



El ambiente  
es de todos

Minambiente

# Estudio Nacional <sup>o</sup> 2018 del Agua



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Embajada de Suiza en Colombia**  
**Ayuda Humanitaria y Desarrollo (COSUDE)**

---

Bogotá, D.C., marzo de 2019

## **IVÁN DUQUE MÁRQUEZ**

Presidente de la República de Colombia

### **RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

### **MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA**

Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

### **ROBERTO MARIO ESMERAL BERRÍO**

Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio

#### • **Consejo Directivo**

##### **RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

##### **ÁNGELA MARÍA OROZCO GÓMEZ**

Ministra de Transporte

##### **GLORIA AMPARO ALONSO MÁSMELA**

Directora del Departamento Nacional de Planeación

##### **JUAN DANIEL OVIEDO ARANGO**

Director del Departamento Administrativo Nacional de Estadística

##### **JUAN PABLO RUIZ SOTO**

Delegado de Presidencia de la República

##### **RAMÓN LEAL LEAL**

Director Ejecutivo de la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible

##### **DIEGO FERNANDO HERNÁNDEZ LOSADA**

Director General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

##### **GILBERTO GALVIS BAUTISTA**

Secretario Técnico del Consejo

#### • **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales**

##### **YOLANDA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**

Directora General

##### **GILBERTO GALVIS BAUTISTA**

Secretario General

##### **NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ**

Subdirector de Hidrología

##### **DIANA MARCELA VARGAS GALVIS**

Subdirectora de Estudios Ambientales

##### **EDITH GONZÁLEZ AFANADOR**

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

##### **ELIÉCER DAVID DÍAZ ALMANZA**

Subdirector de Meteorología

##### **MARY ESPERANZA FERNÁNDEZ PORRAS**

Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

##### **TELLY DE JESÚS MONTH PARRA**

Jefe Oficina Asesora de Planeación

##### **LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA**

Jefe Oficina de Informática

##### **GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ**

Jefe Oficina Asesora Jurídica

##### **MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO**

Jefe Oficina Control Interno

##### **DIANA QUIMBAY VALENCIA**

Jefe Oficina Cooperación Internacional

##### **JUAN FERNANDO CASAS VARGAS**

Jefe Grupo de Comunicaciones

© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

# Estudio Nacional <sup>o</sup> 2018 del Agua

ISBN: 978-958-5489-12-7

## • Edición

Martha García Herrán  
Nelson Omar Vargas Martínez  
Omar Jaramillo Rodríguez  
Jenny Paola Marín Salazar

## • Coordinación técnica

Martha García Herrán  
Nelson Omar Vargas Martínez

## • Edición cartográfica

Omar Jaramillo Rodríguez

Foto de portada: Jenny Marín

## • Director de arte

Jesús Alberto Galindo Prada

## Diseño y diagramación

Paula Andrea Osorio Arana

## Graficadores

Carlos Vacca, Jenny Coca

Alma Digital S.A.S.

Cítese como: IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam: 452 pp.

Publicación aprobada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales  
Marzo de 2019, Bogotá, D. C., Colombia

### Distribución gratuita

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 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

### Impresión

Panamericana Formas e Impresos S.A.  
2019

# • Autores

- Martha García Herrán
- Nelson Omar Vargas Martínez
- Fabio Andrés Bernal Quiroga
- Carolina Vega Viviescas
- Nicolás Duque Gardeazábal
- Pedro Felipe Arboleda Obando
- Sofía Roa Lozano
- Omar Jaramillo Rodríguez
- Jorge Luis Ceballos Liévano
- Juan José Montoya Monsalve
- Claudia Yaneth Contreras Trujillo
- Ana María Vesga Güiza
- María del Pilar Peñalosa Díaz
- Consuelo Helena Onofre Encinales
- Diego Arévalo Uribe
- Andrea Guzmán Cabrera
- Carolina Rodríguez Ortiz
- Gabriela Parada Puig
- Juan Esteban González Valencia
- Claudia Nicol Tetay Botía
- Jenny Paola Marín Salazar
- Gladys Cardona Vanegas
- Marcela Núñez Avellaneda
- María Camila Escobar Restrepo
- Edwin Agudelo Córdoba
- Adriana Estrada Estrada
- Marcela Jiménez Sepúlveda
- Claudia Marcela Moreno Segura
- Oscar J. Mújica
- Omayda Cárdenas Bustamante
- Diana Patricia Díaz Jiménez
- Carlos Andrés Castañeda Orjuela

# Colaboradores

▶ Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (Acolgen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ana María Pérez</li> </ul>	▶ Federación Colombiana de Acuicultores (Fedeacua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Héctor David</li> <li>Sara Bonilla</li> </ul>
▶ Asociación Colombiana del Petróleo (ACP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Henry Martínez</li> <li>Rafael Herz</li> </ul>	▶ Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edwin Giovanni Girón</li> <li>Gustavo Adolfo Gómez</li> <li>Juan Carlos Espinosa</li> <li>Julián David Cifuentes</li> </ul>
▶ Agencia de Desarrollo Rural (ADR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esperanza Guarnizo</li> <li>Fabián Acosta</li> <li>Jhonatan Álvarez</li> <li>Milena Medina</li> </ul>	▶ Exdirector del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ómar Franco Torres</li> </ul>
▶ Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hermes Mojica</li> </ul>	▶ Good Stuff International (GSI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andrés Estrada</li> </ul>
▶ Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernando Flórez</li> </ul>	▶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alexánder Martínez</li> <li>Claudia Olarte</li> <li>Diana Patricia Ramírez</li> <li>Éderson Cabrera</li> <li>Francisco Rojas Heredia</li> <li>Gabriel Saldarriaga</li> <li>Hernando Wilches</li> <li>José Alejandro Ospina</li> <li>José Franklin Ruiz</li> <li>José Ville Triana</li> <li>Juan Gómez</li> <li>María Constanza Rosero</li> <li>Martha Cecilia Cadena</li> <li>Nelsy Verdugo</li> <li>Nidia Cristina Mayorga</li> <li>Nury Alejandra Mesa</li> <li>Ómar Mercado</li> <li>Óscar Julián Guerrero</li> <li>Patricia León</li> <li>Reinaldo Sánchez</li> <li>Vicente Peña</li> <li>Yamile Andrea Moreno</li> </ul>
▶ Consejo Nacional de Operación (CNO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Germán Becerra</li> </ul>		
Cuenta Nacional de Carne y Leche (CNCL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Óscar Quiroga</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andrés Melo Girón</li> </ul>		
▶ Consultores externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carlos A. Guevara</li> <li>Elías Pinto</li> </ul>		
▶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amanda Soto</li> <li>Bayron Cubillos</li> <li>Camilo Guataquirá</li> <li>Fernando Mora</li> <li>Jairo Alfonso Puerto</li> <li>Marly Johanna Téllez</li> <li>Miguel Antonio Torres</li> <li>Natalia Fresneda</li> <li>Nubia Stella Luis Rojas</li> <li>Óscar Mauricio Acosta</li> <li>Pilar Andrade Medina</li> <li>Saida Cuéllar</li> </ul>		

▶ Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Úrsula Jaramillo Villa</li> </ul>	▶ Universidad Distrital Francisco José de Caldas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carlos Mario Calderón (Pasante)</li> </ul>
▶ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alejandro Ruiz</li> <li>• Dionisio Ortiz</li> <li>• Luz Stella Barbosa</li> </ul>	▶ Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camilo Gómez</li> <li>• Carlos Medina</li> <li>• Héctor Herrera</li> <li>• Javier Martínez</li> <li>• Marcela Bonilla</li> <li>• Ricardo Viana</li> <li>• William Henao</li> <li>• Wilson Sandoval</li> <li>• Yuliana Acevedo</li> </ul>
▶ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• David Román</li> <li>• Diana Carolina Callejas</li> <li>• Diana Moreno</li> <li>• Janeth Elena Ortega</li> <li>• Nelson Anillo</li> </ul>	▶ Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ana Isabel Sanabria</li> <li>• Daniel Aguilar</li> <li>• Elizabeth Flechas</li> <li>• José Luis Martínez</li> <li>• Luz Marina Arévalo</li> </ul>
▶ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Henry Javier Palacios</li> <li>• Juan Diego Narváz</li> <li>• Mike Donald Bowie</li> <li>• Sandra Lorena Casanova</li> <li>• Zayda Janeth Sandoval</li> </ul>	▶ Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)	
▶ Servicio Geológico Colombiano (SGC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcides Aguirre</li> <li>• Hugo de Jesús Cañas</li> <li>• Jairo Veloza</li> </ul>	▶ Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique)	
▶ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ana Milena Parra</li> <li>• Christian Fabián Puerto</li> <li>• Diego Martín Castillo</li> <li>• Juan Felipe Rojas</li> <li>• María Alejandra Gallo</li> <li>• Melani Ailyn Cáceres</li> <li>• Vivian Robayo</li> <li>• Viviana Hernández</li> </ul>	▶ Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre)	
▶ Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos - Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (SIMCI-UNODC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Germán Andrés Clavijo</li> <li>• Hernando Bernal</li> <li>• Laura Angélica Castro</li> <li>• Leonardo Correa</li> </ul>	▶ Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)	
▶ Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juliana Aguilar (Pasante)</li> </ul>	▶ Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB)	
▶ Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, sede Medellín	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carlos José Gaviria</li> </ul>	▶ Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia)	
▶ Universidad de los Andes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tatiana Osorio (Pasante)</li> </ul>	▶ Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina)	
		▶ Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare (Cornare)	
		▶ Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas)	
		▶ Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar)	
		▶ Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira)	
		▶ Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima)	

---

▶ Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)

---

▶ Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ)

---

▶ Corporación Autónoma Regional de Chivor  
(Corpochivor)

---

▶ Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el  
San Jorge (Corpomojana)

---

▶ Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá  
(Corpourabá)

---

▶ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)

---

▶ Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Bogotá

---

▶ Corporación Autónoma Regional de Boyacá  
(Corpoboyacá)

---

▶ Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

---

▶ Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del  
San Jorge (CVS)

---

▶ Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder)

---

▶ Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)

---

▶ Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)

---

▶ Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la  
Amazonia (Corpoamazonia)

---

▶ Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento  
Básico (CRA)

---

▶ Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres  
(UNGRD)





# • Tabla de Contenido

<b>Prólogo</b> .....	<b>21</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>23</b>
<b>Siglas</b> .....	<b>25</b>
<b>Capítulo 1. Enfoque conceptual y metodología general</b> .....	<b>31</b>
<b>1.1</b> Síntesis del modelo conceptual que soporta la evaluación nacional del agua.....	32
<b>1.1.1</b> Esquema conceptual de la evaluación .....	32
<b>1.1.2</b> Sistema de indicadores hídricos .....	34
<b>1.1.3</b> Enfoque del análisis integrado .....	35
<b>1.2</b> Alcance y procedimiento metodológico general .....	35
<b>1.2.1</b> Procedimiento metodológico.....	35
<b>1.2.2</b> Información y fuentes de información para ENA 2018 .....	37
<b>1.2.3</b> Sistema de coordenadas .....	37
<b>1.2.4</b> Unidades de análisis espacial y temporal.....	37
<b>Capítulo 2. Agua superficial</b> .....	<b>39</b>
<b>2.1</b> Oferta hídrica y régimen hidrológico .....	41
<b>2.1.1</b> Oferta hídrica.....	41
<b>2.1.2</b> Oferta hídrica disponible.....	54
<b>2.1.3</b> Modelación hidrológica con el modelo DWB .....	55
<b>2.2</b> Variabilidad climática .....	58
<b>2.3</b> Indicadores hidroclimatológicos .....	63
<b>2.3.1</b> Índice de aridez.....	63
<b>2.3.2</b> Índice de regulación hídrica .....	65
<b>2.4</b> Sequías .....	69
<b>2.4.1</b> Periodos secos extremos en Colombia.....	70
<b>2.4.2</b> Principales eventos de sequía que afectaron al país .....	71
<b>2.4.3</b> Afectaciones en la oferta hídrica superficial por eventos de sequía .....	73
<b>2.4.4</b> Conclusiones de oferta hídrica, indicadores y sequías .....	76

