 9.28 Hectáreas proyectadas desde el 2013-2022 para los cultivos permanentes

Año	Banano	Cacao	Café	Caña de azúcar	Palma de aceite	Plátano
2012	63.486	95.307	931.060	418.063	455.805	354.552
2013	65.850	117.270	1.002.918	475.225	551.524	351.170
2014	68.301	144.294	1.080.322	540.202	667.344	347.820
2015	70.844	177.545	1.163.700	614.064	807.486	344.502
2016	73.482	218.459	1.253.512	698.025	977.059	341.216
2017	76.217	268.802	1.350.257	793.466	1.182.241	337.961
2018	79.055	330.745	1.454.468	901.957	1.430.511	334.737
2019	81.998	406.963	1.566.722	1.025.281	1.730.919	331.544
2020	85.051	500.745	1.687.640	1.165.468	2.094.412	328.382
2021	88.217	616.138	1.817.889	1.324.822	2.534.238	325.249
2022	91.502	758.122	1.958.192	1.505.965	3.066.428	322.147

Cálculo de la demanda de agua proyectada

Para definir las proyecciones del 2013 al 2022, se consideró el incremento calculado de las hectáreas sembradas para cada cultivo. Este incremento de demanda proyectada se ve afectado por un incremento gradual en la eficiencia de los sistemas de riego de los cultivos (Tabla 9.30) que aumentan de manera progresiva desde el año base hasta el año horizonte, como fruto de la tecnificación natural del sector en los próximos años.

Tabla 9.30 Eficiencias empleadas según el tipo de riego para la estimación de la demanda proyectada

Tipo de riego	Eficiencias	
	2.012	2.022
Aspersión	0,75	0,80
Gravedad	0,50	0,50
Goteo	0,90	0,90
Aaspersión y gravedad	0,60	0,65
Aspersión y goteo	0,75	0,80
Arroz de riego	0,25	0,35
Sin información	0,50	0,60

En la Tabla 9.31 y Tabla 9.32, se observan las demandas de agua proyectadas para cada uno de los cultivos desde el 2013 al 2022.

A partir de la tabla anterior, se evidencia una disminución en la demanda de agua proyectada en algunos cultivos como el frijol, maíz y papa. En el caso del frijol, esta disminución no se explica por la reducción en las hectáreas proyectadas (Tabla 9.31), sino que se debe a un crecimiento poco representativo estimado y a un aumento en la eficiencia que genera una reducción en la demanda hídrica.

En el caso del maíz, el descenso de la demanda de agua proyectada se debe en parte a que se presentan unas disminuciones en el área sembrada proyectada al 2022. Este decrecimiento puede explicarse principalmente por la disminución de la demanda interna del maíz nacional frente al internacional, lo cual se debe

a que en los últimos años, el precio internacional del grano ha sido menor que el precio nacional (Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola, 2011). Esto tiene su raíz en que la producción nacional enfrenta grandes costos de producción debido al alto costo de los fertilizantes y de tierras y a la baja tecnificación del cultivo.

Al igual que el cultivo de maíz, la demanda de agua proyectada del cultivo de papa decrece por el descenso proyectado de las hectáreas (tabla 9.32). Este descenso se explica en parte por tres razones: la primera tiene que ver con el crecimiento negativo del consumo per cápita de la papa, el cual ha caído un 18% desde el año 1998 al 2008 (Fedepapa, 2010), la segunda razón se debe a la existencia de una tendencia de largo plazo a la baja en el precio de la papa (Fedepapa, 2010) y la tercera se relaciona con una sobre oferta de los últimos años (Portafolio, mayo del 2014) lo cual, desincentiva la siembra de este producto.

En cuanto a las demandas proyectadas de los cultivos permanentes, se observa que en general aumentan excepto en el caso del plátano. Sin embargo cultivos como la palma y la caña, se destacan sobre los demás porque su crecimiento esperado es mucho mayor, condicionado por situaciones altamente favorables desde el ámbito político y económico.

Es importante resalta el valor nulo de la proyección de la demanda hídrica del café, la cual tiene valor positivo en la proyección del área sembrada; la razón de este valor se basa en las prácticas agrícolas del cultivo de café en ladera en Colombia que no incluyen riego para los cafetales. Por esta razón el cultivo de café no está considerado en la demanda hídrica ni en la huella hídrica azul, no obstante, presenta la mayor huella hídrica verde de todo el sector agrícola al ser el cultivo que más área abarca a nivel nacional.

En el caso de la palma de aceite, el incremento en la demanda de agua proyectada al 2022 se debe en parte al incremento en las áreas sembradas (Tabla 9.28). Dicho aumento puede explicarse debido a la

Tabla 9.31 Demanda de agua proyectada en Millones de m³ desde el 2012 y 2022 para los cultivos transitorios

Año	Arroz riego	Frijol	Maíz	Papa	Soya	Yuca	Otros transitorios
2012	1.778,1	19,7	207,4	221,2	1,1	94,6	258,5
2013	1.894,9	19,4	193,7	203,3	1,4	113,7	270,1
2014	2.003,0	19,1	180,4	186,1	1,6	132,2	280,8
2015	2.103,4	18,9	167,7	169,6	1,8	149,9	290,7
2016	2.196,9	18,6	155,4	153,6	2,0	167,0	299,8
2017	2.284,2	18,3	143,6	138,2	2,2	183,4	308,3
2018	2.365,8	18,1	132,2	123,4	2,4	199,3	316,3
2019	2.442,3	17,8	121,2	109,0	2,6	214,6	323,7
2020	2.514,2	17,6	110,6	95,2	2,8	229,4	330,6
2021	2.581,8	17,3	100,3	81,8	3,0	243,8	337,1
2022	2.645,6	17,1	90,4	68,8	3,2	257,6	343,2

Tabla 9.32 Demanda de agua proyectada en Millones de m³ desde el 2013-2022 para los cultivos permanentes

Año	Banano	Cacao	Café	Caña de azúcar	Palma de aceite	Plátano	Otros permanentes
2012	446,1	221,8	-	1.476,2	1.793,6	1.760,0	1.644,8
2013	456,6	269,4	-	1.652,9	2.147,4	1.719,6	1.803,0
2014	467,3	327,3	-	1.889,1	2.571,3	1.680,4	2.002,1
2015	478,4	397,7	-	2.107,7	3.079,2	1.642,4	2.224,3
2016	489,8	483,3	-	2.351,5	3.687,8	1.605,6	2.487,8
2017	501,6	587,3	-	2.656,8	4.413,7	1.568,8	2.808,3
2018	513,8	714,2	-	2.979,5	5.291,2	1.535,2	3.185,2
2019	526,3	868,3	-	3.333,9	6.339,0	1.501,5	3.628,3
2020	539,2	1.055,9	-	3.798,7	7.594,9	1.468,8	4.173,4
2021	552,5	1.284,2	-	4.366,3	9.100,5	1.437,0	4.832,5
2022	566,3	1.562,1	-	4.910,0	10.905,7	1.406,1	5.585,8

existencia de un considerable número de incentivos hacia este tipo de cultivos a través del programa de “Incentivos a la capitalización rural” (ICR)³¹. Adicionalmente, el crecimiento de las hectáreas de palma se puede argumentar debido a la creciente demanda interna y externa de biodiesel (realizado a base de aceite de palma) (Reina, Zuluaga & Oviedo, 2011).

En cuanto al cultivo de la caña de azúcar, al igual que la palma, la demanda proyectada de agua tiene su razón principal en el aumento en las áreas, e importantes subsidios. Se espera una demanda creciente tanto interna y externa de etanol, la cual se espera que presente un déficit de no aumentarse la producción en el largo plazo (Reina, Zuluaga & Oviedo, 2011).

Es importante mencionar que tanto el etanol y el biodiesel son considerados estratégicos por el Plan nacional energético, el cual definió una serie de políticas,

³¹ Los incentivos de capitalización rural tienen por objetivo incentivar la realización de inversiones nuevas dirigidas a la modernización, competitividad y sostenibilidad de la producción agropecuaria. Estos incentivos los administra Finagro (Contraloría General de la Nación, 2010)

entre las que se destacan políticas como la reducción de impuestos sobre las ventas de palma de aceite y caña destinadas a la generación de biocombustibles de un 16% a un 7% a la vez que se desgrava totalmente la renta generada por el aprovechamiento del cultivo de palma y caña (García & Calderón, 2012).

Adicional a lo anterior, estos cultivos cuentan con 9 zonas francas agroindustriales³² de las 12 que hay en el país, de las cuales 6 son para cultivo de palma y 3 para el cultivo de la caña de azúcar. Para la palma, estas zonas agroindustriales se encuentran en los municipios de San Pablo y Regidor (Bolívar), Sabana de Torres (Santander), Barrancabermeja (Santander), Facatativá (Cundinamarca), la Gloria (Cesar), Puerto Rico (Meta), Santa Marta (Magdalena) y Zarzal (Valle del Cauca).

Para finalizar, cabe resaltar que desde el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), se priorizaron 6 cadenas productivas agrícolas, dentro de las cuales se encuentran los cultivos de caucho, palma, cacao, maíz y soya, los cultivos hortofrutícolas y las plantaciones forestales, donde se tiene contemplado un objetivo de tener 1'000.000 de hectáreas de cada uno de los cultivos en los próximos 5 años (Fedepalma, 2014).

En el caso del plátano, la disminución en la demanda proyectada se debe en parte que la disminución en el área proyectada (Tabla 9.33). Además puede explicarse debido a la especialización de la producción nacional para la exportación mientras que la demanda interna, es reemplazada por plátano importado especialmente el proveniente de Ecuador cuyas exportaciones de este producto a Colombia han aumentado considerablemente llegando a representar el 100% de las importaciones Colombianas (Economic Research Service, 2009).

Tabla 9.33 Demanda de agua proyectada en Millones de m³ desde el 2013-2022 para los pastos de cultivo agrícola

Año	Corte	Forraje
2012	3.230	799
2013	3.278	813
2014	3.325	826
2015	3.369	839
2016	3.412	851
2017	3.453	863
2018	3.493	874
2019	3.531	885
2020	3.568	895
2021	3.603	905
2022	3.637	915

En lo relativo a los pastos de cultivo agrícola no se identifica una situación de potencial crecimiento de áreas sembradas ni de demanda de agua que se aleje del crecimiento tendencial reportado en la información oficial del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. El valor estimado de la demanda hídrica de los pastos frente a la demanda hídrica del sector agrícola para el año horizonte es del 14%.

9.2.3 Proyecciones de demanda hídrica total para el país a 2022

La proyección de uso de agua total probable para el país se ilustra en la Tabla 9.34 y en la Figura 9.22.

El incremento total del uso durante la década suma 63.717 millones de m³, es decir el 77,1% del uso realizado en el año 2012.

Los sectores con los mas altos incrementos a 2022 son agrícola con 39.526 millones de m³, que representa el 135,8%, hidrocarburos que dobla el uso alcanzando 1 millón 28 mil m³, la piscicultura con un 71,8% y 2.841 millones de m³, minería 48% y 948 millones de m³ y generación de energía con 42,7% y 11.039 millones de m³.

³² www.mincit.gov.co/minindustria/descargar.php?id=69396. Consultado en el mes de agosto de 2014.

Tabla 9.34 Proyecciones de uso de agua total en los sectores económicos y uso doméstico millones de m³

Demanda Sectores millones de m ³	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Uso doméstico total + Pérdidas	2.963,4	2.996,3	3.029,3	3.062,4	3.095,6	3.128,8	3.161,9	3.194,9	3.227,7	3.260,8	3.294,2
Agrícola	16.760,3	17.823,3	18.962,1	20.468,9	22.056,8	23.940,0	26.116,3	28.638,5	31.699,7	35.363,7	39.526,1
Pecuario + Pérdidas	3.049,4	3.071,7	3.077,8	3.123,7	3.165,9	3.210,8	3.253,7	3.298,0	3.341,4	3.385,4	3.428,9
Piscícola	1.654,1	1.869,5	1.977,5	2.085,5	2.193,6	2.301,6	2.409,6	2.517,7	2.625,7	2.733,8	2.841,8
Uso en energía XM HH	7.738,6	8.345,7	8.638,3	9.018,0	9.380,4	9.612,0	9.975,7	10.319,2	10.566,5	10.798,2	11.039,3
Industria+ Construcción	2.106,0	2.107,2	2.108,4	2.109,7	2.111,1	2.112,5	2.114,0	2.115,5	2.117,0	2.118,7	2.120,4
Hidrocarburos	592,8	1,3	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
Minería Carbón y oro	640,6	666,3	692,9	720,6	749,4	779,4	810,6	843,0	876,7	911,8	948,3
Servicios + Pérdidas	481,8	485,1	488,7	492,5	496,0	499,7	503,2	506,8	510,2	513,8	517,1
Total demanda de agua	35.987,1	37.366,3	38.976,3	41.082,7	43.250,2	45.586,3	48.346,6	51.435,0	54.966,2	59.087,2	63.717,2

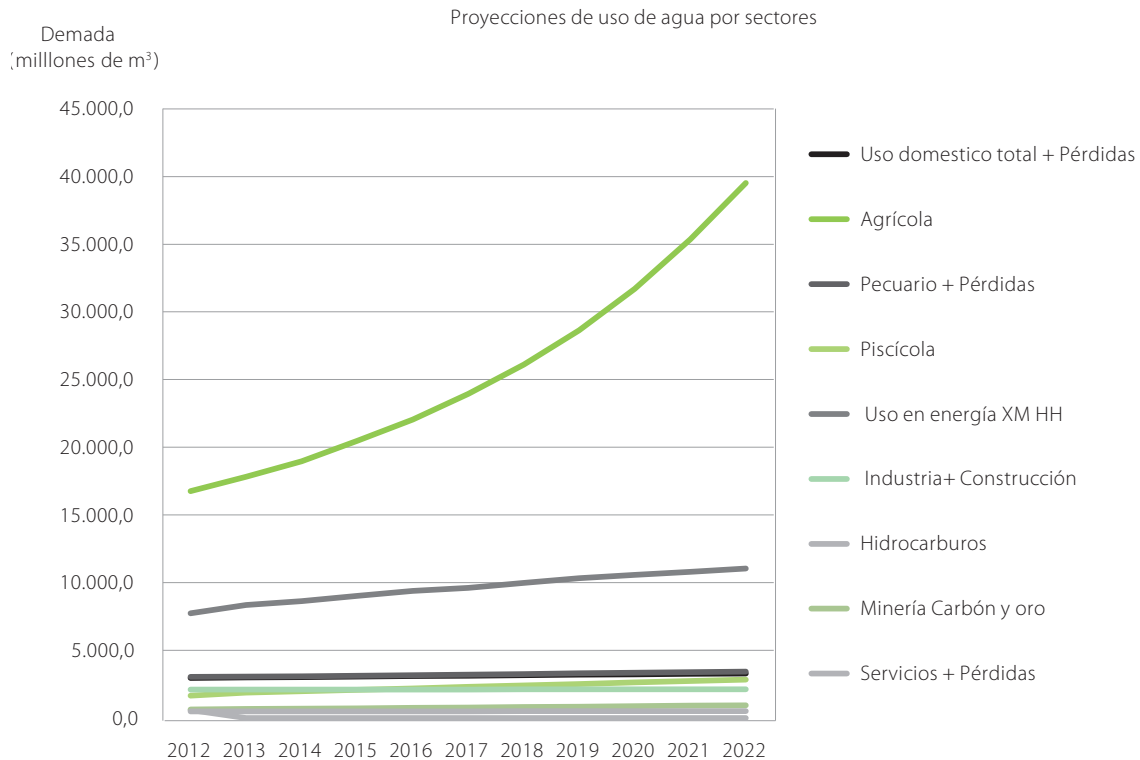


Figura 9.22 Proyecciones de demanda de agua por sectores 2012 -2022

Los sectores con crecimientos más lentos son industria y construcción 0,7%, con 2.120 Millones de m³, servicios 7,3% y 517 Millones de m³, uso doméstico 11,2% y 3.294 Millones de m³ y el sector pecuario con

12,4% y 3.428 Millones de m³, como se recoge en la misma tabla.

La Tabla 9.35, compara las variaciones en el crecimiento del uso de agua por sector al año 2019 y 2022.

Tabla 9.35 Variaciones porcentuales de uso de agua 2012 a 2019 y 2022

Sectores	Variación 2019 - 2012	Variación 2022 - 2012
Uso doméstico total + Pérdidas	7,8	11,2
Agrícola	70,9	135,8
Pecuario + Pérdidas	8,2	12,4
Piscícola	52,2	71,8
Total Uso en energía XM HH	33,3	42,7
Total industria + Construcción	0,5	0,7
Minería carbón y oro	31,6	48,0
Servicios + Pérdidas	5,2	7,3
Total demanda de agua 2012	42,9	77,1

Al año 2019 el incremento alcanzará el 42,9% del agua usada en el año 2012, siendo el uso más alto en la agricultura.

Se mantiene el orden de participación reseñado atrás.

La Tabla 9.36, recoge el uso de agua usado en 2008 y 2012 y las proyecciones de uso de agua al año 2019 realizadas para el Estudios Nacional del Agua de 2010 y el actual. También compara los cambios en los

incrementos de los volúmenes de agua al año 2019.

La estimación al año 2019 realizada en el año 2010 alcanzó un volumen de 70.559 Millones de m³.

Las diferencias con relación a las estimaciones de uso de agua actuales al mismo año son cerca de 20 mil millones. Los ajustes logrados con las últimas estimaciones principalmente se recogen en los sectores agrícola, pecuario, piscícola y servicios.

Las perspectivas 4 años después de realizadas han cambiado, las hipótesis no son tan optimistas dado que se reconocen fallas estructurales en los sectores cuya solución requiere de un gran esfuerzo en tiempo y en recursos.

La desindustrialización de Colombia y el desempeño del sector agropecuario se ha debido a una destrucción paulatina de capacidades productivas que afectaran el volumen futuro de agua a usar y permiten corregir a la baja los pronósticos.

Los porcentajes de ajuste de los incrementos actualizados no superan el 100% del uso de 2012, este comportamiento esperado puede parecer muy conservador, pero es consistente con el comportamiento general de la economía analizado recientemente.

Tabla 9.36 Comparación de comportamiento de proyecciones elaboradas para ENA 2010 y 2014 al año 2019

	Uso de agua 2008 Mm ³	Uso de agua 2012 Mm ³	2019 (Proyección de 2014) Mm ³	2019 (Proyección de 2010) Mm ³	Variación porcentual 2012-2008	Variación porcentual 2019-2008	Variación porcentual 2019 - 2012
Uso domestico total + Pérdidas	2.616	2.963	3.195	2.961	13	13	8
Agrícola	19.385	16.760	28.638	38.123	-14	97	71
Total pecuario + Pérdidas	2.220	3.049	3.298	6.885	37	210	8
Piscícola	2.584	1.654	2.518	8.316	-36	222	52.
Total uso en energía XM HH	6.976	7.739	10.319	10.893	11	56	33
Total industria+ Construcción	1.577	2.106	2.115	2.584	34	64	1
Minería carbón y oro	0	641	843	0			32
Servicios + Pérdidas	528	482	507	797	-9	51	5
Total demanda de agua 2012	35.885	35.987	51.435	70.559	0	97	43

Anexos

Anexo 1

Valores por subzona de
oferta y calidad del agua

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ -DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Área hidrográfica Caribe																
Zona hidrográfica Atrato - Darién																
1101	Río Andágueda	902	7324	2224	3616	1098	232,2	70,5	258	10	8121	2466	36	40	79	
1102	Alto Atrato	1668	9650	4151	4408	1896	306,0	131,6	183	14	5786	2489	152	165	324	
1103	Río Quito	1817	10383	6184	5581	3324	329,3	196,1	181	19	5716	3404	241	267	522	
1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (md)	2599	12441	7157	6870	3952	394,5	227,0	152	18	4788	2754	S.I.	S.I.	S.I.	
1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (mi)	3094	16436	10298	5485	3437	521,2	326,5	168	20	5312	3328	92	102	201	
1106	Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murrí (md)	1605	5858	4190	1931	1381	185,7	132,9	116	23	3649	2610	S.I.	S.I.	S.I.	
1107	Río Murrí	3472	5541	4437	2398	1920	175,7	140,7	51	25	1596	1278	379	295	693	
1108	Río Bojayá	1820	7557	5807	4062	3121	239,6	184,1	132	24	4152	3190	S.I.	S.I.	S.I.	
1109	Río Napipí - Río Opogadó	1120	4069	3336	1342	1100	129,0	105,8	115	26	3634	2980	S.I.	S.I.	S.I.	
1110	Río Murindó - Directos al Atrato	2656	8575	5700	2862	1902	271,9	180,7	102	21	3229	2146	53	47	116	
1111	Río Sucio	5376	14198	7265	5273	2698	450,2	230,4	84	16	2641	1351	729	552	1338	
1112	Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	5844	14084	13020	5230	4835	446,6	412,8	76	29	2410	2228	127	141	276	
1113	Río Cacarica	1158	2559	1955	950	726	81,1	62,0	70	24	2210	1689	S.I.	S.I.	S.I.	
1114	Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	2056	4800	3400	1583	1121	152,2	107,8	74	22	2335	1654	S.I.	S.I.	S.I.	
1115	Río Tanela y otros Directos al Caribe	1451	2346	2112	773	696	74,4	67,0	51	29	1616	1455	74	81	156	
1116	Río Tolo y otros Directos al Caribe	714	1191	957	393	315	37,8	30,3	53	25	1668	1339	81	89	175	
1117	Río Cabi y otros Directos Atrato (md)	468	3443	1697	1520	749	109,2	53,8	233	16	7359	3627	1708	1885	3680	
Zona hidrográfica Caribe litoral																
1201	Río León	2278	4526	1488	2940	967	143,5	47,2	63	10	1986	653	4171	3676	9018	
1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	2981	2383	297	1832	228	75,5	9,4	25	4	799	100	910	1408	2474	
1203	Río San Juan	1444	662	116	562	98	21,0	3,7	15	6	459	80	322	295	666	
1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	1898	708	173	544	133	22,4	5,5	12	8	373	91	521	606	1115	
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	2506	883	96	746	81	28,0	3,1	11	3	353	38	1176	1541	2586	
1206	Arroyos Directos al Caribe	1868	356	191	274	147	11,3	6,1	6	17	191	102	30732	94387	35876	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOO_ DBO (t/año)	SST (t/año)		
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				DBO ₃ (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Sinú																
1301	Alto Sinú - Urrá	4596	10174	5225	6685	3433	322,6	165,7	70	16	2214	1137	S.I.	S.I.		
1302	Medio Sinú	3927	1388	1418	912	932	44,0	45,0	11	32	353	361	443	1362	1466	
1303	Bajo Sinú	5580	1831	518	1121	317	58,1	16,4	10	9	328	93	6688	9161	10922	
Zona hidrográfica Caribe - Guajira																
1501	Río Piedras - Río Manzanares	930	1104	417	776	293	35,0	13,2	38	12	1188	449	7201	10583	14628	
1502	Río Don Diego	542	1221	341	858	240	38,7	10,8	71	9	2253	630	S.I.	S.I.	S.I.	
1503	Río Ancho y Otros Directos al Caribe	1956	1967	823	1047	438	62,4	26,1	32	13	1006	421	70	86	152	
1504	Río Tapias	1079	737	163	587	130	23,4	5,2	22	7	684	151	S.I.	S.I.	S.I.	
1505	Río Camarones y otros directos Caribe	895	502	87	267	46	15,9	2,8	18	5	561	97	2897	3557	6247	
1506	Río Ranchería	4286	732	207	599	170	23,2	6,6	5	9	171	48	919	1212	1927	
1507	Directos Caribe - AySharimahana Alta Guajira	5388	91	85	75	69	2,9	2,7	1	29	17	16	463	620	1055	
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	5662	129	77	106	63	4,1	2,4	1	19	23	14	1388	1826	2850	
1509	Río Guachaca - Menguaguaca y Buritaca	685	1371	328	793	189	43,5	10,4	64	8	2003	479	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Catatumbo																
1601	Río Pamplonita	1406	847	319	586	221	26,9	10,1	19	12	602	227	15173	12882	32131	
1602	Río Zulia	3428	2956	1127	1672	638	93,7	35,7	27	12	862	329	849	645	1575	
1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	3442	4954	1278	3104	801	157,1	40,5	46	8	1439	371	288	215	537	
1604	Río Tarra	1764	1903	554	945	275	60,3	17,6	34	9	1079	314	119	91	227	
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	2340	1392	553	850	337	44,1	17,5	19	13	595	236	3982	3289	8055	
1606	Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur	966	2272	840	1424	527	72,0	26,7	75	12	2351	870	203	172	378	
1607	Bajo Catatumbo	1250	4847	1094	2642	596	153,7	34,7	123	7	3877	875	S.I.	S.I.	S.I.	
1608	Río del Suroeste y directos Río de Oro	1877	2442	1517	1331	827	77,4	48,1	41	20	1301	808	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Islas Caribe																
1701	San Andrés	27	18		10		0,6		21		677		331	673	710	
1702	Providencia	22	12		7		0,4		17		551		45	98	102	
1703	Roncador y Quitasueño	27											S.I.	S.I.	S.I.	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escoorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (m³/s)	Año seco (m³/s)	Año medio (l/s/Km²)	Año seco (l/s/Km²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Área hidrográfica Magdalena-Cauca																
Zona hidrográfica Alto Magdalena																
2101	Alto Magdalena	2507	3535	2408	1804	1229	112,1	76,3	45	22	1410	961	2256	1555	3860	
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	382	182	168	96	88	5,8	5,3	15	29	477	438	333	217	534	
2103	Río Suaza	1422	1750	996	839	478	55,5	31,6	39	18	1230	700	782	396	986	
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	1544	765	684	361	322	24,3	21,7	16	28	496	443	662	382	978	
2105	Río Páez	5204	5789	3157	2836	1546	183,6	100,1	35	17	1113	607	1234	836	1962	
2106	Ríos directos Magdalena (md)	1150	790	399	372	188	25,1	12,6	22	16	687	347	1409	1112	2562	
2108	Río Yaguará y Río Iquira	937	726	428	544	321	23,0	13,6	25	19	774	456	299	181	476	
2109	Juncal y otros Ríos directos al Magdalena	452	168	110	88	58	5,3	3,5	12	21	371	244	S.I.	S.I.	S.I.	
2110	Río Neiva	1071	810	338	363	152	25,7	10,7	24	13	757	316	952	2885	1697	
2111	Río Fortalecillas y otros	2159	1671	556	788	262	53,0	17,6	25	11	774	257	7277	8980	13667	
2112	Río Baché	1169	1000	460	350	161	31,7	14,6	27	15	856	393	405	293	579	
2113	Río Aipe, Río Chenche y otros directos al Magdalena	2607	2189	935	1017	434	69,4	29,7	27	14	840	359	742	665	1544	
2114	Río Cabrera	2806	2838	957	1906	643	90,0	30,4	32	11	1011	341	179	97	247	
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	1036	682	291	458	196	21,6	9,2	21	14	658	281	91	78	190	
2116	Río Prado	1676	1669	426	1106	283	52,9	13,5	32	8	996	254	260	151	376	
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	1076	1029	327	631	200	32,6	10,4	30	10	957	304	1503	13733	1989	
2119	Río Sumapaz	3048	1788	673	1155	435	56,7	21,3	19	12	586	221	3202	2679	6524	
2120	Río Bogotá	5933	1671	842	876	442	53,0	26,7	9	16	282	142	180781	222073	242692	
2121	Río Coello	1832	1471	598	756	307	46,6	19,0	25	13	803	326	9386	10745	17365	
2122	Río Opía	553	298	107	135	49	9,5	3,4	17	11	539	194	32	222	51	
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	1773	769	342	348	155	24,4	10,8	14	14	434	193	266	159	400	
2124	Río Totare	1437	920	363	440	174	29,2	11,5	20	13	640	253	219	338	271	
2125	Río Lagunilla y Otros Directos al Magdalena	2754	1735	889	728	373	55,0	28,2	20	16	630	323	2076	4585	3983	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOB ₃ (t/año)	SST (t/año)	
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)			
Zona hidrográfica Saldaña															
2201	Alto Saldaña	2584	3468	1530	1840	812	1100	48,5	43	14	1342	592	268	129	327
2202	Río Atá	1535	1784	960	821	442	566	30,4	37	17	1162	625	658	278	711
2203	Medio Saldaña	604	616	338	294	162	195	10,7	32	17	1019	559	355	157	406
2204	Río Amoyá	1463	1974	655	932	309	626	20,8	43	11	1349	448	624	460	1125
2206	Río Tetuán, Río Ortega	1205	1617	347	745	160	51,3	11,0	43	7	1342	288	396	242	614
2207	Río Cucuana	1867	1442	584	730	296	45,7	18,5	24	13	772	313	112	86	217
2208	Bajo Saldaña	706	358	170	173	82	11,3	5,4	16	15	506	241	542	1923	1058
Zona hidrográfica Medio Magdalena															
2301	Río Gualí	876	1493	580	761	296	47,3	18,4	54	12	1704	662	1031	743	1576
2302	Río Guarínó	844	1675	555	1033	342	53,1	17,6	63	11	1985	657	358	251	594
2303	Directos al Magdalena entre Ríos Seco y Negro (md)	435	454	324	280	200	14,4	10,3	33	23	1044	746	S.I.	S.I.	S.I.
2304	Directos Magdalena entre Ríos Guarínó y La Miel (mi)	966	1564	765	713	349	49,6	24,2	51	15	1620	792	3358	2589	4221
2305	Río La Miel (Samaná)	2400	7935	2635	4074	1353	251,6	83,6	105	11	3306	1098	963	581	1436
2306	Río Negro	4572	4356	1889	2639	1144	138,1	59,9	30	14	953	413	2560	1808	3969
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	1485	3080	1960	1597	1016	97,7	62,2	66	20	2075	1320	177	148	333
2308	Río Nare	5600	12867	6556	7794	3971	408,0	207,9	73	16	2297	1171	5648	4875	8798
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	3596	5110	2660	3095	1611	162,0	84,3	45	17	1421	740	1052	926	1622
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	2685	3522	2611	1826	1353	111,7	82,8	42	24	1312	972	611	522	1218
2312	Río Carare (Minero)	7283	11324	4067	7230	2596	359,1	129,0	49	11	1555	558	982	805	1879
2314	Río Opón	4319	6728	2695	3965	1588	213,3	85,5	49	13	1558	624	5627	14037	7415
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	4973	7316	2725	4312	1606	232,0	86,4	47	12	1471	548	336	295	673
2319	Río Lebríja y otros directos al Magdalena	9592	8742	3305	5581	2110	277,2	104,8	29	12	911	345	28025	28989	41633
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	7102	6487	4250	4141	2713	205,7	134,8	29	21	913	598	1070	1327	2303
2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	2974	1458	1262	756	654	46,2	40,0	16	27	490	424	1916	2114	3391