<b>2.5</b>	Inundaciones	77
2.5.1	Aspectos conceptuales y metodológicos	78
2.5.2	Zonas potencialmente inundables: escala nacional	82
2.5.3	Estudio y caracterización de las inundaciones: escalas regional y local	88
<b>2.6</b>	Cuerpos de agua lénticos	91
2.6.1	Aspectos conceptuales y metodológicos	91
2.6.2	Distribución de lagos, lagunas, ciénagas y embalses por área hidrográfica	92
<b>2.7</b>	Glaciares	94
2.7.1	Aspectos conceptuales y metodológicos	94
2.7.2	Evolución del área glaciar en Colombia	95
2.7.3	Aspectos hídricos de los glaciares: el caso del volcán nevado Santa Isabel, sector conejeras	97

## **Capítulo 3. Sedimentos** ..... 101

<b>3.1</b>	Aspectos conceptuales y metodológicos	102
3.1.1	Erosión hídrica en ladera	105
3.1.2	Movimientos en masa	107
3.1.3	Evidencias de explotación de oro de aluvión	107
3.1.4	Rendimiento de sedimentos	109
<b>3.2</b>	Análisis de rendimiento y producción de sedimentos para Colombia	109
3.2.1	Erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos	109
3.2.2	Transporte y rendimiento de sedimentos	113
3.2.3	Análisis comparativo del transporte de sedimentos en suspensión ENA 2014 y ENA 2018	113
<b>3.3</b>	Análisis integrado de sedimentos por área hidrográfica	117
3.3.1	Área hidrográfica Caribe	117
3.3.2	Área hidrográfica Magdalena–Cauca	118
3.3.3	Área hidrográfica Orinoco	122
3.3.4	Área hidrográfica Amazonas	124
3.3.5	Área hidrográfica Pacífico	125
<b>3.4</b>	Conclusión sedimentos	127

## **Capítulo 4. Agua subterránea** ..... 131

<b>4.1</b>	Aspectos conceptuales	132
<b>4.2</b>	Aspectos metodológicos	137
4.2.1	Identificación de zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas	137
4.2.2	Sistemas acuíferos	139
4.2.3	Inventario de puntos de agua	139
<b>4.3</b>	Resultados	140
4.3.1	Zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas	140
4.3.2	Actualización de sistemas acuíferos	143
4.3.3	Actualización del inventario nacional de puntos de agua subterránea	153

4.4. Evolución del conocimiento de las aguas subterráneas 2010–2018.....	158
4.5 Conclusiones agua subterránea .....	161
<b>Capítulo 5. Usos del agua .....</b>	<b>163</b>
5.1 Aspectos conceptuales y metodológicos de la demanda y la huella hídrica.....	164
5.1.1 Sectores analizados sin variación metodológica frente a ENA 2014 .....	165
5.1.2 Sectores analizados con variación metodológica frente a ENA 2014 .....	166
5.2 Demanda hídrica y huella hídrica sectorial y multisectorial .....	168
5.2.1 Demanda de agua y huella hídrica nacional multisectorial .....	168
5.2.2 Distribución sectorial de demanda y huella hídrica para año 2016 .....	174
5.2.3 Distribución de la demanda de agua sectorial y huella hídrica azul por área hidrográfica.....	181
5.2.4 Distribución de la demanda de agua sectorial y de la huella hídrica azul por subzona hidrográfica.....	185
5.2.5 Análisis multianual de la demanda hídrica del sector agrícola .....	201
5.3 Flujos de agua virtual .....	202
5.4 Indicadores desarrollados a partir del uso del agua .....	207
5.4.1. Relación entre la demanda hídrica y la huella hídrica azul (IEUA) .....	207
5.4.2. Evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica verde (IPHE) .....	210
5.5 Reflexión final sobre usos del agua en Colombia .....	214
<b>Capítulo 6. Calidad de agua.....</b>	<b>217</b>
6.1. Aspectos conceptuales y metodológicos.....	218
6.1.1 Elementos conceptuales .....	218
6.1.2. Procedimiento metodológico general.....	221
6.1.3 Condiciones de la calidad del agua .....	222
6.1.4 Presión sobre la calidad del agua .....	222
6.2 Análisis de las condiciones de calidad del agua en Colombia .....	225
6.2.1 Cargas contaminantes medidas en estaciones de monitoreo.....	226
6.2.2 Análisis de la calidad de agua a partir de la concentración medida de materia orgánica, oxígeno disuelto, sólidos y nutrientes .....	226
6.2.3 Concentración de metales pesados en sedimentos.....	229
6.2.4 Estudio de mercurio en ecosistemas amazónicos afectados por minería de oro y otras localidades.....	232
6.2.5 Índice de calidad del agua .....	241
6.3. Presión sobre la calidad del agua .....	245
6.3.1 Carga contaminante puntual.....	245
6.3.2 Cargas contaminantes generadas por los sectores usuarios del agua y removidas por sistemas de tratamiento de agua residuales .....	253
6.3.3 Vertimiento de mercurio al suelo y al agua en la minería (oro y plata) .....	255
6.3.4 Uso de agroquímicos en la agricultura .....	257

6.3.5 Usos de sustancias químicas para la transformación de coca, como uso ilícito .....	258
6.3.6 Índice de alteración potencial de la calidad del agua (local) .....	259
6.4 Conclusiones .....	263

## **Capítulo 7. Agua salud y medio ambiente .....265**

7.1 Uso de plaguicidas en Colombia (2013–2016) .....	266
7.1.1 Metodología .....	268
7.1.2 Uso de plaguicidas (2013–2016) .....	268
7.1.3 Uso de plaguicidas por departamento (2013–2016) .....	271
7.1.4 Discusión y conclusiones .....	276
7.2 Agua, salud ambiental y equidad .....	280
7.2.1 Marco metodológico .....	281
7.2.2 Resultados .....	283
7.2.3 Discusión y conclusiones .....	286

## **Capítulo 8. Análisis integrado del agua en Colombia .....289**

8.1 Evaluación integral del agua en Colombia y categorización de subzonas hidrográficas .....	290
8.1.1 Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural .....	292
8.1.2 Análisis del recurso hídrico por condiciones de uso, contaminación y variabilidad .....	292
8.1.3 Evaluación integrada del agua a nivel nacional .....	299
8.2 Susceptibilidad al desabastecimiento de cabeceras municipales en época seca .....	307
8.2.1 Procedimiento metodológico .....	307
8.2.2 Cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca .....	308
8.2.3 Alternativas de uso de agua subterránea frente afectaciones antrópicas y variabilidad climática .....	313
8.3 Proyecciones de uso de agua 2017–2030 .....	314
8.3.1 Metodología de las proyecciones de la demanda hídrica 2017–2030 .....	314
8.3.2 Procedimiento para el cálculo de las proyecciones de uso de agua de Colombia .....	315
8.3.3 Escenarios .....	317
8.3.4 Resultados y análisis de las proyecciones sectoriales de uso de agua por sector 2017–2030 .....	319
8.3.5 Tendencia en la demanda total de agua .....	332
8.4 Estudio Nacional del Agua y la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Agua .....	333
8.4.1 Antecedentes y alcance .....	333
8.4.2 Diferencias conceptuales y metodológicas .....	335
8.4.3 Usos de cada herramienta .....	338

## **Capítulo 9. Consideraciones finales sobre la evaluación nacional del agua .....339**

<b>Anexos</b> .....	<b>343</b>
<b>Anexo 1.</b> Valores por subzona hidrográfica de oferta y demanda hídrica, calidad de agua y zonas potencialmente inundables .....	343
<b>Anexo 2.</b> Indicadores hídricos por subzona hidrográfica .....	359
<b>Anexo 3.</b> Resultado de análisis integrado por subzonas hidrográficas .....	379
<b>Anexo 4.</b> Cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca y potencialidad de uso de aguas subterráneas .....	395
<b>Anexo 5.</b> Transporte y rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas .....	417

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Modelo básico de evaluación integrada del agua .....	33
<b>Figura 2.</b> Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2018 .....	34
<b>Figura 3.</b> Esquema metodológico para el Estudio Nacional de Agua 2018 .....	36
<b>Figura 4.</b> Esquema metodológico para el cálculo de factores ponderadores .....	43
<b>Figura 5.</b> Distribución por área hidrográfica de la oferta total .....	45
<b>Figura 6.</b> Mapa nacional de escorrentía media anual multianual .....	46
<b>Figura 7.</b> Mapa nacional de escorrentía media mensual multianual .....	47
<b>Figura 8.</b> Mapa nacional de escorrentía anual para año típico seco .....	49
<b>Figura 9.</b> Mapa nacional de escorrentía mensual para año típico seco .....	50
<b>Figura 10.</b> Mapa nacional de escorrentía anual para año típico húmedo .....	51
<b>Figura 11.</b> Mapa nacional de escorrentía mensual para año típico húmedo .....	53
<b>Figura 12.</b> Esquema metodológico para el cálculo de la oferta hídrica disponible (OHD) .....	54
<b>Figura 13.</b> Distribución por área hidrográfica de la OHD .....	55
<b>Figura 14.</b> Diagrama del modelo DWB, a partir de postulados de Budyko .....	56
<b>Figura 15.</b> Escorrentías mensuales por área hidrográfica, resultantes del modelo DWB .....	57
<b>Figura 16.</b> Escorrentías medias anuales por área hidrográfica, resultantes del modelo DWB .....	59
<b>Figura 17.</b> Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2630, con base en los resultados del modelo DWB .....	60
<b>Figura 18.</b> Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2701, con base en los resultados del modelo DWB .....	61
<b>Figura 19.</b> Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2907, con base en los resultados del modelo DWB .....	62
<b>Figura 20.</b> Mapa nacional multianual del índice de aridez .....	64
<b>Figura 21.</b> Distribución del índice de aridez por área hidrográfica .....	65
<b>Figura 22.</b> Mapa nacional de zonas morfogénicas homogéneas .....	67
<b>Figura 23.</b> Mapa nacional multianual del índice de regulación hídrica .....	68
<b>Figura 24.</b> Distribución del índice de regulación hídrica por área hidrográfica .....	69
<b>Figura 25.</b> Series mensuales promedio del SPI-1 y SPI-12 a nivel nacional .....	71

<b>Figura 26.</b> Relación del porcentaje de afectación anual del SPI-12 y el ONI .....	72
<b>Figura 27.</b> Mapas semestrales del SPI-12 para los periodos 1984-1985 y 2015-2016 .....	73
<b>Figura 28.</b> Series mensuales del SPI-1 frente al valor de la escorrentía normalizado, promediados por área hidrográfica .....	74
<b>Figura 29.</b> Variabilidad en la escorrentía en el año 2016 de la subzona 3501, con base en los resultados del modelo DWB .....	75
<b>Figura 30.</b> Variabilidad en la escorrentía en el año 2016 de la subzona 2204, con base en los resultados del modelo DWB .....	76
<b>Figura 31.</b> Representación general de una zona inundable .....	78
<b>Figura 32.</b> Proceso de reclasificación para la obtención del mapa de cambios en las coberturas de la tierra en zonas potencialmente inundables .....	80
<b>Figura 33.</b> Tipos de mapas asociados a las inundaciones y diagrama de flujo e información necesaria para la elaboración de los mapas de inundación .....	81
<b>Figura 34.</b> Zona potencialmente inundable por departamento .....	83
<b>Figura 35.</b> Distribución del área de las ZPI en territorios agrícolas y zonas naturales y seminaturales de los departamentos de Risaralda, Tolima, Caldas, Huila, Cundinamarca y Córdoba .....	85
<b>Figura 36.</b> Zonas potencialmente inundables en Colombia .....	86
<b>Figura 37.</b> Transformación de zonas potencialmente inundables en territorios agrícolas o territorios artificializados .....	87
<b>Figura 38.</b> Hitos y desarrollos recientes en la temática de inundaciones del Ideam .....	88
<b>Figura 39.</b> Distribución de cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica km <sup>2</sup> .....	92
<b>Figura 40.</b> Distribución del área ocupada por los lagos y lagunas por área hidrográfica .....	94
<b>Figura 41.</b> Distribución del área ocupada por las ciénagas por área hidrográfica .....	94
<b>Figura 42.</b> Evolución del área glaciár en Colombia, 1960-2017 .....	95
<b>Figura 43.</b> Cambio del glaciár Santa Isabel, sector Conejeras entre 2015 (izquierda) y 2016 (derecha) .....	96
<b>Figura 44.</b> Balance de masa anual del glaciár Santa Isabel, sector Conejeras .....	96
<b>Figura 45.</b> Balance de masa anual de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector Ritacuba Blanco .....	97
<b>Figura 46.</b> Manto de nieve acumulada sobre los glaciares de estudio .....	97
<b>Figura 47.</b> Caudal de fusión glaciár. Nevado santa Isabel, sector Conejeras Estación hidrométrica "Conejeras2", 4662 msnm .....	98
<b>Figura 48.</b> Ciclo de sedimentos en una cuenca hidrográfica .....	103
<b>Figura 49.</b> Componentes del ciclo de sedimentos en diferentes escalas temporales y espaciales .....	103
<b>Figura 50.</b> Esquema metodológico del componente de sedimentos del ENA 2018 .....	105
<b>Figura 51.</b> Mapas de entrada y salida. Erosión hídrica potencial en ladera .....	107
<b>Figura 52.</b> Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa (izquierda), mapa de evidencias de explotación de oro de aluvión (derecha) .....	108
<b>Figura 53.</b> Mapa de erosión hídrica potencial en ladera mensual multianual .....	110
<b>Figura 54.</b> Mapa de erosión hídrica potencial en ladera anual multianual .....	111
<b>Figura 55.</b> Mapa del valor medio de erosión hídrica potencial en ladera por subzona hidrográfica .....	112

<b>Figura 56.</b> Rendimiento de sedimentos de las cuencas aferentes a las estaciones analizadas .....	114
<b>Figura 57.</b> Cambios significativos (izquierda) y estaciones con cambios significativos (derecha) en el transporte medio anual multianual (kton/año) entre el ENA 2014 y el ENA 2018.....	116
<b>Figura 58.</b> Mapas de áreas críticas de procesos de producción y transporte de sedimentos en Colombia .....	128
<b>Figura 59.</b> Esquema del ciclo hidrológico en la recarga de acuíferos .....	133
<b>Figura 60.</b> Factores que contribuyen al proceso de recarga .....	135
<b>Figura 61.</b> Esquematación de las etapas seguidas para la elaboración del mapa nacional de zonas potenciales de recarga de acuíferos.....	137
<b>Figura 62.</b> Zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas (MZPRAS).....	141
<b>Figura 63.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAC3.2 Alta Guajira .....	144
<b>Figura 64.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAC 3.1 Media Guajira.....	145
<b>Figura 65.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAC 4.2 Ranchería.....	146
<b>Figura 66.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAP 3.2 Yopal–Tauramena .....	147
<b>Figura 67.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAM 4.3 Tunja .....	148
<b>Figura 68.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAM 4.4 Duitama–Sogamoso.....	149
<b>Figura 69.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAM 3.2 Patía.....	150
<b>Figura 70.</b> Fichas de los sistemas acuíferos SAM 6.1 Glacis del Quindío.....	151
<b>Figura 71.</b> Ficha de información del sistema acuífero SAM 6.8 Pintada–Valparaíso.....	152
<b>Figura 72.</b> Mapa actualizado de sistemas acuíferos.....	154
<b>Figura 73.</b> Distribución de tipos de punto de agua subterránea por área hidrográfica .....	156
<b>Figura 74.</b> Distribución de tipo de punto de agua subterránea por departamento .....	156
<b>Figura 75.</b> Distribución de tipos de punto de agua subterránea a nivel nacional .....	157
<b>Figura 76.</b> Distribución de tipos de condición de puntos de agua subterránea a nivel nacional.....	157
<b>Figura 77.</b> Evolución del conocimiento de las aguas subterráneas 2010–2018 .....	160
<b>Figura 78.</b> Demanda hídrica y huella hídrica azul. Comparación ENA 2010, 2014 y 2018 .....	169
<b>Figura 79.</b> Huella hídrica verde. Comparación ENA 2010, 2014 y 2018.....	170
<b>Figura 80.</b> Demanda hídrica sectorial ENA 2018 (millones de m <sup>3</sup> /año) .....	170
<b>Figura 81.</b> Huella hídrica azul como porcentaje de la demanda hídrica .....	171
<b>Figura 82.</b> Participación porcentual de la demanda hídrica con respecto al valor total de los sectores usuarios por año. Comparación ENA 2010, 2014 y 2018 .....	172
<b>Figura 83.</b> Distribución de la demanda hídrica sectorial por área hidrográfica .....	174
<b>Figura 84.</b> Demanda total de agua por subzona hidrográfica .....	186
<b>Figura 85.</b> Participación porcentual de la demanda por subzona hidrográfica con respecto a la demanda total (SZH con los valores más altos) .....	187
<b>Figura 86.</b> Huella hídrica verde agrícola anual por subzonas hidrográficas .....	188
<b>Figura 87.</b> Huella hídrica azul agrícola anual por subzonas hidrográficas .....	189
<b>Figura 88.</b> Huella hídrica verde agrícola mensual por subzonas hidrográficas .....	191
<b>Figura 89.</b> Huella hídrica azul mensual por subzonas hidrográficas .....	192
<b>Figura 90.</b> Demanda de agua agrícola, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	193
<b>Figura 91.</b> Demanda de agua sectorial .....	194
<b>Figura 92.</b> Demanda de agua sector pecuario, subzonas hidrográficas con mayor participación.....	195

<b>Figura 93.</b> Demanda de agua sector piscícola, subzonas hidrográficas con mayor participación.....	196
<b>Figura 94.</b> Demanda de agua sector energía, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	196
<b>Figura 95.</b> Demanda de agua sector industria, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	197
<b>Figura 96.</b> Demanda de agua sector construcción, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	197
<b>Figura 97.</b> Demanda de agua sector minería, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	198
<b>Figura 98.</b> Demanda de agua sector hidrocarburos, subzonas hidrográficas con mayor participación.....	198
<b>Figura 99.</b> Demanda de agua sector servicios, subzonas hidrográficas con mayor participación.....	199
<b>Figura 100.</b> Demanda de agua sector doméstico, subzonas hidrográficas con mayor participación .....	200
<b>Figura 101.</b> Serie de demanda hídrica agrícola anual (cultivos permanentes y transitorios).....	201
<b>Figura 102.</b> Colombia. Distribución de flujos de agua virtual 2016 .....	203
<b>Figura 103.</b> Distribución de flujos de agua virtual total Colombia 2016 por cultivos de origen .....	204
<b>Figura 104.</b> Colombia. Huella hídrica azul frente al agua virtual azul 2016.....	206
<b>Figura 105.</b> Colombia. Huella hídrica verde frente al agua virtual verde 2018.....	206
<b>Figura 106.</b> Índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA) .....	209
<b>Figura 107.</b> IPHE por subzona hidrográfica, bajo el escenario de áreas protegidas legales .....	212
<b>Figura 108.</b> Presiones sobre la calidad de agua a los sistemas hídricos superficiales.....	219
<b>Figura 109.</b> Modos de penetración de los plaguicidas al medio ambiente .....	220
<b>Figura 110.</b> Procedimiento metodológico, componente calidad del agua .....	221
<b>Figura 111.</b> Cargas contaminantes de DQO, DBO <sub>5</sub> , nitrato, nitrógeno amoniacal y fósforo total. Calculada por estación de monitoreo .....	226
<b>Figura 112.</b> Resultado de mediciones de concentración en 2016 de materia orgánica, oxígeno disuelto y nutrientes que evidencian afectación de condiciones de calidad de agua.....	228
<b>Figura 113.</b> Concentración de cadmio y níquel potencialmente biodisponible .....	229
<b>Figura 114.</b> Concentración de cobre (Cu) y cromo (Cr) potencialmente biodisponible .....	230
<b>Figura 115.</b> Concentración de aluminio (Al) y hierro (Fe) potencialmente biodisponible.....	231
<b>Figura 116.</b> Concentración de manganeso (Mg), plomo (Pb) y zinc (Zn) potencialmente biodisponible .....	231
<b>Figura 117.</b> Concentración de mercurio total en sedimentos .....	232
<b>Figura 118.</b> Ubicación sitios de muestreo para la evaluación de la presencia de mercurio en aguas y sedimentos en la localidad de Tarapacá, Amazonas .....	234
<b>Figura 119.</b> Ubicación sitios de muestreo para la evaluación de la presencia de mercurio en aguas y sedimentos en la localidad de Taraira, Vaupés.....	235
<b>Figura 120.</b> Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de agua por punto de muestreo en las localidades de Tarapacá y Taraira .....	237
<b>Figura 121.</b> Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimento por punto de muestreo en las localidades de Tarapacá y Taraira .....	238
<b>Figura 122.</b> Localidades muestreadas en otros sitios de la Amazonía .....	240
<b>Figura 123.</b> Índice de calidad del agua 2016 .....	242
<b>Figura 124.</b> Comportamiento del ICA en el río Cauca en 2016 .....	243
<b>Figura 125.</b> Comportamiento del ICA en el río Magdalena en 2016 .....	244
<b>Figura 126.</b> Comportamiento del ICA en el río Bogotá en 2016 .....	244
<b>Figura 127.</b> Carga contaminante potencialmente vertidas a las corrientes hídricas (t/año) 2016 .....	246
<b>Figura 128.</b> Carga contaminante estimada por área hidrográfica 2016.....	246



<b>Figura 129.</b> Presión estimada de DBO por subzona hidrográfica, año 2016 .....	248
<b>Figura 130.</b> Presión estimada de DQO por subzona hidrográfica, año 2016 .....	250
<b>Figura 131.</b> Presión estimada de SST por subzona hidrográfica, año 2016 .....	252
<b>Figura 132.</b> Vertimiento de mercurio al suelo y al agua, por benéfico de oro y plata en 2016 .....	256
<b>Figura 133.</b> Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola .....	257
<b>Figura 134.</b> Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola, 2008, 2012 y 2016 .....	258
<b>Figura 135.</b> Uso de sustancias químicas en los procesos de transformación de coca como uso ilícito por departamento en 2016 .....	259
<b>Figura 136.</b> Comparación de sustancias químicas empleadas en la transformación de la coca en Colombia .....	259
<b>Figura 137.</b> local en condiciones hidrológicas medias y de año seco .....	260
<b>Figura 138.</b> Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico, Colombia, 2013–2016 .....	269
<b>Figura 139.</b> Municipios con reporte de uso de plaguicidas; Colombia, 2013–2016 .....	275
<b>Figura 140.</b> Desigualdades en mortalidad materna según gradiente municipal definido por cobertura de acueducto; Colombia, 2012–2016 .....	284
<b>Figura 141.</b> Desigualdades en mortalidad por enfermedad diarreica aguda según gradiente municipal definido por cobertura de acueducto; Colombia, 2012–2016 .....	285
<b>Figura 142.</b> Esquema metodológico para la categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada del agua .....	291
<b>Figura 143.</b> Índice de uso de agua para condiciones hidrológicas promedio y extrema de año seco .....	293
<b>Figura 144.</b> Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento para condiciones hidrológicas promedio y de año seco .....	297
<b>Figura 145.</b> Evaluación integrada del agua por subzona hidrográfica .....	302
<b>Figura 146.</b> Metodología para la selección de cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca .....	308
<b>Figura. 147</b> Distribución de las 391 cabeceras municipales con susceptibilidad al desabastecimiento hídrico en temporada seca en el territorio colombiano .....	309
<b>Figura 148.</b> Distribución de las 391 cabeceras municipales con susceptibilidad al desabastecimiento hídrico en temporada seca en el territorio colombiano .....	310
<b>Figura 149.</b> Distribución por área hidrográfica de las cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento hídrico en temporada seca .....	311
<b>Figura 150.</b> Distribución por zona hidrográfica de las cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento hídrico en temporada seca .....	311
<b>Figura 151.</b> Distribución por tipo de fuente hídrica de abastecimiento de cabeceras municipales y susceptibles al desabastecimiento en temporada seca .....	312
<b>Figura 152.</b> Modelo de dinámica de sistema aplicado .....	316
<b>Figura 153.</b> Proyecciones de demanda de cultivos permanentes 2016–2030 .....	320
<b>Figura 154.</b> Proyección de demanda de agua cultivos transitorios, calendario A y B, 2016–2030 .....	322
<b>Figura 155.</b> Proyección de uso de agua en agricultura .....	323
<b>Figura 156.</b> Sector pecuario. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	324
<b>Figura 157.</b> Sector industria. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	325
<b>Figura 158.</b> Sector hidrocarburos. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	326