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (m³/s)	Año seco (m³/s)	Año medio (l/s/Km²)	Año seco (l/s/Km²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Sogamoso																
2401	Río Suárez	7856	6480	2559	4013	1584	2055	81,1	26	13	825	326	6533	11140	9364	
2402	Río Fonce	2411	3211	1239	1774	684	101,8	39,3	42	12	1332	514	1335	1014	2375	
2403	Río Chicamocha	9575	4007	2143	2564	1371	127,1	68,0	13	17	419	224	10741	9046	18690	
2405	Río Sogamoso	3409	3632	1752	2185	1054	115,2	55,6	34	15	1065	514	432	336	833	
Zona hidrográfica Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge																
2501	Alto San Jorge	3961	6948	3381	4203	2045	220,3	107,2	56	15	1754	853	1077	1597	2335	
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	17193	13832	7339	5776	3065	438,6	232,7	26	17	805	427	14379	18146	28383	
Zona hidrográfica Cauca																
2601	Alto Río Cauca	854	924	462	448	224	29,3	14,7	34	16	1081	541	4285	4468	8344	
2602	Río Palacé	934	993	377	481	183	31,5	12,0	34	12	1063	404	310	144	321	
2603	Río Salado y otros directos Cauca	1247	1794	551	975	300	56,9	17,5	46	10	1438	442	81	93	179	
2604	Río Palo	1651	1161	516	673	299	36,8	16,4	22	14	703	313	20045	13243	3877	
2605	Río Timba	485	757	210	439	122	24,0	6,7	50	9	1562	433	S.I.	S.I.	S.I.	
2606	Río Ovejas	924	787	324	456	188	24,9	10,3	27	13	851	350	487	348	710	
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Parraga)	1186	1259	303	786	189	39,9	9,6	34	8	1061	256	4613	3995	6568	
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	1289	790	445	580	327	25,0	14,1	19	18	613	345	4312	3488	3091	
2609	Ríos Amaime y Cerrito	1125	563	276	352	172	17,9	8,7	16	16	501	245	22517	19756	14164	
2610	Ríos Tulua y Morales	1078	721	278	414	159	22,9	8,8	21	12	669	258	5293	4487	4843	
2611	Río Frío	476	373	127	216	73	11,8	4,0	25	11	783	266	585	377	843	
2612	Río La Vieja	2837	3128	1324	1738	736	99,2	42,0	35	13	1102	467	22931	18440	42429	
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1221	1715	646	933	351	54,4	20,5	45	12	1405	529	6226	6133	12069	
2614	Río Risaralda	1260	1451	592	797	325	46,0	18,8	37	13	1152	470	2281	1482	3706	
2615	Río Chinchiná	1055	856	321	491	184	27,2	10,2	26	12	812	305	12569	9552	18312	
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	1405	1605	553	874	301	50,9	17,5	36	11	1143	394	1347	977	2430	
2617	Río Frío y Otros Directos al Cauca	1639	1952	836	1189	509	61,9	26,5	38	14	1192	510	2123	1482	3274	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DOO-DBO ₅ (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Cauca																
2618	Río Arma	1861	2784	1082	1525	592	88,3	34,3	47	12	1496	581	953	698	1722	
2619	Río San Juan	1416	2295	956	1323	551	72,8	30,3	51	13	1620	675	1722	1036	2315	
2620	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)	3554	4752	1775	2082	778	150,7	56,3	42	12	1337	499	2110	1580	3459	
2621	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (mi)	3414	4008	1646	2008	825	127,1	52,2	37	13	1174	482	1205	740	1739	
2622	Río Desbaratado	191	150	52	72	25	4,8	1,6	25	11	784	270	S.I.	S.I.	S.I.	
2624	Río Taraza - Río Man	2580	5651	2513	2504	1114	179,2	79,7	69	14	2191	974	411	362	891	
2625	Directos al Cauca entre Pto Valdivia y Río Nechí (md)	1437	3539	1354	1551	593	112,2	42,9	78	12	2463	942	137	121	298	
2626	Directos Bajo Cauca - Cga La Raya entre río Nechí y brazo de loba	4348	8110	2758	3554	1208	257,2	87,4	59	11	1865	634	361	462	799	
2627	Río Plendamo	601	659	228	316	109	20,9	7,2	35	11	1096	378	367	217	452	
2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	811	689	248	452	163	21,9	7,9	27	11	850	306	2452	3737	3271	
2629	Ríos Claro y Jamundí	669	530	319	323	195	16,8	10,1	25	19	792	477	1246	2099	2609	
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	193	69	52	42	32	2,2	1,6	11	24	355	269	37669	34841	61718	
2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijos - Yotoco - Mediacanoa y Piedras	631	185	149	113	91	5,9	4,7	9	26	293	236	9153	10453	7447	
2632	Ríos Guabas, Sabaleras y Sonso	557	296	146	167	82	9,4	4,6	17	16	532	262	479	603	863	
2633	Ríos Guadalaajara y San Pedro	463	394	127	222	71	12,5	4,0	27	10	851	273	7494	5261	7780	
2634	Ríos Cali	212	80	65	49	40	2,5	2,1	12	26	378	305	S.I.	S.I.	S.I.	
2635	Río Bugalagrande	835	454	236	261	135	14,4	7,5	17	16	544	282	357	252	541	
2636	Río Paila	526	211	163	121	93	6,7	5,2	13	24	402	310	905	600	1571	
2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	782	320	285	184	164	10,1	9,0	13	28	409	364	1370	1223	2505	
Zona hidrográfica Nechí																
2701	Río Porce	5231	8411	3496	3634	1511	266,7	110,9	51	13	1608	668	69894	63612	107419	
2702	Alto Nechí	2939	6634	2247	2867	971	210,4	71,3	72	11	2258	765	855	698	1623	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (m³/s)	Año seco (m³/s)	Año medio (l/s/km²)	Año seco (l/s/km²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Nechí																
2703	Bajo Nechí (md)	4492	8000	3759	4134	1943	2537	119,2	15	56	1781	837	1235	1085	2648	
2704	Directos al Bajo Nechí (mi)	1952	3476	1901	1502	821	110,2	60,3	17	56	1781	974	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Cesar																
2801	Alto Cesar	3442	1059	460	880	382	336	14,6	14	10	308	134	854	1126	1584	
2802	Medio Cesar	8276	1884	386	1490	305	59,7	12,2	6	7	228	47	6266	7343	9867	
2804	Río Ariguani	5333	1708	438	1324	340	54,2	13,9	8	10	320	82	1952	1962	3102	
2805	Bajo Cesar	5879	3349	585	1213	212	106,2	18,5	6	18	570	99	928	1334	1973	
Zona hidrográfica Bajo Magdalena																
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)	2012	627	186	250	74	19,9	5,9	9	10	312	93	1590	1956	3449	
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	2476	635	363	253	144	20,1	11,5	18	8	257	147	212	262	460	
2903	Canal del Dique margen derecho	2105	432	225	172	89	13,7	7,1	16	7	205	107	3610	4695	7646	
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	1152	213	131	85	52	6,8	4,1	19	6	185	113	29841	44141	48189	
2905	Canal del Dique margen izquierda	2300	904	220	360	88	28,7	7,0	8	12	393	96	909	1122	1972	
2906	Cga Grande de Santa Marta	8230	5049	3474	2579	1775	160,1	110,2	22	19	613	422	5888	6939	9545	
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	7007	3853	1184	1564	481	122,2	37,6	17	17	550	169	2719	3524	6049	
2908	Ríos Chimuica y Corozal	3696	1047	250	417	99	33,2	7,9	8	9	283	68	553	684	1204	
2909	Cienaga Mallorquin	262	34	29	17	15	1,1	0,9	4	4	131	110	1056	981	1184	
Área hidrográfica Orinoco																
Zona hidrográfica Inírida																
3101	Río Inírida Alto	11784	20288	13941	11643	8000	643,3	442,1	22	55	1722	1183	187	161	400	
3104	Río Inírida Medio	18415	32639	23935	23497	17231	1035,0	759,0	23	56	1772	1300	0	0	0	
3105	Río Papunaya	6855	14667	11248	10559	8098	465,1	356,7	24	68	2140	1641	0	0	0	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOO ₅ -DBO (t/año)	SST (t/año)	
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				DBO ₅ (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)			
Zona hidrográfica Inirída															
3107	Caño Nabuquén	1737	2860	1937	1890	1280	90,7	61,4	21	52	1646	1115	S.I.	S.I.	
3108	R. Inirída (mi), hasta bocas Caño Bocón, y R. Las Viñas	8022	13165	8862	8699	5856	417,5	281,0	21	52	1641	1105	114	98	243
3110	Caño Bocón	6985	11200	7294	7401	4820	355,2	231,3	21	51	1603	1044	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Guaviare															
3201	Río Guayabero	6272	11662	7484	7001	4493	369,8	237,3	20	59	1859	1193	S.I.	S.I.	
3202	Río Guape	3843	6431	4667	3861	2802	203,9	148,0	23	53	1674	1215	63	54	134
3203	Río Losada	3658	6226	4149	3737	2491	197,4	131,6	21	54	1702	1134	S.I.	S.I.	
3204	Alto Guaviare	10370	15490	10154	8889	5827	491,2	322,0	21	47	1494	979	79	68	165
3206	Río Ariari	8082	16166	8154	11067	5582	512,6	258,6	16	63	2000	1009	1681	1430	3502
3207	Río Guejar	3296	6089	4175	3724	2553	193,1	132,4	22	59	1847	1266	77	59	144
3210	Medio Guaviare	13778	21444	14390	15438	10360	680,0	456,3	21	49	1556	1044	786	674	1656
3212	Río Siare	4447	6304	4109	4539	2958	199,9	130,3	21	45	1418	924	S.I.	S.I.	
3213	Río Iteviare	4870	6705	4619	4827	3325	212,6	146,5	22	44	1377	948	S.I.	S.I.	
3214	Bajo Guaviare	8912	14151	9551	9126	6160	448,7	302,9	21	50	1588	1072	0	0	0
3215	Caño Minisiare	2346	3717	2673	2397	1724	117,9	84,8	23	50	1585	1140	S.I.	S.I.	
3216	Alto Río Uvá	4438	6038	4341	3894	2799	191,5	137,6	23	43	1360	978	S.I.	S.I.	
3217	Bajo Río Uvá	5424	7960	5551	5133	3579	252,4	176,0	22	47	1468	1023	S.I.	S.I.	
3218	Caño Chupabe	4838	7381	4977	4760	3209	234,0	157,8	21	48	1525	1029	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Vichada															
3301	Alto Vichada	8073	9162	6520	6659	4739	290,5	206,7	36	36	1135	808	S.I.	S.I.	
3302	Río Guarrojo	3659	4355	2922	3166	2123	138,1	92,6	21	38	1190	799	S.I.	S.I.	
3303	Río Muco	4463	5022	3445	3650	2504	159,2	109,2	22	36	1125	772	S.I.	S.I.	
3305	Directos Vichada Medio	5006	7321	4611	5321	3351	232,1	146,2	20	46	1463	921	S.I.	S.I.	
3306	Bajo Vichada	5013	7415	4207	5390	3058	235,1	133,4	18	47	1479	839	S.I.	S.I.	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO- DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Tomo																
3401	Alto Río Tomo	8054	10260	5919	6617	3817	325,3	187,7	18	1274	735	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
3402	Río Elvita	5576	6402	3715	4129	2396	203,0	117,8	18	1148	666	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
3403	Bajo Río Tomo	4100	5079	3014	3276	1944	161,1	95,6	19	1239	735	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
3405	Caño Lioni o Terecay	2566	3084	1849	1989	1193	97,8	58,6	19	1202	721	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Meta																
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	3845	8794	3089	6386	2243	278,9	97,9	11	2287	803	2182	5566	2880		
3502	Río Guayuriba	3199	5560	1789	3165	1018	176,3	56,7	10	1738	559	506	424	980		
3503	Río Guatiquía	1781	4422	1740	3108	1223	140,2	55,2	12	2483	977	12060	18392	19939		
3504	Río Guacavía	850	2317	1147	1515	750	73,5	36,4	16	2724	1348	S.I.	S.I.	S.I.		
3505	Río Humea	1441	3388	2006	2176	1289	107,4	63,6	19	2351	1392	109	91	233		
3506	Río Guavío	2289	4514	2013	3074	1370	143,1	63,8	14	1972	879	187	172	383		
3507	Río Garagoa	2487	1522	916	1122	675	48,3	29,0	19	612	368	1062	890	2114		
3508	Río Lengupá	1879	3190	1116	1996	698	101,2	35,4	11	1698	594	268	200	488		
3509	Río Uplía	1826	3587	1494	2044	851	113,8	47,4	13	1965	819	65	57	142		
3510	Río Negro	927	1933	1002	1358	705	61,3	31,8	16	2084	1081	S.I.	S.I.	S.I.		
3511	Directos Río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao	1969	2900	2296	2126	1683	92,0	72,8	25	1473	1166	372	430	799		
3512	Río Yucao	2441	2899	2454	2272	1924	91,9	77,8	38	27	1188	1006	S.I.	S.I.		
3513	Río Melúa	1884	2852	1628	1996	1139	90,4	51,6	18	1513	864	S.I.	S.I.	S.I.		
3514	Caño Cumaral	1113	1712	901	1198	630	54,3	28,6	17	1538	809	S.I.	S.I.	S.I.		
3515	Río Manacacias	6986	10633	5588	8246	4334	337,2	177,2	48	17	1522	800	118	91	220	
3516	Lago de Tota	226	47	44	29	28	1,5	1,4	7	30	208	195	60	45	124	
3518	Río Túa y otros directos al Meta	4975	7867	6232	6997	5542	249,5	197,6	50	25	1582	1253	960	758	1104	
3519	Río Cusiana	5101	12122	4885	10781	4345	384,4	154,9	75	13	2376	958	693	1143	1243	
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	1665	1957	1278	1533	1001	62,0	40,5	21	1175	768	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOO ₅ - DBO ₅ (t/año)	SST (t/año)	
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				DBO ₅ (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)			
Zona hidrográfica Meta															
3521	Río Cravo Sur	5161	6086	4571	4453	3345	1930	145,0	37	24	1179	886	1505	4149	2666
3522	Caño Guanápalo y otros directos al Meta	6244	7218	4482	5282	3280	2289	142,1	37	20	1156	718	105	97	216
3523	Río Pauto	8023	9674	5545	7079	4057	3068	175,8	38	18	1206	691	302	234	574
3524	Directos al Río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi)	5365	6483	3581	4744	2620	205,6	113,5	38	18	1208	667	S.I.	S.I.	S.I.
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md)	6353	8064	4302	5901	3148	255,7	136,4	40	17	1269	677	137	131	304
3526	Directos al Río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md)	3447	3550	2199	2843	1761	112,6	69,7	33	20	1030	638	175	151	373
3527	Directos al Río Meta entre ríos Humea y Upiá (mi)	1244	2573	1357	1875	988	81,6	43,0	66	17	2069	1091	32	27	65
Zona hidrográfica Casanare															
3601	Río Ariporo	5285	6761	3628	4682	2512	214,4	115,1	41	17	1279	687	212	167	430
3602	Río Casanare	6665	7342	5137	5084	3557	232,8	162,9	35	22	1102	771	348	510	942
3603	Río Cravo Norte	8905	10264	7397	7107	5122	325,5	234,6	37	23	1153	831	29	48	84
3604	Caño Samuco	919	983	579	681	401	31,2	18,3	34	19	1070	630	S.I.	S.I.	S.I.
3605	Caño Aguaclarita	2480	3011	1564	2085	1083	95,5	49,6	38	16	1214	630	S.I.	S.I.	S.I.
Zona hidrográfica Arauca															
3701	Río Chitaga	2489	2235	1852	1330	1102	70,9	58,7	28	26	898	744	235	184	452
3702	Río Margua	746	1800	902	1109	556	57,1	28,6	76	16	2411	1209	S.I.	S.I.	S.I.
3703	Río Cobugón - Río Cobaría	1979	7453	2484	4793	1597	236,3	78,8	119	11	3766	1255	36	30	75
3704	Río Bojabá	1133	1444	1402	928	902	45,8	44,5	40	31	1274	1237	S.I.	S.I.	S.I.
3705	Río Banadía y otros Directos al Río Arauca	2103	3354	2525	2157	1624	106,4	80,1	51	24	1595	1201	798	881	1787
3706	Directos Río Arauca (md)	2930	2370	1927	1524	1239	75,2	61,1	26	26	809	658	886	974	1557
Zona hidrográfica Directos Orinoco															
3801	Río Vita	8246	10422	5661	6702	3640	330,5	179,5	40	17	1264	687	S.I.	S.I.	S.I.
3802	Río Tuparro	11560	18504	9236	7885	3936	586,8	292,9	51	16	1601	799	106	91	229
3803	Caño Matavén	10514	19182	9468	12335	6089	608,2	300,2	58	16	1824	901	S.I.	S.I.	S.I.
3804	Directos Río Atabapo (mi)	4643	9088	4837	5844	3111	288,2	153,4	62	17	1957	1042	0	0	0

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Directos Orinoco																
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)	4194	5156	2840	3316	1826	1635	90,1	17	39	1230	677	S.I.	S.I.	S.I.	
3809	Río Cinaruco y Directos Río Orinoco	4569	5113	2917	3288	1876	162,1	92,5	18	35	1119	638	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Apure																
3901	Alto Río Apure	264	439	280	282	180	13,9	8,9	20	53	1661	1061	S.I.	S.I.	S.I.	
Área hidrográfica amazónicas																
Zona hidrográfica Guanía																
4101	Alto Río Guanía	3709	8156	5752	5473	3860	258,6	182,4	22	70	2199	1551	S.I.	S.I.	S.I.	
4102	Medio Río Guanía	2787	5637	3393	3783	2277	178,7	107,6	19	64	2023	1218	S.I.	S.I.	S.I.	
4105	Bajo Río Guanía	7952	15717	9251	10547	6208	498,4	293,3	63	19	1976	1163	0	0	0	
4106	Río Aquió o Caño Aque	2995	6006	3492	4030	2343	190,4	110,7	64	18	2005	1166	S.I.	S.I.	S.I.	
4107	Directos Río Negro (md)	3540	7157	3988	4803	2676	226,9	126,5	18	64	2021	1126	0	0	0	
4108	Río Cuiary	4409	9719	6570	6523	4409	308,2	208,3	70	21	2205	1490	S.I.	S.I.	S.I.	
4109	Río Isana	3458	7335	6398	4922	4294	232,6	202,9	28	67	2121	1850	S.I.	S.I.	S.I.	
4110	Río Tomo	2436	4794	2632	3217	1766	152,0	83,5	17	62	1968	1081	0	0	0	
Zona hidrográfica Vaupes																
4201	Río Itilla	2571	4038	2728	2710	1831	128,1	86,5	50	21	1571	1061	S.I.	S.I.	S.I.	
4202	Río Unilla	2309	3703	2489	2485	1670	117,4	78,9	51	21	1604	1078	95	81	201	
4203	Alto Vaupés	8639	17931	12340	12034	8281	568,6	391,3	66	22	2076	1428	57	49	123	
4207	Bajo Vaupés	13452	30984	22906	20793	15372	982,5	726,3	73	23	2303	1703	277	240	601	
4208	Río Querary	4292	9755	8435	6547	5660	309,3	267,5	72	27	2273	1965	S.I.	S.I.	S.I.	
4209	Río Papurí	5409	11988	9371	8045	6289	380,1	297,1	70	25	2216	1732	0	0	0	
4211	Río Tiquié	1025	2341	1649	1571	1107	74,2	52,3	72	22	2285	1609	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Apaporis																
4301	Río Tunia ó Macayá	9268	15088	9738	10125	6535	478,4	308,8	52	20	1628	1051	S.I.	S.I.	S.I.	
4302	Río Ajaju	7832	14342	8369	9625	5617	454,8	265,4	58	19	1831	1069	S.I.	S.I.	S.I.	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOO ₂ -DBO (t/año)	SST (t/año)	
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				DBO ₃ (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)			
Zona hidrográfica Apaporis															
4303	Alto Río Apaporis	12354	27529	17354	18475	11646	8730	550,3	71	20	2228	1405	0	0	0
4305	Bajo Río Apaporis	12787	30680	19365	20589	12995	972,9	614,0	76	20	2399	1514	0	0	0
4306	Río Cananari	3852	9039	5334	6066	3580	286,6	169,1	74	19	2347	1385	S.I.	S.I.	S.I.
4307	Río Pira Paraná	5866	13576	8894	9111	5969	430,5	282,0	73	21	2315	1516	S.I.	S.I.	S.I.
4309	Directos Río Taraira	1553	3748	2341	2515	1571	118,9	74,2	77	20	2413	1508	3	2	6
Zona hidrográfica Caquetá															
4401	Alto Caqueta	5812	10527	6989	5087	3377	333,8	221,6	57	21	1811	1203	838	734	1790
4402	Río Caqueta Medio	15579	29709	24162	11647	9473	942,1	766,2	60	26	1907	1551	218	187	461
4403	Río Ortegua	7908	14105	12768	5990	5423	447,3	404,9	57	29	1784	1615	2604	2164	5323
4404	Río Pescado	2067	4003	3382	1700	1436	126,9	107,2	61	27	1937	1636	320	276	690
4407	Río Rutuya	1136	1756	1491	746	633	55,7	47,3	49	27	1546	1313	S.I.	S.I.	S.I.
4408	Río Mecaya	4536	10817	8719	4241	3418	343,0	276,5	76	26	2384	1922	S.I.	S.I.	S.I.
4409	Río Sencella	1742	3340	3150	1309	1235	105,9	99,9	61	30	1917	1808	S.I.	S.I.	S.I.
4410	Río Peneya	1606	2464	2111	1046	897	78,1	67,0	49	27	1534	1315	S.I.	S.I.	S.I.
4414	Río Cuemaní	2432	5163	3577	2193	1519	163,7	113,4	67	22	2123	1471	S.I.	S.I.	S.I.
4415	Río Caqueta Bajo	25390	61360	38848	30257	19156	1945,7	1231,8	77	20	2417	1530	S.I.	S.I.	S.I.
4417	Río Cahuinari	15071	35143	23395	17329	11536	1114,4	741,8	74	21	2332	1552	0	0	0
4418	Río Miriri-Paraná	9036	21756	13874	10728	6841	689,9	440,0	76	20	2408	1535	S.I.	S.I.	S.I.
4420	Río Puré	7659	18143	11510	8947	5676	575,3	365,0	75	20	2369	1503	S.I.	S.I.	S.I.
Zona hidrográfica Yari															
4501	Alto Yari	7443	11762	9567	5800	4717	373,0	303,4	50	26	1580	1285	S.I.	S.I.	S.I.
4502	Río Camuya	2770	4104	3181	2024	1569	130,1	100,9	47	25	1482	1149	S.I.	S.I.	S.I.
4504	Medio Yari	5359	9941	6569	4902	3239	315,2	208,3	59	21	1855	1226	S.I.	S.I.	S.I.
4505	Río Luisa	3046	5846	4079	2883	2011	185,4	129,3	61	22	1919	1339	S.I.	S.I.	S.I.
4506	Bajo Yari	3872	9005	5597	4440	2760	285,6	177,5	74	20	2326	1446	S.I.	S.I.	S.I.
4509	Río Cuñare	5527	12119	7170	5976	3535	384,3	227,3	70	19	2193	1297	S.I.	S.I.	S.I.

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (Mm³)	Año seco (Mm³)	Año medio (m³/s)	Año seco (m³/s)	Año medio (l/s/Km²)	Año seco (l/s/Km²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica Yari																
4510	Río Mesay	8645	19747	12685	9737	6255	626,2	402,2	72	20	2284	1467	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Caguán																
4601	Río Caguan Alto	5842	13543	8262	8075	4927	429,4	262,0	74	19	2318	1414	696	588	1475	
4602	Río Guayas	5495	13699	8806	6623	4257	434,4	279,2	79	20	2493	1603	535	442	1097	
4604	Río Caguan Bajo	7421	12238	9589	7683	6020	388,1	304,1	52	25	1649	1292	199	172	431	
4605	Río Sunsiya	2468	4059	3323	2548	2086	128,7	105,4	52	26	1645	1347	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Putumayo																
4701	Alto Río Putumayo	6982	31069	11058	16525	5882	985,2	350,7	141	11	4450	1584	5409	22492	2804	
4702	Río San_Miguel	2243	6404	3009	3406	1600	203,1	95,4	91	15	2855	1341	408	357	882	
4703	Río Putumayo Medio	5070	11344	9199	6033	4893	359,7	291,7	71	26	2237	1814	S.I.	S.I.	S.I.	
4704	Río Putumayo Directos (mi)	3527	6809	5867	3621	3120	215,9	186,0	61	27	1931	1663	155	133	325	
4705	Río Cará-Paraná	7327	15346	12500	8162	6648	486,6	396,4	66	26	2094	1706	S.I.	S.I.	S.I.	
4706	Río Putumayo Bajo	14217	32609	21932	17344	11665	1034,0	695,5	73	21	2294	1543	0	0	0	
4707	Río Igará-Paraná	12908	29334	19910	15602	10589	930,2	631,3	72	22	2273	1542	S.I.	S.I.	S.I.	
4710	Río Cotuhe	3658	7939	5736	4223	3051	251,7	181,9	69	23	2170	1568	S.I.	S.I.	S.I.	
4711	Río Purite	1998	4024	3159	2140	1680	127,6	100,2	64	25	2014	1582	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Amazonas - Directos																
4801	Directos Río Amazonas (mi)	3269	6245	5217	3322	2775	198,0	165,4	61	26	1910	1596	488	422	1052	
Zona hidrográfica Napo																
4901	Río Chingual	456	334	283	178	151	10,6	9,0	23	27	734	622	S.I.	S.I.	S.I.	
Área hidrográfica Pacifico																
Zona hidrográfica Mira																
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	351	497	446	275	247	15,8	14,1	45	28	1416	1272	S.I.	S.I.	S.I.	
5102	Río Mira	4087	10405	7305	5753	4039	329,9	231,7	81	22	2546	1787	4709	4519	8108	
5103	Río Rosario	832	1935	1792	1070	991	61,4	56,8	74	29	2325	2154	S.I.	S.I.	S.I.	
5104	Río Tola	595	1688	1290	933	713	53,5	40,9	90	24	2836	2168	S.I.	S.I.	S.I.	

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Valores por subzona de oferta y calidad del agua										DOO ₋ DBO (t/año)	SST (t/año)	
			Oferta total		Oferta disponible		Caudal		Rendimiento		Escorrentía				DBO ₃ (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)			
Zona hidrográfica Patía															
5201	Río Patía Alto	3218	2672	1244	1565	728	84,7	39,4	26	15	830	386	1046	948	1891
5202	Río Guachicono	2626	2556	1060	1373	569	81,1	33,6	31	13	974	404	568	390	819
5203	Río Mayo	874	1149	472	547	225	36,4	15,0	42	13	1315	540	744	561	1152
5204	Río Juananbú	2084	1761	747	958	406	55,8	23,7	27	13	845	358	6560	11516	13109
5205	Río Guáitara	3650	2601	1459	1262	708	82,5	46,2	23	18	712	400	3697	3865	7577
5206	Río Telembí	4635	18547	7546	11024	4485	588,1	239,3	127	13	4001	1628	250	275	538
5207	Río Patía Medio	2390	4169	2911	2478	1730	132,2	92,3	55	22	1744	1218	137	145	280
5209	Río Patía Bajo	4528	12367	11074	7350	6581	392,1	351,1	87	28	2731	2446	430	476	933
Zona hidrográfica Tapaje - Dagua - Directos															
5302	Río Tapaje	1602	5079	4357	2761	2369	161,1	138,2	101	27	3171	2720	139	154	302
5303	Río Iscuandé	2336	4742	4247	2578	2309	150,4	134,7	64	28	2030	1818	44	49	96
5304	Río Guapi	2623	10044	8928	5460	4854	318,5	283,1	121	28	3828	3403	275	304	596
5305	Río Timbiquí	808	3999	2809	2174	1527	126,8	89,1	157	22	4949	3476	62	68	134
5306	Río Salja	1088	6185	3472	3363	1888	196,1	110,1	180	18	5684	3191	S.I.	S.I.	S.I.
5307	Río San Juan del Micay	4452	24380	9357	11796	4527	773,1	296,7	174	12	5476	2102	181	167	335
5308	Río Naya - Yurumanguí	2665	16853	7482	10893	4836	534,4	237,3	200	14	6323	2807	S.I.	S.I.	S.I.
5309	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	1997	9118	5041	5894	3259	289,1	159,9	145	18	4565	2524	S.I.	S.I.	S.I.
5310	Río Anchicayá	1280	4058	2927	2623	1892	128,7	92,8	101	23	3170	2287	S.I.	S.I.	S.I.
5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	1965	4508	4444	2914	2872	142,9	140,9	73	31	2294	2261	6527	7144	13946
Zona hidrográfica San Juan															
5401	Río San Juan Alto	2054	10221	4418	5002	2162	324,1	140,1	158	14	4976	2151	560	594	1193
5402	Río Tamaná y otros Directos San Juan	2826	16961	7017	6905	2857	537,8	222,5	190	13	6001	2483	276	306	599
5403	Río Sipí	3027	14997	5580	6106	2272	475,5	176,9	157	12	4954	1843	499	294	757
5404	Río Cajón	743	3680	2397	1498	976	116,7	76,0	157	21	4954	3226	89	83	136
5405	Río Capoma y otros directos al San Juan	2427	11971	6346	4929	2613	379,6	201,2	156	17	4932	2614	S.I.	S.I.	S.I.

Anexo 1. Valores por subzona de oferta y calidad del agua

Valores por subzona de oferta y calidad del agua																
SZH	Nombre sub zona hidrográfica	Área SZH ENA 2014 (km ²)	Oferta total			Oferta disponible			Caudal		Rendimiento		Escorrentía		DQO ₅ DBO (t/año)	SST (t/año)
			Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (Mm ³)	Año seco (Mm ³)	Año medio (m ³ /s)	Año seco (m ³ /s)	Año medio (l/s/Km ²)	Año seco (l/s/Km ²)	Año medio (mm)	Año seco (mm)				
Zona hidrográfica San Juan																
5406	Río Munguindó	833	4610	1939	1898	799	146,2	61,5	175	13	5534	2328	S.I.	S.I.	S.I.	
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	3541	16480	9955	8919	5388	522,6	315,7	148	19	4654	2811	211	172	421	
5408	Río San Juan Medio	935	4610	3423	2495	1853	146,2	108,5	156	24	4932	3662	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica baudó - Directos Pacífico																
5501	Río Baudó	4058	21812	14839	11805	8031	691,7	470,5	170	22	5375	3657	188	208	408	
5502	Río Docampadó y Directos Pacífico	1907	10450	6571	5656	3557	331,4	208,4	174	20	5481	3446	S.I.	S.I.	S.I.	
Zona hidrográfica Pacífico Directos																
5601	Directos Pacífico Frontera Panamá	4253	18095	13343	9794	7222	574	423	135	23	4255	3138	153	170	333	
Zona hidrográfica islas Pacífico																
5701	Maipelo	0,46											S.I.	S.I.	S.I.	
5702	La Gorgona	15,63											S.I.	S.I.	S.I.	

Anexo 2
Indicadores por
subzona hidrográfica

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IVH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	año medio	Categ.	año seco	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Caribe Guajira																			
1501	Río Piedras - Río Manzanares	56,3%	Baja	11,23	Moderado	29,71	Alto	Alta	5,0	Muy alta	0,244	Bajo	0,074	Muy bajo	0,377	Moderado			
1502	Río Don Diego	64,5%	Baja	2,03	Bajo	7,25	Bajo	Media	0,0	Muy baja	0,441	Media	0,008	Muy bajo	0,409	Moderado			
1503	Río Ancho y Otros Directos al Caribe	63,4%	Baja	24,72	Alto	59,10	Muy alto	Alta	1,0	Muy baja	0,417	Media	0,028	Muy bajo	0,113	Bajo			
1504	Río Tapias	53,4%	Baja	8,48	Bajo	38,38	Alto	Media	0,0	Muy baja	0,338	Media	0,041	Muy bajo	0,487	Moderado			
1505	Río Camarones y otros directos Caribe	49,7%	Muy baja	8,95	Bajo	51,66	Muy alto	Media	5,0	Muy alta	0,223	Bajo	0,042	Muy bajo	0,471	Moderado			
1506	Río Ranchería	47,3%	Muy baja	92,89	Muy alto	328,38	Crítico	Muy alta	4,0	Alta	0,536	Alto	0,388	Media	0,418	Moderado			
1507	Directos Caribe - Ay-Sharimahana Alta Guajira	45,0%	Muy baja	40,98	Alto	44,06	Alto	Muy alta	5,0	Muy alta	0,004	Muy bajo	0,112	Bajo	0,274	Bajo			
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	44,5%	Muy baja	19,76	Moderado	33,17	Alto	Alta	5,0	Muy alta	0,081	Muy bajo	0,062	Muy bajo	0,316	Moderado			
1509	Río Guachaca - Mendiguaca y Buritaca	62,7%	Baja	4,53	Bajo	18,97	Moderado	Media	0,0	Muy baja	0,208	Bajo	0,023	Muy bajo	0,447	Moderado			
Zona hidrográfica Catatumbo																			
1601	Río Pamplonita	67,7%	Moderada	25,21	Alto	66,98	Muy alto	Alta	5,0	Muy alta	0,586	Alto	0,050	Muy bajo	0,197	Bajo			
1602	Río Zulia	69,0%	Moderada	17,67	Moderado	46,31	Alto	Media	3,0	Moderada	0,478	Media	0,030	Muy bajo	0,171	Bajo			
1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	64,0%	Baja	1,29	Bajo	5,02	Bajo	Media	1,0	Muy baja	0,249	Bajo	0,006	Muy bajo	0,428	Moderado			
1604	Río Tarra	66,6%	Moderada	1,79	Bajo	6,15	Bajo	Baja	1,2	Muy baja	0,155	Bajo	0,008	Muy bajo	0,457	Moderado			
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	65,7%	Moderada	9,32	Bajo	23,46	Alto	Baja	4,6	Alta	0,261	Bajo	0,040	Muy bajo	0,434	Moderado			
1606	Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur	64,4%	Baja	0,30	Muy bajo	0,81	Muy bajo	Media	1,6	Muy baja	0,251	Bajo	0,001	Muy bajo	0,325	Moderado			
1607	Bajo Catatumbo	65,6%	Moderada	0,25	Muy bajo	1,11	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,212	Bajo	0,001	Muy bajo	0,412	Moderado			
1608	Río del Suroeste y directos Río de Oro	61,8%	Baja	0,74	Muy bajo	1,19	Bajo	Media	0,0	Muy baja	0,133	Bajo	0,003	Muy bajo	0,471	Moderado			
Zona hidrográfica Islas Caribe																			
1701	San Andrés	68,5%	Moderada	50,04	Muy alto	S.I.	Crítico	Alta	5,0	Muy alta	Nd		Nd		0,000	Muy bajo			
1702	Providencia	68,7%	Moderada	9,13	Bajo	S.I.	Crítico	Baja	5,0	Alta	Nd		Nd		0,000	Muy bajo			
1703	Roncador y Quitasueño	66,3%	Moderada	S.I.	Crítico	S.I.	Crítico	Muy alta	0,0	Muy baja	Nd		Nd		0,000	Muy bajo			
Área hidrográfica Magdalena - Cauca																			
Zona hidrográfica Alto Magdalena																			
2101	Alto Magdalena	69,4%	Moderada	1,99	Bajo	2,92	Bajo	Baja	3,8	Media	0,718	Alto	0,003	Muy bajo	0,166	Bajo			
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	71,7%	Moderada	15,90	Moderado	17,30	Moderado	Media	4,0	Alta	0,936	Muy alto	0,048	Muy bajo	0,299	Bajo			
2103	Río Suaza	72,1%	Moderada	3,68	Bajo	6,46	Bajo	Baja	3,0	Moderada	0,562	Alto	0,011	Muy bajo	0,288	Bajo			
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	70,9%	Moderada	14,43	Moderado	16,16	Moderado	Media	3,8	Media	0,637	Alto	0,030	Muy bajo	0,206	Bajo			
2105	Río Páez	70,8%	Moderada	1,64	Bajo	3,01	Bajo	Baja	2,4	Muy baja	0,331	Media	0,005	Muy bajo	0,273	Bajo			
2106	Ríos directos Magdalena (md)	71,1%	Moderada	73,09	Muy alto	144,83	Crítico	Alta	4,2	Alta	0,609	Alto	0,111	Bajo	0,086	Muy bajo			
2108	Río Yaguará y Río Iquira	63,7%	Baja	205,93	Crítico	349,49	Crítico	Muy alta	2,8	Moderada	0,476	Media	0,234	Bajo	0,081	Muy bajo			
2109	Juncal y otros Ríos directos al Magdalena	72,2%	Moderada	111,02	Crítico	168,76	Crítico	Muy alta	0,0	Muy baja	0,403	Media	0,225	Bajo	0,203	Bajo			

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IUA		IWH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	año medio	año seco	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Alto Magdalena																					
2110	Río Neiva	74,2%	Moderada	82,06	Muy alto	196,50	Crítico	Alta	4,2	Alta	5,0	Alta	0,573	Alto	0,131	Bajo	0,160	Bajo			
2111	Río Fortalecidas y otros	72,0%	Moderada	30,37	Alto	91,35	Muy alto	Alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,594	Alto	0,267	Bajo	0,363	Moderado			
2112	Río Baché	68,5%	Moderada	21,50	Alto	46,76	Alto	Alta	3,4	Moderada	4,0	Baja	0,482	Media	0,061	Muy bajo	0,283	Bajo			
2113	Río Alpe, Río Chenche y otros directos al Magdalena	69,7%	Moderada	27,33	Alto	63,95	Muy alto	Alta	3,4	Moderada	4,0	Media	0,346	Media	0,077	Muy bajo	0,328	Moderado			
2114	Río Cabrera	67,8%	Moderada	2,81	Bajo	8,32	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	2,0	Muy baja	0,238	Bajo	0,013	Muy bajo	0,378	Moderado			
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	69,2%	Moderada	13,44	Moderado	31,44	Alto	Media	2,0	Muy baja	3,0	Baja	0,510	Alto	0,025	Muy bajo	0,313	Moderado			
2116	Río Prado	66,2%	Moderada	32,60	Alto	127,61	Crítico	Alta	2,0	Muy baja	3,0	Baja	0,407	Media	0,037	Muy bajo	0,113	Bajo			
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	69,8%	Moderada	53,97	Muy alto	170,09	Crítico	Alta	4,2	Alta	5,0	Muy alta	0,810	Muy alto	0,129	Bajo	0,315	Moderado			
2119	Río Sumapaz	62,8%	Baja	23,96	Alto	63,68	Muy alto	Alta	4,0	Alta	4,8	Muy alta	0,648	Alto	0,073	Muy bajo	0,244	Bajo			
2120	Río Bogotá	63,3%	Baja	259,17	Crítico	514,23	Crítico	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,137	Crítico	0,504	Alto	0,194	Bajo			
2121	Río Coello	75,6%	Alta	15,45	Moderado	38,01	Alto	Media	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,356	Media	0,046	Muy bajo	0,250	Bajo			
2122	Río Opía	68,4%	Moderada	54,94	Muy alto	152,45	Crítico	Alta	2,4	Muy baja	3,2	Baja	0,532	Alto	0,027	Muy bajo	0,280	Bajo			
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	61,6%	Baja	42,05	Alto	94,57	Muy alto	Alta	3,0	Moderada	3,8	Media	0,606	Alto	0,136	Bajo	0,483	Moderado			
2124	Río Totare	72,3%	Moderada	27,87	Alto	70,57	Muy alto	Alta	2,4	Moderada	3,4	Baja	0,563	Alto	0,059	Muy bajo	0,211	Bajo			
2125	Río Lagunilla y Otros Directos al Magdalena	68,7%	Moderada	55,84	Muy alto	108,98	Crítico	Alta	4,0	Alta	5,0	Alta	0,864	Muy alto	0,139	Bajo	0,248	Bajo			
Zona hidrográfica Saldaña																					
2201	Alto Saldaña	72,7%	Moderada	1,58	Bajo	3,59	Bajo	Baja	1,2	Muy baja	1,8	Muy baja	0,276	Bajo	0,008	Muy bajo	0,479	Moderado			
2202	Río Atá	74,8%	Moderada	5,99	Bajo	11,13	Moderado	Baja	2,4	Muy baja	3,2	Muy baja	0,675	Alto	0,032	Muy bajo	0,533	Alto			
2203	Medio Saldaña	72,8%	Moderada	24,67	Alto	44,94	Alto	Alta	3,2	Moderada	3,4	Baja	0,872	Muy alto	0,140	Bajo	0,566	Alto			
2204	Río Amoyá	72,7%	Moderada	1,67	Bajo	5,02	Bajo	Baja	3,0	Moderada	4,0	Media	0,293	Bajo	0,009	Muy bajo	0,414	Moderado			
2206	Río Tetuán, Río Ortega	72,5%	Moderada	6,21	Bajo	28,96	Alto	Baja	2,8	Muy baja	4,0	Media	0,392	Media	0,034	Muy bajo	0,438	Moderado			
2207	Río Cucuana	72,8%	Moderada	5,53	Bajo	13,66	Moderado	Baja	1,6	Muy baja	2,6	Muy baja	0,431	Media	0,021	Muy bajo	0,392	Moderado			
2208	Bajo Saldaña	74,3%	Moderada	87,29	Muy alto	183,35	Crítico	Alta	4,6	Alta	5,0	Muy alta	0,639	Alto	0,119	Bajo	0,326	Moderado			
Zona hidrográfica Medio Magdalena																					
2301	Río Gualí	68,5%	Moderada	2,05	Bajo	5,27	Bajo	Baja	3,8	Media	4,0	Alta	0,752	Alto	0,003	Muy bajo	0,136	Bajo			
2302	Río Guarínó	70,0%	Moderada	0,66	Muy bajo	2,00	Bajo	Baja	2,0	Muy baja	3,4	Media	0,547	Alto	0,001	Muy bajo	0,087	Muy bajo			
2303	Directos al Magdalena entre Ríos Seco y Negro (md)	68,1%	Moderada	1,51	Bajo	2,12	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	1,202	Crítico	0,003	Muy bajo	0,215	Bajo			
2304	Directos Magdalena entre Ríos Guarínó y La Miel (mi)	68,9%	Moderada	5,95	Bajo	12,18	Moderado	Baja	4,2	Alta	5,0	Alta	0,975	Muy alto	0,002	Muy bajo	0,030	Muy bajo			
2305	Río La Miel (Samaná)	71,8%	Moderada	7,02	Bajo	21,13	Alto	Baja	2,0	Muy baja	3,0	Baja	0,461	Media	0,000	Muy bajo	0,006	Muy bajo			
2306	Río Negro	65,5%	Moderada	7,00	Bajo	16,15	Moderado	Baja	3,0	Media	4,0	Alta	0,723	Alto	0,030	Muy bajo	0,430	Moderado			