<b>Figura 159.</b> Sector minero. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	327
<b>Figura 160.</b> Sector hidroenergía. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	328
<b>Figura 161.</b> Sector termoenergía. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	329
<b>Figura 162.</b> Sector servicios. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	330
<b>Figura 163.</b> Uso doméstico. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	331
<b>Figura 164.</b> Demanda total. Escenarios de uso de agua 2017–2030 .....	332
<b>Figura 165.</b> Principales características del Estudio Nacional del Agua y la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Agua .....	334

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Oferta total por área hidrográfica .....	44
<b>Tabla 2.</b> Distribución por área hidrográfica de la OHD .....	55
<b>Tabla 3.</b> Categorías del índice de aridez .....	63
<b>Tabla 4.</b> Categorías del índice de regulación hídrica .....	66
<b>Tabla 5.</b> Categorías del índice estandarizado de precipitación .....	70
<b>Tabla 6.</b> Eventos históricos de sequías en Colombia vs. eventos de El Niño, con base en el ONI .....	71
<b>Tabla 7.</b> Zonas potencialmente inundables por zona hidrográfica .....	82
<b>Tabla 8.</b> Zonas potencialmente inundables transformadas y naturales, por zona hidrográfica .....	84
<b>Tabla 9.</b> Mapas de inundación generados a 2018 a escala detallada .....	89
<b>Tabla 10.</b> Objetivos del <i>Proyecto para el Fortalecimiento de la Capacidad de Manejo del Riesgo de Inundaciones en la República de Colombia</i> .....	90
<b>Tabla 11.</b> Aspectos conceptuales de los cuerpos de agua lénticos .....	91
<b>Tabla 12.</b> Relación de área ocupada por cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica .....	93
<b>Tabla 13.</b> Fuentes de información utilizadas .....	104
<b>Tabla 14.</b> Rangos adoptados para la erosión hídrica potencial en ladera .....	113
<b>Tabla 15.</b> Comparación del transporte de sedimentos en suspensión entre valores del ENA 2014 y el ENA 2018 .....	115
<b>Tabla 16.</b> Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Caribe .....	117
<b>Tabla 17.</b> Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe .....	118
<b>Tabla 18.</b> Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Magdalena–Cauca .....	119
<b>Tabla 19.</b> Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena–Cauca .....	120
<b>Tabla 20.</b> Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Orinoco .....	122
<b>Tabla 21.</b> Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco .....	123

<b>Tabla 22.</b> Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Amazonas.....	125
<b>Tabla 23.</b> Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Pacífico.....	125
<b>Tabla 24.</b> Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico.....	126
<b>Tabla 25.</b> Aspectos conceptuales de la recarga de aguas subterráneas.....	134
<b>Tabla 26.</b> Inventario preliminar de puntos de agua subterránea por área de jurisdicción de las autoridades ambientales.....	155
<b>Tabla 27.</b> Demanda de agua, huella hídrica azul y flujos de retorno en millones de m <sup>3</sup> .....	171
<b>Tabla 28.</b> Distribución de la demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.....	173
<b>Tabla 29.</b> Eficiencias para sistemas de riego en Colombia.....	176
<b>Tabla 30.</b> Demanda hídrica y huella hídrica azul y verde para cultivos permanentes.....	177
<b>Tabla 31.</b> Demanda hídrica y huella hídrica azul y verde para cultivos transitorios.....	178
<b>Tabla 32.</b> Demanda hídrica y huella hídrica para pastos.....	178
<b>Tabla 33.</b> Distribución de la producción de pescado por tipo de especie.....	179
<b>Tabla 34.</b> Participación de demanda y huella hídrica azul por áreas hidrográficas.....	182
<b>Tabla 35.</b> Demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.....	182
<b>Tabla 36.</b> Huella hídrica azul sectorial por área hidrográfica.....	183
<b>Tabla 37.</b> Participación porcentual de la demanda sectorial por área hidrográfica.....	183
<b>Tabla 38.</b> Participación porcentual de la huella hídrica azul sectorial por área hidrográfica.....	184
<b>Tabla 39.</b> Relación huella hídrica azul – demanda de agua.....	185
<b>Tabla 40.</b> Colombia. Clasificación de flujos de agua virtual por países de destino 2016.....	203
<b>Tabla 41.</b> Colombia. Clasificación de flujos de agua virtual por cultivo de origen.....	204
<b>Tabla 42.</b> Colombia. Flujos de agua virtual por área hidrográfica de origen 2016 (millones de m <sup>3</sup> ).....	204
<b>Tabla 43.</b> Colombia. Flujos de agua virtual azul por cultivo y área hidrográfica de origen 2016.....	205
<b>Tabla 44.</b> Colombia. Flujos de agua virtual verde por cultivo y área hidrográfica de origen 2016.....	205
<b>Tabla 45.</b> Rangos de calificación del IEUA.....	208
<b>Tabla 46.</b> Rangos de calificación del IPHE.....	211
<b>Tabla 47.</b> Subzonas hidrográficas con IPHE crítico.....	213
<b>Tabla 48.</b> Información emisarios submarino para tratamiento de aguas residuales domésticas.....	223
<b>Tabla 49.</b> Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año).....	225
<b>Tabla 50.</b> Concentraciones de referencia para evaluar la posible afectación de las condiciones de calidad del agua.....	227
<b>Tabla 51.</b> Concentraciones de THg (mercurio total) y MeHg (metilmercurio) en muestras de agua tomadas en las localidades de Tarapacá y Taraira.....	236
<b>Tabla 52.</b> Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimentos tomadas en la localidad de Taraira.....	237
<b>Tabla 53.</b> Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimentos tomadas en la localidad de Tarapacá.....	239
<b>Tabla 54.</b> Subzonas hidrográficas con aportes de carga de DBO en nueve subzonas donde se encuentra las principales ciudades del país.....	249

<b>Tabla 55.</b> Subzonas hidrográficas con mayores aportes de carga de DQO .....	251
<b>Tabla 56.</b> Aporte de SST Subzonas donde se encuentra las principales ciudades del país en 2016 .....	253
<b>Tabla 57.</b> Carga contaminante generada por los sectores usuarios y removida en sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	254
<b>Tabla 58.</b> Municipios con nuevos reportes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en 2016 .....	254
<b>Tabla 59.</b> Porcentajes de remoción de carga contaminante a nivel nacional, sectores Industrial y doméstico en 2016 .....	255
<b>Tabla 60.</b> Índice de alteración potencial de calidad de agua, subzonas por categoría .....	261
<b>Tabla 61.</b> Porcentaje de uso de plaguicidas por categoría toxicológica, Colombia, 2013–2016 .....	270
<b>Tabla 62.</b> Porcentaje de uso de plaguicidas por objeto blanco a controlar; Colombia, 2013–2016 .....	271
<b>Tabla 63.</b> Número de participantes y reporte de plaguicidas por departamento en 24 departamentos de Colombia, 2013–2016 .....	272
<b>Tabla 64.</b> Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico y departamento; Colombia, 2013–2016 .....	273
<b>Tabla 65.</b> Número de municipios con la mayor participación por departamento; Colombia, 2013–2016 .....	274
<b>Tabla 66.</b> Categorías de porcentaje de reducción o aumento de la escorrentía anual para condición extrema debido a variabilidad hidroclimática .....	292
<b>Tabla 67.</b> Índice de uso de agua, subzonas hidrográficas por categoría .....	294
<b>Tabla 68.</b> Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico, subzonas por área hidrográfica .....	296
<b>Tabla 69.</b> Categoría de erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos .....	298
<b>Tabla 70.</b> Categorías de porcentaje de transformación de zonas potencialmente inundables .....	299
<b>Tabla 71.</b> Categorías para el análisis integrado por vertimiento de mercurio .....	299
<b>Tabla 72.</b> Categorías para el análisis por uso de sustancias químicas en proceso de extracción y refinación de coca .....	299
<b>Tabla 73.</b> VRH-Ex: variabilidad del recurso hídrico, condiciones de año seco .....	300
<b>Tabla 74.</b> Categorías para la evaluación integrada de subzonas hidrográficas y priorización por afectación al agua .....	301
<b>Tabla 75.</b> Subzonas por área hidrográfica y por categoría de análisis .....	301
<b>Tabla 76.</b> Subzonas hidrográficas en categoría Muy alta en condiciones hidrológicas extremas de año seco .....	303
<b>Tabla 77.</b> Subzonas hidrográficas en categoría Alta en condiciones hidrológicas extremas de año seco .....	304
<b>Tabla 78.</b> Variables modelos ADL .....	315
<b>Tabla 79.</b> Supuestos para los escenarios .....	317
<b>Tabla 80.</b> Tasas utilizadas en el escenario tendencial o medio para el sector pecuario .....	323
<b>Tabla 81.</b> Factor de uso m <sup>3</sup> /habitante .....	331
<b>Tabla 82.</b> Resumen de las características de estimación de la demanda de agua en el ENA y la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Agua .....	336

# Prólogo

**E**l agua, líquido vital. Nuestra gran responsabilidad es conocerla y monitorearla. El compromiso de todos, preservarla.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), como máxima autoridad hidrológica de Colombia, entrega al país y a la comunidad científica internacional esta versión del Estudio Nacional del Agua (ENA) en su edición 2018, cuyo marco conceptual se sustenta natural y sólidamente en el ciclo hidrológico.

El ENA ha sido una de las herramientas más importantes y de mayor empleo en el país en la historia del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (SINA), debido a su excelencia y rigor científico en los datos recopilados, así como con el análisis y construcción de la información. Igualmente, el ENA ha permitido a los usuarios la toma de decisiones políticas y administrativas en los ámbitos regional y nacional, en cuanto a la utilización, conservación y cuidado del agua como uno de los recursos de vida más importantes del planeta, dado que su calidad y cantidad permiten la conservación de la biota y de la vida misma de los seres humanos.

En el ENA 2018 se continúa aportando conocimiento sobre el estado de las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el uso y calidad del agua, los sedimentos, y se hace un análisis de las relaciones del agua con la salud de los ecosistemas. Se presentan capítulos nuevos, interesantes e innovadores, como los que tienen que ver con la cuenta ambiental del agua,

los análisis integrados de sedimentos, los cuerpos de agua cerrados (ambientes lénticos), el agua, la salud, el ambiente y la equidad, y los nuevos modelos de proyección de demanda hídrica para las próximas décadas.

El gran aporte del ENA permite a los habitantes del país tener conocimiento de este recurso natural de manera integral en la subzona hidrográfica en donde viven: si está en potencial desabastecimiento, cuál es la calidad del agua, cómo la información sobre sequía e inundaciones puede ayudar en la planificación y adaptación a la variabilidad climática. Además, el ENA permite informarse acerca de alternativas de uso y proyecciones para agricultores, ganaderos o empresarios.

Esta edición, gracias a una misión de equipo, es el producto de un trabajo en conjunto, el más importante hasta la fecha en la historia del estudio; ha sido desarrollada por socios, coequiperos o amigos del agua, bien sean investigadores o usuarios de más de 25 sectores de los ámbitos local, regional y nacional, a quienes se les agradece su información, conocimientos y aportes para la construcción de esta herramienta.

Respetados lectores: el Ideam —su Centro de Investigaciones— espera seguir ofreciendo información científica bien cimentada para la toma de decisiones en el diario vivir, que conlleve el uso y cuidado responsable de uno de los preciados regalos de la naturaleza: el agua.

---

**Yolanda González Hernández**  
Directora General del Ideam



# • Introducción •

El patrimonio hídrico del país está representado por el agua en las diferentes fases y manifestaciones en que se encuentra, ocurre e interactúa en el ciclo hidrológico. Su estudio requiere la definición de unidades de análisis espaciales que faciliten su evaluación y seguimiento tanto para aguas superficiales (áreas, zonas y subzonas hidrográficas) como para aguas subterráneas (sistemas acuíferos, como en el caso particular de los Estudios Nacionales del Agua).