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IVH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	año medio	Categ.	año seco	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Medio Magdalena																			
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	73,6%	Moderada	0,61	Muy bajo	0,95	Muy bajo	Baja	1,4	Muy baja	2,0	Muy baja	0,647	Alto	0,000	Muy bajo	0,060	Muy bajo	Muy bajo
2308	Río Nare	72,7%	Moderada	16,38	Moderado	32,15	Alto	Media	3,0	Media	4,0	Media	0,418	Media	0,009	Muy bajo	0,049	Muy bajo	Muy bajo
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	73,3%	Moderada	2,81	Bajo	5,40	Bajo	Baja	2,4	Moderada	3,0	Baja	0,489	Media	0,001	Muy bajo	0,026	Muy bajo	Muy bajo
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	71,5%	Moderada	4,52	Bajo	6,10	Bajo	Baja	2,4	Moderada	3,0	Baja	0,817	Muy alto	0,001	Muy bajo	0,024	Muy bajo	Muy bajo
2312	Río Carare (Minero)	67,3%	Moderada	0,88	Muy bajo	2,44	Bajo	Baja	1,6	Muy baja	2,6	Baja	0,698	Alto	0,003	Muy bajo	0,324	Moderado	Moderado
2314	Río Opón	68,5%	Moderada	1,85	Bajo	4,61	Bajo	Baja	4,0	Media	4,4	Alta	1,263	Critico	0,005	Muy bajo	0,226	Bajo	Bajo
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	72,1%	Moderada	0,97	Muy bajo	2,60	Bajo	Baja	1,2	Muy baja	2,0	Muy baja	0,206	Bajo	0,002	Muy bajo	0,267	Bajo	Bajo
2319	Río Lebríja y otros directos al Magdalena	71,2%	Moderada	10,12	Moderado	26,78	Alto	Media	4,6	Alta	5,0	Muy alta	0,768	Alto	0,026	Muy bajo	0,276	Bajo	Bajo
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	75,9%	Alta	3,93	Bajo	6,00	Bajo	Baja	2,0	Muy baja	3,0	Baja	0,228	Bajo	0,012	Muy bajo	0,435	Moderado	Moderado
2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	69,4%	Moderada	12,39	Moderado	14,32	Moderado	Media	4,0	Alta	4,0	Alta	0,725	Alto	0,050	Muy bajo	0,406	Moderado	Moderado
Zona hidrográfica Sogamoso																			
2401	Río Suárez	64,3%	Baja	6,80	Bajo	17,22	Moderado	Media	4,2	Alta	4,6	Alta	0,989	Muy alto	0,025	Muy bajo	0,366	Moderado	Moderado
2402	Río Fonce	70,7%	Moderada	3,57	Bajo	9,24	Bajo	Baja	3,0	Moderada	4,0	Alta	0,808	Muy alto	0,012	Muy bajo	0,303	Moderado	Moderado
2403	Río Chicamocha	67,0%	Moderada	20,68	Alto	38,67	Alto	Alta	4,4	Alta	4,8	Muy alta	0,762	Alto	0,056	Muy bajo	0,265	Bajo	Bajo
2405	Río Sogamoso	70,6%	Moderada	5,05	Bajo	10,48	Moderado	Baja	2,0	Muy baja	2,8	Baja	1,342	Critico	0,016	Muy bajo	0,356	Moderado	Moderado
Zona hidrográfica Magdalena - Cauca - San Jorge																			
2501	Alto San Jorge	69,9%	Moderada	0,96	Muy bajo	1,97	Bajo	Baja	2,2	Muy baja	3,0	Baja	0,547	Alto	0,003	Muy bajo	0,336	Moderado	Moderado
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	73,7%	Moderada	9,00	Bajo	16,96	Moderado	Baja	4,0	Alta	4,6	Alta	0,761	Alto	0,036	Muy bajo	0,396	Moderado	Moderado
Zona hidrográfica Cauca																			
2601	Alto Río Cauca	66,9%	Moderada	7,58	Bajo	15,15	Moderado	Baja	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,044	Critico	0,007	Muy bajo	0,097	Muy bajo	Muy bajo
2602	Río Palacé	70,1%	Moderada	2,37	Bajo	6,23	Bajo	Baja	2,0	Muy baja	3,2	Baja	0,586	Alto	0,005	Muy bajo	0,161	Bajo	Bajo
2603	Río Salado y otros directos Cauca	69,3%	Moderada	1,78	Bajo	5,81	Bajo	Baja	1,2	Muy baja	2,4	Baja	0,279	Bajo	0,004	Muy bajo	0,200	Bajo	Bajo
2604	Río Palo	70,4%	Moderada	25,34	Alto	56,99	Muy alto	Alta	4,4	Alta	5,0	Alta	0,493	Media	0,112	Bajo	0,442	Moderado	Moderado
2605	Río Timba	71,0%	Moderada	2,21	Bajo	7,96	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,299	Bajo	0,007	Muy bajo	0,284	Bajo	Bajo
2606	Río Ovejas	68,7%	Moderada	5,57	Bajo	13,54	Moderado	Baja	3,0	Moderada	4,0	Media	0,422	Media	0,018	Muy bajo	0,326	Moderado	Moderado
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Parraga)	70,3%	Moderada	52,02	Muy alto	216,04	Critico	Alta	4,8	Alta	5,0	Muy alta	1,127	Critico	0,504	Alto	0,469	Moderado	Moderado
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	68,2%	Moderada	23,10	Alto	41,03	Alto	Alta	4,4	Alta	5,0	Alta	0,867	Muy alto	0,105	Bajo	0,454	Moderado	Moderado
2609	Ríos Amaimé y Cerrito	70,9%	Moderada	63,29	Muy alto	129,25	Critico	Alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,090	Critico	0,282	Bajo	0,445	Moderado	Moderado
2610	Ríos Tulua y Morales	71,9%	Moderada	23,25	Alto	60,35	Muy alto	Alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,651	Alto	0,081	Muy bajo	0,349	Moderado	Moderado

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IUA		IWH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	año medio	año seco	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Cauca																					
2611	Río Frío	73,1%	Moderada	22,66	Alto	66,73	Muy alto	Alta	4,0	Media	4,8	Alta	0,813	Muy alto	0,109	Bajo	0,482	Moderado			
2612	Río La Vieja	71,3%	Moderada	16,97	Moderado	40,09	Alto	Media	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,017	Crítico	0,053	Muy bajo	0,307	Moderado			
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	71,5%	Moderada	5,71	Bajo	15,18	Moderado	Baja	4,8	Alta	5,0	Muy alta	1,208	Crítico	0,006	Muy bajo	0,098	Muy bajo			
2614	Río Risaralda	74,0%	Moderada	2,96	Bajo	7,26	Bajo	Baja	4,0	Alta	4,8	Alta	0,866	Muy alto	0,003	Muy bajo	0,099	Muy bajo			
2615	Río Chinchiná	71,7%	Moderada	13,00	Moderado	34,64	Alto	Media	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,071	Crítico	0,010	Muy bajo	0,080	Muy bajo			
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	72,6%	Moderada	1,81	Bajo	5,26	Bajo	Baja	3,8	Media	4,6	Alta	0,699	Alto	0,002	Muy bajo	0,074	Muy bajo			
2617	Río Frío y Otros Directos al Cauca	72,9%	Moderada	4,04	Bajo	9,42	Bajo	Baja	4,0	Media	4,4	Alta	0,979	Muy alto	0,004	Muy bajo	0,098	Muy bajo			
2618	Río Arma	73,6%	Moderada	2,61	Bajo	6,72	Bajo	Baja	3,0	Muy baja	4,0	Baja	0,650	Alto	0,004	Muy bajo	0,129	Bajo			
2619	Río San Juan	75,7%	Alta	4,56	Bajo	10,95	Moderado	Baja	3,6	Media	4,0	Alta	0,564	Alto	0,003	Muy bajo	0,058	Muy bajo			
2620	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)	74,3%	Moderada	5,29	Bajo	14,16	Moderado	Baja	3,2	Moderada	4,0	Alta	0,716	Alto	0,007	Muy bajo	0,108	Bajo			
2621	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (mi)	74,8%	Moderada	0,87	Muy bajo	2,12	Bajo	Baja	3,0	Moderada	3,8	Media	0,332	Media	0,003	Muy bajo	0,174	Bajo			
2622	Río Desbaratado	70,9%	Moderada	80,70	Muy alto	234,22	Crítico	Alta	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,855	Muy alto	0,411	Media	0,509	Alto			
2624	Río Taraza - Río Man	74,1%	Moderada	1,47	Bajo	3,31	Bajo	Baja	2,0	Muy baja	2,6	Muy baja	0,269	Bajo	0,002	Muy bajo	0,169	Bajo			
2625	Directos al Cauca entre Pto Valdivia y Río Nechí (md)	76,1%	Alta	2,04	Bajo	5,33	Bajo	Baja	1,2	Muy baja	2,0	Muy baja	0,425	Media	0,009	Muy bajo	0,203	Bajo			
2626	Directos Bajo Cauca - Cga La Raya entre río Nechí y brazo de loba	80,0%	Alta	0,85	Muy bajo	2,51	Bajo	Muy baja	1,4	Muy baja	2,4	Muy baja	0,113	Bajo	0,004	Muy bajo	0,364	Moderado			
2627	Río Piendamó	68,8%	Moderada	92,98	Muy alto	269,35	Crítico	Alta	3,0	Moderada	4,0	Media	0,410	Media	0,042	Muy bajo	0,045	Muy bajo			
2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	67,3%	Moderada	24,29	Alto	67,56	Muy alto	Alta	4,6	Alta	5,0	Muy alta	0,861	Muy alto	0,102	Bajo	0,418	Moderado			
2629	Ríos Claro y Jamundí	70,0%	Moderada	27,36	Alto	45,40	Alto	Alta	4,6	Alta	5,0	Muy alta	0,639	Alto	0,054	Muy bajo	0,196	Bajo			
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralero	69,9%	Moderada	600,47	Crítico	793,44	Crítico	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,815	Muy alto	0,525	Alto	0,087	Muy bajo			
2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijos - Yotoco _ - Mediacaño y Piedras	72,0%	Moderada	106,33	Crítico	131,88	Crítico	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,782	Alto	0,319	Media	0,300	Moderado			
2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	71,6%	Moderada	43,05	Alto	87,53	Muy alto	Alta	4,2	Alta	5,0	Alta	1,038	Crítico	0,188	Bajo	0,437	Moderado			
2633	Ríos Guadalupe y San Pedro	72,1%	Moderada	36,28	Alto	112,95	Crítico	Alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,840	Muy alto	0,119	Bajo	0,402	Moderado			
2634	Ríos Cali	70,8%	Moderada	120,71	Crítico	149,73	Crítico	Muy alta	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	1,437	Crítico	0,120	Bajo	0,099	Muy bajo			
2635	Río Bugalagrande	71,6%	Moderada	39,31	Alto	75,71	Muy alto	Alta	3,8	Media	4,0	Alta	0,670	Alto	0,190	Bajo	0,484	Moderado			
2636	Río Palla	70,4%	Moderada	117,90	Crítico	153,05	Crítico	Muy alta	4,8	Alta	4,8	Alta	0,961	Muy alto	0,589	Alto	0,500	Moderado			
2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	66,3%	Moderada	80,87	Muy alto	90,75	Muy alto	Alta	4,8	Alta	5,0	Muy alta	1,157	Crítico	0,394	Media	0,487	Moderado			
Zona hidrográfica Nechí																					
2701	Río Porce	76,3%	Alta	23,77	Alto	57,19	Muy alto	Media	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,759	Alto	0,017	Muy bajo	0,059	Muy bajo			
2702	Alto Nechí	76,6%	Alta	5,63	Bajo	16,61	Moderado	Baja	2,0	Muy baja	3,4	Muy baja	0,264	Bajo	0,002	Muy bajo	0,039	Muy bajo			

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA año medio		IUA año seco		IVH		IACAL año medio		IACAL año seco		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Nechí																			
2703	Bajo Nechí (md)	77,1%	Alta	2,11	Bajo	4,49	Bajo	Baja	Baja	2,4	Muy baja	3,0	Muy baja	0,085	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,047	Muy bajo
2704	Directos al Bajo Nechí (m)	76,7%	Alta	2,88	Bajo	5,27	Bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,440	Media	0,003	Muy bajo	0,088	Muy bajo
Zona hidrográfica Cesar																			
2801	Alto Cesar	56,1%	Baja	12,90	Moderado	29,69	Alto	Alta	Alta	3,8	Media	4,0	Alta	0,531	Alto	0,057	Muy bajo	0,440	Moderado
2802	Medio Cesar	50,9%	Baja	28,46	Alto	139,05	Crítico	Alta	Alta	4,4	Alta	5,0	Muy alta	0,736	Alto	0,226	Bajo	0,428	Moderado
2804	Río Ariguani	59,1%	Baja	24,62	Alto	95,97	Muy alto	Alta	Alta	4,0	Moderada	4,8	Alta	0,909	Muy alto	0,215	Bajo	0,506	Alto
2805	Bajo Cesar	59,4%	Baja	17,68	Moderado	101,23	Crítico	Alta	Alta	3,4	Moderada	4,6	Alta	0,626	Alto	0,066	Muy bajo	0,373	Moderado
Zona hidrográfica Bajo Magdalena																			
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (m)	64,7%	Baja	47,15	Alto	158,65	Crítico	Alta	Alta	5,0	Alta	5,0	Muy alta	0,531	Alto	0,243	Bajo	0,516	Alto
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	64,5%	Baja	17,65	Moderado	30,91	Alto	Alta	Alta	3,6	Moderada	4,0	Media	0,741	Alto	0,075	Muy bajo	0,423	Moderado
2903	Canal del Dique margen derecho	64,3%	Baja	273,61	Crítico	525,98	Crítico	Muy alta	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,218	Crítico	1,378	Crítico	0,504	Alto
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	64,2%	Baja	998,75	Crítico	1627,91	Crítico	Muy alta	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	1,102	Crítico	1,308	Crítico	0,131	Bajo
2905	Canal del Dique margen izquierda	64,8%	Baja	81,78	Muy alto	336,14	Crítico	Alta	Alta	4,0	Alta	5,0	Muy alta	0,781	Alto	0,369	Media	0,451	Moderado
2906	Cga Grande de Santa Marta	64,7%	Baja	23,58	Alto	34,27	Alto	Alta	Alta	4,0	Media	4,0	Alta	0,453	Media	0,116	Bajo	0,490	Moderado
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	72,1%	Moderada	15,37	Moderado	49,99	Alto	Media	Media	4,0	Media	5,0	Alta	0,577	Alto	0,080	Muy bajo	0,523	Alto
2908	Ríos Chimuica y Corozal	63,1%	Baja	5,61	Bajo	23,50	Alto	Media	Media	4,0	Media	5,0	Alta	0,983	Muy alto	0,014	Muy bajo	0,258	Bajo
2909	Ciénaga Mallorquin	63,8%	Baja	624,53	Crítico	739,98	Crítico	Muy alta	Muy alta	5,0	Muy alta	5,0	Muy alta	0,710	Alto	1,496	Crítico	0,240	Bajo
Área hidrográfica Orinoco																			
Zona hidrográfica Inírida																			
3101	Río Inírida Alto	71,2%	Moderada	0,05	Muy bajo	0,07	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,237	Bajo	0,000	Muy bajo	0,206	Bajo
3104	Río Inírida Medio	70,9%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,004	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,303	Moderado
3105	Río Papunaya	72,1%	Moderada	0,02	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,010	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,194	Bajo
3107	Caño Nabuquén	69,5%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,123	Bajo
3108	R_Inírida_(mi)_hasta_bocas_Caño_Bocón_y_R_Las_Viñas	69,4%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,002	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,465	Moderado
3110	Caño Bocón	68,9%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,001	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,225	Bajo
Zona hidrográfica Guaviare																			
3201	Río Guayabero	69,4%	Moderada	0,05	Muy bajo	0,07	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,072	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,260	Bajo
3202	Río Guape	66,9%	Moderada	0,14	Muy bajo	0,19	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,147	Bajo	0,000	Muy bajo	0,207	Bajo
3203	Río Losada	72,0%	Moderada	0,06	Muy bajo	0,08	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,277	Bajo	0,000	Muy bajo	0,234	Bajo

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IUA		IWH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA		
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	año medio	año seco	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	
Zona hidrográfica Guaviare																						
3204	Alto Guaviare	69,9%	Moderada	0,09	Muy bajo	0,13	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,141	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,207	Bajo	0,000	Muy bajo	0,207	Bajo
3206	Río Ariari	67,9%	Moderada	0,96	Muy bajo	1,90	Bajo	Baja	1,8	Muy baja	2,4	Baja	0,650	Baja	0,004	Muy bajo	0,355	Moderado	0,004	Muy bajo	0,355	Moderado
3207	Río Guejar	67,6%	Moderada	0,57	Muy bajo	0,84	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,478	Media	0,002	Muy bajo	0,428	Moderado	0,002	Muy bajo	0,428	Moderado
3210	Medio Guaviare	70,2%	Moderada	0,12	Muy bajo	0,18	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,059	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,344	Moderado	0,000	Muy bajo	0,344	Moderado
3212	Río Siare	70,5%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,028	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,371	Moderado	0,000	Muy bajo	0,371	Moderado
3213	Río Iteviare	70,6%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,039	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,189	Bajo	0,000	Muy bajo	0,189	Bajo
3214	Bajo Guaviare	69,1%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,004	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,218	Bajo	0,000	Muy bajo	0,218	Bajo
3215	Caño Minisiare	69,1%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,045	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,045	Muy bajo
3216	Alto Río Uvá	69,7%	Moderada	0,02	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,015	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,118	Bajo	0,000	Muy bajo	0,118	Bajo
3217	Bajo Río Uvá	68,3%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,016	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,209	Bajo	0,000	Muy bajo	0,209	Bajo
3218	Caño Chupabe	66,9%	Moderada	0,02	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,005	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,418	Moderado	0,000	Muy bajo	0,418	Moderado
Zona hidrográfica Vichada																						
3301	Alto Vichada	69,4%	Moderada	1,83	Bajo	2,57	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,002	Muy baja	0,001	Muy bajo	0,037	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,037	Muy bajo
3302	Río Guarrojo	67,6%	Moderada	0,63	Muy bajo	0,94	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,007	Muy baja	0,001	Muy bajo	0,191	Bajo	0,001	Muy bajo	0,191	Bajo
3303	Río Muco	67,3%	Moderada	2,69	Bajo	3,91	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,250	Bajo	0,013	Muy bajo	0,477	Moderado	0,013	Muy bajo	0,477	Moderado
3305	Directos Vichada Medio	64,9%	Baja	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,002	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,232	Bajo	0,000	Muy bajo	0,232	Bajo
3306	Bajo Vichada	66,4%	Moderada	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,002	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,434	Moderado	0,000	Muy bajo	0,434	Moderado
Zona hidrográfica Tomo																						
3401	Alto Río Tomo	64,4%	Baja	0,26	Muy bajo	0,46	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,006	Muy baja	0,001	Muy bajo	0,478	Moderado	0,001	Muy bajo	0,478	Moderado
3402	Río Elvita	64,2%	Baja	0,12	Muy bajo	0,20	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,050	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,386	Moderado	0,000	Muy bajo	0,386	Moderado
3403	Bajo Río Tomo	64,5%	Baja	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,015	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,036	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,036	Muy bajo
3405	Caño Lioni o Terecay	64,3%	Baja	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,008	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,022	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,022	Muy bajo
Zona hidrográfica Meta																						
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	67,3%	Moderada	2,82	Bajo	8,03	Bajo	Baja	2,2	Moderada	3,2	Moderada	1,770	Media	0,008	Muy bajo	0,263	Bajo	0,008	Muy bajo	0,263	Bajo
3502	Río Guayuríba	66,5%	Moderada	4,95	Bajo	15,40	Moderado	Baja	2,0	Muy baja	3,0	Muy baja	0,567	Muy baja	0,009	Muy bajo	0,120	Bajo	0,009	Muy bajo	0,120	Bajo
3503	Río Guaticúa	65,5%	Moderada	7,74	Bajo	19,67	Moderado	Baja	4,0	Alta	5,0	Muy alta	0,358	Media	0,004	Muy bajo	0,052	Muy bajo	0,004	Muy bajo	0,052	Muy bajo
3504	Río Guacavía	66,0%	Moderada	0,97	Muy bajo	1,97	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,401	Media	0,003	Muy bajo	0,309	Moderado	0,003	Muy bajo	0,309	Moderado
3505	Río Hurnea	65,4%	Moderada	1,15	Bajo	1,95	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,2	Muy baja	0,490	Media	0,006	Muy bajo	0,436	Moderado	0,006	Muy bajo	0,436	Moderado
3506	Río Guavio	62,5%	Baja	22,71	Alto	50,93	Muy alto	Alta	1,0	Muy baja	1,6	Muy baja	0,550	Alto	0,005	Muy bajo	0,018	Muy bajo	0,005	Muy bajo	0,018	Muy bajo
3507	Río Garagoa	61,3%	Baja	44,99	Alto	74,77	Muy alto	Alta	3,6	Media	4,0	Alta	0,746	Alto	0,032	Muy bajo	0,071	Muy bajo	0,032	Muy bajo	0,071	Muy bajo
3508	Río Lengupá	60,5%	Baja	0,79	Muy bajo	2,26	Bajo	Media	1,6	Muy baja	2,4	Muy baja	0,414	Media	0,002	Muy bajo	0,231	Bajo	0,002	Muy bajo	0,231	Bajo
3509	Río Upiá	64,5%	Baja	2,57	Bajo	6,18	Bajo	Media	1,0	Muy baja	1,2	Muy baja	0,410	Media	0,010	Muy bajo	0,336	Moderado	0,010	Muy bajo	0,336	Moderado
3510	Río Negro	68,5%	Moderada	3,53	Bajo	6,80	Bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,061	Muy baja	0,004	Muy bajo	0,111	Bajo	0,004	Muy bajo	0,111	Bajo

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IUA		IUA		IMH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Meta																							
3511	Directos Río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao	71,2%	Moderada	1,87	Bajo	2,37	Bajo	Baja	Muy baja	2,0	Muy baja	Muy baja	2,0	Muy baja	2,0	Muy baja	0,602	Alto	0,009	Muy bajo	0,446	Moderado	
3512	Río Yucao	70,3%	Moderada	1,09	Bajo	1,28	Bajo	Baja	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,472	Media	0,005	Muy bajo	0,434	Moderado	
3513	Río Melúa	70,6%	Moderada	1,31	Bajo	2,30	Bajo	Baja	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,039	Muy bajo	0,006	Muy bajo	0,442	Moderado	
3514	Caño Cumaral	70,4%	Moderada	0,11	Muy bajo	0,20	Muy bajo	Baja	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,023	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,009	Muy bajo	
3515	Río Manacacias	70,2%	Moderada	0,41	Muy bajo	0,77	Muy bajo	Baja	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,080	Muy bajo	0,002	Muy bajo	0,361	Moderado	
3516	Lago de Tota	58,6%	Baja	38,73	Alto	41,28	Alto	Alta	Alta	4,4	Alta	Alta	4,4	Alta	4,4	Alta	0,749	Alto	0,059	Muy bajo	0,153	Bajo	
3518	Río Túa y otros directos al Meta	66,3%	Moderada	0,81	Muy bajo	1,03	Bajo	Baja	Muy baja	1,2	Muy baja	Muy baja	1,6	Muy baja	1,6	Muy baja	0,360	Media	0,003	Muy bajo	0,299	Bajo	
3519	Río Cusiana	60,6%	Baja	2,58	Bajo	6,41	Bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,8	Baja	1,8	Baja	0,581	Alto	0,011	Muy bajo	0,438	Moderado	
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	64,1%	Baja	0,74	Muy bajo	1,13	Bajo	Media	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,095	Muy bajo	0,002	Muy bajo	0,202	Bajo	
3521	Río Cravo Sur	62,6%	Baja	3,48	Bajo	4,63	Bajo	Media	Media	2,6	Media	Media	3,2	Media	3,2	Media	0,393	Media	0,004	Muy bajo	0,106	Bajo	
3522	Caño Guanápalo y otros directos al Meta	63,1%	Baja	2,32	Bajo	3,73	Bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,401	Media	0,011	Muy bajo	0,423	Moderado	
3523	Río Pauto	62,4%	Baja	0,45	Muy bajo	0,78	Muy bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,349	Media	0,001	Muy bajo	0,174	Bajo	
3524	Directos al Río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi)	63,5%	Baja	0,18	Muy bajo	0,33	Muy bajo	Media	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,252	Bajo	0,000	Muy bajo	0,068	Muy bajo	
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md)	64,2%	Baja	0,14	Muy bajo	0,26	Muy bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,066	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,419	Moderado	
3526	Directos al Río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md)	64,4%	Baja	0,55	Muy bajo	0,89	Muy bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,2	Muy baja	1,2	Muy baja	0,292	Bajo	0,003	Muy bajo	0,467	Moderado	
3527	Directos al Río Meta entre ríos Humea y Uplia (mi)	67,3%	Moderada	2,87	Bajo	5,44	Bajo	Baja	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,602	Alto	0,013	Muy bajo	0,382	Moderado	
Zona hidrográfica Casanare																							
3601	Río Aripoito	63,5%	Baja	0,24	Muy bajo	0,45	Muy bajo	Media	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,4	Muy baja	1,4	Muy baja	0,378	Media	0,001	Muy bajo	0,183	Bajo	
3602	Río Casanare	65,0%	Moderada	0,75	Muy bajo	1,08	Bajo	Baja	Muy baja	1,2	Muy baja	Muy baja	1,6	Muy baja	1,6	Muy baja	0,376	Media	0,003	Muy bajo	0,377	Moderado	
3603	Río Cravo Norte	65,2%	Moderada	2,07	Bajo	2,87	Bajo	Baja	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,458	Media	0,008	Muy bajo	0,400	Moderado	
3604	Caño Samuco	64,0%	Baja	0,13	Muy bajo	0,21	Muy bajo	Media	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,204	Bajo	0,000	Muy bajo	0,053	Muy bajo	
3605	Caño Aguacilarita	63,8%	Baja	0,12	Muy bajo	0,24	Muy bajo	Media	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,074	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,008	Muy bajo	
Zona hidrográfica Arauca																							
3701	Río Chítaga	69,8%	Moderada	1,83	Bajo	2,21	Bajo	Baja	Muy baja	2,0	Muy baja	Muy baja	2,0	Muy baja	2,0	Muy baja	0,449	Media	0,008	Muy bajo	0,436	Moderado	
3702	Río Margua	66,8%	Moderada	0,20	Muy bajo	0,39	Muy bajo	Baja	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,223	Bajo	0,001	Muy bajo	0,258	Bajo	
3703	Río Cobugón - Río Cobaría	68,4%	Moderada	0,04	Muy bajo	0,13	Muy bajo	Baja	Muy baja	1,0	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,156	Bajo	0,000	Muy bajo	0,108	Bajo	
3704	Río Bojabá	68,9%	Moderada	0,97	Muy bajo	1,00	Muy bajo	Baja	Muy baja	0,0	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,190	Bajo	0,001	Muy bajo	0,146	Bajo	
3705	Río Banadía y otros Directos al Río Arauca	66,8%	Moderada	3,22	Bajo	4,28	Bajo	Baja	Moderada	2,8	Moderada	Moderada	3,0	Baja	3,0	Baja	0,763	Alto	0,011	Muy bajo	0,342	Moderado	
3706	Directos Río Arauca (md)	64,7%	Baja	2,16	Bajo	2,66	Bajo	Media	Media	3,4	Media	Media	3,4	Media	3,4	Media	0,478	Media	0,005	Muy bajo	0,189	Bajo	

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IWH	IACAL		IPHE		IARC		IEUA		
		Valor	Categ.	año medio	año seco	Valor	Categ.		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor
Zona hidrográfica Orinoco Directos																	
3801	Río Vita	64,3%	Baja	0,10	Muy bajo	0,19	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,004	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,422	Moderado	
3802	Río Tuparro	64,9%	Baja	0,01	Muy bajo	0,03	Muy bajo	Media	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,182	Bajo	
3803	Caño Matavén	67,4%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,001	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,301	Moderado	
3804	Directos Río Atabapo (mi)	69,4%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,232	Bajo	
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)	64,4%	Baja	0,02	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,023	Muy bajo	
3809	Río Cinaruco y Directos Río Orinoco	64,1%	Baja	0,23	Muy bajo	0,40	Muy bajo	Media	0,0	Muy baja	0,121	Bajo	0,000	Muy bajo	0,031	Muy bajo	
Zona hidrográfica Apure																	
3901	Alto Río Apure	67,6%	Moderada	0,17	Muy bajo	0,26	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,062	Muy bajo	
Área hidrográfica Amazonas																	
Zona hidrográfica Guaimía																	
4101	Alto Río Guanía	70,9%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,180	Bajo	
4102	Medio Río Guanía	70,2%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,185	Bajo	
4105	Bajo Río Guanía	69,6%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,185	Bajo	
4106	Río Aquiró o Caño Aque	69,7%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,188	Bajo	
4107	Directos Río Negro (md)	69,6%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,184	Bajo	
4108	Río Cuiary	70,8%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,186	Bajo	
4109	Río Isana	72,1%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,154	Bajo	
4110	Río Tomo	69,1%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,188	Bajo	
Zona hidrográfica Vaupes																	
4201	Río Itilla	74,1%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,05	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,024	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,393	Moderado	
4202	Río Unilla	72,6%	Moderada	0,04	Muy bajo	0,06	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,195	Bajo	0,000	Muy bajo	0,233	Bajo	
4203	Alto Vaupés	73,6%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,010	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,301	Moderado	
4207	Bajo Vaupés	72,7%	Moderada	0,01	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,133	Bajo	
4208	Río Querary	72,8%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,129	Bajo	
4209	Río Papurí	73,2%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,136	Bajo	
4211	Río Tiquié	74,0%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,134	Bajo	
Zona hidrográfica Apaporis																	
4301	Río Tunia ó Macayá	75,2%	Alta	0,04	Muy bajo	0,07	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,049	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,327	Moderado	
4302	Río Ajaju	76,7%	Alta	0,04	Muy bajo	0,06	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,008	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,450	Moderado	
4303	Alto Río Apaporis	75,5%	Alta	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	0,004	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,301	Moderado	
4305	Bajo Río Apaporis	76,4%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,179	Bajo	
4306	Río Cananari	73,6%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,158	Bajo	
4307	Río Pira Paraná	74,6%	Moderada	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,165	Bajo	
4309	Directos Río Taraira	76,3%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,171	Bajo	

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IVH	IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Caquetá																		
4401	Alto Caqueta	72,3%	Moderada	0,18	Muy bajo	0,26	Muy bajo	Baja	2,0	Muy baja	2,0	Muy baja	0,040	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,077	Muy bajo
4402	Río Caqueta Medio	76,9%	Alta	0,04	Muy bajo	0,05	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,067	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,149	Bajo
4403	Río Ortegaza	73,8%	Moderada	0,54	Muy bajo	0,59	Muy bajo	Baja	3,0	Moderada	3,0	Baja	0,336	Media	0,001	Muy bajo	0,110	Bajo
4404	Río Pescado	73,0%	Moderada	0,27	Muy bajo	0,32	Muy bajo	Baja	2,0	Muy baja	2,0	Muy baja	0,504	Alto	0,001	Muy bajo	0,340	Moderado
4407	Río Rutiya	76,7%	Alta	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,174	Bajo
4408	Río Mecaya	75,9%	Alta	0,07	Muy bajo	0,09	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,013	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,142	Bajo
4409	Río Sencella	76,4%	Alta	0,05	Muy bajo	0,05	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,011	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,217	Bajo
4410	Río Peneya	76,3%	Alta	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,002	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,380	Moderado
4414	Río Cuemani	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,01	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,170	Bajo
4415	Río Caqueta Bajo	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,182	Bajo
4417	Río Cahuarí	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,186	Bajo
4418	Río Miriri-Paraná	76,9%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,186	Bajo
4420	Río Puré	77,0%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,181	Bajo
Zona hidrográfica Yari																		
4501	Alto Yari	76,7%	Alta	0,11	Muy bajo	0,13	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,053	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,492	Moderado
4502	Río Camuya	76,6%	Alta	0,13	Muy bajo	0,17	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,010	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,500	Moderado
4504	Medio Yari	77,0%	Alta	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,003	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,459	Moderado
4505	Río Luisa	77,0%	Alta	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	1,466	Critico	0,000	Muy bajo	0,397	Moderado
4506	Bajo Yari	77,2%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,170	Bajo
4509	Río Cuñare	76,9%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,170	Bajo
4510	Río Mesay	76,9%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,170	Bajo
Zona hidrográfica Caguán																		
4601	Río Caguan Alto	74,2%	Moderada	0,05	Muy bajo	0,08	Muy bajo	Baja	1,2	Muy baja	1,6	Muy baja	0,619	Alto	0,000	Muy bajo	0,289	Bajo
4602	Río Guayas	74,2%	Moderada	0,15	Muy bajo	0,23	Muy bajo	Baja	1,0	Muy baja	1,4	Muy baja	0,338	Media	0,000	Muy bajo	0,304	Moderado
4604	Río Caguan Bajo	76,6%	Alta	0,04	Muy bajo	0,05	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,039	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,332	Moderado
4605	Río Sunsiya	76,9%	Alta	0,02	Muy bajo	0,03	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,061	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,277	Bajo
Zona hidrográfica Putumayo																		
4701	Alto Río Putumayo	72,3%	Moderada	0,26	Muy bajo	0,72	Muy bajo	Baja	2,0	Moderada	2,6	Baja	0,138	Bajo	0,000	Muy bajo	0,056	Muy bajo
4702	Río San Miguel	72,6%	Moderada	0,31	Muy bajo	0,66	Muy bajo	Baja	1,4	Muy baja	2,4	Muy baja	0,121	Bajo	0,000	Muy bajo	0,084	Muy bajo
4703	Río Putumayo Medio	75,5%	Alta	0,06	Muy bajo	0,08	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,070	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,124	Bajo
4704	Río Putumayo Directos (mi)	76,8%	Alta	0,05	Muy bajo	0,06	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,015	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,353	Moderado
4705	Río Cará-Paraná	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,135	Bajo
4706	Río Putumayo Bajo	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,179	Bajo

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA		IUA		IWH		IACAL		IACAL		IPHE		IARC		IEUA	
		Valor	Categ.	Valor	Categ.	año medio	año seco	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica Putumayo																					
4707	Río Igará-Paraná	77,1%	Alta	0,00	Muy bajo	0,00	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,00	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,186	Bajo
4710	Río Cotuhe	77,6%	Alta	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,00	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,134	Bajo
4711	Río Purite	78,1%	Alta	0,02	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,00	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,123	Bajo
Zona hidrográfica Amazonas - Directos																					
4801	Directos Río Amazonas (mi)	78,4%	Alta	0,08	Muy bajo	0,10	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	1,8	Muy baja	2,0	Muy baja	0,003	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,151	Bajo
Zona hidrográfica Napo																					
4901	Río Chingual	73,2%	Moderada	1,05	Bajo	1,24	Bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,325	Media	0,001	Muy bajo	0,054	Muy bajo		
Área hidrográfica Pacífico																					
Zona hidrográfica Mira																					
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	73,2%	Moderada	0,47	Muy bajo	0,53	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,751	Alto	0,002	Muy bajo	0,410	Moderado		
5102	Río Mira	74,0%	Moderada	0,31	Muy bajo	0,45	Muy bajo	Baja	Baja	3,0	Moderada	3,6	Media	0,090	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,113	Bajo		
5103	Río Rosario	75,0%	Alta	0,25	Muy bajo	0,27	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,185	Bajo	0,000	Muy bajo	0,080	Muy bajo		
5104	Río Tola	75,0%	Alta	0,20	Muy bajo	0,27	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,096	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,076	Muy bajo		
Zona hidrográfica Patía																					
5201	Río Patía Alto	67,3%	Moderada	6,68	Bajo	14,35	Moderado	Baja	Baja	3,0	Muy baja	4,0	Media	0,371	Media	0,029	Muy bajo	0,449	Moderado		
5202	Río Guachicono	68,0%	Moderada	6,68	Bajo	16,11	Moderado	Baja	Baja	2,2	Muy baja	3,0	Baja	0,338	Media	0,032	Muy bajo	0,466	Moderado		
5203	Río Mayo	72,6%	Moderada	14,73	Moderado	35,85	Alto	Media	Media	3,8	Media	4,0	Alta	0,679	Alto	0,073	Muy bajo	0,494	Moderado		
5204	Río Juanabú	73,9%	Moderada	8,22	Bajo	19,39	Moderado	Baja	Baja	5,0	Alta	5,0	Muy alta	0,418	Media	0,038	Muy bajo	0,361	Moderado		
5205	Río Guáitara	74,8%	Moderada	15,96	Moderado	28,45	Alto	Media	Media	4,2	Alta	4,8	Alta	0,898	Muy alto	0,075	Muy bajo	0,469	Moderado		
5206	Río Telembí	72,6%	Moderada	0,12	Muy bajo	0,29	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,043	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,201	Bajo		
5207	Río Patía Medio	71,6%	Moderada	0,70	Muy bajo	1,00	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,063	Muy bajo	0,003	Muy bajo	0,398	Moderado		
5209	Río Patía Bajo	75,6%	Alta	0,14	Muy bajo	0,15	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,027	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,098	Muy bajo		
Zona hidrográfica Tapaje - Dagua - Directos																					
5302	Río Tapaje	75,0%	Alta	0,09	Muy bajo	0,10	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,039	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,086	Muy bajo		
5303	Río Icuandé	71,9%	Moderada	0,33	Muy bajo	0,37	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,016	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,060	Muy bajo		
5304	Río Guapi	74,4%	Moderada	0,06	Muy bajo	0,07	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,007	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,037	Muy bajo		
5305	Río Timbiquí	74,8%	Moderada	0,18	Muy bajo	0,26	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,008	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,031	Muy bajo		
5306	Río Saija	74,9%	Moderada	0,15	Muy bajo	0,27	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,010	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,021	Muy bajo		
5307	Río San Juan del Micay	71,8%	Moderada	0,09	Muy bajo	0,25	Muy bajo	Baja	Baja	1,0	Muy baja	1,0	Muy baja	0,045	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,250	Bajo		
5308	Río Naya - Yurumanguí	73,6%	Moderada	0,03	Muy bajo	0,07	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,033	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,033	Muy bajo		
5309	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	75,1%	Alta	0,05	Muy bajo	0,09	Muy bajo	Muy baja	Muy baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	0,021	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,022	Muy bajo		
5310	Río Anchicayá	74,5%	Moderada	0,40	Muy bajo	0,56	Muy bajo	Baja	Baja	0,0	Muy baja	0,0	Muy baja	1,001	Crítico	0,000	Muy bajo	0,073	Muy bajo		
5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	74,8%	Moderada	1,77	Bajo	1,79	Bajo	Baja	Baja	4,0	Alta	4,0	Alta	0,329	Media	0,005	Muy bajo	0,307	Moderado		

Anexo 2. Indicadores por subzona hidrográfica

SZH	NOMSZH	IRH		IUA		IUA	año medio	año seco	IUA		IUA	IACAL		IACAL		IACAL		IACAL		IACAL	IPHE		IARC		IEUA			
		Valor	Categ.	Valor	Categ.				Valor	Categ.		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.		Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.	Valor	Categ.
Zona hidrográfica San Juan																												
5401	Río San Juan Alto	77,6%	Alta	0,52	Muy bajo	1,21	Bajo	Muy baja	1,2	Muy baja	0,72	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,020	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,020	Muy bajo
5402	Río Tamaná y otros Directos San Juan	75,0%	Moderada	0,44	Muy bajo	1,06	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,22	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,013	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,013	Muy bajo
5403	Río Sipí	72,5%	Moderada	1,27	Bajo	3,40	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,261	Bajo	0,007	Muy bajo	0,007	Muy bajo	0,395	Moderado	0,007	Muy bajo	0,007	Muy bajo	0,007	Muy bajo	0,007	0,395	Moderado	
5404	Río Cajón	77,2%	Alta	2,50	Bajo	3,84	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,006	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,003	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,003	Muy bajo	
5405	Río Capoma y otros directos al San Juan	78,1%	Alta	0,16	Muy bajo	0,31	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,002	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,025	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,025	Muy bajo	
5406	Río Munguidó	76,5%	Alta	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,176	Bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,176	Bajo	
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	77,2%	Alta	3,92	Bajo	6,49	Bajo	Baja	1,0	Muy baja	0,033	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,040	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,001	Muy bajo	0,001	0,040	Muy bajo	
5408	Río San Juan Medio	79,2%	Alta	0,39	Muy bajo	0,53	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,016	Muy bajo	0,000	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,014	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,014	Muy bajo	
Zona hidrográfica Baudó - Directos Pacifico																												
5501	Río Baudó	77,2%	Alta	0,11	Muy bajo	0,16	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	0,025	Muy bajo	0,000	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,000	Muy bajo	0,000
5502	Río Docampadó y Directos Pacifico	79,0%	Alta	0,01	Muy bajo	0,02	Muy bajo	Muy baja	0,0	Muy baja	0,005	Muy bajo	0,000	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,000	Muy bajo	0,000
Zona hidrográfica Pacifico - Directos																												
5601	Directos Pacifico Frontera Panamá	78,7%	Alta	0,03	Muy bajo	0,04	Muy bajo	Muy baja	1,0	Muy baja	0,010	Muy bajo	0,000	Muy baja	0,000	Muy bajo	0,015	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	Muy bajo	0,000	0,015	Muy bajo	0,015
Zona hidrográfica Islas Pacifico																												
5701	Malpelo	75,7%	Alta						0,0	Muy baja	Nd	Nd				Nd										Nd		Nd
5702	La Gorgona	75,9%	Alta						0,0	Muy baja	Nd	Nd				Nd										Nd		Nd

Anexo 3
Indicadores cabeceras
municipales

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código clane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Atlántico						Bolívar					
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Campo De La Cruz	8137	Directos Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	Río Magdalena	1,097	Alto	235826,41	94218,10	Muy bajo	Muy bajo	123978,53	49532,28	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Candelaria	8141	Directos Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	Río Magdalena	0,646	Alto	235826,41	94218,10	Muy bajo	Muy bajo	123978,53	49532,28	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Manatí	8436	Directos Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	Río Magdalena	0,939	Alto	235826,41	94218,10	Muy bajo	Muy bajo	123978,53	49532,28	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Luruaco	8421	Arroyos directos al mar Caribe	Cga. Luruaco														
Palmar De Varela	8520	Directos Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	Río Magdalena	1,796	Alto	235826,41	94218,10	Muy bajo	Muy bajo	123978,53	49532,28	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Piojó	8549	Arroyos directos al mar Caribe	Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo Triple A - Río Magdalena														
Ponedera	8560	Directos Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	Río Magdalena	0,471	Alto	235826,41	94218,10	Muy bajo	Muy bajo	123978,53	49532,28	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Santa Lucía	8675	Canal del Dique margen derecha	Canal del Dique	0,758	Alto	15231,81	7833,04	Muy bajo	Muy bajo	5525,11	2841,32	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Arenal	13042	Directos al río Magdalena - Brazo Morales	Pozos Profundos														
Arroyo Hondo	13062	Canal del Dique - margen izquierda	Canal del Dique	0,458	Alto	15231,81	7833,04	Muy bajo	Muy bajo	5525,11	2841,32	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
Barranco De Loba	13074	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y Plato	Río Magdalena - Brazo de Loba	0,396	Moderado	108712,02	39599,97	Muy bajo	Muy bajo	65981,20	24034,41	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo		

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.
Bolívar													
Soplaviento +	13760	Canal del Dique - margen izquierda	Canal del Dique	0,601	Alto	15231,81	7833,04	Muy bajo	Muy bajo	5525,11	2841,32	Muy bajo	Muy bajo
Turbaco	13836	Canal del Dique margen derecha	Canal del Dique	4,946	Alto	22264,42	11449,60	Muy bajo	Muy bajo	8877,38	4565,25	Muy bajo	Muy bajo
Turbaná	13838	Canal del Dique margen derecha	Canal del Dique	0,986	Alto	22264,42	11449,60	Muy bajo	Muy bajo	8877,38	4565,25	Muy bajo	Muy bajo
Villanueva +	13873	Arroyos directos al mar Caribe	Canal del Dique	1,297	Alto	22264,42	11449,60	Muy bajo	Muy bajo	8877,38	4565,25	Muy bajo	Muy bajo
Zambrano	13894	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y Plato (mi)	Río Magdalena	0,629	Alto	226629,71	66915,89	Muy bajo	Muy bajo	148844,66	43948,66	Muy bajo	Muy bajo
Boyacá													
Tunja	15001	Río Chicamocha	Embalse Teatinos y Pozos Profundos										
Aquitania	15047	Río Upia - Trabase	Lag. de Tota										
Chinavita	15172	Río Garagoa	Odas, Bolívar y Agua Blanca										
Chiquinquirá	15176	Río Suárez	Río Suarez	3,679	Muy Bajo	312,21	221,59	Bajo	Medio	3,78	2,69	Muy alto	Muy alto
Chiscas	15180	Río Chicamocha	Qda La Cueva	0,050	Moderado	19,77	12,65	Muy bajo	Bajo	17,57	11,24	Muy bajo	Bajo
Ciénega	15189	Río Garagoa	Qda. El Guamo	0,071	Bajo	5,34	3,86	Bajo	Medio	3,16	2,29	Bajo	Medio
Cómbita	15204	Río Chicamocha	Cuatro (4) Pozos Profundos										
Coper	15212	Río Carare (Minero)	Qda. Las Mercedes										
Corrales	15215	Río Chicamocha	Qda. Teneria										
Cucaita	15224	Río Suárez	Embalse de Pijaos y dos (2) Pozos Profundos										
Cultiva	15226	Río Upia - Trabase	Lag. de Tota										
Duitama	15238	Río Chicamocha	Rios Surba y Chicamocha y Tres (3) Pozos Profundos										

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas			
						Oferta anual (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Boyacá												
Frivotoba	15272	Río Upia - Trabase	Lag. de Tota									
Floresta	15276	Río Chicamocha	Qda. Tenería	0,102	Bajo	0,32	0,27		0,18	0,15	Muy alto	Alto
Gachantivá	15293	Río Suárez	Qda. Casiquillas									
Garagoa	15299	Río Garagoa	Qdas. Las Moyas y Hatillos	0,742	Bajo	58,66	43,25		41,06	30,28	Bajo	Medio
Guacamayas	15317	Río Chicamocha	Qda. Palo Blanco y Nacedero Picacho	0,028	Moderado	268,14	234,14		162,93	144,71	Muy bajo	Bajo
Guateque	15322	Río Garagoa	Qda. La Tócola									
Jericó	15368	Río Chicamocha	Qdas. La Porquera y Agua Fría									
La Capilla	15380	Río Lengupa	Qda. La Guaya	0,053	Bajo	52,65	33,23		43,67	27,56	Muy bajo	Medio
La Victoria	15401	Río Carare (Minero)	Río Batán									
Miraflores	15455	Río Lengupa	Lag. El Ramo y Qda. La Jordanera	0,448	Bajo	49,83	37,16		33,10	24,68	Bajo	Medio
Mongua	15464	Río Chicamocha	Río Leonera y Qda. Peñablanca	0,089	Bajo	39,25	32,71		21,24	17,70	Muy bajo	Medio
Monguí	15466	Río Chicamocha	Río Morro	0,189	Bajo	28,93	24,11		19,47	16,23	Bajo	Medio
Moniquirá	15469	Río Suárez	Qda. La Sicha	0,971	Bajo	338,14	209,40		99,49	61,61	Bajo	Medio
Motavita	15476	Río Chicamocha	Nacederos									
Nobsa	15491	Río Chicamocha	Río Penitente y Qda. Gavilán									
Oicatá	15500	Río Chicamocha	Qda. La Mecha	0,016	Bajo	0,68	0,43		0,19	0,12	Moderado	Alto
Páez	15514	Río Lengupa	Qda. Mochilera									
Paipa	15516	Río Chicamocha	Qdas. Tobita y El Caimán y Nacedero El Porvenir	1,234	Bajo	12,27	9,31		1,90	1,44	Muy alto	Alto
Pesca	15542	Río Chicamocha	Río Pesca	0,103	Bajo	30,96	23,11		7,92	5,91	Bajo	Medio

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias					Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.		
Boyacá															
Puerto Boyacá	15572	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare	Ocho (8) Pozos Profundos												
Quipama	15580	Río Carare (Minero)	Odas. Cubana y Cajones y Nacedero Granadillal												
Saboyá	15632	Río Suárez	Oda. Cantoco												
Samacá	15646	Río Suárez	Oda. Cortaderal												
San Miguel De Sema	15676	Río Suárez	Oda. La Cortadera												
Santa Rosa De Viterbo	15693	Río Chicamocha	Oda. Grande y un Nacedero	0,451	Bajo	9,32	7,07	Bajo	Medio	1,81	1,37	Alto	Alto		
Santana	15686	Río Suárez	Oda. Cafetal y Represa la Chapa												
Sogamoso	15759	Río Upiá	Lag. De Tota y río Tejar												
Sora	15762	Río Suárez	Odas. Chavera y Faruy y pozos profundos												
Soracá	15764	Río Chicamocha	Oda. Salitre y Nacedero El Viejo	0,040	Bajo	0,36	0,27	Moderado	Alto	0,05	0,04	Muy alto	Alto		
Sutamarchán	15776	Río Suárez	Oda. La Cebada												
Sutatenza	15778	Río Garagoa	Oda. La Guaya												
Tenza	15798	Río Garagoa	Oda. La Quiña y Nacedero Los Laureles												
Tipacoque	15810	Río Chicamocha	Odas. El Verde y Potrero Colorado												
Toca	15814	Río Chicamocha	Río Toca	0,292	Bajo	9,01	6,39	Bajo	Medio	2,52	1,79	Moderado	Alto		
Caldas															
Aguadas	17013	Río Tapias y otros directos al Cauca	Odas. La Castrillona, Barro Blanco y Chuchera	0,581	Alto	10,92	5,65	Moderado	Medio	3,97	2,05	Alto	Medio		
Filadelfia	17272	Río Tapias y otros directos al Cauca	Río Chambery y Oda. Santa Rita												

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código clane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Cauca													
Balboa	19075	Río Patía Alto	Oda. La Luna	0,451	Moderado	12,85	8,37	Bajo	Bajo	7,55	4,92	Bajo	Bajo
Bolívar	19100	Río Guachicón	Odas. El Helechal y Palo Blanco										
Cajibío	19130	Río Puracé	Río Michicaco										
Corinto	19212	Río Palo	Río Paila	0,869	Moderado	273,99	175,75	Muy bajo	Bajo	120,70	77,42	Bajo	Bajo
El Tambo	19256	Río Salado y otros directos Cauca	Río Sucío										
Mercaderes - Florencia	19450	Río Patía Alto	Río Hato Viejo										
Miranda	19455	Río Palo	Río Desbaratado										
Morales	19473	Río Piendamó	Oda. La Puerquera y Aljibes										
Patía (El Bordo)	19532	Río Guachicón	Odas. Los Huevos y Piedra Rica										
Puerto Tejada	19573	Río Palo	Río La Paila	2,491	Moderado	2038,77	1233,53	Muy bajo	Bajo	892,65	540,09	Muy bajo	Bajo
Puracé (Coconuco)	19585	Alto Río Cauca	Nacedero la Tinajuela										
Santander De Quilichao	19698	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	Ríos Quilichao y Mondomo	3,482	Moderado	200,79	128,79	Bajo	Bajo	64,85	41,60	Bajo	Bajo
Suárez	19780	Río Piendamó	Odas. La Chorrera, Juan Blanco y Cabuyal										
Totoró	19824	Río Purace	Oda. Mugutao	0,109	Moderado	37,58	19,14	Muy bajo	Bajo	14,24	7,26	Bajo	Bajo
Villa Rica	19845	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	Compra el agua en Bloque a EARRA - S.A. - E.S.P										
Cesar													
Valledupar	20001	Medio Cesar	Ríos Guatapuri y Badillo	17,931	Bajo	807,14	496,68	Bajo	Medio	151,53	93,15	Moderado	Alto
El Copey	20238	Río Ariguani	Río Ariguanicito	1,044	Bajo	83,02	54,67	Bajo	Medio	13,00	8,56	Moderado	Alto
La Jagua De Ibrico	20400	Bajo Cesar	Río Sororia	1,586	Muy Bajo	295,64	233,83	Muy bajo	Medio	6,10	4,83	Alto	Alto

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias				Condiciones hidrológicas secas			
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Cundinamarca													
Bituima	25095	Río Negro - cuenca Magdalena	Río Contador y Qdas. El Silencio y Guate	0,035	Bajo	101,84	78,30	Muy bajo	Medio	64,22	49,38	Muy bajo	Medio
Caparrapí	25148	Río Negro - cuenca Magdalena	Qda. Honda										
Cáqueza	25151	Río Guayuríba	Río Caqueza y Nacedero Pantano de Carlos										
Cogua	25200	Río Bogotá	Acueducto regional Zipaquirá - Nemocon - Cogua (Río Neusa)										
Cota	25214	Río Bogotá	Tres (3) Pozos Profundos										
El Colegio	25245	Río Bogotá	Qda. Santa Marta	0,644	Bajo	35,41	18,56	Bajo	Medio	4,98	2,61	Alto	Alto
El Peñón	25258	Río Negro - cuenca Magdalena	Qda. La Oscura										
Funza	25286	Río Bogotá	EAB (Sistema de acueducto regulado) y Dos (2) Pozos profundos										
Fúquene	25288	Río Suárez	Qda. Los Palos										
Gachalá	25293	Río Guavío	Qdas. Los Andes, La Moya y Bellavista	0,106	Bajo	30,62	21,27	Muy bajo	Medio	17,85	12,40	Muy bajo	Medio
Granada	25312	Río Sumapaz	Qda. La Moya										
Guachetá	25317	Río Suárez	Qda. Potreritos										
Guaduas	25320	Río Negro - cuenca Magdalena	Río San Francisco y dos (2) Pozos profundos										
Guasca	25322	Río Bogotá	Río Chipata y Qda. El Uval	0,353	Bajo	52,75	27,65	Bajo	Medio	23,22	12,17	Bajo	Medio
Guatavita	25326	Río Bogotá	Río Corales y Qda. El Chuscal	0,170	Bajo	5,27	2,76	Bajo	Medio	2,78	1,46	Moderado	Alto
Jerusalén	25368	Río Seco y otros directos al Magdalena	Qda. El Tabaco	0,051	Bajo	4,97	4,31	Bajo	Medio	1,24	1,08	Bajo	Medio

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas											
						Oferta anual (x1000 m ³)	Oferta anual disponible (x1000 m ³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m ³)	Oferta anual disponible (x1000 m ³)	IUA CAT.	IVH CAT.							
Cundinamarca																				
La Mesa	25386	Río Bogotá	Compra agua en Bloque a EAAB (Sistema de acueducto regulado)																	
La Palma	25394	Río Negro - cuenca Magdalena	Odas. Aguasal, Los Tiestos y La Negra	0,121	Moderado	324,07	196,54	Muy bajo	Bajo	82,37	49,95	Muy bajo	Bajo							
La Peña	25398	Río Negro - cuenca Magdalena	Oda. Tarjada y tres (3) Nacimientos																	
Lenguazaque	25407	Río Suárez	Río Lenguazaque																	
Nimaima	25489	Río Negro - cuenca Magdalena	Oda. Palmar y Dos (2) nacimientos																	
Nocaima	25491	Río Negro - cuenca Magdalena	Odas. Natauta y El Tigre	0,096	Bajo	56,47	34,77	Muy bajo	Medio	23,26	14,32	Muy bajo	Medio							
Pandi	25524	Río Sumapaz	Oda. Grande	0,056	Bajo	6,88	4,27	Bajo	Medio	4,29	2,66	Bajo	Bajo							
Paratebueno	25230	Río Humea	Cño. Las Palomas																	
Puerto Salgar	25572	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	Río Negro y tres (3) Pozo Profundo																	
Pulí	25580	Río Seco y otros directos al Magdalena	Odas. Honda Grande y Honda Chiquita y ocho (8) Aljibes																	
Quebradanegra	25592	Río Negro - cuenca Magdalena	Odas. Agua Clara y La Chorrera	0,013	Bajo	14,02	8,69	Muy bajo	Medio	6,31	3,91	Muy bajo	Medio							
Quetame	25594	Río Guayuríba	Oda. Blanca	0,082	Moderado	68,53	43,59	Muy bajo	Bajo	22,49	14,31	Muy bajo	Bajo							
San Bernardo	25649	Río Sumapaz	Oda. Aguas Claras																	
San Juan De Rioseco	25662	Río Seco y otros directos al Magdalena	Odas. Volcanuna y Paramito y un (1) nacimiento																	
Sibaté	25740	Río Bogotá	Río Aguas Claras	1,264	Bajo	15,74	8,25	Moderado	Alto	10,84	5,68	Alto	Alto							
Silvania	25743	Río Sumapaz	Río Blanco	0,388	Bajo	96,57	66,99	Muy bajo	Medio	30,29	21,01	Bajo	Medio							

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Cundinamarca													
Simijaca	25745	Río Suárez	Río Simijaca										
Subachoque	25769	Río Bogotá	Río Subachoque y Qda. La Colorada	0,362	Bajo	8,95	5,42	7,58	4,59		Bajo	Medio	
Tibacuy	25805	Río Sumapaz	Qda. El Ojito y cinco (5) nacimientos										
Tocaima	25815	Río Bogotá	Río Calandaima										
Topaipí	25823	Río Negro - cuenca Magdalena	Qda. Suconal	0,042	Moderado	1,27	0,77	0,29	0,17		Bajo	Alto	Alto
Útica	25851	Río Negro - cuenca Magdalena	Río Negro	0,158	Moderado	1436,46	884,60	438,89	270,27		Muy bajo	Bajo	Bajo
Vergara	25862	Río Negro - cuenca Magdalena	Qda. El Palmar y Dos (2) Nacimientos										
Vianí	25867	Río Negro - cuenca Magdalena	Río Contador y Qda. La Peña	0,069	Bajo	92,75	57,11	57,77	35,57		Muy bajo	Muy bajo	Medio
Villeta	25875	Río Negro - cuenca Magdalena	Río Namay y Qda. Cune	1,171	Bajo	50,36	38,72	14,76	11,35		Bajo	Moderado	Alto
Viotá	25878	Río Bogotá	Río Lindo y Laguna del Indio	0,294	Bajo	194,09	101,62	47,61	24,93		Muy bajo	Bajo	Medio
Yacopí	25885	Río Negro - cuenca Magdalena	Qdas. Agua Blanca y El Valle	0,241	Moderado	6,67	4,26	1,30	0,83		Bajo	Alto	Alto
Zipacón	25898	Río Bogotá	Nacedero Hoyeparra										
Zipaquirá	25899	Río Bogotá	Acueducto regional Zipaquirá - Nemocon - Cogua (Río Neusa)										
Chocó													
Quibó - Atrato	27001	Río Bebaramá y otros directos Atrato	Río Cabi										
Istmina	27361	Río San Juan	Río San Juan y Qda. Honda										

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código clane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Magdalena													
Concordia	47205	Directos Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (md)	Cga. Cerro de San Antonio										
Pedraza	47541	Directos Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (md)	Río Magdalena	0,142	Alto	231540,47	192250,34	Muy bajo	Muy bajo	60896,02	50562,57	Muy bajo	Muy bajo
Pivijay	47551	Cga. Grande de Santa Marta	Cño. Schiller										
Plato	47555	Directos Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (md)	Río Magdalena	1,719	Alto	226629,71	66915,89	Muy bajo	Muy bajo	#####	43948,66	Muy bajo	Muy bajo
San Zenón	47703	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y Plato (md)	Pozos Profundos										
Santa Ana	47707	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y Plato (md)	Dos (2) Pozos profundos										
Tenerife	47798	Directos Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (md)	Río Magdalena	0,412	Alto	226629,71	66915,89	Muy bajo	Muy bajo	#####	43948,66	Muy bajo	Muy bajo
Zapayán (Punta De Piedras)	47960	Directos Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (md)	Cga. Zapayan										
Meta													
Villavicencio	50001	Río Guatiquía	Río Guatiquía. Oda Honda. Chos Buque, Maizaro y Parrado y Seis (6) Pozos Profundos	28,318									
Nariño													
Pasto	52001	Río Juananbú	Río Pasto, Embalse río Bobo y Odas. Chapal y Mijitayo	18,515	Bajo	63,60	32,26	Muy alto	Alto	5,61	2,85	Muy alto	Alto
Arboleda (Berruecos)	52051	Río Juananbú	Odas. San Francisco y Chorro Alto										
El Rosario	52256	Río Patía Alto	Odas. El Macal y Hueco del Oso	0,219	Moderado	25,05	14,89	Bajo	Bajo	19,96	11,86	Bajo	Bajo
El Tablón De Gomez	52258	Río Juananbú	Odas. Chusalongo y El Motilon	0,045	Moderado	4,15	2,26	Bajo	Bajo	1,84	1,00	Bajo	Bajo

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas		
						Oferta anual (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Nariño											
La Unión	52399	Río Mayo	Odas. Canchala y Molinos								
Leiva	52405	Río Patía Alto	Odas. Las Cañadas, El Chupadero y Neftali								
Policarpa	52540	Río Patía Medio	Oda. El Cocal	0,150	Moderado	2,53	1,51	1,98	1,18	Moderado	Medio
San Lorenzo	52687	Río Juananbú	Odas. La Chorrera y La Palma	0,128	Moderado	1,22	0,66	0,55	0,30	Alto	Alto
San Pedro De Cartago	52694	Río Mayo	Odas. Arenal y San Antonio	0,035	Moderado	13,31	7,24	3,99	2,17	Bajo	Bajo
Taminango	52786	Río Mayo	Odas. La Honda, El Molino y Santa Cecilia								
Norte de Santander											
Cúcuta	54001	Río Pamplonita	Ríos Pamplonita y Zulia	48,045	Moderado	1900,82	979,17	727,19	374,60	Moderado	Medio
Chinácota	54172	Río Pamplonita	Odas. Iscala y La Hondita	0,672	Moderado	116,60	60,06	38,77	19,97	Bajo	Bajo
Chitagá	54174	Río Chitagá	Odas. La Viuda y El Arpero								
Convención	54206	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Odas. El Guamal y San Juan	0,343	Bajo	44,27	26,93	17,29	10,52	Bajo	Medio
El Carmen	54245	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	Odas. El Tigre y El Salto								
Herrán	54347	Río Pamplonita	Nacedero Los Olivos								
La Playa	54398	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Oda. La Honda	0,034	Moderado	4,26	2,60	4,08	2,49	Bajo	Bajo
Los Patios	54405	Río Pamplonita	Río Pamplonita y Oda. La Honda	5,113	Moderado	244,03	125,71	46,74	24,08	Bajo	Alto
Mutiscua	54480	Río Zulia	Oda. El Chorreron y Naciente las Pavas	0,029	Moderado	3,70	2,09	3,02	1,71	Bajo	Bajo
Ocaña	54498	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Ríos Algodonal y Tejo	6,190	Moderado	228,62	130,05	71,62	40,74	Bajo	Moderado
Pamplona	54518	Río Pamplonita	Odas. Cariongo, El Rosal y El Mono	2,777	Moderado	23,09	13,06	19,66	11,12	Alto	Alto

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código clane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Norte de Santander													
Puerto Santander	54553	Río Zulia	Río Zulia	0,622	Moderado	3790,14	2158,94	Muy bajo	Bajo	1180,08	672,20	Muy bajo	Bajo
San Calixto	54670	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Qda. La Maravilla	0,102	Bajo	11,83	7,22	Bajo	Medio	5,95	3,63	Bajo	Medio
Sardinata	54720	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Qdas. Los Volcanes y Las Pallitas	0,572	Moderado	24,82	15,55	Bajo	Bajo	10,56	6,62	Bajo	Bajo
Tibú	54810	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Río Tibu	0,958	Bajo	754,93	488,70	Muy bajo	Medio	232,28	150,37	Muy bajo	Medio
Villa Del Rosario	54874	Río Pamplonita	Río Táchira	6,099	Bajo	347,48	240,38	Bajo	Medio	224,03	154,98	Bajo	Medio
Quindío													
Armenia	63001	Río La Vieja	Río Quindío y Qda. La Vibora	20,225	Moderado	1818,10	982,25	Bajo	Bajo	788,67	426,09	Bajo	Bajo
Risaralda													
Pereira	66001	Río La Vieja	Río Otún	27,878	Alto	393,06	214,29	Moderado	Medio	128,39	70,00	Alto	Medio
Apía	66045	Río Risaralda	Qda. Agua linda										
Balboa	66075	Río Risaralda	Río Peñas Blancas	0,097	Moderado	11,20	6,16	Bajo	Bajo	3,48	1,91	Bajo	Bajo
La Celia	66383	Río Risaralda	Qda. Verdun										
Mistrató	66456	Río Risaralda	Qda. Arrayanal	0,263	Moderado	4,41	2,42	Moderado	Medio	2,55	1,40	Moderado	Medio
Santuario	66687	Río Risaralda	Río San Rafael	0,451	Moderado	360,96	206,45	Bajo	Bajo	141,11	80,71	Muy bajo	Bajo
Santander													
Bucaramanga	68001	Río Lebrija y otros directos al río Magdalena	Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (Ríos Tona, Frío y Suratá)	44,716	Alto	330,83	211,21	Alto	Medio	1,98	1,26	Muy alto	Medio
Aguada	68013	Río Suárez	Qda. Sumidero										
Aratoca	68051	Río Chicamocha	Qdas. La Arenosa, La Quinta y La Guacamaya	0,164	Moderado	20,90	13,38	Bajo	Bajo	17,53	11,20	Bajo	Bajo

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmcd)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas				
						Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	Oferta anual disponible (x1000 m³)	IUA CAT.	IWH CAT.
Santander													
La Paz	68397	Río Suárez	Qda. La Perezza										
Los Santos	68418	Río Sogamoso	Qda. La Cañada	0,096	Moderado	9,64	6,17	Bajo	Bajo	8,66	5,54	Bajo	Bajo
Málaga	68432	Río Chicamocha	Qdas. La Magnolia y Los Molinos	1,122	Moderado	9,40	6,01	Moderado	Medio	2,80	1,79	Muy alto	Alto
Ocamonte	68498	Río Fonce	Qdas. Agua Blanca y										
Palmas Del Socorro	68524	Río Suárez	Qda. La Honda	0,036	Moderado	60,20	37,28	Muy bajo	Bajo	31,34	19,41	Muy bajo	Bajo
Páramo	68533	Río Fonce	Qdas. Las Sanchez y La Chorrera										
Pinchote	68549	Río Fonce	Qdas. Las Lajas y La Limona	0,120	Moderado	52,02	28,73	Muy bajo	Bajo	47,38	26,17	Muy bajo	Bajo
Puente Nacional	68572	Río Suárez	Qdas. Agua Blanca , Vivero y Las Flores										
Puerto Wilches	68575	Río Lebrija y otros directos al río Magdalena	Cuatro (4) Pozos Profundos										
Rionegro	68615	Río Lebrija y otros directos al río Magdalena	Qda. El Trapiche										
Sabana De Torres	68655	Río Lebrija y otros directos al río Magdalena	Qda. San Isidro	0,833	Moderado	240,73	153,69	Muy bajo	Bajo	73,63	47,01	Bajo	Bajo
San Andrés	68669	Río Chicamocha	Qdas. Honda, Blanca y Las Lajas	0,142	Moderado	219,15	108,72	Muy bajo	Bajo	92,33	45,80	Muy bajo	Bajo
San Gil	68679	Río Fonce	Qdas. Cuchicute y Cutiti	2,931	Moderado	3166,30	1754,75	Muy bajo	Bajo	1206,45	668,61	Muy bajo	Bajo
San Vicente De Chucurí	68689	Río Sogamoso	Qda. Las Cruces										
Santa Helena Del Opón	68720	Río Opón	Qda. Las Cruces	0,032	Moderado	49,34	29,07	Muy bajo	Bajo	14,55	8,57	Muy bajo	Bajo
Socorro	68755	Río Suárez	Qdas. La Honda, Aguilitas, Echoc y Majavita	1,861	Moderado	64,07	39,67	Bajo	Bajo	35,85	22,20	Bajo	Bajo
Valle De San José	68855	Río Fonce	Qda. Sobacuta y un Manantial	0,101	Moderado	2321,02	1315,20	Muy bajo	Bajo	746,58	423,05	Muy bajo	Bajo