El conocimiento de este patrimonio hídrico, su distribución, estado, dinámica y presiones sobre los sistemas hídricos en cantidad y calidad constituyen el soporte para la planificación del territorio y la toma de decisiones sobre el mismo. Además, su funcionalidad e integralidad en los servicios ecosistémicos están determinadas por sus potencialidades y restricciones para efectos de aprovechamiento energético, seguridad alimentaria, abastecimiento y uso sectorial, entre otros.

El agua es motor de desarrollo y su aprovechamiento eficiente y sostenible depende de la información y el conocimiento que tengamos de los sistemas hídricos, así como de sus regímenes y respuestas frente a la variabilidad y el cambio climático. Estos aspectos son cruciales para determinar los dominios de sostenibilidad del recurso, para su aprovechamiento y la prevención de riesgos asociados a su dinámica. Desde luego, esto implica un monitoreo permanente y sistemático de las variables que gobiernan sus flujos y procesos en los ámbitos atmosféricos y litosféricos. Por eso, es imperativo reconocer las co-

nexiones, relaciones hidráulicas y dinámicas de flujo de los cuerpos de agua tanto lóticos como lénticos superficiales y los sistemas acuíferos.

Las dinámicas sociales y sectoriales conllevan presiones por uso, alteraciones de las condiciones naturales y afectaciones de la calidad del recurso hídrico que deben ser evaluadas para definir estrategias integrales de conservación de los sistemas hídricos y prevención de desastres que implican compromisos de los sectores institucionales, gremiales y sociales. Las medidas y acciones adoptadas en las cuencas y sistemas acuíferos serán eficientes si se incorpora en la gestión el concepto de *integralidad* para formular soluciones de repercusión estructural en la ordenación del territorio y la seguridad hídrica soportadas en su conocimiento, sus relaciones con los sistemas naturales, la articulación institucional y la gobernanza. El cuidado y aprovechamiento sostenible de los sistemas hídricos es un compromiso de todos.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) como entidad técnica y científica del Sistema Nacional Ambiental (SINA) es la fuente oficial de información ambiental y autoridad nacional en las áreas de hidrología y meteorología. En este contexto, y en el marco de sus funciones, el Ideam realiza la evaluación nacional del agua de una manera sistemática, continua y actualizada.

Esta evaluación permanente se concreta y se sintetiza cada cuatro años en los Estudios Nacionales del Agua (ENA). Dichos estudios proporcionan cada

vez más información y conocimiento sobre el estado, dinámica e interacciones del agua con el medio natural y con la sociedad en relación a sus regiones hidrográficas (y de manera particular en las áreas y subzonas hidrográficas). Asimismo, con el estudio se estiman escenarios futuros a partir de las proyecciones de demanda hídrica.

El ENA 2018 contribuye en estos propósitos aportando y actualizando información y conocimiento sobre la oferta, la demanda, la calidad, el riesgo, las respuestas hidrológicas a la variabilidad climática, las aguas subterráneas y la huella hídrica. Dispone indicadores que dan cuenta de las presiones por uso, afectaciones y criticidad de los sistemas hídricos. Estos análisis e información de valor agregado deben constituirse en el soporte de la gestión integral, la planificación, la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en el territorio nacional.

El Estudio Nacional del Agua 2018 consta de ocho capítulos que parten de una síntesis del marco conceptual y metodológico que soporta la evaluación

con énfasis en las innovaciones temáticas e insumos que fortalecen los resultados y el análisis. Desde el segundo capítulo hasta el sexto, se profundiza en los temas que dan soporte al análisis integrado del agua en Colombia que se presenta en el capítulo ocho. En este capítulo se identifican, además, las cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento y se muestra dónde hay alternativas de agua subterránea para las subzonas hidrográficas que, a partir de la evaluación, tienen condiciones de criticidad. Igualmente se presentan las proyecciones de uso de agua desde 2017 a 2030 con tres diferentes escenarios y un análisis del Estudio Nacional del Agua frente a las Cuentas Nacionales del Agua de los sistemas de Contabilidad Ambiental.

La evaluación nacional e integral del agua del ENA 2018 que lideró el Ideam se construye de una manera interdisciplinaria e interinstitucional y es referente fundamental para las evaluaciones regionales y sectoriales que soportan la gestión integral del agua y sirven de insumo para tomar decisiones orientadas a garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.



# • Siglas

**ACP** Asociación Colombiana del Petróleo

**ADR** Agencia de Desarrollo Rural

**ANLA** Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

**AUNAP** Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

**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

**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

**CIU** Clasificación Industrial Internacional Uniforme

**CNA** Censo Nacional Agropecuario

**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

**Corpoboyacá** Corporación Autónoma Regional de Boyacá

**Corpocaldas** Corporación Autónoma Regional de Caldas

**Corpocesar** Corporación Autónoma Regional del Cesar

**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 Orinoquía

**Corpouraba** Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá

**Cortolima** Corporación Autónoma Regional del Tolima

**Cosude** Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

**CRA** Corporación Autónoma Regional del Atlántico

**CRA** Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico

**CRC** Corporación Autónoma Regional del Cauca

**CRQ** Corporación Autónoma Regional del Quindío

**CSB** Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar

**CVC** Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

**CVS** Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge

**DANE** Departamento Administrativo Nacional de Estadística

**DBO** Demanda biológica de oxígeno

**DNP** Departamento Nacional de Planeación

**DQO** Demanda química de oxígeno

**DWB** Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas (Dynamic Water Balance, sigla en inglés)

**EAAB** Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo 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** Fenómeno de la Oscilación del Sur, el Niño (El Niño, Southern Oscillation)

**ESAG** Encuesta de sacrificio de ganado

**Esc** Escorrentía

**ETP** Evapotranspiración potencial

**ETR** Evapotranspiración real

**EVA** Evaluación Agropecuaria Municipal

**FAO** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**Fedegan** Federación Colombiana de Ganaderos

**Fenavi** Federación Nacional de Avicultores de Colombia

**Fonav** Fondo Nacional Avícola

**Funias** Formulario Único Nacional de Inventario de Aguas Subterráneas

**GRU** Unidad de Respuesta de Grupo

**IA** Índice de aridez

**IACAL** Índice de alteración potencial de la calidad del agua

**IARC** Índice de agua no retornada a la cuenca

**ICA** Instituto Colombiano Agropecuario

**ICA** Índice de calidad del agua

**Ideam** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**IEUA** Índice de eficiencia en el uso del agua

**IGAC** Instituto Geográfico Agustín Codazzi

**IIASA** Instituto Internacional para Análisis de Sistemas Aplicados

**Incoder** Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural

**Ingeominas** Instituto Colombiano de Geología y Minería

**INS** Instituto Nacional de Salud

**IOA** Índices océano-atmosféricos

**IPHE** 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

**km<sup>3</sup>** Kilómetro cúbico

**l/s/km<sup>2</sup>** Litros por segundo por kilómetro cuadrado

**m<sup>3</sup>** Metros cúbicos

**MECCM** Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia

**MHC** El modelo hidrogeológico conceptual

**MinAgricultura** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

**MinAmbiente** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**MinMinas** Ministerio de Minas y Energía

**MinVivienda** Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

**mm eq agua** Milímetros equivalentes de agua

**Mm<sup>3</sup>** Millones de metros cúbicos

**MZPRAS** Mapa de zonas potenciales de recarga de agua subterránea

**NOAA** Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos

**OEA** Organización de Estados Americanos

**OHTD** Oferta hídrica total disponible

**OHTS** Oferta hídrica total superficial

**OMM** Organización Meteorológica Mundial

**OMS** Organización Mundial de la Salud

**ONI** Índice Oceánico de El Niño/Oceanic Niño Index

**P** Precipitación

**PCH** Pequeñas centrales hidroeléctricas

**PIB** Producto interno bruto

**PNN** Parques Nacionales Naturales

**Pnuma** Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**Porcicol** Asociación Colombiana de Porcicultores

**POT** Planes de Ordenamiento Territorial

**PTAR** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

**Q75** Cuantil 75 de la curva de duración de caudales

**Q85** Cuantil 85 de la curva de duración de caudales

**RAS** Reglamento técnico 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** Índice estandarizado de precipitación (Standardized Precipitation Index, sigla en inglés)

**SSPD** Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

**SUI** Sistema único de información de servicios públicos

**SZH** Subzona hidrográfica

---

**T** Temperatura en grados Celsius

---

**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

**UPA** Unidad Productiva Agropecuaria

---

**UPME** Unidad de Planeación Minero Energética

---

**UPRA** Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

---

**Vp** Volumen parcial equivalente al área bajo la línea  
de caudal medio

---

**Vt** Volumen total equivalente al área bajo la CDC

---

**WAVES** Wealth Accounting and the Valuation of  
Ecosystem Services



Pozos Azules Villa de Leyva  
Jenny Marin

---

# ENFOQUE CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA GENERAL

---

**Autores**

Martha García Herrán  
Omar Vargas Martínez

CAPÍTULO

01

El marco de conceptos y la metodología para la actualización del Estudio Nacional del Agua (edición 2018) se sustenta en los desarrollos conceptuales y procedimientos ya desarrollados en el ENA 2010 y ENA 2014, complementados con los presentados en este documento. El desarrollo de algunos componentes incorpora aportes del resultado de investigaciones y metodologías inno-

vadoras que contribuyen a mejorar los resultados y reducir incertidumbres en temáticas específicas.

En este capítulo se presenta una síntesis del modelo conceptual y marco metodológico general para evaluación del agua, fuentes de información y unidades espaciales y temporales de análisis.

## 1.1 Síntesis del modelo conceptual que soporta la evaluación nacional del agua

En este aparte se presenta el esquema conceptual de la evaluación, el sistema de indicadores hídricos actualizado y el enfoque del análisis integrado.

### 1.1.1 Esquema conceptual de la evaluación

Desde el primer ENA publicado por el Ideam en 1998, y en particular los del 2010 y 2014, la evaluación nacional del agua en Colombia que lidera el Ideam tiene como modelo básico el ciclo del agua y las interacciones que en este contexto tiene el medio natural con la sociedad y la economía. La evaluación se centra en el análisis de los procesos naturales y la manera en que inciden las actividades humanas en la dinámica, estado, cuantificación y variabilidad del comportamiento del agua en el país. Estos procesos e interacciones que ocurren de manera continua en sus fases oceánica, atmosférica y continental se evalúan para diferentes niveles de resolución espacial y temporal en el territorio nacional.

El marco conceptual del ENA es el ciclo hidrológico que se soporta en el principio de conservación de

masa (*balance hídrico*) para estimar la cantidad natural de agua dulce renovable disponible (en ríos, acuíferos, lagunas y glaciares) y su distribución espacial y temporal en función del comportamiento de las variables de precipitación, evapotranspiración y escorrentía en las subzonas hidrográficas que integran el territorio colombiano.

La evaluación del ciclo natural del agua se centra en el análisis de los *flujos y almacenamientos de agua a nivel superficial*, a partir de las variables fundamentales que caracterizan la hidrología de la zona a escala de subzona hidrográfica, para un periodo anual multianual y mensual multianual.

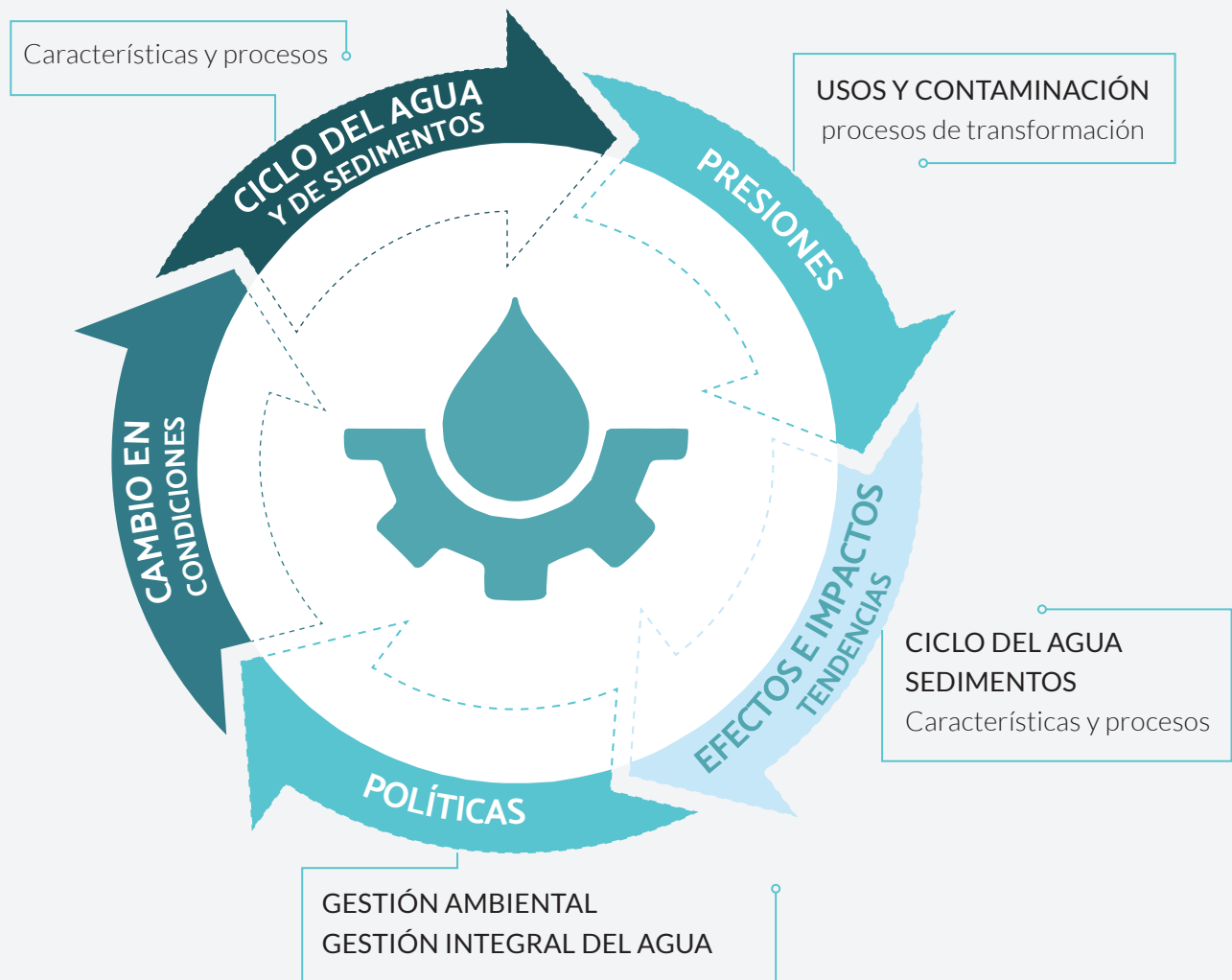
El componente de *agua subterránea*, en particular el proceso de recarga de sistemas acuíferos, como parte del ciclo hidrológico aún tiene limitaciones en su cuantificación por deficiencias en el monitoreo, información y conocimiento. Sin embargo, como se muestra en el Capítulo 5, se esquematiza el proceso de recarga y marco de conceptos y elementos que fueron tenidos en cuenta para, por primera vez en el país, definir de manera indicativa a nivel nacional las zonas potenciales de recarga de agua subterránea.



Así mismo, en el Capítulo 3 de este estudio se profundiza en los procesos de producción, transporte y depósito de sedimentos que ocurren en las cuencas hidrográficas.

En la **Figura 1** se muestra el modelo básico de la evaluación, partiendo de las características de los procesos que se dan en el ciclo del agua y en el de sedimentos,

las presiones debido a procesos de transformación e intervención sobre el medio natural y las afectaciones que se producen en las unidades de análisis determinadas. Con base en lo anterior, se cuenta con una línea de referencia y tendencias que, en alguna medida, pueden ser comparadas con los resultados de los últimos tres estudios.



• **Figura 1.** Modelo básico de evaluación integrada del agua.

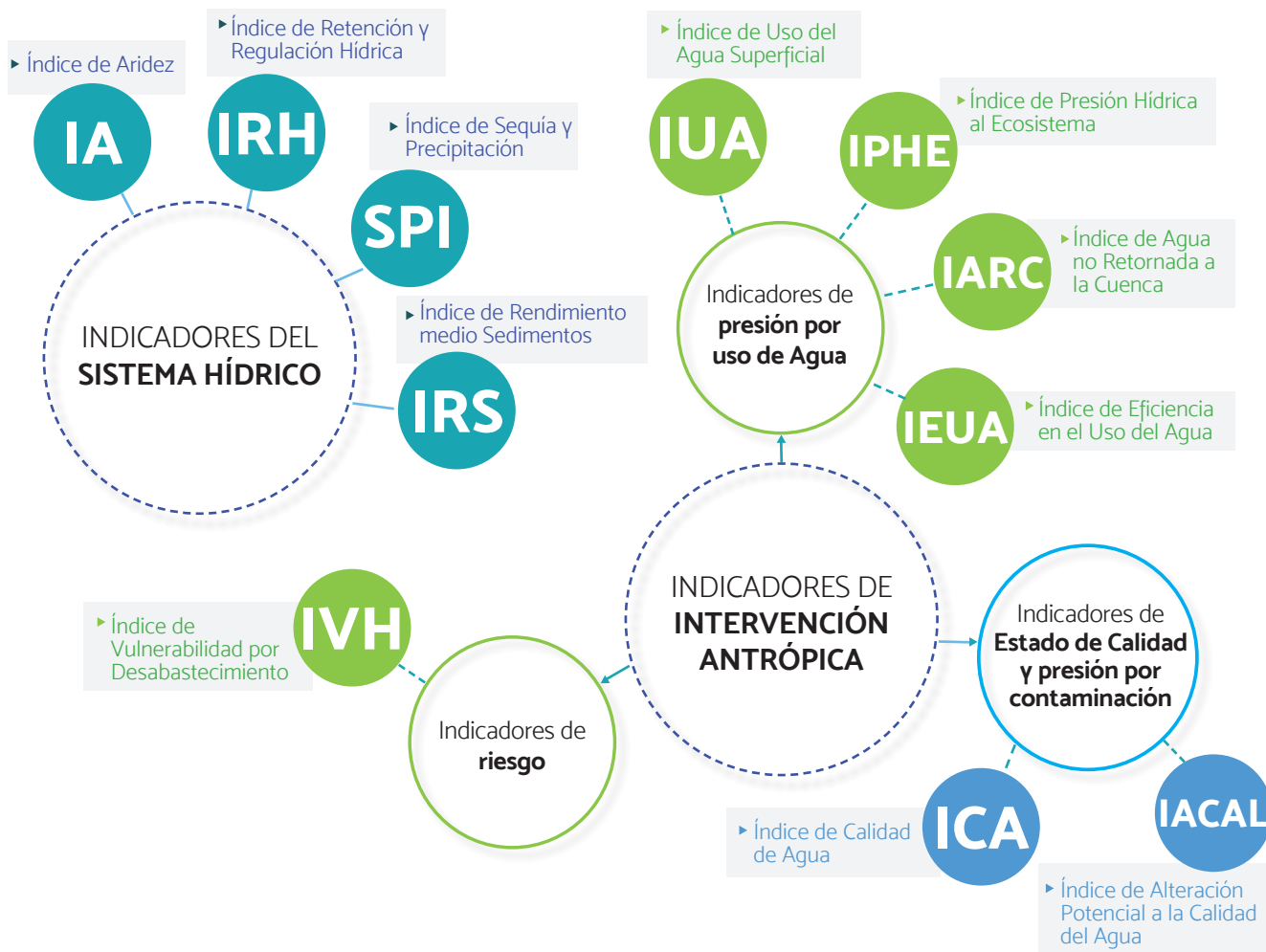
Teniendo como referencia las características y procesos evaluados, se espera que a futuro se puedan evaluar los cambios en condiciones y su expresión

en el ciclo del agua asociados con políticas de gestión ambiental e integrada del agua que, a su vez, involucre las dinámicas sectoriales.

## 1.1.2 Sistema de indicadores hídricos

En este estudio se conserva el esquema de dos grupos de indicadores: los que dan cuenta de las condiciones

del sistema hídrico natural y los relacionados con la intervención antrópica que tienen efectos sobre la cantidad, variabilidad y calidad de agua. En la **Figura 2** se muestra el conjunto de indicadores e índices que integra cada uno de los dos grupos para ENA 2018.



• **Figura 2.** Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2018.

Es importante anotar que los indicadores e índices que conforman este sistema se calculan a partir de variables medidas en redes de monitoreo (hidrometeorológicas y de calidad del agua), registros

administrativos de entidades generadoras de información y estimaciones con base estadística o producto de modelaciones calibradas con mediciones directas en campo.

Los índices que caracterizan el sistema natural tales como los de aridez, regulación hídrica y sequía se desarrollan en el capítulo de agua superficial (Capítulo 1), mientras que el de rendimiento de sedimentos se trata en el Capítulo 3. Los índices asociados con el estado de la calidad del agua y las presiones por contaminación se abordan en el Capítulo 6.

Los índices en relación con la intervención antrópica, en particular los de presión por uso de agua se abordan en el Capítulo 9 de análisis integrado, teniendo en cuenta que representan la relación entre el medio natural, el grado de utilización del recurso y la vulnerabilidad por desabastecimiento. En este mismo capítulo se analiza el conjunto de indicadores.

### 1.1.3 Enfoque del análisis integrado

La evaluación integral del agua de Colombia y sus regiones hidrográficas se basa en un análisis conjunto de los diferentes componentes del ciclo del agua y ciclo de sedimentos teniendo en cuenta la variabilidad hidroclimática, el grado presión por uso y

diferentes cargas contaminantes a las fuentes hídricas superficiales y subterráneas. El análisis conjunto de los resultados temáticos y de los indicadores hídricos permite determinar a una escala nacional el estado, la dinámica y las afectaciones e identificar las subzonas hidrográficas con condiciones críticas de disponibilidad y calidad de agua.

En este contexto, el análisis por subzona hidrográfica se complementa con la identificación de las cabeceras municipales que, con información reportada por varias entidades, son susceptibles al desabastecimiento en épocas secas. Igualmente se identifica donde hay alternativas de uso de agua subterránea para subzonas con condiciones de criticidad altas y muy alta por afectaciones antrópicas o por variabilidad climática. También se evalúan a nivel nacional las tendencias de demanda de agua en la agricultura y en los otros sectores económicos a partir de proyecciones anuales y hasta 2030 del comportamiento de los sectores usuarios del recurso.

Adicionalmente, se aborda en este estudio un análisis de uso de plaguicidas y los efectos que estos tienen en la salud de la población, las desigualdades e inequidades en el acceso al agua.