Anexo 3. Indicadores cabeceras municipales

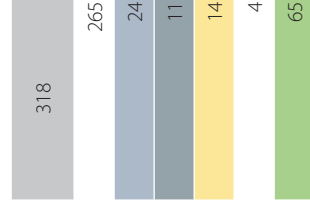
Cabecera municipal	Código dane	Subzona hidrográfica	Nombre fuente	Demanda hídrica anual 2014 (Mmc)	IRH CAT.	Condiciones hidrológicas medias			Condiciones hidrológicas secas		
						Oferta anual (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.	Oferta anual (x1000 m³)	IUA CAT.	IVH CAT.
Tolima											
Líbano	73411	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Vallecitos	1,965	Moderado	49,33	20,69	Bajo	20,60	8,64	Alto
Melgar	73449	Río Sumapaz	Río Sumapaz y Qda. La Melgara	2,996	Bajo	1426,50	918,54	Muy bajo	403,25	259,66	Medio
Natagaima	73483	Río Aipe y otros directos al Magdalena	Río Anchique	1,100	Muy Bajo	546,79	465,66	Muy bajo	49,98	42,57	Medio
Ortega	73504	Río Tetuán, río Ortega	Qda. Anaba	0,549	Moderado	220,17	137,48	Muy bajo	47,61	29,73	Bajo
Rioblanco	73616	Alto Saldaña	Río Quebradon y Qda. La Duda	0,317	Moderado	16,97	9,00	Bajo	9,87	5,24	Bajo
Saldaña	73671	Bajo Saldaña	Tres (3) Pozos Profundos								
Venadillo	73861	Río Lagunilla y otros directos al Magdalena	Río Totare	1,377	Moderado	254,00	121,82	Bajo	87,64	42,03	Bajo
Villarrica	73873	Río Prado	Río Cuindécimo								
Valle Del Cauca											
Cali	76001	Ríos cali, Lili, Melendez y Cañaveralejo	Ríos Cauca, Cali y Melendez	196,277	Bajo	6176,68	3767,09	Bajo	1764,53	1076,17	Moderado
Buga	76111	Río Tuluá	Río Guadalajara	8,891	Moderado	132,53	73,55	Moderado	41,34	22,94	Alto
Palmira	76520	Río Amaime	Río Nima	19,386	Moderado	201,41	126,29	Moderado	64,76	40,61	Alto
Ulloa	76845	Río La Vieja	Qda. La Selva	0,223	Moderado	120,95	79,17	Muy bajo	40,62	26,59	Muy bajo
Yumbo	76892	Directos al Río Cauca (mi)	Río Yumbo	7,767	Moderado	21,33	13,01	Muy alto	19,71	12,02	Muy alto
Zarzal	76895	Directos Río Cauca (md)	Río La Paila	3,111	Moderado	235,96	135,39	Bajo	158,98	91,22	Bajo

Convenciones:

(*) Sitios Donde La Oferta Hídrica Está En Millones De Metros Cúbicos (Mmc)

(Mmc) Millones De Metros Cúbicos

(+) Municipios Que Comparten Una Misma Bocatoma En El Canal Del Dique



Se incluyeron Yopal - Hato Corozal - Mani - Orocué y San Luis de Palenque y Trinidad (Casanare) y Manauare y Uribea - (La Guajira)

Superficial (río, quebrada, caño, nacedero, algibe)

Pozos Profundos

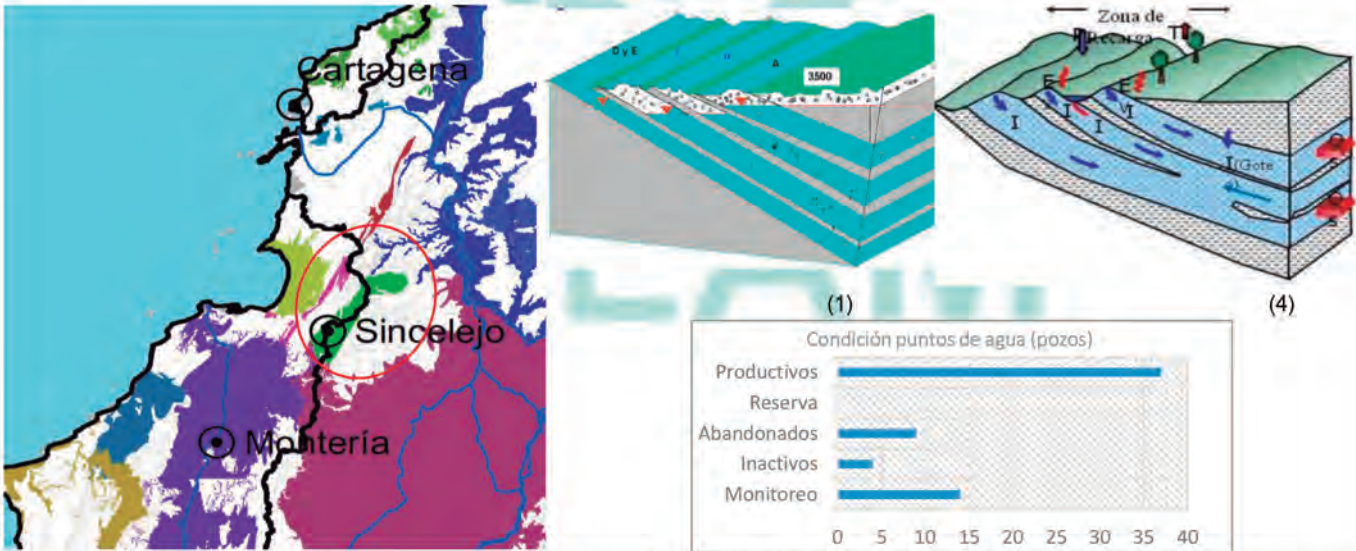
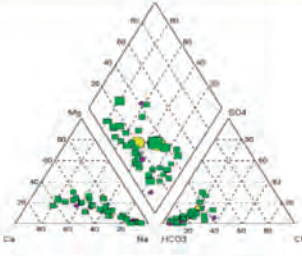
Aprovechamiento mixto

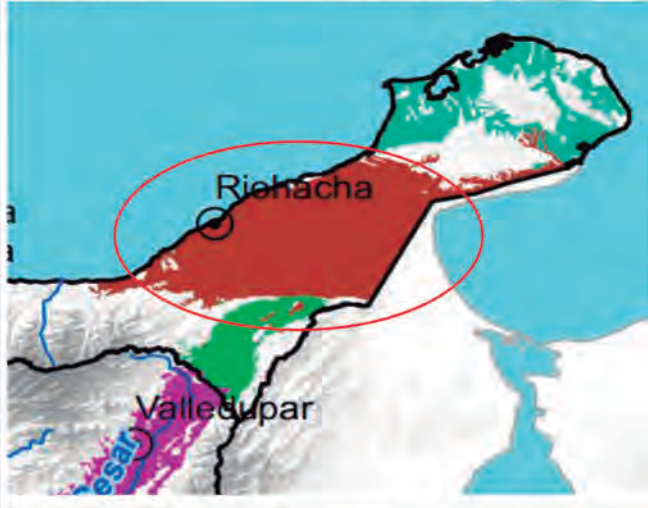



Reservorios

Compra de Agua

Presenta desabastecimiento, no es por disponibilidad de agua en la fuente

Anexo 4
Fichas síntesis de
sistemas acuíferos

SAC1.1 SISTEMA ACUIFERO MORROA	
<p>Datos básicos</p> <p>Área hidrográfica AH1 Caribe Zona hidrográfica ZH12, ZH13, ZH25 Provincia hidrogeológica PC1 Sinú - San Jacinto Superficie 1700 km² (aprox)⁽³⁾ No de municipios que abarca 10 No. Pozos inventariados^{(1)*} 64 No. Aljibes inventariados^{(1)*} NRI No. Manantiales inventariados^{(1)*} NRI CAR de gestión CARSUCRE</p>	<p>Características hidrológicas ⁽¹⁾</p> <p>Fuente/Zona de recarga de El área aflorante del acuífero se constituye en su área de recarga, de alta capacidad de infiltración, con flujo esencialmente intergranular ⁽³⁾</p> <p>Recarga estimada (mm/año) 34 a 70 mm/año Reservas calculadas 3,286 Millones de m³ Reservas explotables 719 Millones de m³ Demanda calculada 41 Millones de m³/año</p>
	
<p>Características hidrogeológicas ⁽²⁾</p> <p>Acuífero complejo, continuo y de extensión regional, constituido por capas semiconfinadas y confinadas de areniscas y conglomerados poco consolidados, intercalados con capas de arcillolitas, producto de la sedimentación detrítica en un ambiente típico de abanico aluvial y cauces aluviales.</p> <p>Estructuralmente este acuífero se encuentra dispuesto en forma monoclin al con dirección general N 25° E y buzamientos entre 5° y 20° hacia el este, suprayaciendo la formación Sincelejo (areniscas compactas plegadas) e infrayaciendo a la Formación Betulia (predominantemente arcillosa). Tiene un espesor variable de hasta 500 m, diferenciado en 4 niveles: * Morroa Areno – conglomerática (Niveles acuíferos A y B), * Morroa Arenosa (Niveles acuíferos C y D), * Morroa Areno – arcillosa (Niveles acuíferos E y F) * Morroa Arcillosa (conformada por las capas y lentes de arcilla que separan los niveles acuíferos de la formación).</p> <p>La intensa utilización del acuífero en los últimos años, ha bajado los niveles hasta 110 m, lo que ha ocasionado variación de la dirección del flujo regional en la zona de Sincelejo, Corozal y Morroa (antes era NW-SE). Diferentes resultados sobre el balance hídrico realizado en el acuífero Morroa, dieron valores de infiltración muy bajos debido principalmente al tipo de lluvia torrencial. Dadas las condiciones de explotación del acuífero, se ha llegado a la conclusión de que se está haciendo una explotación minera del acuífero.</p>	<p>Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾</p> <p>Tipo de agua H <= 150m Bicarbonatadas cálcicas H > 150 m Bicarbonatadas sódicas</p> <p>Edad de agua Edad aparente del agua entre 800 y 5200 años</p> <p style="text-align: center;">Diagrama Piper acuífero Morroa</p> 
<p>Redes de monitoreo ⁽⁵⁾</p> <p>Piézómetros 17 Pozos recuperados para observación 13 Pozos de producción 50</p> <p>Parámetros monitoreados Niveles estáticos y dinámicos Iones mayoritarios Microbiológicos Parámetros insitu</p>	<p>Sistema de Información ⁽⁵⁾</p> <p>Sistema de Información para la Gestión de las Aguas Subterráneas SIGAS</p>
<p>Fuentes: (1) CARSUCRE, 2005 (2) Herrera, 2012, (3) INGEOMINAS, 2003d, (4) IAEA, 2009, (5) CARSUCRE, 2013</p>	
<p>NRI: No registra información</p>	

SAC3.1 SISTEMA ACUIFERO MEDIA GUAJIRA (MAICAO-RIOHACHA-MANAURE)																
Datos básicos		Características hidrologicas (1)(2)(5)														
Área hidrográfica	AH1 Caribe	Fuente/Zona de recarga Ac. Cuaternario -Zonas adyacentes al cauce actual del río Carraipia. Ac. Terciario - ligado a infiltración directa de agua lluvia en afloramientos de la Formación Monguí, y a la presencia de la Falla de Oca. Ac. Castilletes. La recarga del acuífero proviene de la infiltración del agua lluvia a partir de la Falla de Oca, ubicada en las estribaciones septentrionales de la Sierra Nevada de Santa Marta														
Zona hidrográfica	ZH15 Caribe - Guajira															
Provincia hidrogeológica	PC3 Guajira															
Superficie	km ² (aprox)															
No de municipios que abarca	5															
No. Pozos inventariados ⁽⁴⁾	164															
No. Aljibes inventariados ⁽⁴⁾	257	Recarga estimada⁽⁴⁾ 0 mm/año Reservas calculadas NRI Millones de m ³ Reservas explotables NRI Millones de m ³ Demanda calculada^{(4)*} 2.440 Millones de m ³ /año														
No. Manantiales inventariados ⁽⁴⁾	NRI															
CAR de gestión	CORPOGUAJIRA															
																
		(2)  <table border="1"> <caption>Condición puntos de agua</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor (aprox)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dañados</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Productivos</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Reserva</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Abandonados</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Inactivos</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Monitoreo</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor (aprox)	Dañados	10	Productivos	250	Reserva	10	Abandonados	100	Inactivos	10	Monitoreo	10
Categoría	Valor (aprox)															
Dañados	10															
Productivos	250															
Reserva	10															
Abandonados	100															
Inactivos	10															
Monitoreo	10															
Características hidrogeológicas (1)(2)(5)		Hidroquímica e isotopia (2)(5)														
<p>Ubicado en la Media Guajira y parte de la Alta Guajira, abarca principalmente la parte central del departamento. Los estudios realizados en la zona se han enfocado principalmente a la ciudad de Maicao y a la cuenca del río Ranchería. En general se ha identificado las siguientes unidades hidrogeológicas:</p> <p>Acuífero Llanura Aluvial de la Guajira. Se extiende desde las estribaciones septentrionales de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta el Mar Caribe en el norte, continuando hasta la parte norte de la cabecera municipal de Uribia donde se levantan las serranías de Cocinas y Simarua cuyos límites meridionales están delimitados por la Falla de Cúisa. El acuífero es de tipo libre y de extensión regional, con un nivel estático desde 5 hasta 35 m, los cuales entre la época seca y de lluvia tienen variaciones de 1 a 2 m. Cubre discordantemente el Acuífero Castilletes sin existir entre ellos conexión hidráulica. El movimiento del agua subterránea ocurre a partir del trazo de la Falla de Oca mediante flujos regionales de dirección noroccidente hacia el Mar Caribe. El agua es utilizada para el abastecimiento de pequeñas comunidades indígenas y el abrevadero de animales</p> <p>Acuífero Castilletes. Aflora desde las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta cercanías al cauce del Río Ranchería. Se encuentra cubierto en gran parte por cerca de 100 m de sedimentos Cuaternarios pertenecientes a la Llanura Aluvial de la Guajira, sin existir entre ellos conexión hidráulica y reposa sobre un basamento predominantemente arcilloso conformado por las formaciones Jimol y Utpa del Terciario. Es de tipo confinado, multicapas, de extensión regional. La dirección regional del flujo subterráneo es de tipo radial divergente desde esta falla hacia el mar Caribe y el Golfo de Venezuela. En el perímetro de la península, cerca de la costa, se encuentra saturado con agua salada.</p> <p>En el municipio de Maicao se ha detallado las siguientes unidades:</p> <p>Acuífero Llanura Aluvial de la Guajira (Cuaternario). El más explotado, especialmente en el casco urbano de Maicao. Está conformado por sedimentos no consolidados que varían de gravas a arcillas. Edades del agua estimadas para este acuífero: varían desde recientes a pocos metros del cauce actual del río Carraipia hasta 10.000 años en la zona noreste. Sentido de flujo: suroeste a noreste.</p> <p>Acuífero Terciario. El menos explotado en el municipio, subyace a los sedimentos del acuífero Cuaternario. Sentido de flujo: sur a norte (asumido).</p> <p>Acuífero Cretácico. El que provee en la actualidad las mayores cantidades de agua dulce a la población de Maicao. Su principal porosidad es secundaria (fracturas). Su contacto con los acuíferos Terciario y Cuaternario es fallado (Falla de Oca). Recarga: parece ser la infiltración directa de agua lluvia por las fracturas, y la infiltración del agua de las corrientes superficiales (especialmente del río Carraipia Paraguachón)</p> <p>Dado el tipo de agua, entre dulces y salobres, el principal uso del acuífero terciario es apoyo al suministro de líquido para labores domésticas. El agua del acuífero Cretácico, es utilizada para abastecimiento, aportando aproximadamente el 70% de la producción del municipio.</p>		<p>Tipo de agua</p> <p>Ac. Llanura aluvial de la Guajira (Cuaternario) Baja mineralización (conductividades inferiores de 900 µS/cm) de tipo bicarbonatada cálcica. Alta mineralización (normalmente mayor que 2000 mS/cm) de tipo clorurada sódica. Bicarbonatada sódica, la cual prevalece desde la vía Cuestecita – Barbacoas hacia el sur, hasta las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta</p> <p>Ac. Terciario 1-Dulce en sistema libre, conductividades eléctricas menores que 1000 µS/cm. 2-Clorurada sódica, con conductividades eléctricas superiores a 3000 µS/cm. (Área confinada)</p> <p>Ac. Castilletes Clorurada sódica, con un contenido promedio de cloruros de 450 mg/l. El agua es dura (dureza total como CaCO3 de 120 mg/l) y un pH</p> <p>Ac. Cretácico Bicarbonatada cálcica de baja mineralización (conductividades eléctricas menores que 700 mS/cm).</p> <p>Edades del agua⁽⁴⁾ Cuaternario - 10000 años</p> 														
		<p>Redes de monitoreo (3)</p> <p>Calidad (No. Pozos) 16</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 0</p> <p>Parámetros monitoreados (1) pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, DQO, DBO5, color, turbiedad, nitrito, nitrato, PO4, calcio, cloruros, Coliformes fecales y E Coli.</p> <p>Frecuencia: Anual</p>														
<p>Fuentes: (1) CORPOGUAJIRA, 2003. (2) Toro et. al., 2009. (3) CORPOGUAJIRA, 2013. (4) CORPOGUAJIRA, 2011. (5) INGEOMINAS, 2003a</p> <p>NRI: No registra información. * Datos estimados para la ciudad de Maicao</p>																

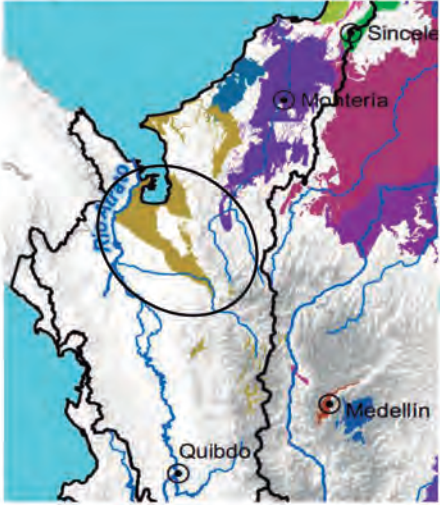
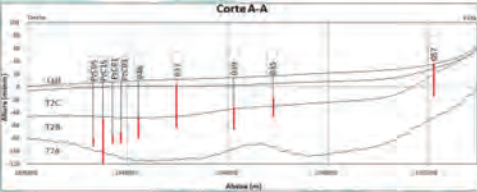
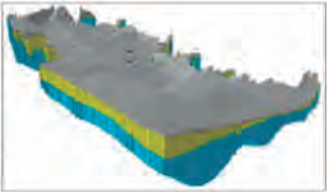

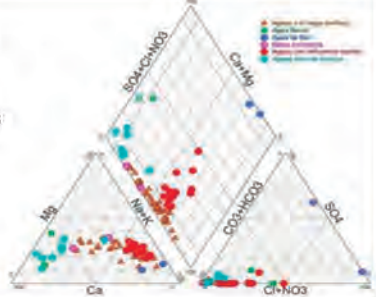
Datos básicos		Características hidrológicas ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Fuente/Zona de recarga	<i>Cuaternario</i> . Infiltración de precipitación en toda la extensión del acuífero.
Zona hidrográfica	ZH28 Cesar		<i>Ac. La Luna</i> . Areas de recarga corresponden a los afloramientos situadas a unos 500 m de altura en los piedemontes.
Provincia hidrogeológica	PC2 Valle bajo del Magdalena y PC4 Cesár - Ranchería		<i>Sistema en general</i> . Las zonas de recarga se ubican en el piedemonte de la Serranía del Perijá, donde el sistema Cuaternario se pone en contacto con el Cretáceo.
Superficie ⁽¹⁾	12219 km ² (aprox)	Recarga estimada (mm/año)	NRI mm/año
No de municipios que abarca	26 (aprox)	Reservas calculadas	NRI Millones de m ³
No. Pozos inventariados ^{(2,3,4)*}	379	Reservas explotables	NRI Millones de m ³
No. Aljibes inventariados ^{(2,3,4)*}	1265	Demanda calculada	NRI Millones de m ³ /año
No. Manantiales inventariados ^{(2,3,4)*}	24		
CAR de gestión	CORPOCESAR		


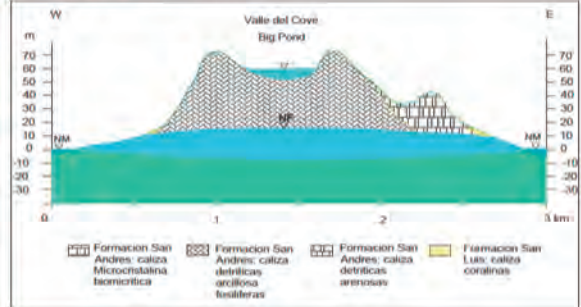

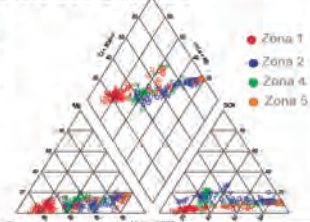
Corte hidrogeológico esquemático ⁽¹⁾

Uso porcentual del agua ⁽²⁾



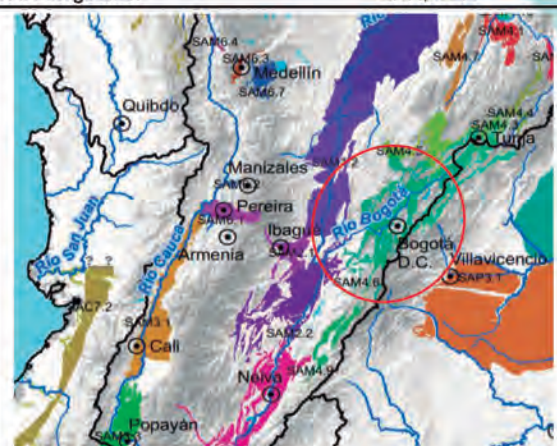
Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽²⁾	Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾⁽³⁾
<p>El sistema acuífero se extiende en los departamentos del Cesar y La Guajira a lo largo y ancho de la parte alta y media del Río Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá. Se han identificado las siguientes unidades hidrogeológicas:</p> <p>Cuaternario (somero y profundo). Contiene aguas generalmente bajo condiciones libre a semiconfinadas, pero las frecuentes intercalaciones arcillosas crean localmente condiciones confinantes, con flujos artesianos surgentes observados en pozos situados al sur de la ciudad de Valledupar. Casi todo el flujo dentro del acuífero es de carácter local moviéndose el agua desde la zona de infiltración en la superficie del terreno y las zonas aledañas a los piedemontes, hacia las corrientes superficiales principalmente el Río Cesar.</p> <p>Acuífero Sedimentitas de Arjona. Aflora en el extremo centro-occidental del departamento, asociado a la subprovincia hidrogeológica de la Planicie del Cesar. Es de extensión regional limitada y continua, con una importancia hidrogeológica intermedia, por la relativa baja producción de sus diferentes capas acuíferas. Acuífero de tipo confinado multicapa.</p> <p>Acuífero Cuesta. Distribuido ampliamente en el subsuelo del valle del Río Cesar entre las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá hacia el sur, a partir del trazo de la Falla Garupal, hasta el Río Ariguani al occidente. Aflora entre las poblaciones de La Loma y Becerri. Se encuentra cubierto por los sedimentos correspondientes al Acuífero Cuaternario Somero y descansa sobre la Formación Los Cuervos considerada de carácter impermeable. El acuífero no es continuo, de extensión regional limitada, multicapas y de tipo confinado. La dirección del flujo subterráneo probablemente es hacia el suroccidente en dirección a la Ciénaga de Zapatosa y el Río Magdalena que podrían constituirse en sus zonas de descarga.</p> <p>Acuífero Cretáceo Superior (acuífero La Luna y Aguas blancas). Se encuentra en el subsuelo del valle del Río Cesar, con áreas de afloramiento en los piedemontes de la Serranía de Perijá, del extremo meridional de la Sierra Nevada de Santa Marta y del Macizo de Santander. Está compuesto por las formaciones La Luna y Aguas Blancas. De tipo agrietado cárstico, su confinamiento está condicionado por la presencia de los depósitos Terciarios de las formaciones Barco y los Cuervos y los depósitos Cuaternarios que lo cubren.</p> <p>Acuífero Cogollo. Aflora en las poblaciones de Becerri, Chiriguana y al Sur de Curumani, Departamento del Cesar. Sus afloramientos son de poca incidencia como área de recarga. Acuífero de tipo agrietado, compuesto principalmente por los niveles calcáreos del Grupo Cogollo. Las calizas presentan poca disolución.</p> <p>Los principales usos del agua son el abastecimiento público, riego de cultivos y ganadería.</p>	<p>Tipo de agua</p> <p><i>Somero</i>. En el sector noroccidental, parte alta y media del valle del Río Cesar, aledaña a la Sierra Nevada de Santa Marta predomina el agua bicarbonatada sódica. Hacia el borde oriental del valle del Río Cesar y en el extremo suroccidental de la Sierra Nevada, predomina el agua bicarbonatada cálcica y magnésica.</p> <p><i>Profundo</i>. Bicarbonatada sódica y cálcica.</p> <p>Ac. Cuaternario Bicarbonatada sódica y puntualmente cálcica en el sector de Rastrea - Candelaria</p> <p>Ac Sedimentitas de Arjona El agua no presenta uniformidad de iones dominantes, solamente una tendencia a tener en común los iones bicarbonato y calcio sin estar en proporción dominante. Está conformado por calizas agrietadas y carstificadas donde el agua es de tipo bicarbonatada cálcico-magnésica</p> <p>Ac. Cuesta Bicarbonatada cálcico - magnésica</p> <p>Ac. La luna y aguas blancas</p> <p>Ac. Cogollo</p> <p>Redes de monitoreo ⁽¹⁾</p> <p>Calidad (No. Pozos) NRI</p> <p>Piezometría (No. Pozos) NRI</p> <p>Parámetros monitoreados NRI</p> <p>Frecuencia: NRI</p> <p>NRI: No registra información.</p>


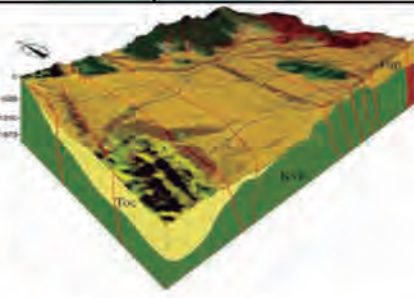


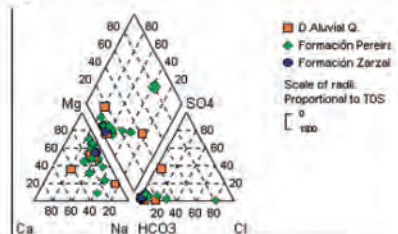
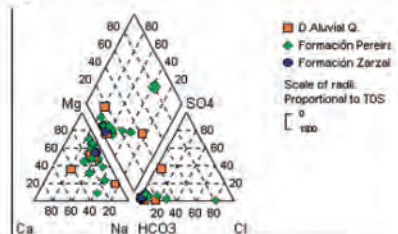
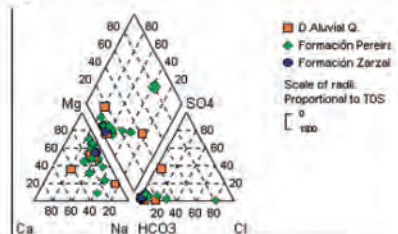
Fuentes: (1) INGEOMINAS, 2003d. (2)CORPOCESAR - IDEAM, 2007. (3) IDEAM - CORPOCESAR, 2006. (4) IDEAM-CORPOCESAR, 2004

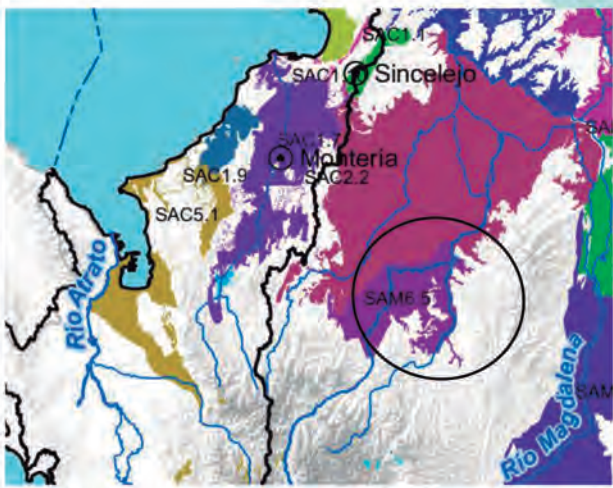
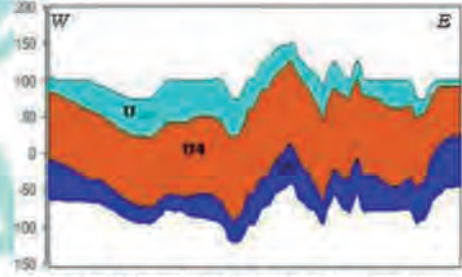
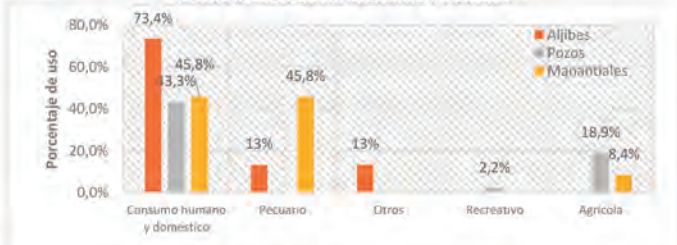
SAC5.1 SISTEMA ACUIFERO GOLFO DE URABÁ	
Datos básicos	
Área hidrográfica	AH1 Caribe
Zona hidrográfica	ZH11, ZH12
Provincia hidrogeológica	PC5 Golfo de Urabá
Superficie	1030 km ² ⁽¹⁾
No de municipios que abarca	4
No. Pozos inventariados ⁽²⁾	781
No. Aljibes inventariados ⁽²⁾	7422
No. Manantiales inventariados ⁽²⁾	17
No. Jagüey inventariados ⁽²⁾	26
CAR de gestión	CORPOURABÁ
Características hidrológicas	
Fuente/Zona de recarga	Se localiza al occidente del área de estudio, es decir en las estribaciones de la serranía de Abibe entre los 50 y 200 metros de altura sobre el nivel del mar, cubre 22.350 hectáreas, correspondiente a los sitios donde afloran las unidades T2B y T2 ⁽³⁾
Recarga estimada (mm/año) ⁽¹⁾	144 a 553 mm/año
Reservas calculadas ⁽²⁾	3944 Millones de m ³
Reservas explotables	719 Millones de m ³
Extracción anual ⁽²⁾	22 Millones de m ³ /año
   	
Características hidrogeológicas ⁽³⁾	
<p>Acuífero complejo de extensión regional, constituido por rocas sedimentarias marinas del Oligoceno al Plioceno constituidas principalmente por arcillolitas y areniscas, y depósitos aluviales de edad Cuaternaria. En el área se distinguen tres unidades hidrogeológicas (Qal, T2 y T1): i) Depósitos de llanura Aluvial (Qal), cubre la parte plana del área desde el piedemonte de la Serranía de Abibe hacia el occidente, constituye el acuífero más superficial en la región y presenta espesores máximos de 30 m, ii) La Unidad T2 (Formación Corpa) aflora en el costado occidental de la Serranía de Abibe y se divide en tres unidades denominadas, T2C, T2B y T2A. La Unidad T2C, considerada como el límite impermeable superior del acuífero, está conformada principalmente por lodolitas, aunque esporádicamente presenta lentes de conglomerados. La unidad T2B corresponde a intercalaciones entre areniscas y conglomerados, y puede llegar a tener 200 metros de espesor. Al sur predominan los niveles conglomeráticos y hacia el norte las areniscas. Los clastos están compuestos en su mayoría por cuarzo, feldespatos, y fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias. Esta es la unidad de mayor interés hidrogeológico. La Unidad T2A corresponde a areniscas de grano fino a medio con una matriz arcillosa. Los granos están constituidos principalmente por cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias. Esta unidad es considerada como un acuitardo por sus pobres características hidráulicas. iv) La unidad T1, se clasifican como unidades de importancia hidrogeológica relativa muy pequeña a nula.</p> <p>Las conductividades hidráulicas calculadas son variables; van desde 2 m/día (Noreste de la región) y hasta 20 m/día (en el sur) ⁽¹⁾. El coeficiente de almacenamiento es del orden de 10⁻⁴, lo que indica el confinamiento del acuífero, con caudales de hasta 150 l/s. De acuerdo con los estudios realizados por INGEOMINAS, 1995, en el área se presenta un sistema de flujo en la Unidad Qal con una tendencia desde la Serranía hacia el occidente y hacia el Golfo de Urabá.</p>	
Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾	
<p>Tipo de agua Cuaternario y Conjuntos B y C de T2</p> <p>De oriente a occidente las aguas evolucionan de Bicarbonatadas cálcicas hasta Bicarbonatadas sódicas</p> <p>Edad de agua Al final del flujo: 28 mil años en la zona norte y 11 años al sur</p> 	
Redes de monitoreo ⁽⁵⁾	
Piézómetros	20
Pozos recuperados para observación	2
Pozos de producción	55
Parámetros monitoreados	
Niveles estáticos y dinámicos	
Iones mayoritarios	
Microbiológicos	
Parámetros insitu	
Fuentes: (1) Paredes et Al, 2010 (2) Reportado en FUNIAS, 2012, (3) INGEOMINAS, 1995, (4) Villegas y Vivas, 2009,	
NRI: No registra información	

SAC8.1 SISTEMA ACUIFERO SAN ANDRÉS	
Datos básicos	
Área hidrográfica	AH1 Caribe
Zona hidrográfica	ZH17 Islas del Caribe
Provincia hidrogeológica	PC8 San Andrés
Superficie	25 km ²
No de municipios que abarca	1
No. Pozos inventariados ⁽²⁾	33
No. Aljibes inventariados ⁽²⁾	6002
No. Manantiales inventariados ⁽¹⁾	5
CAR de gestión	CORALINA
Características hidrológicas⁽²⁾	
Fuente/Zona de recarga	Ac. San Andrés. Cuenca el Cove por infiltración de aguas lluvias.
Recarga estimada ⁽²⁾	498 mm/año normal
Reservas calculadas	NRI Millones de m ³
Reservas explotables	NRI Millones de m ³
Demanda calculada ⁽¹⁾	4,90 Millones de m ³ /año
Volumen de agua concesionada	
 <p>(2)</p>	
 <p>(2)</p>	
 <p>Condición puntos de agua</p>	
Características hidrogeológicas⁽¹⁾⁽²⁾	
<p>El sistema acuífero San Andrés consta de dos unidades hidroestratigráficas con características geológicas cársticas, ambas clasificadas como acuíferos libres, denominadas Acuífero San Andrés y Acuífero San Luis.</p> <p>Acuífero San Luis. La formación San Luis se ubica en la zona plana de la isla, colindando con la línea costera, conformando los terrenos topográficamente más bajos de la Isla. Constituida por calizas coralinas arrecifales, representan el 37% del área emergida y es la zona de mayor asentamientos humanos, especialmente hacia el norte de la Isla. La mayoría de los pozos hoteleros y casi todos los pozos domésticos captan agua de este acuífero.</p> <p>Acuífero San Andrés. La Formación San Andrés se observa en la parte central del territorio, representa un 57% del área total emergida y conforma el sistema de colinas de la Isla con una altura máxima de 87 msnm. Las principales reservas de agua dulce se hallan aquí, bajo la microcuenca del Cove. El acuífero abastece los pozos del acueducto y algunos pozos privados de índole comercial.</p> <p>Los acuíferos de San Andrés y San Luis están conectados hidráulicamente entre sí. El agua subterránea se mueve del centro hacia los costados de la Isla, siendo el tipo de Comunicación establecido entre ambos acuíferos en sentido de San Andrés a San Luis y no viceversa.</p>	
Hidroquímica e isotopía⁽²⁾	
Tipo de agua	
Ac. San Luis	Conductividades eléctricas alcanzan los 55000 mS/cm en algunos sectores y generalmente el agua se clasifica como Clorurada-Sulfatada
Ac. San Andrés	Agua con conductividades menores a 1250 mS/cm y en general se clasifica en su mayoría como bicarbonatada cálcica
	
Redes de monitoreo⁽³⁾	
Marino costeras (Calidad) (No. Pozos)	15 San Andrés 10 Providencia
Calidad (No. Pozos)	50
Piezometría (No. Pozos)	95 Pozos concesion 23 Piezómetros
Parámetros monitoreados⁽³⁾	
Conductividad eléctrica, contenido de iones (nitrato, nitrito, amonio, cloruros, calcio, magnesio y sodio), alcalinidad total, sulfatos, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH y parámetros microbiológicos (E. Coli, E. Totales y Enterococos)	
Frecuencia:	
Semestral	Red de calidad y marino costera
Semanal	Red de piezometría - piezómetros
Variable	Red piezometría - pozos concesión
Fuentes: (1) CORALINA, SF. (2) UNAL, 2010. (3) CORALINA, 2013	
NRI: No registra información	

SAM3.1 SISTEMA ACUIFERO VALLE DEL CAUCA																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos básicos</th> <th colspan="2">Características hidrológicas ⁽⁴⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Área hidrográfica</td> <td>AH2 Magdalena Cauca</td> <td>Fuente/Zona de Recarga</td> <td>directa por precipitación. Ocurre principalmente en las partes altas de los conos aluviales. La zona de ladera aporta el 62% de la recarga que llega al acuífero, la zona plana aporta el 38%.</td> </tr> <tr> <td>Zona hidrográfica</td> <td>ZH26 Cauca</td> <td>Recarga estimada (mm/año)</td> <td>325 mm/año</td> </tr> <tr> <td>Provincia hidrogeológica</td> <td>PM3 Cauca Patía</td> <td>Reservas calculadas</td> <td>40000 Millones de m³</td> </tr> <tr> <td>Superficie</td> <td>3209 km² (aprox)⁽¹⁾</td> <td>Reservas explotables</td> <td>1000 Millones de m³</td> </tr> <tr> <td>No de municipios que abarca</td> <td>28</td> <td>Demanda calculada ⁽⁷⁾</td> <td>450 Millones de m³/año</td> </tr> <tr> <td>No. Pozos inventariados⁽⁷⁾</td> <td>1367</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>No. Aljibes inventariados⁽⁷⁾</td> <td>NRI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>No. Manantiales inventariados⁽⁷⁾</td> <td>NRI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CAR de gestión</td> <td>CVC</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Datos básicos		Características hidrológicas ⁽⁴⁾		Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Fuente/Zona de Recarga	directa por precipitación. Ocurre principalmente en las partes altas de los conos aluviales. La zona de ladera aporta el 62% de la recarga que llega al acuífero, la zona plana aporta el 38%.	Zona hidrográfica	ZH26 Cauca	Recarga estimada (mm/año)	325 mm/año	Provincia hidrogeológica	PM3 Cauca Patía	Reservas calculadas	40000 Millones de m ³	Superficie	3209 km ² (aprox) ⁽¹⁾	Reservas explotables	1000 Millones de m ³	No de municipios que abarca	28	Demanda calculada ⁽⁷⁾	450 Millones de m ³ /año	No. Pozos inventariados ⁽⁷⁾	1367			No. Aljibes inventariados ⁽⁷⁾	NRI			No. Manantiales inventariados ⁽⁷⁾	NRI			CAR de gestión	CVC		
Datos básicos		Características hidrológicas ⁽⁴⁾																																							
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Fuente/Zona de Recarga	directa por precipitación. Ocurre principalmente en las partes altas de los conos aluviales. La zona de ladera aporta el 62% de la recarga que llega al acuífero, la zona plana aporta el 38%.																																						
Zona hidrográfica	ZH26 Cauca	Recarga estimada (mm/año)	325 mm/año																																						
Provincia hidrogeológica	PM3 Cauca Patía	Reservas calculadas	40000 Millones de m ³																																						
Superficie	3209 km ² (aprox) ⁽¹⁾	Reservas explotables	1000 Millones de m ³																																						
No de municipios que abarca	28	Demanda calculada ⁽⁷⁾	450 Millones de m ³ /año																																						
No. Pozos inventariados ⁽⁷⁾	1367																																								
No. Aljibes inventariados ⁽⁷⁾	NRI																																								
No. Manantiales inventariados ⁽⁷⁾	NRI																																								
CAR de gestión	CVC																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾</th> <th>Hidroquímica e isotopía ⁽²⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>El sistema acuífero es un depósito aluvial de edad cuaternaria, tiene un espesor mayor a los 600 m de profundidad. Los depósitos cuaternarios se encuentran principalmente entre la línea de piedemonte de las dos cordilleras (cota 1000-1200 m.s.n.m) y el río Cauca están suprayaciendo discordantemente los sedimentos del terciario. El espesor del relleno aluvial es bajo en las partes altas de los conos aluviales y puede tener mas de 1000 m en el centro del Valle.</p> <p>El acuífero se caracteriza por ser tipo multicapa con dos niveles superior e inferior (A y C) de un gran potencial de agua subterránea. En las proximidades del río Cauca, el acuífero presenta tres niveles de sedimentos, con características hidrogeológicas muy bien definidas y hacia los conos aluviales y conos de deyección se pierde esta diferenciación y se presenta una secuencia alterna muy heterogénea de capas permeables e impermeables de diferente espesor y granulometría.</p> <p>El flujo subterráneo tiene una dirección este-oeste, con gradiente hidráulico hacia el río Cauca, que es el drenaje principal de la zona. Sobre los depósitos del río Cauca, en las proximidades de este, el flujo se torna paralelo al mismo en dirección S-N". La descarga de los acuíferos de la Unidad A se produce en la zona próxima al río Cauca y constituye el flujo base del río. La piezometría de los acuíferos de la Unidad C no se ha podido definir por la poca información existente y se cree que su recarga se está produciendo a través de los sistemas de fallas de Romeral y Cauca Patía .</p> </td> <td> <p>Tipo de agua</p> <p><i>Nivel A</i> Bicarbonatada cálcico-magnésica o magnésico-cálcica</p> <p><i>Nivel C</i> Bicarbonatada sódica</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>Redes de monitoreo ⁽⁵⁾⁽⁶⁾</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación (No. Pozos) 329</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 1500</p> <p>Vinazas (No. Pozos) 30 piezom piloto 15</p> <p>Parámetros monitoreados*</p> <p>pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Salinidad, Caudal (Q), Nivel Estático, Nivel Bombeo, Profundidad del Pozo, Frecuencia, Color, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Dureza Total, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Alcalinidad Total, Alcalinidad Fenolftaleína, Carbonatos, Carbono Orgánico Total, Bicarbonatos, Cloruros, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Detergentes, Fenoles, Hidrocarburos Aromaticos, Hidrocarburos Totales, P. Organoclorados, P. Organofosforados, Hierro, Hierro (II), Manganeseo, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cobre, Mercurio, Arsénico, Aluminio, Cadmio, Plomo, Zinc, Niquel, Cromo, Cianuro, Índice de Langelier, Coliformes Totales, Coniformes Fecales</p> <p>Frecuencia</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación Anual</p> <p>Piezometría Semestral</p> <p>Vinazas Semestral</p> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	Hidroquímica e isotopía ⁽²⁾	<p>El sistema acuífero es un depósito aluvial de edad cuaternaria, tiene un espesor mayor a los 600 m de profundidad. Los depósitos cuaternarios se encuentran principalmente entre la línea de piedemonte de las dos cordilleras (cota 1000-1200 m.s.n.m) y el río Cauca están suprayaciendo discordantemente los sedimentos del terciario. El espesor del relleno aluvial es bajo en las partes altas de los conos aluviales y puede tener mas de 1000 m en el centro del Valle.</p> <p>El acuífero se caracteriza por ser tipo multicapa con dos niveles superior e inferior (A y C) de un gran potencial de agua subterránea. En las proximidades del río Cauca, el acuífero presenta tres niveles de sedimentos, con características hidrogeológicas muy bien definidas y hacia los conos aluviales y conos de deyección se pierde esta diferenciación y se presenta una secuencia alterna muy heterogénea de capas permeables e impermeables de diferente espesor y granulometría.</p> <p>El flujo subterráneo tiene una dirección este-oeste, con gradiente hidráulico hacia el río Cauca, que es el drenaje principal de la zona. Sobre los depósitos del río Cauca, en las proximidades de este, el flujo se torna paralelo al mismo en dirección S-N". La descarga de los acuíferos de la Unidad A se produce en la zona próxima al río Cauca y constituye el flujo base del río. La piezometría de los acuíferos de la Unidad C no se ha podido definir por la poca información existente y se cree que su recarga se está produciendo a través de los sistemas de fallas de Romeral y Cauca Patía .</p>	<p>Tipo de agua</p> <p><i>Nivel A</i> Bicarbonatada cálcico-magnésica o magnésico-cálcica</p> <p><i>Nivel C</i> Bicarbonatada sódica</p>	<p>Redes de monitoreo ⁽⁵⁾⁽⁶⁾</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación (No. Pozos) 329</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 1500</p> <p>Vinazas (No. Pozos) 30 piezom piloto 15</p> <p>Parámetros monitoreados*</p> <p>pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Salinidad, Caudal (Q), Nivel Estático, Nivel Bombeo, Profundidad del Pozo, Frecuencia, Color, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Dureza Total, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Alcalinidad Total, Alcalinidad Fenolftaleína, Carbonatos, Carbono Orgánico Total, Bicarbonatos, Cloruros, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Detergentes, Fenoles, Hidrocarburos Aromaticos, Hidrocarburos Totales, P. Organoclorados, P. Organofosforados, Hierro, Hierro (II), Manganeseo, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cobre, Mercurio, Arsénico, Aluminio, Cadmio, Plomo, Zinc, Niquel, Cromo, Cianuro, Índice de Langelier, Coliformes Totales, Coniformes Fecales</p> <p>Frecuencia</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación Anual</p> <p>Piezometría Semestral</p> <p>Vinazas Semestral</p>																																			
Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	Hidroquímica e isotopía ⁽²⁾																																								
<p>El sistema acuífero es un depósito aluvial de edad cuaternaria, tiene un espesor mayor a los 600 m de profundidad. Los depósitos cuaternarios se encuentran principalmente entre la línea de piedemonte de las dos cordilleras (cota 1000-1200 m.s.n.m) y el río Cauca están suprayaciendo discordantemente los sedimentos del terciario. El espesor del relleno aluvial es bajo en las partes altas de los conos aluviales y puede tener mas de 1000 m en el centro del Valle.</p> <p>El acuífero se caracteriza por ser tipo multicapa con dos niveles superior e inferior (A y C) de un gran potencial de agua subterránea. En las proximidades del río Cauca, el acuífero presenta tres niveles de sedimentos, con características hidrogeológicas muy bien definidas y hacia los conos aluviales y conos de deyección se pierde esta diferenciación y se presenta una secuencia alterna muy heterogénea de capas permeables e impermeables de diferente espesor y granulometría.</p> <p>El flujo subterráneo tiene una dirección este-oeste, con gradiente hidráulico hacia el río Cauca, que es el drenaje principal de la zona. Sobre los depósitos del río Cauca, en las proximidades de este, el flujo se torna paralelo al mismo en dirección S-N". La descarga de los acuíferos de la Unidad A se produce en la zona próxima al río Cauca y constituye el flujo base del río. La piezometría de los acuíferos de la Unidad C no se ha podido definir por la poca información existente y se cree que su recarga se está produciendo a través de los sistemas de fallas de Romeral y Cauca Patía .</p>	<p>Tipo de agua</p> <p><i>Nivel A</i> Bicarbonatada cálcico-magnésica o magnésico-cálcica</p> <p><i>Nivel C</i> Bicarbonatada sódica</p>																																								
<p>Redes de monitoreo ⁽⁵⁾⁽⁶⁾</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación (No. Pozos) 329</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 1500</p> <p>Vinazas (No. Pozos) 30 piezom piloto 15</p> <p>Parámetros monitoreados*</p> <p>pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Salinidad, Caudal (Q), Nivel Estático, Nivel Bombeo, Profundidad del Pozo, Frecuencia, Color, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Dureza Total, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Alcalinidad Total, Alcalinidad Fenolftaleína, Carbonatos, Carbono Orgánico Total, Bicarbonatos, Cloruros, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Detergentes, Fenoles, Hidrocarburos Aromaticos, Hidrocarburos Totales, P. Organoclorados, P. Organofosforados, Hierro, Hierro (II), Manganeseo, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cobre, Mercurio, Arsénico, Aluminio, Cadmio, Plomo, Zinc, Niquel, Cromo, Cianuro, Índice de Langelier, Coliformes Totales, Coniformes Fecales</p> <p>Frecuencia</p> <p>Fuentes potenciales de contaminación Anual</p> <p>Piezometría Semestral</p> <p>Vinazas Semestral</p>																																									
<p>Fuentes: (1) Páez, 2009. (2) Páez & Medina, 2006. (3)CVC, 2010. (4) CVC,2013a. (5) CVC,2013b. (6)CVC, 2013c. (7) Rengifo, 2014. (8) Jaramillo, 2006.</p> <p>NRI: No registra información. * Dependiendo de la actividad industrial así mismo son los parámetros a monitorear</p>																																									

SAM4.6 SISTEMA ACUIFERO SABANA DE BOGOTÁ	
<p>Datos básicos</p> <p>Área hidrográfica: AH2 Magdalena Cauca</p> <p>Zona hidrográfica: ZH23 Medio Magdalena, ZH24 Sogamoso, ZH21 Alto Magdalena,</p> <p>Provincia hidrogeológica: PM4 Cordillera Oriental</p> <p>Superficie: 3839 km² (aprox)</p> <p>No de municipios que abarca: 71</p> <p>No. Pozos inventariados CAR⁽²⁾: 3983</p> <p>No. Aljibes inventariados CAR⁽²⁾: 928</p> <p>No. Manantiales inventariados CAR⁽²⁾: 552</p> <p>CAR de gestión: CAR, SDA</p>	<p>Características hidrológicas</p> <p>Fuente/Zona de recarga (3), (4): Los acuíferos de la sabana de Bogotá se recargan a partir de las aguas lluvias de las montañas, cerros orientales, colinas y sabanas. La recarga de agua subterránea promedio se calculó en 144 mm/año (615 millones de m³ /año).</p> <p>Volumen de Agua Concesionada con TUA⁽⁸⁾: 39.530.267 m³/año</p>  <p>Corte hidrogeológico esquemático de la Sabana de Bogotá⁽⁶⁾</p>  <p>Distribución porcentual de usos del agua subterránea⁽²⁾</p>
	<p>Características hidrogeológicas</p> <p>La Sabana de Bogotá es un apretado sinclinal fallado con rumbo SSW-NNE coincidente con el altiplano de la Cordillera Oriental y desarrollada en rocas sedimentarias del Cretáceo hasta el Cuaternario que de base a techo corresponden al Grupo Villeta, Grupo Guadalupe, Guaduas, Cacho, Bogotá, Regadera, Usme, Tilatá, Sabana y Tunjuelo. Las Formaciones Tilatá (Plioceno), Sabana (Pleistoceno y Holoceno), y Tunjuelo (Pleistoceno y Holoceno) son depósitos lagunares, fluviales y fluvio-glaciares depositados en el centro y en los bordes de la cuenca durante los últimos 3.5 millones de años.⁽⁵⁾ La CAR, ha adoptado a las formaciones Labor y Tierra (Kgl) y Arenisca Dura (Kgd) del Grupo Guadalupe como Acuíferos de moderada a gran importancia hidrogeológica, sin embargo de acuerdo al inventario realizado en el año 2005, la mayoría de los pozos se encuentran captando agua de los depósitos recientes.</p> <p>En la Sabana de Bogotá se han determinado parámetros hidráulicos para las principales formaciones (INGEOMINAS, 1993):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formación Arenisca Dura: Se han estimado transmisividades de 15-19 m²/día, Capacidades específicas de 0.20 l/s/m y caudales de 2-35 lps. - Formación Labor y Tierra: Se han estimado transmisividades de 4-360 m²/día, Capacidades específicas de 0.04-1.94 l/s/m, coeficientes de almacenamiento entre 2.4*10⁻⁵ y 5.3*10⁻⁴ y caudales de 0.9-18 lps. - Depósitos de Terraza Alta: Se han estimado transmisividades de 5-28 m²/día, Capacidades específicas de 0.09-0.26 l/s/m, coeficientes de almacenamiento de 1.3.*10⁻³ y caudales de 0.1-8 lps. <p>Con base en la caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas y la información hidroclimática, geofísica e hidrogeoquímica, se elaboró en el 2014 el Mapa Hidrogeológico en el marco de las Evaluaciones Regionales del Agua, identificando los siguientes acuíferos⁽⁷⁾:</p> <p>Acuíferos de porosidad primaria: Depósitos Aluviales, Depósitos de Terraza, Formación Tilatá, Formación Arenisca Labor y Tierra.</p> <p>Acuíferos de porosidad secundaria: Formación Cacho, Formación Plaeners, Arenisca Dura.</p> <p>La principal área de recarga corresponde a los cerros que rodean a la Sabana de Bogotá que se encuentran a más de 3000 msnm y que se correlacionan litoestratigráficamente con sedimentitas del grupo Guadalupe. El agua que se infiltra en dichos cerros viaja a través del macizo rocoso y llega al centro de la Sabana de Bogotá donde la altura promedio es de 2550 msnm, causando una posible recarga de Los acuíferos más someros (cuaternarios) como consecuencia de la diferencia de cabeza de presión. (6)</p>
	<p>Hidroquímica e isotopía⁽²⁾</p> <p>En el Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de la Sabana de Bogotá, se presentan los resultados de los análisis de campañas de monitoreo realizadas en los años 1997 y 1999 para las siguientes zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Subcuenca del Río Chicú: Los valores de conductividad registrados en la cuenca del río Chicú oscilan en un rango de 200 y 1.000 µs/cm. -Subcuenca del Río Subachoque: el hierro sobrepasa en todos los muestreos el valor de 0.3 mg/l establecido por las normas de potabilidad en Colombia como límite máximo permisible. -Subcuenca del Río Bojacá-Balsillas: La conductividad muestra tendencia constante en el periodo de tiempo transcurrido entre los años 1993 y 1997, con valores que varían en el rango de 100 y 500 µs/cm, para luego incrementarse en los dos últimos muestreos a valores cerca de los 750 µs/cm; -Subcuenca del río Tunjuelito: La conductividad muestra aumento entre 1993 y 1997: pasa de valores fluctuantes de conductividad entre 10 y 60 µs/cm a valores que varían entre 250 y 450 µs/cm. La concentración del hierro se duplicó entre los años 1993 y 1997: pasó de un rango de 1,5 a 6,0 mg/l a 9 mg/l en el año 2001. -Subcuenca del río Tibitá, Salto del Tequendama y Oriente Bogotano: presenta concentraciones de hierro de los 5 mg/l y de 10 mg/l al sur del Jardín Botánico y en inmediaciones del aeropuerto Guaymaral. -Subcuenca del río Teusacá: conductividad, hierro y cloruros permanecieron estables. -Subcuenca del Alto Bogotá y Sisga: la conductividad varía entre 20 µs/cm y 60750 µs/cm, mientras que el hierro varía entre 0 y 2,5mg/l. -Subcuenca de los ríos Frío, Tibitá y Negro (Neusa): La conductividad se mantuvo constante entre los años 1993 y 1997, puesto que en el año 1997 variaba en un rango entre 30 y 60 µs/cm y en 1993 variaba entre 20 y 60 µs/cm; posteriormente en el muestreo realizado en el año 1999 la conductividad se incrementó a valores de 100 a 300 µs/cm. El hierro se incrementó al pasar de valores que oscilaban alrededor de 0,1 mg/l en el año 1997 a valores alrededor de 1 mg/l en el año 1999.
<p>Fuentes: (1) CAR, 2008 (2) CAR, 2005. (3) EAAB, 2003. (4) Carrago y Ateorhúa (2010) (5) N.O. Vargas (2001). (6) Mejía y García, 2003 en SIAM, 2012. (7) Rodríguez, (2014). (8) MADS, 2011</p>	

SAM6.1 SISTEMA ACUIFERO GLACIS DEL QUINDIO																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Datos básicos</th> <th style="text-align: left;">Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽³⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Área hidrográfica</td> <td>AH2 Magdalena Cauca</td> </tr> <tr> <td>Zona hidrográfica</td> <td>ZH26 Cauca</td> </tr> <tr> <td>Provincia hidrogeológica</td> <td>PM6 Otros sistemas acuíferos en region Cordillera Occidental-Central</td> </tr> <tr> <td>Superficie</td> <td>893 km² (aprox) ⁽¹⁾</td> </tr> <tr> <td>No de municipios que abarca</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>No. Pozos inventariados ⁽⁴⁾</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td>No. Aljibes inventariados ⁽⁴⁾</td> <td>357</td> </tr> <tr> <td>No. Manantiales inventariados ⁽⁴⁾</td> <td>NRI</td> </tr> <tr> <td>No. Piezómetros inventariados ⁽⁴⁾</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Sin información ⁽⁴⁾</td> <td>269</td> </tr> <tr> <td>CAR de gestión</td> <td>CARDER</td> </tr> </tbody> </table>		Datos básicos	Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽³⁾	Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Zona hidrográfica	ZH26 Cauca	Provincia hidrogeológica	PM6 Otros sistemas acuíferos en region Cordillera Occidental-Central	Superficie	893 km ² (aprox) ⁽¹⁾	No de municipios que abarca	4	No. Pozos inventariados ⁽⁴⁾	114	No. Aljibes inventariados ⁽⁴⁾	357	No. Manantiales inventariados ⁽⁴⁾	NRI	No. Piezómetros inventariados ⁽⁴⁾	4	Sin información ⁽⁴⁾	269	CAR de gestión	CARDER
Datos básicos	Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽³⁾																								
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca																								
Zona hidrográfica	ZH26 Cauca																								
Provincia hidrogeológica	PM6 Otros sistemas acuíferos en region Cordillera Occidental-Central																								
Superficie	893 km ² (aprox) ⁽¹⁾																								
No de municipios que abarca	4																								
No. Pozos inventariados ⁽⁴⁾	114																								
No. Aljibes inventariados ⁽⁴⁾	357																								
No. Manantiales inventariados ⁽⁴⁾	NRI																								
No. Piezómetros inventariados ⁽⁴⁾	4																								
Sin información ⁽⁴⁾	269																								
CAR de gestión	CARDER																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  <p>(1)</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>Modelo geológico ⁽³⁾</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>Usos de agua ⁽⁴⁾</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>Condición puntos de agua</p> </div>																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Características hidrogeológicas ⁽¹⁾</th> <th style="text-align: left;">Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>El sistema acuífero en un área de 890 Km² correspondiente a los municipios de Pereira, Dosquebradas y parte de Santa Rosa y de Marsella, Departamento de Risaralda, presenta las siguientes unidades hidrogeológicas:</p> <p><i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i></p> <p>A.1. Los acuíferos con mayor productividad del área corresponden a las formaciones Zarzal y Aluviales del Río Cauca y Río La Vieja. Se caracterizan por ser discontinuos, de extensión local, procedentes de depósitos Cuaternarios y Terciarios de ambiente fluvial, glaciofluvial y volcánico.</p> <p>A.2. El acuífero con moderada productividad, corresponde a los depósitos de flujo de todo volcánicos de Dosquebradas (Qdq).</p> <p>A.3. Acuíferos con baja productividad, están representados por la formación Pereira (Tqp), de origen fluvio-volcánico y carácter regional, ya que se extiende fuera del área de estudio hacia el departamento del Quindío (denominado Glacis del Quindío). Esta unidad se constituye en la de mayor interés hidrogeológico, por tener una gran expresión areal y espesores conocidos, en algunos casos, superiores a 300 m, a pesar de que sus características hidráulicas lo posicionan como un acuífero "pobre".</p> <p><i>Sedimentos y rocas con limitado a ningún recurso de agua subterránea</i></p> <p>B.1. Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad: Formación Cartago (Toc) y los depósitos Cuaternarios siguientes: Qm, Qp, Qf1, Qf2, Qco.</p> <p>B.2. Complejo de rocas ígneo – metamórficas con muy baja a ninguna productividad: rocas Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, la formación Quebradagrande (Kvc), la Formación Barroso (Kvb), Stock Gabroico de Pereira (Kgp) el Complejo Arquía (Kiea).</p> <p>El principal acuífero lo constituye la formación Pereira, el cual se encuentra en contacto interdigitado con los acuíferos locales, Zarzal y Depósitos aluviales y con los depósitos fluvioacustres de Dosquebradas. Esta interdigitación entre los acuíferos locales y el principal, formación Pereira, hace suponer una interconexión hidráulica de los mismos. La dirección de flujo principal EW. La zona de descarga natural del acuífero principal (Formación Pereira) es hacia los ríos Cauca y la Vieja.</p> </td> <td> <p>Tipo de agua</p> <ol style="list-style-type: none"> Bicarbonatada - Bicarbonatada - magnésica - sódica Bicarbonatada - sódica - magnésica-cálcica <p>Edad del agua</p> <p>>50 años - Form. Pereira</p>  </td> </tr> <tr> <td> <p>Redes de monitoreo ⁽²⁾</p> <p>Calidad (No. Pozos) 27</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 30</p> <p>Parámetros monitoreados ⁽²⁾</p> <p>Temperatura (T), conductividad en campo, conductividad eléctrica (CE), pH campo y laboratorio, acidez total, alcalinidad bicarbonácea y carbonácea, fosfatos, sólidos disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, hierro, potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, bicarbonatos, carbonatos, Coliformes fecales, Coliformes totales y recuento heterotróficos.</p> <p>Frecuencia:</p> <p>Calidad Semestral</p> <p>Piezometría Bimensual</p> <p>NRI: No registra información</p> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Características hidrogeológicas ⁽¹⁾	Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾	<p>El sistema acuífero en un área de 890 Km² correspondiente a los municipios de Pereira, Dosquebradas y parte de Santa Rosa y de Marsella, Departamento de Risaralda, presenta las siguientes unidades hidrogeológicas:</p> <p><i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i></p> <p>A.1. Los acuíferos con mayor productividad del área corresponden a las formaciones Zarzal y Aluviales del Río Cauca y Río La Vieja. Se caracterizan por ser discontinuos, de extensión local, procedentes de depósitos Cuaternarios y Terciarios de ambiente fluvial, glaciofluvial y volcánico.</p> <p>A.2. El acuífero con moderada productividad, corresponde a los depósitos de flujo de todo volcánicos de Dosquebradas (Qdq).</p> <p>A.3. Acuíferos con baja productividad, están representados por la formación Pereira (Tqp), de origen fluvio-volcánico y carácter regional, ya que se extiende fuera del área de estudio hacia el departamento del Quindío (denominado Glacis del Quindío). Esta unidad se constituye en la de mayor interés hidrogeológico, por tener una gran expresión areal y espesores conocidos, en algunos casos, superiores a 300 m, a pesar de que sus características hidráulicas lo posicionan como un acuífero "pobre".</p> <p><i>Sedimentos y rocas con limitado a ningún recurso de agua subterránea</i></p> <p>B.1. Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad: Formación Cartago (Toc) y los depósitos Cuaternarios siguientes: Qm, Qp, Qf1, Qf2, Qco.</p> <p>B.2. Complejo de rocas ígneo – metamórficas con muy baja a ninguna productividad: rocas Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, la formación Quebradagrande (Kvc), la Formación Barroso (Kvb), Stock Gabroico de Pereira (Kgp) el Complejo Arquía (Kiea).</p> <p>El principal acuífero lo constituye la formación Pereira, el cual se encuentra en contacto interdigitado con los acuíferos locales, Zarzal y Depósitos aluviales y con los depósitos fluvioacustres de Dosquebradas. Esta interdigitación entre los acuíferos locales y el principal, formación Pereira, hace suponer una interconexión hidráulica de los mismos. La dirección de flujo principal EW. La zona de descarga natural del acuífero principal (Formación Pereira) es hacia los ríos Cauca y la Vieja.</p>	<p>Tipo de agua</p> <ol style="list-style-type: none"> Bicarbonatada - Bicarbonatada - magnésica - sódica Bicarbonatada - sódica - magnésica-cálcica <p>Edad del agua</p> <p>>50 años - Form. Pereira</p> 	<p>Redes de monitoreo ⁽²⁾</p> <p>Calidad (No. Pozos) 27</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 30</p> <p>Parámetros monitoreados ⁽²⁾</p> <p>Temperatura (T), conductividad en campo, conductividad eléctrica (CE), pH campo y laboratorio, acidez total, alcalinidad bicarbonácea y carbonácea, fosfatos, sólidos disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, hierro, potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, bicarbonatos, carbonatos, Coliformes fecales, Coliformes totales y recuento heterotróficos.</p> <p>Frecuencia:</p> <p>Calidad Semestral</p> <p>Piezometría Bimensual</p> <p>NRI: No registra información</p>																			
Características hidrogeológicas ⁽¹⁾	Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾																								
<p>El sistema acuífero en un área de 890 Km² correspondiente a los municipios de Pereira, Dosquebradas y parte de Santa Rosa y de Marsella, Departamento de Risaralda, presenta las siguientes unidades hidrogeológicas:</p> <p><i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i></p> <p>A.1. Los acuíferos con mayor productividad del área corresponden a las formaciones Zarzal y Aluviales del Río Cauca y Río La Vieja. Se caracterizan por ser discontinuos, de extensión local, procedentes de depósitos Cuaternarios y Terciarios de ambiente fluvial, glaciofluvial y volcánico.</p> <p>A.2. El acuífero con moderada productividad, corresponde a los depósitos de flujo de todo volcánicos de Dosquebradas (Qdq).</p> <p>A.3. Acuíferos con baja productividad, están representados por la formación Pereira (Tqp), de origen fluvio-volcánico y carácter regional, ya que se extiende fuera del área de estudio hacia el departamento del Quindío (denominado Glacis del Quindío). Esta unidad se constituye en la de mayor interés hidrogeológico, por tener una gran expresión areal y espesores conocidos, en algunos casos, superiores a 300 m, a pesar de que sus características hidráulicas lo posicionan como un acuífero "pobre".</p> <p><i>Sedimentos y rocas con limitado a ningún recurso de agua subterránea</i></p> <p>B.1. Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad: Formación Cartago (Toc) y los depósitos Cuaternarios siguientes: Qm, Qp, Qf1, Qf2, Qco.</p> <p>B.2. Complejo de rocas ígneo – metamórficas con muy baja a ninguna productividad: rocas Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, la formación Quebradagrande (Kvc), la Formación Barroso (Kvb), Stock Gabroico de Pereira (Kgp) el Complejo Arquía (Kiea).</p> <p>El principal acuífero lo constituye la formación Pereira, el cual se encuentra en contacto interdigitado con los acuíferos locales, Zarzal y Depósitos aluviales y con los depósitos fluvioacustres de Dosquebradas. Esta interdigitación entre los acuíferos locales y el principal, formación Pereira, hace suponer una interconexión hidráulica de los mismos. La dirección de flujo principal EW. La zona de descarga natural del acuífero principal (Formación Pereira) es hacia los ríos Cauca y la Vieja.</p>	<p>Tipo de agua</p> <ol style="list-style-type: none"> Bicarbonatada - Bicarbonatada - magnésica - sódica Bicarbonatada - sódica - magnésica-cálcica <p>Edad del agua</p> <p>>50 años - Form. Pereira</p> 																								
<p>Redes de monitoreo ⁽²⁾</p> <p>Calidad (No. Pozos) 27</p> <p>Piezometría (No. Pozos) 30</p> <p>Parámetros monitoreados ⁽²⁾</p> <p>Temperatura (T), conductividad en campo, conductividad eléctrica (CE), pH campo y laboratorio, acidez total, alcalinidad bicarbonácea y carbonácea, fosfatos, sólidos disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, hierro, potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, bicarbonatos, carbonatos, Coliformes fecales, Coliformes totales y recuento heterotróficos.</p> <p>Frecuencia:</p> <p>Calidad Semestral</p> <p>Piezometría Bimensual</p> <p>NRI: No registra información</p>																									
<p>Fuentes: (1) CARDER, 2007. (2) CARDER, 2013. (3) Otaño, et al., 2009 (4) CARDER, 2014</p>																									

SAM6.5 SISTEMA ACUIFERO BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO	
Datos básicos	
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca
Zona hidrográfica	ZH25 Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge, ZH26 Cauca, ZH27 Nechí
Provincia hidrogeológica	PC2 Valle bajo del Magdalena
Superficie	4046 km ² (aprox)
No de municipios que abarca	5
No. Pozos inventariados ⁽³⁾	1927
No. Aljibes inventariados ⁽³⁾	1837
No. Manantiales inventariados ⁽³⁾	20
CAR de gestión	CORANTIOQUIA
Características hidrológicas ⁽¹⁾	
Fuente/Zona de recarga	<i>Unidad U123</i> . La recarga se da por infiltración directa sobre la extensión del acuífero, conexión hidráulica con las fuentes superficiales y recarga lateral indirecta desde la roca metamórfica encajante del sistema regional. <i>Unidad U4</i> . Recarga a través de conexión vertical con U123 y U5. <i>Unidad U5</i> . Afloramiento de la formación entre alturas de 300 a 1000 m.
Recarga estimada (mm/año)	1273 mm/año
Reservas calculadas	NRI Millones de m ³
Reservas explotables	NRI Millones de m ³
Demanda calculada	NRI Millones de m ³ /año
  <p style="text-align: center;">Corte transversal Sistema Acuífero</p>  <p style="text-align: center;">Usos de agua ⁽¹⁾</p>	
Características hidrogeológicas ⁽¹⁾	
<p>El sistema acuífero del Bajo Cauca Antioqueño se ubica en el norte del departamento de Antioquia, en los municipios de Caucasia, Cáceres, Tarazá, El Bagre y Nechí. Las unidades que conforman el sistema corresponden a:</p> <p>Unidad hidrogeológica U123. Conjuga los depósitos aluviales de los ríos Cauca, Man, Nechí y Cacerí y el saprolito poco consolidado de las rocas sedimentarias del Terciario del Miembro Superior de la Formación Cerrito. Es un acuífero libre y su extensión regional. De espesor variable máximo 90 m.</p> <p>Unidad hidrogeológica U4. Subyace en toda el área de estudio a la unidad U123. Está constituida por el Miembro Medio de la Formación Cerrito. Se considera acuitardo aunque en ella existen varias captaciones desde las cuales se extrae agua para satisfacer demandas domésticas. En el centro del área se alcanzan los 160 metros, al norte aproximadamente 20 metros y al sur son inferiores a 10 metros.</p> <p>Unidad U5. Corresponde al Miembro Inferior de La Formación Cerrito constituye un acuífero confinado regional, sus espesores varían entre 10 y más de 100 metros. Esta unidad poco explorada y explotada podría constituir una importante reserva de agua subterránea para la subregión. Los espesores varían entre 10 y más de 100m.</p> <p>El flujo subterráneo, en épocas de lluvia el nivel freático se localiza cerca de la superficie y se tienen importantes divisorias entre los ríos Man y Cauca y Cauca y Cacerí, definiéndose áreas donde el agua fluiría desde altas freáticas localizados entre 90 y 140 metros hacia las grandes corrientes superficiales a las cuales aportaría caudal base. También desde el norte en límites con el departamento de Córdoba el flujo subterráneo se daría hacia el río Cauca. Al occidente en la vertiente izquierda del río Man solo se logra dibujar de manera aproximada un flujo hacia el cauce y tal vez en algunos sitios en sentido opuesto. Durante el verano con un descenso promedio del nivel freático de 5 metros con relación al invierno, las divisorias de flujo subterráneo se marcan de forma más definida.</p>	
Hidroquímica e isotopía ⁽²⁾	
Tipo de agua	
<i>Unidad U123</i>	Predominan las facies bicarbonatadas cálcica y bicarbonatada sódica, la primera asociada principalmente a las aguas almacenadas en depósitos aluviales recientes y la segunda característica del agua que circula a través del Miembro Superior de la Formación Cerrito.
<i>Unidad U5</i>	Bicarbonatada - sódica
Edad del agua	
<i>Unidades 4 y 5</i>	Mayor a 60 años
Redes de monitoreo ⁽¹⁾	
Piezometría (No. Pozos)	NRI
Calidad (No. Pozos)	NRI
Parámetros monitoreados	NRI
Frecuencia	NRI
NRI: No registra información.	
Fuentes: (1) CORANTIOQUIA-UDEA, 2011. (2) Palacion & Betancur, 2007 (3) Mejía, 2008	

Anexo 4. Fichas síntesis de sistemas acuíferos y aguas subterráneas frente a indicadores