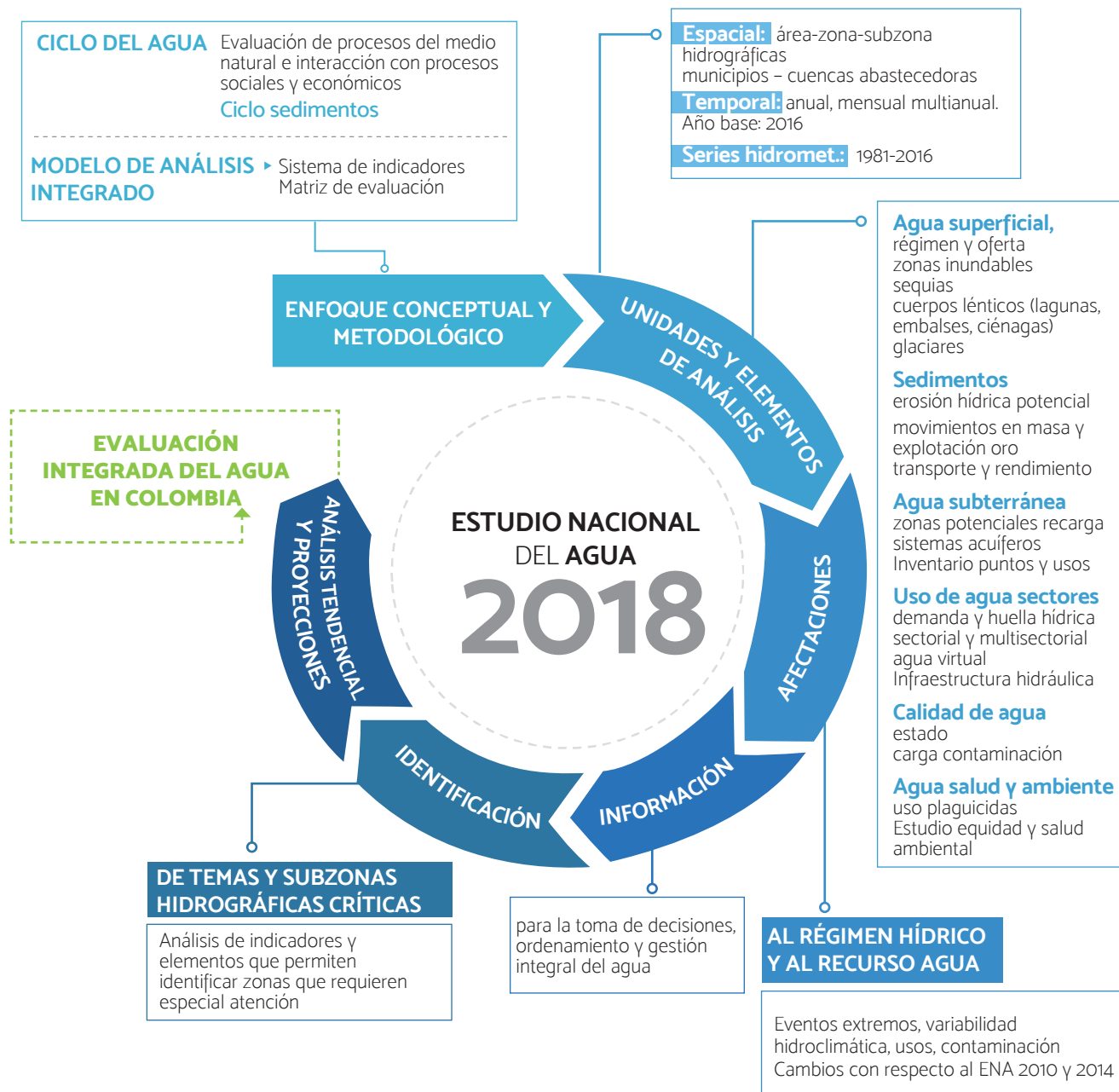
## 1.2 Alcance y procedimiento metodológico general

En este aparte se ilustrará el procedimiento metodológico, las fuentes de información, así como las unidades espaciales y temporales que en términos generales se privilegian en este estudio.

### 1.2.1 Procedimiento metodológico

El proceso metodológico para la construcción del ENA 2018 se sintetiza en la **Figura 3**. En general, si-

gue el mismo esquema de los estudios del agua anteriores (2010 y 2014), pero se complementa y se mejora la resolución de la información y se incluyen aspectos nuevos en algunos componentes como la identificación de zonas de recarga de agua subterránea y el capítulo de agua y salud. En una escala nacional se identifican de manera teórica zonas que por sus características físicas y geomorfológicas son potencialmente inundables y cuáles de estas áreas han sido transformadas por urbanización y procesos agropecuarios.



• **Figura 3.** Esquema metodológico para el Estudio Nacional de Agua 2018.

En el marco del modelo conceptual que da soporte a la evaluación integrada, se desarrollan los componentes de agua superficial, sedimentos, agua subterránea, uso de agua (demanda y huella hídrica), calidad de agua y carga contaminantes (generadas,

tratadas y vertidas), uso de plaguicidas y un aparte de agua y salud.

Con los resultados temáticos, los indicadores y el análisis se genera información útil para la toma de

decisiones y la focalización de acciones, pues se identifican las subzonas hidrográficas con mayor o menor grado de criticidad.

El uso de agua actual y la contaminación asociada con los vertimientos de residuos al agua y al suelo, por las diferentes actividades económicas, sumadas a las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, permiten identificar las subzonas hidrográficas del país donde actualmente ya existen problemas de abastecimiento para diferentes usos que se incrementarían según proyecciones de uso a 2030.

## 1.2.2 Información y fuentes de información para ENA 2018

En esta versión del Estudio Nacional de Agua se utilizaron las series históricas de variables hidrológicas meteorológicas del período 1981-2016, además de la información satelital de variables meteorológicas. Se seleccionaron 523 estaciones de caudales, 327 de sedimentos y 134 de estaciones de la red de calidad de agua complementada con 67 puntos de monitoreo del convenio Ideam y Cormagdalena.

Para la evaluación del uso de agua y la carga de contaminantes se utilizó información del Sistema de Información Ambiental (SIAC), en particular del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), del Registro Único de Usuarios y del Sistema del Registro Único Ambiental (RUA). Además, se hace uso de la información de encuestas, censos, estadísticas oficiales del Sistema Estadístico Nacional que lidera el Dane, del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, información generada por entidades del Sistema Nacional Ambiental (Sina), registros y bases de datos avaladas por las entidades sectoriales usuarias del recurso hídrico, datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, Encuesta Anual Manufacturera,

Encuesta Industrial Ambiental y Encuesta Anual de Servicios Públicos.

## 1.2.3 Sistema de coordenadas

Al igual que en el ENA 2014, y en concordancia con la Resolución 068 del 28 de enero de 2005, se adopta el sistema de referencia *Magna-Sirgas* (Marco Geocéntrico de Referencia Nacional, referido al sistema Sirgas) para la generación de todos los productos cartográficos.

Dado que la mayoría de los productos cartográficos generados abarcan todo el territorio nacional, la información se maneja en coordenadas geográficas. Para el cálculo de áreas y longitudes en los casos que son necesarios se usa el sistema de proyección Magna origen Bogotá.

## 1.2.4 Unidades de análisis espacial y temporal

Las unidades de análisis espaciales consideran todo el territorio de Colombia, parte continental, expresadas en los niveles de la zonificación hidrográfica del país en el orden nacional: 5 áreas hidrográficas, 41 zonas y 316 subzonas hidrográficas y para agua subterránea 64 sistemas acuíferos. En función de los temas y la disponibilidad de información se abordan otras unidades espaciales, como los departamentos, los municipios y las unidades hídricas de fuentes abastecedoras de acueductos municipales; además otras unidades propias de las temáticas en función de las características específicas de cada tema.

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



Embalse El Hato  
Jenny Marin

---

# AGUA SUPERFICIAL

---

## **Autores**

*Oferta hídrica y régimen hidrológico*

*Sequías*

*Indicadores*

Carolina Vega Viviescas

Nicolás Duque Gardeazábal

Pedro Arboleda Obando

Fabio Bernal Quiroga

*Inundaciones*

*Cuerpos de agua lénticos*

Sofía Roa Lozano

Omar Jaramillo Rodríguez

*Glaciares*

Jorge Luis Ceballos Liévano

CAPÍTULO

# 02

Con el propósito de divulgar el estado del agua superficial en Colombia, en el presente capítulo se presentan los resultados de la caracterización hidrológica en el país. En las actualizaciones de esta versión del ENA, se cuenta con nuevas fuentes de información, resultado del desarrollo durante los últimos cuatro años de productos distribuidos de las variables meteorológicas. Estas fuentes son:

**Precipitación:** la Subdirección de Meteorología ha construido un producto conocido como CHIRPS/IRE que utiliza información satelital proveniente de CHIRPS (Funk, y otros, 2015), con una corrección a partir de datos de estaciones en tierra. La escala espacial de este producto es de  $0,05^\circ$  con datos decadiarios, acumulados a escala mensual.

**Evapotranspiración:** se desarrolló un producto mensual de evapotranspiración potencial que utiliza información de temperatura (proveniente de estaciones), elevación (modelo digital del terreno) y un análisis que propone una ecuación modificada de Hargreaves. La escala espacial de este producto es de  $0,0083^\circ$  y su escala temporal es mensual.

**Caudal:** para esta variable se cuenta con información proveniente de 523 estaciones de caudal, que integran nuevas estaciones en zonas del país con difícil acceso como resultado del interés del Instituto por conocer mejor el país.

El uso de estos insumos permite realizar el análisis de los flujos y almacenamientos de agua a nivel superficial, caracterizando la hidrología de la zona a escala de área y subzona hidrográfica, para un periodo anual multianual y mensual multianual. Sin embar-

go, no solo las características medias son tenidas en cuenta, también se realiza el cálculo de las condiciones típicas de año seco y húmedo, para contar con información de variabilidad hidrológica. Adicionalmente, se realiza una modelación hidrológica a nivel nacional, para obtener así series de tiempo mensuales de oferta en una rejilla de  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ , cuyos resultados se presentan a nivel de área hidrográfica para el periodo 1983–2016.

Asimismo, se calculan índices que caracterizan las condiciones del sistema natural. El índice de aridez (IA) da cuenta de la disponibilidad de agua y energía para evapotranspiración, mientras que el índice de regulación hídrica (IRH) permite inferir las condiciones del régimen natural de la cuenca. De esta manera, mientras que el índice de aridez se concentra en caracterizar los flujos verticales, el índice de regulación hídrica se concentra en los flujos horizontales.

También se describen los resultados de un análisis de sequía para todo el país, caracterizando los periodos con condiciones secas que se presentaron a nivel nacional en el periodo 1981–2016, a través del cálculo del índice estandarizado de precipitación (SPI). Además, se ilustran las implicaciones de esos periodos en la oferta hídrica.

Por otro lado, se presenta información sobre las Zonas potencialmente inundables (ZPI) en una escala nacional, con el fin de proporcionar información indicativa sobre las zonas que se pueden ver afectadas por inundaciones de tipo lento. Como insumo para determinar estas zonas, se toma el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MECCM de 2017), escala 1:100.000, y se realiza un



análisis y conceptualización alrededor de los ecosistemas acuáticos. Adicionalmente se identifica, a partir de la información del Mapa de cobertura de la tierra, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, periodo 2010–2012, la transformación de las ZPI en territorios agrícolas y territorios artificializados a fin de dar una indicación sobre la presión antrópica y exposición a este fenómeno.

Desde el punto de vista regional local, se presenta una síntesis de los avances del Ideam en la generación de información sobre amenaza por inundación, los cuales se han concretado en la generación de

mapas de inundación en diferentes escalas aplicando diversas metodologías.

Finalmente, se expone información relevante sobre los cuerpos de agua lénticos y glaciares, obtenida del MECCM 2017 y de los glaciares a partir de los trabajos glaciológicos que realiza el Instituto y en los que aplican técnicas de cuantificación y cualificación de parámetros glaciológicos, hidroglaciológicos y atmosféricos, que permiten evaluar la dinámica y evolución de los glaciares, siguiendo metodologías recomendadas por organizaciones internacionales como la Unesco.

## 2.1 Oferta hídrica y régimen hidrológico

La oferta hídrica está ligada a las condiciones climatológicas, régimen hidrológico, variabilidad natural y características geológicas y de coberturas del área bajo análisis, y se expresa como la escorrentía superficial. Esta oferta se contabiliza para cierto periodo de tiempo, utilizando diversas aproximaciones. Sin embargo, no toda el agua que hace parte de la oferta o escorrentía total puede ser usada por el ser humano, ya que se debe considerar un porcentaje para mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios de aguas abajo (caudal ambiental), por lo que adicionalmente debe calcularse un valor de oferta disponible.

El presente capítulo da cuenta de la oferta hídrica a nivel nacional bajo dos aproximaciones. La primera es un cálculo multianual o de largo plazo con las series de 1981–2016, para año medio, año típico seco y año típico húmedo, tanto a nivel mensual como a nivel anual, a partir del cual también se realiza el cálculo de la oferta hídrica total disponible (OHTD).

La segunda aproximación corresponde a la implementación de un modelo hidrológico conceptual, Dynamic Water Balance (DWB), que permite obtener valores de oferta mensual de manera continua para un periodo de tiempo determinado. Finalmente, se utilizan estos resultados continuos para analizar la variabilidad hidroclimatológica en términos de oferta superficial, a escala de subzona y de área hidrográfica.

### 2.1.1 Oferta hídrica

La Oferta hídrica total superficial (OHTS) es el volumen de agua por cantidad de tiempo que escurre por la superficie y que no se infiltra o evapora (Ideam, 2015). Además, hace parte del agua usada por ecosistemas y usuarios para desarrollar sus actividades vitales y económicas (Falkenmark & Rockström, 2004). La oferta hídrica puede expresarse de varias maneras, como por ejemplo: i) en volumen ( $m^3$ ), ii) en escorrentía (mm), que corresponde al volumen

que escurre superficialmente pero expresado en lámina de agua (Chow, Maidment, & Mays, 1994), y iii) en rendimiento, que es el volumen de agua evacuado por la cuenca en un intervalo de tiempo y en un área específica (l/s/km<sup>2</sup>), y su valor da un buen indicativo de la cantidad de escorrentía superficial que se da en una cuenca por unidad de área. Estas tres variables se estudian para las condiciones hidrológicas de año medio, correspondientes a los valores medios

mensuales multianuales de la serie histórica de caudales. Para la estimación de la oferta hídrica se usa el concepto de *balance hídrico multianual*, análogo a los presentados en el ENA 2014. Este se basa en las suposiciones de largo plazo, como el cambio nulo en el almacenamiento a través del tiempo (Zhang, Potter, Hickel, Zhang, & Shao, 2008). De manera que la ecuación de balance hídrico usada, suponiendo no abstracciones y almacenamiento nulo, es la siguiente:

$$Esc = P - ETR$$

Donde:

Esc: Escorrentía en mm/año

P: Precipitación en mm/año

ETR: Evapotranspiración real en mm/año

En la cual, para el cálculo de la evapotranspiración potencial y real, se usaron las ecuaciones de

Hargreaves (1994), modificada para Colombia y Budyko, (Budyko, 1974), respectivamente:

$$ETP = 0,00216 R_o (T_{med} + 17,78) (T_{máx} - T_{mín})^{0,47}$$

$$ETR = \sqrt[2]{\left(ETP * P * \tanh \frac{P}{ETP}\right) \left(1 - \cosh \frac{ETP}{P} + \sinh \frac{ETP}{P}\right)}$$

Donde:

P: Precipitación anual multianual (mm)

T mín - máx - med: Temperatura mínima máxima y media (°C)

Ro: Radiación extraterrestre expresada en evaporación equivalente (mm)

ETP: Evapotranspiración Potencial anual multianual de Hargreaves (mm)

ETR: Evapotranspiración Real Potencial anual multianual de Budyko (mm)

Los resultados de este balance fueron corroborados con datos observados en las estaciones de caudal, a través de las series de caudales medios transformados a escorrentías usando la relación caudal-área. En aquellas subzonas donde se registraron diferencias importantes entre observaciones y los resultados de la ecuación de balance, estos últimos fueron

corregidos. En general, las subzonas del río Saldaña, la parte baja del río Atrato, subzonas fronterizas con Venezuela, el Magdalena Bajo, el río Guainía, zonas bajas del río Putumayo, y zonas medias y bajas de los caudalosos ríos del Pacífico, tuvieron un buen ajuste en comparación con las series de caudal. Mientras que hubo necesidad de realizar correcciones en las

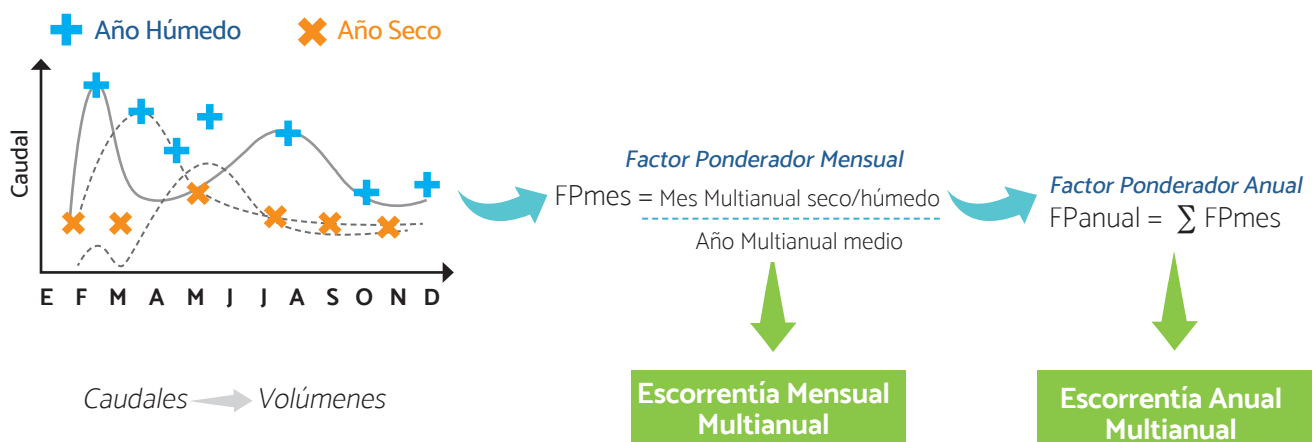
zonas del Alto Cauca, Alto Magdalena, río Chicamocha, parte alta de las cuencas del Pacífico, Alto Atrato y el piedemonte llanero y amazónico.

Debido a las suposiciones realizadas para plantear la ecuación de balance hídrico, esta no puede ser aplicada a nivel mensual. Por tanto, se usaron los valores de los caudales medios mensuales multianuales de las estaciones para hallar factores ponderadores que afecten el balance distribuido ya corregido. Los factores ponderadores corresponden a los volúmenes de agua en un mes y un estación particular, los cuales son divididos entre el volumen total anual que pasa por dicha estación. Dichos factores se interpolan espacialmente con el fin de contar con doce mapas de factores ponderadores, uno para cada mes.

Análogamente, para representar las condiciones extremas que se podrían esperar en el territorio colombiano, se hicieron análisis para los denominados años típicos secos y húmedos. Estos años típicos se

relacionan con las condiciones hidrológicas presentadas en el año medio, debido a que son aumentos o disminuciones de la oferta promedio, y también están asociados a los fenómenos de variabilidad hidrológica. Por tanto, el *Año hidrológico húmedo* (Ideam, 2010) se define como las condiciones hidrológicas de la serie histórica de caudales medios mensuales que correspondan a los caudales máximos mensuales multianuales. De manera similar, se define el *Año hidrológico seco* (Ideam, 2010) como las condiciones hidrológicas de la serie histórica de caudales medios mensuales que correspondan a los caudales mínimos mensuales multianuales. Los valores para las anteriores definiciones se calcularon con los registros históricos de caudales del periodo 1981–2016.

Finalmente, para determinar los valores mensuales de los años hidrológicos seco y húmedo se siguió un enfoque similar al del año hidrológico medio, como se presenta en la **Figura 4**.



• **Figura 4.** Esquema metodológico para el cálculo de factores ponderadores.

Primero se halló por estación los caudales máximos y mínimos mensuales multianuales, que fueron transformados a volúmenes y posteriormente divididos por el volumen de año medio, para así encontrar los factores ponderadores mensuales para año hidrológico seco y húmedo. Para los valores anuales, se sumaron los valores mensuales de los años secos y húmedos, lo que dio como resultado un volumen para un año hidrológico ficticio correspondiente a las condiciones secas o húmedas, y que es posteriormente dividido entre el volumen del año típico medio. Estos factores también se interpolan para afectar el mapa medio anual y obtener mapas distribuidos mensuales de la escorrentía en condiciones extremas.

## Escorrentía media anual multianual

Los recursos hídricos del país son vastos, pero no están repartidos de manera uniforme en el tiempo y el espacio. El uso de valores medios anuales multianuales permite apreciar la heterogeneidad espacial de la oferta hídrica superficial, detallando las diferencias entre las regiones del país. La cuantificación de los valores de oferta es importante, pues

impacta directamente los sistemas naturales y las estructuras socioeconómicas regionales.

A escala media anual multianual, el promedio de precipitación en Colombia es de 2.918 mm/año, mientras que la evapotranspiración real es de aproximadamente 1.143 mm/año, y el de escorrentía es de 1.75 mm/año. El valor de escorrentía equivale a un volumen de 2.026 km<sup>3</sup>/año, valor que en términos de rendimiento promedio, es de 56,2 l/s/km<sup>2</sup>, mientras que el promedio mundial es de apenas 10 l/s/km<sup>2</sup>, y el promedio latinoamericano es de 21 l/s/km<sup>2</sup> (Ideam, 2015).

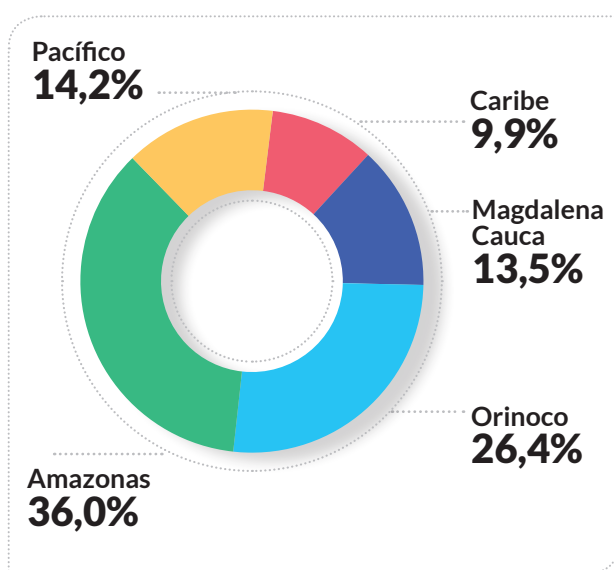
En la **Tabla 1** y **Figura 5** se observan los valores de oferta total por área hidrográfica, calculadas para el presente estudio, así como los cambios respecto a los valores reportados en el ENA 2014. Se observa, en general, ligeros cambios en los valores de oferta menores al 5 %, con excepción del área Caribe. Las razones de este cambio en el área Caribe se dan por un aumento en el número de estaciones de caudal disponibles y por las mejoras de las capas de precipitación y evapotranspiración, especialmente visible en zonas sin presencia de estaciones, como la Sierra Nevada de Santa Marta, lo cual permite calcular de manera más acertada los resultados.

• **Tabla 1.** Oferta total por área hidrográfica.

Área Hidrográfica	Oferta total (Mm <sup>3</sup> )*	Cambio respecto a ENA 2014 (%)	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s)
▶ Caribe	200 280	8,7	6 350,8
▶ Magdalena Cauca	273 338	0,8	8 667,4
▶ Orinoco	533 843	0,8	16 928,0
▶ Amazonas	728 247	-2,3	23 092,5
▶ Pacífico	287 405	1,5	9 113,5

\*Mm<sup>3</sup>: millones de metros cúbicos.

Las áreas con mayor escorrentía se encuentran en el Pacífico y Caribe (**Figura 5**). Algunas de las subzonas dentro del Caribe presentan los valores de escorrentías más bajos del país; sin embargo, la inclusión de la zona del río Atrato (**Figura 6**) aumenta en gran medida los valores de escorrentía del área hidrográfica. La subzona con mayor escorrentía corresponde al río Andaguada, justamente de la zona hidrográfica Atrato (área Caribe), con 8.307 mm/año. Le sigue la subzona del río San Juan Medio, del área Pacífico, con alrededor de 8.244 mm/año.



• **Figura 5.** Distribución por área hidrográfica de la oferta total.

En el área Amazonas, en su piedemonte, también se presentan grandes valores de escorrentía. Cabe destacar la subzona hidrográfica Alto Río Putumayo, con valores de 3.975 mm/año. En el piedemonte del área Orinoco también existen zonas de grandes valores de escorrentía, destacándose la subzona del río Cobugón-río Cobaría, con 3.157 mm/año.

Por otra parte, las subzonas con menores valores de escorrentía se concentran en el norte del país. La subzona con menor escorrentía corresponde