"SAP3.1 SISTEMA ACUIFERO VILLAVICENCIO-GRANADA - PUERTO LOPEZ"			
Datos básicos		Características hidrológicas ⁽¹⁾	
Área hidrográfica	AH3 Orinoco	Fuente/Zona de recarga	La recarga del acuífero se produce de dos formas fundamentalmente: recarga del tipo autóctona directa, es decir, la recarga se produce por la infiltración del agua de la lluvia que precipita en el mismo sitio en donde está el acuífero, y lo hace directamente sobre y en el acuífero y recarga alóctona: que se produce en las zonas más altas topográficamente del piedemonte llanero
Zona hidrográfica	ZH35 Meta	Recarga estimada ⁽¹⁾	600 mm/año
Provincia hidrogeológica	PP3 Llanos Orientales	Reservas calculadas	Millones de m ³
Superficie	km ² (aprox) ⁽²⁾	Reservas explotables	NRI Millones de m ³
No de municipios que abarca	5 (aprox)	Demanda calculada	NRI Millones de m ³ /año
No. Pozos inventariados ⁽²⁾	360		
No. Aljibes inventariados ⁽²⁾	1717		
No. Manantiales inventariados ⁽²⁾	922		
No. Otros ⁽²⁾	984		
No. Sin información ⁽²⁾	585		
CAR de gestión	CORMACARENA		
Características hidrogeológicas ⁽¹⁾⁽²⁾		Hidroquímica e isotopía ⁽¹⁾	
<p>El sistema acuífero se localiza en abanicos aluviales de origen torrencial y terrazas hacia el piedemonte de la cordillera Oriental.</p> <p>La hidrogeología que caracteriza el área del sistema acuífero, presenta un acuífero libre conformado por los depósitos aluviales de los ríos que drenan esta región. Existen cuatro capas que a lo largo del área se explotan, sin embargo puede hablarse de dos: una superficial relacionada con el nivel freático que va desde 2 hasta 8 metros aproximadamente, cuyos acuíferos son de extensión regional y presentan una productividad intermedia, la presencia de estratos arcillosos propios de las llanuras aluviales de inundación le restan capacidad.</p> <p>Luego subyaciendo a estos depósitos se encuentra un acuífero profundo localizado sobre las rocas sedimentarias terciarias (Areniscas del Limbo) conformado por arenas de grano grueso. Estos acuíferos tanto el libre como el semiconfinado se encuentran separados hidráulicamente por capas de menor conductividad hidráulica (acuitardos). Esta separación, es la que le imprime al acuífero inferior un semiconfinamiento. Este acuífero presenta claramente diferenciadas dos capas: entre 80 y 110 metros de profundidad (de mayor productividad) y luego una de aproximadamente 120 o 130 hasta los 150 metros.</p> <p>La Formación Areniscas del Limbo de edad terciaria, presenta características acuíferas. Su composición litológica, representada por areniscas de grano muy grueso, con buena selección y porosidad, hacen que se pueda caracterizar como un acuífero de extensión regional de alta productividad. Este acuífero presenta cierto confinamiento que se lo imprimen las capas suprayacentes de menor conductividad hidráulica, pudiendo caracterizarse como un acuífero semiconfinado.</p>		<p>Tipo de agua</p> <p>La calidad fisicoquímica del agua subterránea referente a parámetros de pH, conductividad eléctrica, dureza, turbiedad, sólidos suspendidos totales, hierro, cloruros, calcio, magnesio, y sulfatos, en comparación al Decreto 1594 de 1984 indica que es un agua apta para consumo con tratamiento básico. Análisis microbiológicos puntuales de E. Coli y Coliformes totales indican valores en el rango de 0 a 2143000 NMP/100ml y 0 a 198630 NMP/100ml respectivamente. Las máximas concentraciones se hallaron en zonas muy cercanas a la parte urbana del Municipio de Villavicencio</p>	
		Redes de monitoreo ⁽¹⁾	
		Calidad (No. Pozos)	NRI
		Piezometría (No. Pozos)	NRI
		Parámetros monitoreados	NRI
		Frecuencia:	NRI
Fuentes: (1) Perez, 2012 (2) SHI, 2014			
NRI: No registra información			

Anexo 5
Resultados análisis
integrado por subzonas

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Área hidrográfica Caribe						
Zona hidrográfica Atrato - Darién						
1101	Río Andágueda	902	Media	Baja	Baja	Baja
1102	Alto Atrato	1668	Media	Baja	Baja	Baja
1103	Río Quito **	1817	Baja	Baja	Media	Baja
1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (md)	2599	Media	Muy baja	Muy baja	Baja
1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (mi)	3094	Media	Muy baja	Muy baja	Baja
1106	Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murrí (md)	1605	Media	Baja	Baja	Baja
1107	Río Murrí	3472	Media	Baja	Baja	Baja
1108	Río Bojayá	1820	Media	Media	Media	Baja
1109	Río Napipí - Río Opogadó	1120	Media	Media	Media	Baja
1110	Río Murindó - Directos al Atrato	2656	Baja	Media	Media	Baja
1111	Río Sucio**	5376	Media	Media	Media	Media
1112	Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	5844	Media	Alta	Media	Baja
1113	Río Cacarica	1158	Baja	Alta	Media	Baja
1114	Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	2056	Baja	Media	Media	Alta
1115	Río Tanela y otros Directos al Caribe	1451	Media	Media	Media	Alta
1116	Río Tolo y otros Directos al Caribe	714	Media	Baja	Baja	Media
1117	Río Cabi y otros Directos Atrato (md)	468	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Caribe litoral						
1201	Río León	2278	Media	Media	Alta	Alta
1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	2981	Media	Media	Media	Alta
1203	Río San Juan	1444	Media	Alta	Media	Alta
1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	1898	Media	Alta	Alta	Alta
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	2506	Media	Alta	Alta	Alta
1206	Arroyos Directos al Caribe	1868	Media	Media	Muy alta	Muy alta
Zona hidrográfica Sinú						
1301	Alto Sinú - Urrá	4596	Media	Media	Muy alta	Media
1302	Medio Sinú	3927	Media	Alta	Alta	Alta
1303	Bajo Sinú	5580	Media	Alta	Alta	Alta
Zona hidrográfica Caribe Guajira						
1501	Río Piedras - Río Manzanares	930	Media	Media	Muy alta	Alta
1502	Río Don Diego	542	Media	Media	Media	Baja
1503	Río Ancho y Otros Directos al caribe	1956	Media	Media	Muy alta	Media
1504	Río Tapias	1079	Media	Media	Media	Media
1505	Río Camarones y otros directos Caribe	895	Media	Alta	Muy alta	Alta
1506	Río Ranchería	4286	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Caribe Guajira						
1507	Directos Caribe - Ay.Sharimahana Alta Guajira	5388	Media	Alta	Muy alta	Alta
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	5662	Media	Alta	Alta	Media
1509	Río Guachaca - Mendiguaca y Buritaca	685	Media	Alta	Alta	Media
Zona hidrográfica Catatumbo						
1601	Río Pamplonita	1406	Media	Media	Muy alta	Alta
1602	Río Zulia	3428	Media	Media	Muy alta	Alta
1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	3442	Media	Media	Media	Baja
1604	Río Tarra	1764	Media	Media	Media	Baja
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	2340	Media	Alta	Muy alta	Alta
1606	Río Socuavo del Norte y Río Socuavo Sur*	966	Media	Media	Media	Baja
1607	Bajo Catatumbo*	1250	Media	Baja	Baja	Baja
1608	Río del Suroeste y directos Río de Oro	1877	Media	Alta	Alta	Baja
Zona hidrográfica Islas Caribe						
1701	San Andrés	27				
1702	Providencia	22				
1703	Roncador y Quitasueño	27				
Área hidrográfica Magdalena - Cauca						
Zona hidrográfica alto Magdalena						
2101	Alto Magdalena	2507	Media	Media	Media	Media
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	382	Media	Media	Alta	Alta
2103	Río Suaza	1422	Media	Media	Media	Media
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	1544	Media	Media	Media	Alta
2105	Río Páez	5204	Media	Media	Media	Baja
2106	Ríos directos Magdalena (md)	1150	Media	Media	Muy alta	Alta
2108	Río Yaguará y Río Iquira	937	Media	Media	Muy alta	Alta
2109	Juncal y otros Rios directos al Magdalena	452	Media	Media	Muy alta	Alta
2110	Río Neiva	1071	Media	Baja	Media	Alta
2111	Río Fortalecillas y otros	2159	Media	Media	Alta	Alta
2112	Río Baché	1169	Media	Media	Muy alta	Alta
2113	Río Aipe, Río Chenche y otros directos al Magdalena	2607	Media	Media	Alta	Media
2114	Río Cabrera	2806	Media	Media	Media	Baja
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	1036	Media	Media	Muy alta	Alta
2116	Río Prado	1676	Media	Media	Muy alta	Media
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	1076	Media	Media	Alta	Alta
2119	Río Sumapaz	3048	Media	Alta	Muy alta	Alta
2120	Río Bogotá	5933	Media	Alta	Muy alta	Muy alta

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica alto Magdalena						
2121	Río Coello	1832	Media	Media	Media	Alta
2122	Río Opía	553	Media	Media	Alta	Media
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	1773	Media	Alta	Muy alta	Alta
2124	Río Totare	1437	Media	Media	Muy alta	Alta
2125	Río Lagunilla y Otros Directos al Magdalena	2754	Media	Media	Alta	Alta
Zona hidrográfica Saldaña						
2201	Alto Saldaña	2584	Media	Media	Media	Baja
2202	Río Atá	1535	Media	Media	Media	Media
2203	Medio Saldaña	604	Alta	Media	Muy alta	Alta
2204	Río Amoyá	1463	Media	Media	Media	Baja
2206	Río Tetuán, Río Ortega	1205	Media	Media	Muy alta	Media
2207	Río Cucuana	1867	Media	Media	Alta	Media
2208	Bajo Saldaña	706	Media	Alta	Muy alta	Alta
Zona hidrográfica medio Magdalena						
2301	Río Gualí	876	Media	Media	Media	Media
2302	Río Guarinó	844	Media	Baja	Baja	Baja
2303	Directos al Magdalena entre Ríos Seco y Negro (md)	435	Media	Alta	Alta	Alta
2304	Directos Magdalena entre Ríos Guarinó y La Miel (mi)	966	Media	Baja	Baja	Alta
2305	Río La Miel (Samaná)	2400	Media	Baja	Baja	Baja
2306	Río Negro	4572	Alta	Media	Alta	Alta
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	1485	Media	Baja	Baja	Baja
2308	Río Nare	5600	Media	Baja	Media	Media
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	3596	Media	Media	Media	Media
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	2685	Media	Alta	Alta	Alta
2312	Río Carare (Minero)	7283	Media	Alta	Alta	Media
2314	Río Opón	4319	Media	Media	Media	Alta
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	4973	Media	Media	Media	Baja
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	9592	Media	Media	Muy alta	Alta
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)**	7102	Media	Media	Media	Media
2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	2974	Media	Alta	Alta	Alta
Zona hidrográfica Sogamoso						
2401	Río Suárez	7856	Media	Alta	Alta	Alta
2402	Río Fonce	2411	Media	Media	Media	Alta
2403	Río Chicamocha	9575	Media	Media	Muy alta	Alta
2405	Río Sogamoso	3409	Media	Media	Alta	Alta

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Magdalena - Cauca - San Jorge						
2501	Alto San Jorge	3961	Media	Baja	Baja	Baja
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	17193	Media	Media	Alta	Alta
Zona hidrográfica Cauca						
2601	Alto Río Cauca	854	Media	Alta	Alta	Muy alta
2602	Río Palacé	934	Media	Alta	Alta	Media
2603	Río Salado y otros directos Cauca	1247	Alta	Media	Media	Baja
2604	Río Palo	1651	Media	Media	Muy alta	Alta
2605	Río Timba	485	Alta	Alta	Alta	Media
2606	Río Ovejas	924	Alta	Alta	Alta	Media
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Párraga)	1186	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaverál	1289	Media	Media	Alta	Alta
2609	Ríos Amaime y Cerrito	1125	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2610	Ríos Tulua y Morales	1078	Media	Alta	Muy alta	Alta
2611	Río Frío	476	Media	Media	Alta	Alta
2612	Río La Vieja	2837	Media	Media	Media	Alta
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1221	Media	Media	Alta	Alta
2614	Río Risaralda	1260	Media	Media	Media	Alta
2615	Río Chinchiná	1055	Media	Media	Muy alta	Muy alta
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	1405	Media	Media	Media	Media
2617	Río Frío y Otros Directos al Cauca	1639	Media	Alta	Alta	Alta
2618	Río Arma	1861	Media	Media	Media	Media
2619	Río San Juan	1416	Media	Baja	Baja	Media
2620	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)	3554	Alta	Media	Alta	Alta
2621	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (mi)	3414	Media	Media	Media	Media
2622	Río Desbaratado	191	Media	Media	Muy alta	Alta
2624	Río Taraza - Río Man**	2580	Media	Media	Media	Media
2625	Directos al Cauca entre Pto Valdivia y Río Nechí (md)	1437	Media	Media	Media	Baja
2626	Directos Bajo Cauca - Cga La Raya entre río Nechí y brazo de loba**	4348	Media	Media	Media	Media
2627	Río Piendamó	601	Media	Media	Muy alta	Alta
2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	811	Media	Media	Muy alta	Muy alta
2629	Ríos Claro y Jamundí	669	Media	Media	Alta	Alta
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	193	Alta	Media	Muy alta	Muy alta
2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco - Mediacaño y Piedras	631	Media	Media	Muy alta	Muy alta
2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	557	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	463	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2634	Ríos Cali	212	Media	Media	Muy alta	Alta

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Cauca						
2635	Río Bugalagrande	835	Media	Alta	Muy alta	Alta
2636	Río Paila	526	Media	Media	Muy alta	Muy alta
2637	Rios Las Cañas - Los Micos y Obando	782	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Zona hidrográfica Nechí						
2701	Río Porce	5231	Media	Media	Muy alta	Alta
2702	Alto Nechí	2939	Media	Media	Alta	Baja
2703	Bajo Nechí (md)**	4492	Media	Media	Media	Media
2704	Directos al Bajo Nechí (mi)**	1952	Media	Media	Media	Media
Zona hidrográfica Cesar						
2801	Alto Cesar	3442	Media	Muy alta	Muy alta	Alta
2802	Medio Cesar	8276	Media	Media	Muy alta	Alta
2804	Río Ariguaní	5333	Media	Alta	Muy alta	Alta
2805	Bajo Cesar	5879	Media	Alta	Muy alta	Alta
Zona hidrográfica bajo Magdalena						
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)	2012	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	2476	Media	Media	Muy alta	Alta
2903	Canal del Dique margen derecho	2105	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	1152	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
2905	Canal del Dique margen izquierda	2300	Media	Alta	Muy alta	Alta
2906	Cga Grande de Santa Marta	8230	Media	Alta	Muy alta	Alta
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	7007	Media	Media	Muy alta	Alta
2908	Ríos Chimicuica y Corozal	3696	Media	Media	Muy alta	Alta
2909	Ciénaga Mallorquin	262	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Área hidrográfica Orinoco						
Zona hidrográfica Guaviare						
3101	Río Inírida Alto*	11784	Media	Media	Media	Baja
3104	Río Inírida Medio	18415	Baja	Baja	Baja	Baja
3105	Río Papunaya	6855	Baja	Baja	Baja	Baja
3107	Caño Nabuquén	1737	Baja	Baja	Baja	Baja
3108	R_ Inírida_(mi)_hasta_bocas_Caño_Bocón_y_R_ Las_Viñas	8022	Media	Baja	Baja	Baja
3110	Caño Bocón	6985	Baja	Baja	Baja	Baja
3201	Río Guayabero	6272	Media	Baja	Baja	Baja
3202	Río Guape	3843	Media	Baja	Baja	Baja
3203	Río Losada	3658	Media	Baja	Baja	Baja
3204	Alto Guaviare	10370	Media	Media	Media	Baja

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Guaviare						
3206	Río Ariari	8082	Media	Baja	Baja	Baja
3207	Río Guejar	3296	Media	Baja	Baja	Baja
3210	Medio Guaviare	13778	Media	Alta	Media	Baja
3212	Río Siare	4447	Baja	Media	Media	Baja
3213	Río Iteviare	4870	Media	Media	Media	Baja
3214	Bajo Guaviare	8912	Baja	Baja	Baja	Baja
3215	Caño Minisiare	2346	Media	Media	Media	Baja
3216	Alto Río Uvá	4438	Baja	Media	Media	Baja
3217	Bajo Río Uvá	5424	Media	Media	Media	Baja
3218	Caño Chupabe	4838	Baja	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Vichada						
3301	Alto Vichada	8073	Media	Media	Media	Baja
3302	Río Guarrojo	3659	Media	Media	Media	Baja
3303	Río Muco	4463	Media	Media	Media	Baja
3305	Directos Vichada Medio	5006	Media	Media	Media	Baja
3306	Bajo Vichada	5013	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Tomo						
3401	Alto Río Tomo	8054	Media	Media	Media	Baja
3402	Río Elvita	5576	Media	Media	Media	Baja
3403	Bajo Río Tomo	4100	Media	Media	Media	Baja
3405	Caño Lioni o Terecay	2566	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Meta						
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	3845	Media	Media	Media	Alta
3502	Río Guayuriba	3199	Media	Baja	Baja	Baja
3503	Río Guatiquía	1781	Media	Baja	Baja	Media
3504	Río Guacavía	850	Media	Baja	Baja	Baja
3505	Río Humea	1441	Media	Media	Media	Baja
3506	Río Guavio	2289	Media	Baja	Media	Media
3507	Río Garagoa	2487	Alta	Alta	Alta	Alta
3508	Río Lengupá	1879	Media	Baja	Baja	Baja
3509	Río Upía	1826	Media	Baja	Baja	Baja
3510	Río Negro	927	Media	Baja	Baja	Baja
3511	Directos Río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao	1969	Media	Media	Media	Media
3512	Río Yucao	2441	Media	Media	Media	Baja
3513	Río Melúa	1884	Media	Media	Media	Baja
3514	Caño Cumaral	1113	Media	Media	Media	Baja
3515	Río Manacacias	6986	Media	Media	Media	Baja

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Meta						
3516	Lago de Tota	226	Media	Muy alta	Muy alta	Alta
3518	Río Túa y otros directos al Meta	4975	Media	Media	Media	Baja
3519	Río Cusiana	5101	Media	Media	Media	Media
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	1665	Media	Media	Media	Baja
3521	Río Cravo Sur	5161	Media	Media	Media	Media
3522	Caño Guanápalo y otros directos al Meta	6244	Media	Media	Media	Media
3523	Río Pauto	8023	Media	Media	Media	Baja
3524	Directos al Río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi)	5365	Baja	Media	Media	Baja
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md)	6353	Media	Alta	Media	Baja
3526	Directos al Río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md)	3447	Media	Media	Media	Baja
3527	Directos al Río Meta entre ríos Humea y Upia (mi)	1244	Media	Media	Media	Media
Zona hidrográfica Casanare						
3601	Río Ariporo	5285	Media	Media	Media	Baja
3602	Río Casanare	6665	Media	Media	Media	Baja
3603	Río Cravo Norte	8905	Baja	Media	Media	Baja
3604	Caño Samuco	919	Baja	Media	Media	Baja
3605	Caño Aguaciarita	2480	Media	Alta	Media	Baja
Zona hidrográfica Arauca						
3701	Río Chítaga	2489	Media	Media	Media	Baja
3702	Río Margua	746	Media	Media	Media	Baja
3703	Río Cobugón - Río Cobaría	1979	Media	Baja	Baja	Baja
3704	Río Bojabá	1133	Media	Media	Media	Baja
3705	Río Banadia y otros Directos al Río Arauca	2103	Media	Baja	Baja	Media
3706	Directos Río Arauca (md)	2930	Baja	Media	Media	Media
Zona hidrográfica Orinoco directos						
3801	Río Vita	8246	Media	Media	Media	Baja
3802	Río Tuparro	11560	Media	Baja	Baja	Baja
3803	Caño Matavén	10514	Media	Media	Media	Baja
3804	Directos Río Atabapo (mi)	4643	Media	Baja	Baja	Baja
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)	4194	Media	Media	Media	Baja
3809	Río Cinaruco y Directos Río Orinoco	4569	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Apure						
3901	Alto Río Apure	264	Media	Baja	Baja	Baja
Área hidrográfica Amazonas						
Zona hidrográfica Guainía						
4101	Alto Río Guanía	3709	Baja	Baja	Baja	Baja
4102	Medio Río Guanía	2787	Baja	Baja	Baja	Baja

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Guainía						
4105	Bajo Río Guainía	7952	Baja	Baja	Baja	Baja
4106	Río Aquíó o Caño Aque	2995	Baja	Baja	Baja	Baja
4107	Directos Río Negro (md)	3540	Baja	Baja	Baja	Baja
4108	Río Cuiary	4409	Baja	Baja	Baja	Baja
4109	Río Isana	3458	Media	Baja	Baja	Baja
4110	Río Tomo	2436	Baja	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Vaupes						
4201	Río Itilla	2571	Baja	Media	Media	Baja
4202	Río Unilla	2309	Media	Media	Media	Baja
4203	Alto Vaupés	8639	Baja	Media	Media	Baja
4207	Bajo Vaupés	13452	Baja	Media	Media	Baja
4208	Río Querary	4292	Baja	Baja	Baja	Baja
4209	Río Papurí	5409	Media	Baja	Baja	Baja
4211	Río Tiquié	1025	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Apaporis						
4301	Río Tunia ó Macayá	9268	Baja	Media	Media	Baja
4302	Río Ajaju	7832	Baja	Baja	Baja	Baja
4303	Alto Río Apaporis	12354	Baja	Media	Media	Baja
4305	Bajo Río Apaporis	12787	Baja	Media	Media	Baja
4306	Río Cananarí	3852	Baja	Baja	Baja	Baja
4307	Río Pira Paraná	5866	Baja	Baja	Baja	Baja
4309	Directos Río Taraira	1553	Baja	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Caquetá						
4401	Alto Caqueta	5812	Media	Media	Media	Baja
4402	Río Caqueta Medio	15579	Baja	Baja	Baja	Baja
4403	Río Orteguzza	7908	Media	Baja	Baja	Baja
4404	Río Pescado	2067	Media	Baja	Baja	Baja
4407	Río Rutuya	1136	Baja	Media	Media	Baja
4408	Río Mecaya*	4536	Baja	Media	Media	Baja
4409	Río Sencella	1742	Baja	Media	Media	Baja
4410	Río Peneya	1606	Baja	Alta	Media	Baja
4414	Río Cuemaní	2432	Baja	Baja	Baja	Baja
4415	Río Caqueta Bajo	25390	Baja	Baja	Baja	Baja
4417	Río Cahuinarí	15071	Baja	Media	Media	Baja
4418	Río Mirití-Paraná	9036	Baja	Media	Media	Baja
4420	Río Puré	7659	Baja	Media	Media	Baja

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica Yarí						
4501	Alto Yarí	7443	Baja	Media	Media	Baja
4502	Río Camuya	2770	Baja	Media	Media	Baja
4504	Medio Yarí	5359	Baja	Media	Media	Baja
4505	Río Luisa	3046	Baja	Baja	Baja	Media
4506	Bajo Yarí	3872	Baja	Media	Media	Baja
4509	Río Cuñare	5527	Baja	Baja	Baja	Baja
4510	Río Mesay	8645	Baja	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Caguán						
4601	Río Caguan Alto	5842	Media	Media	Media	Media
4602	Río Guayas	5495	Media	Media	Media	Baja
4604	Río Caguan Bajo	7421	Baja	Baja	Baja	Baja
4605	Río Sunsiya	2468	Media	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Putumayo						
4701	Alto Río Putumayo	6982	Media	Media	Media	Baja
4702	Río San_Miguel	2243	Media	Media	Media	Baja
4703	Río Putumayo Medio*	5070	Media	Media	Media	Baja
4704	Río Putumayo Directos (mi)	3527	Baja	Baja	Baja	Baja
4705	Río Cará-Paraná	7327	Baja	Baja	Baja	Baja
4706	Río Putumayo Bajo	14217	Baja	Baja	Baja	Baja
4707	Río Igará-Paraná	12908	Baja	Baja	Baja	Baja
4710	Río Cotuhe	3658	Baja	Baja	Baja	Baja
4711	Río Purite	1998	Baja	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Amazonas - directos						
4801	Directos Río Amazonas (mi)	3269	Baja	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Napo						
4901	Río Chingual	456	Media	Media	Media	Baja
Área hidrográfica Pacífico						
Zona hidrográfica Mira						
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	351	Media	Media	Media	Media
5102	Río Mira	4087	Media	Media	Media	Baja
5103	Río Rosario*	832	Media	Baja	Baja	Baja
5104	Río Tola	595	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica patía						
5201	Río Patia Alto	3218	Media	Media	Media	Media
5202	Río Guachicono	2626	Alta	Media	Alta	Media
5203	Río Mayo	874	Media	Media	Muy alta	Alta

Anexo 5. Resultados análisis integrado por subzonas

SZH	NOMSZH	ÁREA (km ²)	Producción sedimentos	Análisis de variabilidad de la oferta hídrica	Análisis del recurso hídrico por presiones antrópicas, de demanda y variabilidad	Categorización de subzonas por evaluación integrada
Zona hidrográfica patía						
5204	Río Juananbú	2084	Media	Media	Alta	Alta
5205	Río Guáitara	3650	Media	Media	Muy alta	Alta
5206	Río Telembí	4635	Media	Media	Media	Baja
5207	Río Patia Medio	2390	Media	Media	Media	Baja
5209	Río Patia Bajo*	4528	Baja	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Tapaje - Dagua - directos						
5302	Río Tapaje	1602	Media	Media	Media	Baja
5303	Río Iscuandé	2336	Media	Media	Media	Baja
5304	Río Guapi	2623	Media	Baja	Baja	Baja
5305	Río Timbiquí	808	Media	Baja	Baja	Baja
5306	Río Saija	1088	Media	Baja	Baja	Baja
5307	Río San Juan del Micay*	4452	Media	Media	Media	Baja
5308	Río Naya - Yurumanguí	2665	Media	Baja	Baja	Baja
5309	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	1997	Media	Baja	Baja	Baja
5310	Río Anchicayá	1280	Media	Muy baja	Muy baja	Media
5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	1965	Media	Alta	Alta	Alta
Zona hidrográfica San Juan						
5401	Río San Juan Alto	2054	Media	Baja	Media	Baja
5402	Río Tamaná y otros Directos San Juan**	2826	Media	Baja	Media	Baja
5403	Río Sipí	3027	Media	Baja	Media	Baja
5404	Río Cajón**	743	Media	Media	Media	Media
5405	Río Capoma y otros directos al San Juan	2427	Media	Baja	Baja	Baja
5406	Río Munguidó	833	Media	Media	Media	Baja
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	3541	Media	Baja	Baja	Baja
5408	Río San Juan Medio	935	Media	Baja	Baja	Baja
Zona hidrográfica Baudó - directos Pacífico						
5501	Río Baudó	4058	Media	Baja	Baja	Baja
5502	Río Docampadó y Directos Pacífico	1907	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Pacífico - directos						
5601	Directos Pacífico Frontera Panamá	4253	Media	Media	Media	Baja
Zona hidrográfica Islas Pacífico						
5701	Malpelo	0,46				
5702	La Gorgona	15,63				

Referencias

- Alcaldía Mayor de Santa Marta (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial 2000-2009. Componente Urbano*. Santa Marta.
- Alcaldía Municipal de Uribe (2001). *Plan de Ordenamiento Territorial de Uribe, La Guajira, 2001-2009*. Uribe.
- Álvarez, O., Vélez, J.I. & Poveda, G. (2008). *Incertidumbre asociada con el balance hídrico de largo plazo*. Cartagena: In XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Cartagena .
- Allan, J. A. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource: Global Solutions to Regional Deficits. *Groundwater*, 545-546.
- Alley, W. (1984). The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. Vol. 23 Pag. 1100-1109.
- Andréu T. Costa Rica: Número uno del mundo en uso de agroquímicos. Amanecer 2011 En: Biodiversidad en América Latina y el Caribe. Ecoportal; 2011 [consultado 9 jun 2014]. Disponible en: <http://es.sott.net/articles/show/8998-Costa-Rica-Numero-uno-del-mundo-en-uso-de-agroquimicos>.
- Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola. (2011). Los beneficios de la adopción del maíz genéticamente modificado en Colombia. *Biotecnología y Alimentación*, Mayo.
- Asociación Colombiana del Petroleco ACP (2014). *Indicadores de gestión ambiental del sector hidrocarburos de Colombia*.
- Armenta, J. (19 de mayo de 2014). (jorgearmenta@corpocesar.gov.co). *Inventario de puntos de agua del departamento del César*. Correo electrónico enviado a: Ana Karina Campillo Perez (acampillo@ideam.gov.co). Bogotá.
- AMVA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Universidad Nacional de Colombia. (2008). *Actualización del inventario de captaciones de agua subterránea en la zona urbana del Valle de Aburrá. Informe final*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
- AMVA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2011). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá en Jjurisdicción del Área Metropolitana. - Fase III*. Medellín.:Autor.
- AMVA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2013). *Red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá - Medellín, en jurisdicción del Área Metropolitana*. Fase IV. Medellín: Autor.
- Arthur, W. B. (2013). Complexity Economics: A New Framework for Economic Thought . *Working Paper*. Santa Fe Institute.
- Auditoría General de la República. (2004) *Auditoría analítica de gestión al uso y manejo de plaguicidas en Colombia*. Bogotá: AGR; p.1-33.
- Aunap - Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Fedeaqua - Federación Colombiana de Acuicultores y MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2013). *Desarrollo de estrategias para el lincremento del consumo de pescados y mariscos provenientes de la acuicultura de Colombia como alternativa viable de comercialización en el mercado doméstico*.
- Augura - Asociación de Bananeros de Colombia, Pnuma - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), UCR, (2009). *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo del banano en la región del Magdalena*. Medellín: Comunicaciones Augura.
- Barnston A, Livezey. R. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115, 1083–1126
- Beguiría, S. (2005). *Erosión y fuentes de sedimento en la cuenca del embalse de Yesa (Pirineo Occidental)*: Madrid: Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Bentzen, J., & Engsted, T. (2001). A revival of the autoregressive distributed lag model in estimating energy demand relationships. *Energy* , 45-55.

- Betancur, T., Mejía, O., & Palacio, C. (2009). Modelo hidrogeológico conceptual del Bajo Cauca Aantioqueño: un sistema acuífero tropical. *Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*, Numero 48, 107-118.
- Budyko, M. (1974). Climatic Factors of Geographical Zonality. In *Climate and Life. Academic Press*.
- Budyko, M. (1974b). Methods of determining evaporation from the land surface. En *Workshop of the water balance of Europe*. Varna. Bulgaria, pp. 95-128. Paris: Unesco [Technical documents in hydrology].
- Cabezas, D., Carrasco, F., Mafla, E. (2002). *El riego, la producción y el mercado. Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos*. Coordinación CESA. Consorcio Camaren.
- Castañó, E., y Martínez, J. (2008). *Uso de la función de correlación cruzada en la identificación de modelos ARMA*. *Revista Colombiana de Estadística*, (2), 293–310. Recuperado de <http://www.emis.ams.org/journals/RCE/ingles/V31/bodyv31n2/v31n2a10CastanoMartinez.pdf>
- Clark, S., Sarlin, P., Sharma, A., y A., S. S. (2014). Increasing dependence on foreign water resources? An assesment of trends in global virtual water flow using a self-organizing time map. *Ecological Informatics*, 1-11.
- CAM - Corporación Autónoma del Alto Magdalena (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las Tasas por Utilizacion de Agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Camargo, J., & Atehortúa, E. (2010). *Evaluación de las condiciones de oferta, uso y susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en la región Andina de Colombia*. [tesis de grado] Bogotá. Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Campillo, A. (2012). *Orígenes de la recarga de los acuíferos del Valle de Aburrá.: Enfoque geoquímico e isotópico*. [Tesis de maestría], Montpellier, Universidad de Montpellier.
- CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2005). *Reporte censo de usuarios de aguas subterráneas - Sabana de Bogotá*. Bogotá: Autor.
- CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2008). *Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y zona crítica*. Bogotá: Autor.
- Cárdenas O, Silva E, Morales L, Ortiz J. (2005) *Estudio epidemiológico de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos colombianos, 1998-2001*. Bogotá: Biomédica 2005;25:170-80. Instituto Nacional de Salud.
- Cárdenas O., Silva E., Ortiz J.E. (2010) *Uso de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasa en once entidades territoriales de salud en Colombia, 2002-2005*. Bogotá: Biomédica 2010 ;30:95-106. Instituto Nacional de Salud.
- Cárdenas O, Silva E, Nava G. (2012) *Actividad de la acetilcolinesterasa en trabajadores e individuos con riesgo de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en 15 departamentos de Colombia, 2006-2009*. *Ciencia & Trabajo* 2012;43:120-128. Chile.
- Carder - Corporación Autónoma Regional de Risaralda (2007). *Plan de manejo integrado de aguas subterráneas en Pereira*. Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda.
- Carder - Corporación Autónoma Regional de Risaralda (2013). *Aspectos generales de aguas subterráneas. Modelos Conceptual Acuífero Pereira y Dosquebradas. Presentación para la Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas*. Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda.
- Cardique - Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (1999). *Modelo numérico hidrogeológico del acuífero de Arroyo Grande*. Cartagena.
- Cardique - Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (2006a). *Elaboración del estudio hidrogeológico del acuífero de Palenque. Informe final*. Cartagena DT y C: Eointegral.

Cardique - Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (2006b). *Elaboración del estudio hidrogeológico y determinación del potencial hídrico del área correspondiente al acuífero de Turbaco*. Cartagena: DT y C: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique.

Cardona G., A. H. (s. f.). *El régimen jurídico de las aguas en Colombia*. Obtenido de http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/25%20REGIMENJURIDICOAGUA-EXTERNADOTOMOI.doc.

Carsucre - Corporación Autónoma Regional de Sucre (2005). *Proyecto de protección integral de aguas subterráneas, PPIAS. Acuífero Morroa. Sector Sincelejo-Corozal-Morroa*. Sincelejo.

Carsucre - Corporación Autónoma Regional de Sucre (2011). *Proyecto de protección integral de aguas subterráneas, PPIAS. Plan de Manejo Acuífero de Morrosquillo*. Sincelejo.

Casali, J., Loizu, M. A., Campo, M.A., De Santisteban, L. M., Álvarez-Mozos, J. (2006). *Accuracy of methods for field assesment of rill and ephemeral gully erosion. Catena* 67, 128-138.

Catie, C. A. (2011). *Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del río Jesús María*. Turrialba, Costa Rica: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo).

CDA - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Chorley, R. y Kennedy, B. A. (1971). *Physical Geography. A Systems Approach*. Londres: Prentice -Hall Editores.

Chow, V. M., Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. Water Resources and Environmental Engineering. McGraw-Hill: New York.

Coenen, G., & Vega, J. L. (1999). *The Demannod of M3 in the Euro Area. European Central Bank working papers series*.

Consejo de Estado (2001). *Endosulfán sí es peligroso y está prohibido en Colombia. Comunicado para publicación abril 2 de 2001*. Bogotá : Consejo de Estado; 2001. Obtenido de: <http://consejo-estado.vlex.com.co/vid/-52575499>.

Consortio GEAM - Funcatagua. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la microcuenca de la quebrada Yahuaraca*. Leticia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del sur de la Amazonia - CORPOAMAZONIA.

Coralina - Corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (s. f.). *Plan de manejo de las aguas subterráneas de la isla de San Andrés 2000-2009*. San Andrés:

Coralina - Corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2006). *Protección y manejo sostenible del recurso hídrico del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. San Andrés: Subdirección de Gestión Ambiental - Coralina.

Coralina - Corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Universidad Nacional de Colombia (2010). *Modelación del acuífero San Andrés Islas. Proyecto INAP-Colombia*. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.

Coralina - Corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2013). *Red de monitoreo del recurso hídrico*. Presentación para la Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas.

Corantioquia - Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia y Universidad Nacional de Colombia. (2003). *Evaluación del potencial acuífero de los municipios de Puerto Berrío y Puerto Nare. Departamento de Antioquia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas

Corantioquia - Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Universidad Nacional de Colombia (2004). *Evaluación del potencial acuífero de los municipios de Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, San*

Jerónimo, Olaya y Liborina. *Informe final*. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.

Corantioquia - Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Universidad de Antioquia (2011). *Plan de manejo ambiental de acuíferos de la dirección territorial Panzenú - Fase I. Informe final*. Medellín: Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental (GIGA), Universidad de Antioquia.

Cornare - Corporación Autónoma Regional Rionegro Nare (2014). *Formulario de información complementaria de aguas subterráneas. SIRH*. Bogotá: IDEAM.

Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Autor.

Corpoboyacá - Corporación Autónoma Regional de Boyacá (2014). *Formulario de información complementaria de aguas Subterráneas. SIRH*. Bogotá: IDEAM.

Corpocaldas - Corporación Autónoma Regional de Caldas, Proaguas (2006). *Modelo hidrogeológico conceptual de la parte baja de las cuencas de los ríos Chinchiná, Tapias-Tareas y zona baja del municipio de Anserma, departamento de Caldas. Informe final*. Manizales: Autor.

Corpocaldas - Corporación Autónoma Regional de Caldas (2009a). *Desarrollo de la primera etapa del proceso de investigación planteada para las aguas subterráneas en la cuenca baja del río Guarinó, oriente de Caldas, cuenca del río Magdalena, como parte de un esquema regional para el recurso hídrico subterráneo. Informe final*. Bogotá.

Corpocaldas - Corporación Autónoma Regional de Caldas - Geosub (2009b). *Estudio para el ajuste del modelo hidrogeológico conceptual del acuífero de Santágueda - km 41, en los municipios de Manizales y Palestina. Informe final*. Pereira.

Corpocaldas - Corporación Autónoma Regional de Caldas (2010). *Segunda fase del estudio hidrogeológico del río Grande de la Magdalena en un sector de la cuenca*

baja del río Guarinó, en el oriente de Caldas. Informe final. Bogotá.

Corpocaldas - Corporación Autónoma Regional de Caldas (2011). *Continuar con el estudio hidrogeológico de la cuenca del río Grande de la Magdalena. Informe final*. Bogotá.

Corpochivor - Corporación Autónoma Regional de Chivor (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Corpocesar - Corporación Autónoma Regional del Cesar (2014). *Formulario de información complementaria de aguas subterráneas. SIRH*. Bogotá: IDEAM.

Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira (2000). *Inventario General de captaciones subterráneas de las cuencas del departamento de La Guajira*. Área de Administración y aprovechamiento de aguas. Base de datos.

Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira (2003). *Informe de avance de actividades año 2003 - Área de estudio Maicao, La Guajira (Colombia)*. Riohacha.

Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira - Universidad de Antioquia (2011). *Modelo hidrogeológico y sistema de información en la cuenca del río Ranchería*. Medellín: Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental, GIGA.

Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira (2011). *Plan de manejo ambiental de agua subterránea, su administración y aprovechamiento en el municipio de Maicao, La Guajira*. Riohacha.

Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira (2011). Gómez, J. (11 de mayo de 2013). (jaikergomez@corpoguajira.gov.co). *Inventario de puntos de agua de monitoreo. Laboratorio de aguas de Corpoguajira*. Correo electrónico enviado a: Claudia L. Garzón (clalogamo@gmail.com). Cali.

Corpoguavio - Corporación Autónoma Regional del Guavio (2014). *Formulario de información complementaria de aguas subterráneas. SIRH*. Bogotá: IDEAM.

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: Autor

Corporinoquia - Corporación Autónoma Regional de Orinoquia (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Bogotá:Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Corpourabá - Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá (2014). *Formulario de información complementaria de aguas subterráneas*. SIRH. Bogotá: IDEAM.

CRC - Corporación Autónoma del Cauca, Universidad del Valle (2014). *Diagnóstico de la oferta y demanda hídrica del acuífero del Valle del Patía*. Santiago de Cali.

CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2000a). *Plan de manejo para la protección de las aguas subterráneas en el Valle del Cauca*. Cali: CVC.

CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2010b). *Reglamentación integral participativa para la gestión de las aguas subterráneas en el departamento del Valle del Cauca*. Cali: CVC.

CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2013a). *Calidad del agua subterránea y superficial para riego en el valle del río Cauca*. Palmira.

CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2013b). *Seguimiento y monitoreo del recurso hídrico subterráneo en el departamento del Valle del Cauca*. Presentación para la Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Cali.

CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2013c). *Red de monitoreo de fuentes potenciales de contaminación*. Presentación para la Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Cali.

CRA - Corporación Autónoma Regional del Atlántico. (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

CRC - Corporación Autónoma del Cauca y Universidad del Valle (2014). *Diagnóstico de la oferta y demanda hídrica del acuífero del Valle del Patía*. Santiago de Cali.

CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío (2011). *Formulario de información relacionada con el cobro de las tasas por utilización de agua y el estado de los recursos hídricos (TUA)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

CTA - Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (2013). *Evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porce*. Medellín.

Custodio, E. & Llamas, R. (1996). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Omega.

Delbourg, E., & Dinar, S. (2014). The Globalization of Virtual Water Flows: Explaining the Trade Patterns of a Scarce resource. 1-46.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2003). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas*. Revisión 3 adaptada para Colombia Rev. 4 A.C. Bogotá D.C.: Autor.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2005) : Síntesis Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA 2004 Bogotá: DANE-SISAC Obtenido de: http://amedea.eu/files/ena_2004.pdf.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2009). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades*. Revisión 4 adaptada para Colombia Rev. 4 A.C. Bogotá D.C.: Autor.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2009). *Metodología Muestra Mensual Manufacturera Bogotá* D.C.: Autor.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012a). *Sacrificio de ganado vacuno y porcino total nacional y regional, enero-diciembre*. Recuperado en <http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-sacrificio-de-ganado-esag> [2014, 20 de marzo].

- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012b). *Boletín de Prensa Encuesta Anual Manufacturera*. Recuperado http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet_eam_2011def.pdf [2014, 11 de abril].
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012c). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida*. Recuperado en <http://www.dane.gov.co/index.php/es/estadisticas-sociales/calidad-de-vida-ecv/87-sociales/calidad-de-vida/4623-encuesta-de-calidad-de-vida-2012> [2014, 13 de marzo].
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012d). Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020 Recuperado en <https://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion> [2014, 05 de marzo].
- DNP - Departamento Nacional de Planeación (2014). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Todos por un Nuevo País*. Versión preliminar para discusión del Consejo Nacional de Planeación. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Bases%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%202014-2018.pdf>
- Domínguez, E. (2004). Aplicación de la ecuación de Fokker-Planck-Kolmogorov para el pronóstico de afluencias a embalses hidroeléctricos (caso práctico de la represa de Betania). *Meteorología Colombiana*. Vol. 8, pp. 17-26.-
- Economic Research Service (2009). *Situación actual y perspectivas del mercado del plátano*. Programa Midas USAID.
- EAAB – Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (2003). *Estudio del desarrollo sostenible del agua subterránea en la Sabana de Bogotá*. Seminario, convenio EAAB ESP - JICA. Bogotá.
- EPA - Environmental Protection Agency. (Washington) Office of Water (2000). *National Management Measures for the Control of Nonpoint Pollution from Agriculture*. Washington, D.C.: Autor.
- Enfield, D.B., Mestas, A.M. Mayer, D.A. and Cid-Serrano, L. (1999) *How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures?* JGR-O, 104, 7841-7848.
- EVA, (2012). Anuario Estadístico del sector agropecuario 2012. http://www.agronet.gov.co/www/html3b/public/Anuario/Anuario_Estadistico2012.pdf
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. *Estudio FAO, Riego y drenaje*, 56. Roma.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2000). *New Dimensions in Water Security. Report AGL/MISC/25/2000*. Roma: Naciones Unidas. División de Desarrollo de Tierra y Agua.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudio FAO, Riego y drenaje*, 56.
- Fedecafé - Federación Nacional de Cafeteros (s. f.). Descripción del proceso productivo y del beneficio del café. Guía tecnológica del cultivo. En *Colombia, Guía ambiental para el sector cafetero*, segunda edición. Bogotá: Autor.
- Fedepalma - Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (2014). *Memorias XLII Congreso de cultivadores de Palma de Aceite*. Cali.
- Fedegan - Federación Colombiana de Ganaderos (iamador@fedegan.org.co) (2014, 21 marzo). *Base de datos recaudo reportado por las tesorías municipales a FEDEGAN*. Correo electrónico enviado a: Subdirección de Hidrología IDEAM (nichols457@gmail.com).
- Fedepapa - Federación Colombiana de Productores de Papa (2010). *Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia*. Obtenido de <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/ACUERDO-COMPETITIVIDAD-CADENA-AGROALIMENTARIA-PAPA.pdf>

- Fondo Nacional de Adaptación - Hidrocerón LTDA. (2014). *Estudio hidrogeológico. Modelación hidrodinámica - La Mojana*. Bogotá: Autor.
- Fedesarrollo - Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (2011). La política comercial del sector agrícola en Colombia. *Cuadernos de Fedesarrollo*, 38. Obtenido de file:///D:/ideam%202013/ENA%202014/proyecciones/Base%20Documental%20Proyecciones/
Fedesarrollo%20comercio%20agropecuario.pdf.
- García, C.R. (2008). *Modelo hidrogeológico conceptual del área urbana, suburbana y de expansión urbana del municipio de Leticia, departamento del Amazonas*. Tesis de pregrado. Manizales: Universidad de Caldas.
- García, J.M, Beguería, S., López, J.I., Lorente, G., Seeger, M. (2001). *Los recursos hídricos superficiales del Pirineo Aragonés y su evolución reciente*. Madrid: Geofomas ediciones.
- García, M. Peters-Lidard, C. Goodrich, D. C. (2008). *Spatial interpolation of precipitation in a dense gauge network for monsoon storm events in the southwestern United States. Water Resources Research*, 44(5).
- García, R. H. y Calderón, E. L. (2012). *Evaluación de la política de biocombustibles en Colombia*. Bogotá: Fedesarrollo .
- Geister, J. (1975). *Mapa geológico de San Andrés escala 1:20000*. Bogotá: Ingeominas.
- Geoconsulta Ltda. (1984). *Abastecimiento de aguas subterráneas en la concesión Cravo Norte*. Trabajo para Occidental de Colombia.
- Giraldo, Wilmer E (2014). Modelo hidrogeológico conceptual de los Valles de San Nicolás y la Unión. Convenio de practicas profesionales numero 498-2013. CORNARE - Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Gómez, J. (2009). *Geología, geofísica, hidrogeoquímica e isótopos, como herramientas para definir un modelo conceptual hidrogeológico. Caso de aplicación: acuífero costero del municipio de Turbo*. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.
- Haan, C. T. (2002). *Statistical methods in Hydrology*. Iowa: Iowa State University Press. second edition.
- Hagen, L.J y Foster, G. R. (1990). Soil erosion prediction technology. En Larson, W.E., Foster, G. R. (Ed). *Proceedings of Soil Erosion and Productivity Workshop* (pp. 117-135). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Herrera, H. (2012). Recarga artificial del acuífero Morroa a través de canteras abandonadas. *XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología*. Departamento de Sucre.
- Herrera, H. & Gutiérrez, G. (junio de 2012). Contribución de los isótopos estables de ^{18}O y ^2H en el conocimiento del acuífero Morrosquillo, departamento de Sucre, Colombia. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, 8, 39-47.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. y Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Londres: Earthscan.
- Hoyos, F., Vélez, M. V., & Arias, D. (noviembre de 2014). *Las aguas subterráneas de los Valles de San Nicolás*. Obtenido de Academia.edu: https://www.academia.edu/1283270/Las_Aguas_Subterr%C3%A1neas_del_Valle_de_San_Nicol%C3%A1s
- IAEA - Organismo internacional de Energía Atómica. (2009). *Estudios de hidrología isotópica en América Latina 2006*. Viena, Austria. 232 p.
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario (2004). *Restricciones, prohibiciones y suspensión de registros de plaguicidas de uso agrícola en Colombia [en línea]*. Bogotá: ICA; 2004. [consultado 2 10 jun 2014]. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/PLAGUICIDAS-PROHIBIDOS.aspx>.
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario (2009). *Comercialización de plaguicidas 2008; Producción y venta de plaguicidas químicos de uso agrícola, importación-exportación*. Bogotá DC: Produmedios; . p.8-103.
- ICA- Instituto Colombiano Agropecuario (2012). *ICA, Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos, 2012. Boletín técnico*. Obtenido de www.ica.gov.co Bogotá.

- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario (2013a). Subgerencia de Protección Vegetal. Boletín de estadísticas de comercialización de plaguicidas. Comercialización de Plaguicidas, 2012. Recuperado en [http://www.ica.gov.co/Trazabilidad/Comercializacion-plaguicidas-2012-\(2\).aspx](http://www.ica.gov.co/Trazabilidad/Comercializacion-plaguicidas-2012-(2).aspx) [2014, 23 de octubre].
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario (2013b). Subgerencia de Protección Vegetal. Boletín de comercialización de fertilizantes. Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2012. Recuperado en [http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Estadisticas/Comercializacion-fertilizantes-2012-2\(11-06-2014\).aspx](http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Estadisticas/Comercializacion-fertilizantes-2012-2(11-06-2014).aspx) [2014, 23 de octubre].
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (1998). *El Medio Ambiente en Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Corpocesar - Corporación Autónoma Regional del Cesar (2006). *Aprovechamiento y protección integral del agua subterránea en las ecorregiones de los valles de los ríos Cesar y Magdalena. Informe final*. Departamento del Cesar: IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Corpocesar - Corporación Autónoma Regional del Cesar (2007a). *Evaluación del potencial del agua subterránea para riego de los sistemas acuíferos cono aluvial y llanura aluvial de Valledupar, departamento del Cesar*. IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor) (2007b). *Plan de protección y aprovechamiento integral del recurso hídrico subterráneo, departamento de Norte de Santander*.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Corpocesar - Corporación Autónoma Regional del Cesar (2009). *Evaluación del potencial del agua subterránea en los municipios de Curumaní, Pailitas, Tamalameque, Pelaya, La Gloria, Gamarra, Aguachica, Río de Oro, San Martín y San Alberto. Departamento del Cesar. Informe final*. IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2010b). *Sistemas morfogénicos del territorio colombiano*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2010c). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. Bogotá.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2011a). *Documento, diseño e implementación de la Red de monitoreo de recurso hídrico superficial y subterráneo en la cuenca del río Ranchería*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2012). *Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo*. Bogotá: Autor
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Universidad Nacional sede Medellín. (2012b). *Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:100.000 para el territorio nacional*. Medellín.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2012c). *Estimación del consumo de agua en minería de oro y carbón e hidrocarburos. Informe final de consultoría* (sin publicar). Bogotá: Autor.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013a). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua*. Bogotá: IDEAM.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013b). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá: IDEAM.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013c). *Aguas subterráneas en Colombia: una visión general*. Bogotá: IDEAM.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2009). *Estudio de suelos del departamento de La Guajira. Zonificación de tierras escala 1:100.000*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Protocolo de degradación de suelos y tierra por erosión*. Bogotá, D.C.

IGME - Instituto Geológico y Minero de España (1995). *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

IGME - Instituto Geológico y Minero de España (1987). Mapa de normas de explotación de Acuíferos. Escala 1:50000. Madrid., recuperado en http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/libro31/pdf/lib31/1_int.pdf [23 de octubre de 2012].

IGME - Instituto Geológico y Minero de España (1988). Boletín Geológico y Minero. Hidrología subterránea Julio-Agosto de 1988. Volumen 109 número 4.

Incoder - Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (2007). *Distritos de riego*. Bogotá.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1987). *Pruebas de bombeo de los pozos WS1, WSW2, WSW3 y WSW4 de Caño Limón - Arauca. Informes 2048 y 2049*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1988). *Mapa geológico de Colombia*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1988b). *Mapa geológico de Colombia. Memorias explicativas*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1995). *Evaluación de las aguas subterráneas de Urabá*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1998). *Evaluación hidrogeológica y contaminación de acuíferos de la zona bananera de Santa Marta, departamento del Magdalena. Informe final*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (1999). *Informe de hidrogeología del acuífero de Leticia*. Bogotá: Ingeominas

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003a). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-01*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003b). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-02.* Bogotá: Ingeominas

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003c). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-03*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003d). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-04*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003e). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-06*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2003f). *Atlas de aguas subterráneas*

de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-09. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2004a). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-13*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2004b). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Memoria técnica de la plancha 5-14*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2004c). *Mapa hidrogeológico de Córdoba. Escala 1:250.000*. Bogotá: Ingeominas Subdirección Recursos del Subsuelo.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2004d). *Programa de exploración de aguas subterráneas*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, UPTC - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia () (2007). *Investigación geológica e hidrogeológica en la zona piloto de Maní, departamento de Casanare*. Yopal: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2007). Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del departamento de Santander. Acuerdo específico 002/05. Memoria explicativa de la investigación geológica e hidrogeológica en la zona Guanentina. Tomo II. Bucaramanga: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2009a). *Evaluación hidrogeológica regional del altiplano nariñense*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (2009b). *Informe hidrogeológico e hidrogeoquímico de la zona Guanentina*. Bogotá: Ingeominas.

Ingeominas - Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras - Universidad Industrial de Santander. (2010). *Síntesis. Exploración de aguas subterráneas en la región central de Santander*. Bogotá: Ingeominas.

Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. (1994). *Guía Operativa GEMS/AGUA*. (Trad. P. Scchvartzman y M. Pikeris) Mendoza, Argentina : Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. (Original en inglés, 1993).

Islam, N. & Subramanian, A. (2008). Agricultural Exports of Developing Countries: Estimates of Income and Price Elasticities of Demand and Supply. *Journal of Agricultural Economics*, 221-31.

ITGE (1971). *Programa Nacional de Investigación Minera. Mapa hidrogeológico de España. Escala 1:50.000*. España: Obtenido de http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/LIBRO31/pdf/lib31/1_int.pdf.

Jaramillo, M. (2006). Aplicación metodológica para la estimación de la recarga potencial por precipitación para la zona centro del departamento del Valle del Cauca. 124. Cali: Universidad Nacional, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y Ambiente.

Jones, P. D., Briffa, K. R., Barnett, T. P., y Tett, S. F. B. (1998). *High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures*. *The Holocene*, 8(4), 455-471.

Johnstone, J. & Dinardo, J. (2001). *Métodos de Econometría*. Barcelona: Vicens-Vices.

Julien, P. Y. (1998). *Erosion and Sedimentation*. New York: Cambridge University Press.

Konar, M. Suweis, S Dalin, C., Hanasaki, N., Rinaldo, A., & Rodrigues-Iturbe, I. (2011). Structure and controls of the virtual water trade network. *Geophysical Research Letters*, 1-5.

Kresic, N. (2009). *Groundwater Resources - Sustainability-Management-And-Restoration*. New York: McGraw-Hill. Obtenido en: www.digitalengineeringlibrary.com

Ladiray, D. y Quennenville, B. (2001). *Desestacionar con el método X-11*. *Methodologica. revue des techniques, Méthodes et Instruments de Recherche*

en Sciences Humaines. No 8-9 . Bruselas: Université Libre de Bruxelles.

Latrubesse E.M. y Restrepo, J.D. (2014). Sediment Yield along the Andes: continental budget, regional variations, and comparisons with other basins from orogenic mountain belts. *Geomorphology*, 216. 225-233.

Lobo-Guerrero, A. (1-8 de abril de 2006). *Políticas y gestión del agua subterránea en Colombia. II Congreso Colombiano de Hidrogeología*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

López, J.I. (2006). *Cambio ambiental y gestión de los embalses en el Pirineo Central Español*. Madrid: Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón.

López-Geta, J. A. (2009). *Aguas subterráneas, un recurso natural del subsuelo*. Madrid: Instituto Minero y Geológico de España.

Los Patios (2004). *Plan de Desarrollo municipio Los Patios 2004-2007*. Los Patios.

McKee, T. B., Doesken N. J. y Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration time scales*. Eighth Conference on Applied Climatology.

Mantua, N., Hare, S., Zhang, Y, Wallace, J.M. y Francis, R. (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 1069-1074 Obtenido de: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477\(1997\)078%3C1069:APICOW%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477(1997)078%3C1069:APICOW%3E2.0.CO;2)

Mayorga, R. (2006). *La sequía en Colombia. Documento técnico de respaldo a la información en la página web del IDEAM. Nota técnica*. Bogotá.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano Agropecuario (2004). *Restricciones, prohibiciones y suspensión de registros de plaguicidas de uso agrícola en Colombia* [en línea]. Bogotá: ICA; 2004. Obtenido de: <http://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/PLAGUICIDAS-PROHIBIDOS.aspx>.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Ali-

mentación y la Agricultura, Incoder - Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Ceniagua (2011). *Diagnóstico del estado de la agricultura en Colombia*. Colombia. Autor.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2012), EVA, 2012. Anuario 2012 - BASE Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA 2007-2012

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2013a). *Evaluaciones agropecuarias municipales, EVA*. Bogotá.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2013b). *Calendarios de siembra y cosecha*. Bogotá.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). *[Comunicación personal]* Bogotá.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014b). *Plan "País Maíz"*. Obtenido de http://www.fenalce.org/archivos/Plan_P_M.pdf

MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006). *Manual para la implementación de la tasa por utilización de aguas. Programa de Cooperación Horizontal*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). *Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento Básico, RAS. Resolución 2320*. Colombia.

MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Decreto 3930*. Colombia.

MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). *Sinopsis Nacional de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala*. Bogotá D.C.: Autores.

MADS - Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (febrero de 2013). *Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=909&conID=3975>

- Mejía, O. A. (2008). *El recurso hídrico en la jurisdicción de Corantioquia 1995-2007*. Medellín: Corantioquia.
- Metroagua (Octubre de 2014). www.metroagua.com.co Obtenido de http://www.metroagua.com.co/wordpress/?page_id=28
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2014). *Plan de impulso a la productividad y el empleo*. Obtenido de <http://www.minhacienda.gov.co/portal/pls/portal/docs/1/9248602.PDF>
- Ministerio de Minas Y Energía. (2005). *Distritos Mineros: Exportaciones e Infraestructura de Transporte*. Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2012). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano de Colombia*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud.
- Mishra, A. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391, 202-216.
- Molinares, N. (2007). *Investigación prospectiva geofísica-hidrogeológica para el abastecimiento de agua del municipio de Uribia, departamento de La Guajira*. Bogotá.
- Moncada, A. (5 de Diciembre de 2014). (amoncada@carder.gov.co). Datos de inventario de puntos de agua subterránea - ENA 2014. Correo electrónico enviado a: Claudia L. Garzón (clalogamo@gmail.com). Pereira.
- Moneris, M. M. y Doménech P. M. *Modelación de la Calidad del Agua: Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado en http://cmmapserver.unavarra.es/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1151491042962_965305993_5518 [2014, 26 de noviembre].
- Monroy, Ricardo; Gonzales, Juan Pablo (2010). Modelo hidrogeológico conceptual y análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Duitama Boyacá - Colombia. *Revista In Vestigium Ire* No3 Vol 1. pp 127 - 138.
- Municipio Los Patios. (2004). *Plan de desarrollo municipio Los Patios 2004 - 2007*. Los Patios.
- Muñoz, M.T. (2011). *Aspectos bioéticos en el control y aplicación de plaguicidas en Chile*. Santiago: Universidad de Chile. *Acta Bioethica*; Vol. 17 Pág. 95-104.
- Naciones Unidas. (2012). *Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua*. Nueva York: Publicaciones de las Naciones Unidas.
- Nachtergaele, J. Poesen, J., Sidorchuk, A., Torri, D. (2002). *Prediction of concentrated flow width in ephemeral gully channels*. *Hydrological Processes*. 16, 1935 – 1953.
- Nivia E. (2004) Contexto: *agricultura orgánica y plaguicidas. Por la eliminación de los plaguicidas extremadamente y altamente tóxicos. Los plaguicidas en Colombia*. *Rev Semillas* Obtenido en: <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=e1b-30353-30353&x=20154645>.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2009). *Climate Variability*. Luann Dahlman. Tomado de: <http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%B1o-index>.
- Núñez, J. *Gestión Energética de hoteles*. (2006). Madrid: Asociación empresarial hotelera de Madrid, Confederación empresarial de Madrid CEOE, Unión Fenosa, Comunidad de Madrid, dirección general de industria energía y minas, consejería de economía e innovación tecnológica.
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. *Plaguicidas con solicitudes de prohibición y de severa restricción*. (2014) obtenido en: <http://www.olca.cl/oca/plaguicidas/plag04.htm>.
- OMM - Organización Meteorológica Mundial (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide. WMO N°1090*. Ginebra.
- OMS - Organización Mundial de la Salud (1993). *Economopoulos, A. Assessment of Sources of air, water, and land Pollution. Part One: Rapid inventory Techniques in Environmental Pollution*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS - Organización Mundial de la Salud, OPM - Organización Panamericana de la Salud (2009). *Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico*. Guías

técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Guía técnica No. 9 – Revisión mayo 2009.

Orjuela, L. C. (2013). *Diagnóstico del POMCA, Consideraciones para la Incorporación* (diapositiva). Bogotá D.C.: IDEAM. 41 diapositivas.

Ortiz, C. (24 de Noviembre de 2014). (carolina.ortiz@shi-colombia.com). Base de datos consolidada final puntos de agua subterránea Meta. Correo electrónico enviado a: Claudia L. Garzón (clalogamo@gmail.com). Medellín.

Otálvaro, D., Arias, G. & Vélez, M. (Diciembre de 2009). Uso de métodos geofísicos e isotópicos en la construcción de un modelo hidrogeológico conceptual para los acuíferos de Pereira y Dosquebradas, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 58, 89-96.

Pabón, C.J. (2011). *El cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Bogotá: CAR

Páez, G. & Medina, G. (2006). *Hidrogeoquímica e isotopía de los acuíferos en la zona sur del departamento del Valle del Cauca-Colombia*. Cali: CVC.

Palacio, P. A. & Betancur, T. (2007). *Identificación de fuente y zonas de recarga a un sistema acuífero a partir de isótopos estables del agua*. Caso de estudio: Bajo Cauca Antioqueño. *Gestión y Ambiente*, (10), 4, 167-82.

Páez, G. I. (2009). *El monitoreo de las aguas subterráneas frente al cambio climático en el Valle del Cauca-Colombia*. En Sánchez, L.D. Agua 2009: La gestión integrada del recurso hídrico frente al cambio climático. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Páez, G. I. (2010). El monitoreo de las aguas subterráneas frente al cambio climático en el Valle del Cauca-Colombia. En L. D. Sanchez, A. Galvis, I. Restrepo, & M. R. Peña, *Gestión integrada del recurso hídrico frente al cambio climático* (pág. 643). Cali: Universidad del Valle.

Paredes, V., Vargas, I., Vargas, M. & Arellano, F. (2010). Hidrogeoquímica en el acuífero costero del eje bananero de Urabá. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 9, 17, 51-62.

Pérez, F. J. (2012). *Estructuración y formulación del modelo hidrogeológico conceptual de aguas subterráneas para los municipios de Villavicencio, Acacías, Guamaly y Castilla La Nueva en el departamento del Meta*. Villavicencio: Cormacarena - Ecopetrol.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C. (2003). *Gully erosion and environmental change: importance and research needs*. *Catena*, 50, 90-133.

Preston, N. y Schmidt, J. (2003). *Modelling sediment fluxes at large spatial and temporal scales*. En A. Lang, K. Henrich y Richard Dikau (Ed). Long Term Hillslope and Fluvial System Modelling. Berlin: Springer.

Pnuma - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) (2005). *Productos químicos. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio*. Ginebra.

Ramírez, M. L. y Giraldo, A. (2012). *Caracterización de las Ramas Manufactureras en Colombia*. Bogotá D.C.: DANE.

Renno, C., NObre, A., Cuartas, L., Soares, J., Hodnet, M., Tomasella, J., Waterloo, M. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*. 112 (9): 3469-3481.

Reina, M. & Zuluaga, S. (2011). Elementos para modificar el fondo de estabilización de precios para el palmiste, el aceite de palma y sus fracciones. Bogotá.

Rengifo, R. (2 de Diciembre de 2014). (ruber-erney.rengifo@cvc.gov.co). *Estudionacionaldelagua2013*. xls. Correo electrónico enviado a: Claudia L. Garzón (clalogamo@gmail.com). Cali.

Restrepo, J. D. & Kjerfve, B. (2000). *Magdalena River: interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates*. *Journal of Hydrology*, 235, 137-149.

Restrepo, J.D., Zapata, P., Díaz, J. M., Garzón-Ferreira, J., García, C. (2006a). *Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact in coastal ecosystems. The Magdalena River, Colombia*. *Global and Planetary Change*, 50, 33-49.

- Restrepo, J. D., Kjerfve, B., Hermelin, M., Restrepo, J. C. (2006b). *Factor controlling sediment yield in a major South American drainage basin: The Magdalena River, Colombia*. *Journal of Hydrology*, 316, 213-232.
- Rodríguez, C. (2014). *Informe final de la aplicación de las evaluaciones regionales del agua en una cuenca piloto de la CAR (2008)*. Bogotá.
- Rozhdenstvenskiy, A. y Chevotariov A. I. (1974). *Statistical Methods in Hydrology*. Guidrometeoizdat, Leningrad.
- SAC - Sociedad de Agricultores de Colombia (2014). *Balance y perspectivas del sector agropecuario colombiano. Balance agropecuario primer semestre de 2014*. Obtenido de <http://www.sac.org.co/es/estudios-económicos/balance-sector-agropecuario-colombiano.html>
- Schwing y Gaxiola-Castro (2002). The California current, 2001–2002 calcofi rep., vol. 43, 2002
- SDA - Secretaría Distrital de Ambiente (2010). *Informe estadístico del recurso hídrico subterráneo dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C. con corte al 31 de diciembre de 2009*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.
- SIAM SAS (2012). *Inclusión del balance hídrico, implementación del modelo hidrogeológico y capacitación en Modflow. Informe final de contratación con la CAR*.
- Silva E., Cárdenas O. (2013) *Consideraciones sobre los plaguicidas como contaminantes ambientales de importancia en salud pública*. Rev. mEq - la revista de química útil: 24:25-27.
- Simco. *Producción oficial de minerales en Colombia*. Obtenido de <http://www.simco.gov.co/Estadisticas/Produccion/tabid/121/Default.as>.
- Smith, C.A. and P. Sardeshmukh, 2000, *The Effect of ENSO on the Intraseasonal Variance of Surface Temperature in Winter.*, *International J. of Climatology*, 20 1543-1557.
- Sterman, J. D. (2000). Learning in and about complex systems. En J. D. Sterman, *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (pp. 1-39). Boston: McGraw-Hill.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Oficio Institucional) [2014, 9 de abril].
- Reed, R. J., W. J. Cambell, L. A. Rasmussen, and D.G. Rogers, 1961: Evidence of a downward-propagating annual wind reversal in the equatorial stratosphere. *J. Geophys. Res.*, 66, 813–818
- Takken, I., Govers, G., Jetten, V., Nachtergaele, J., Stegen, A., Poesen, J. (2005). *The influence of both process descriptions and runoff patterns on predictions from a spatially distributed soil erosion model*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30, 213-229.
- Toro, L. E., Calderón, J., Taupin, J. & Vargas, M. (2009). Exploración de aguas subterráneas en Maicao (Colombia) mediante técnicas hidroquímicas e isotópicas. En OIEA, *Estudios de hidrología isotópica en América Latina 2006* (pp. 67-82). Austria: OIEA.
- Trenberth K. (1984). *Some Effects of Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics, Part I: Autocorrelations*. *Monthly Weather Review* 112, 2359-2368.
- Trenberth, K. E., y Stepaniak, D. P. (2001). Indices of El Niño evolution: Kevin E. J. *Climate*, 14, 1697-1701.
- Turc, L. (1955). *Le bilan d'eau des sois: relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement*. Versailles: Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire des Sols.
- Unesco - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe ROSTLAC.
- Unesco - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2006). *Segundo informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo: "El agua, una responsabilidad compartida"*. Obtenido en www.unesdoc.unesco.org/images/0014/00144409s.pdf

Unesco - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2010). Aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos en la Américas. *Serie ISARM Americas, 3*. Montevideo:UNESCO

Unesco - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2012). *International Glossary of Hydrology*. WMO-No. 385 Ginerbra, WMO.

Universidad Nacional de Colombia (2003). *Evaluación del potencial acuífero de los municipios de Puerto Berrío y Puerto Nare. Departamento de Antioquia*. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.

Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2008). *Metodología para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados*. Bogotá.

Unodc - Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, SIMCI - Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (2014). *Colombia Monitoreo de Cultivos de coca*. Censo de cultivos de coca 2012. Bogotá: Autor.

Upme - Unidad de Planeación Minero Energética (2013). Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia Revisión Marzo de 2013. Obtenido de: http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf

Upme - Unidad de Planeación Minero Energética (2014). Proyección de la demanda de energía eléctrica en Colombia. Revisión Noviembre de 2014. Obtenido de: <http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME%20Proyecci%C3%B3n%20EE%20%20Noviembre%202014.pdf>

Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoud, D., Nachtergaele, J., Kosmas, C., Roxo, M. J., De Figueiredo, T. (2000). *Thresholds for gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe. Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 1201-1220.

Van Dyk J.S., Pletschke B. (2011) *Review on the use of enzymes for the detection of organochlorine, organophosphate and carbamate pesticides in the environment*. *Chemosphere* 2011;82:291-307.

Vargas, N. O. (2001). *Mapa hidrogeológico de Colombia. Escala 1:1.200.000*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Vargas, N. O. (2006). Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia. *Boletín Geológico y Minero*, 117, 47-61.

Vélez, M. y Rhenals, R. (2008). Determinación de la recarga con isótopos ambientales en los acuíferos de Santafé de Antioquia. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional Sede Medellín.

Vélez, C. (21 de Octubre de 2014). (camilo.velez@cali.gov.co). Inventario de puntos de agua incluido caudal. Correo electrónico enviado a: Claudia L. Garzón (clalogamo@gmail.com). Cali.

Veryard, R.G. and Ebdon, R.A. (1961). *Fluctuations in Tropical Stratospheric Winds*. *Meteorology Magazine*, 90, 125-143.

Vellegas, P. y Vivas, A. (2009). Hidrogeología del acuífero del Golfo de Urabá. IV congreso colombiano de Hidrogeología. pp. 7

Vellegas, P. (2014). (pvellegas@corpouraba.gov.co). Re: shape - Ficha del sistema acuífero Golfo de Urabá. Correo electrónico enviado a: Ana K. Campillo (acam-pillo@ideam.gov.co).

Wang, C., y Enfield, D.B. 2001: The tropical Western Hemisphere warm pool, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1635-1638.

Wolter, K., and M.S. Timlin, 1998: Measuring the strength of ENSO - how does 1997/98 rank? *Weather*, 53, 315-324

Wackernagel, M. R. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island B.C.: New Society Publishers,

Wilson, W. Leipzig, T. y Griffiths, B. (2012). *Burning our rivers: The water footprint of electricity*: Portland: River Network Report.

WMO - Organización Meteorológica Mundial (2012). Glosario Hidrológico Internacional.

World Health Organization (2010) *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and Guidelines to classification 2009*. Ginebra: World Health Organization

WWF. (2012). *Una Mirada a la Agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica*. Obtenido de <http://wwf.panda.org/>: http://awsassets.panda.org/downloads/hh_colombia_12c_isbn.pdf



Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. - Colombia
www.ideam.gov.co

Con el
apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza
Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE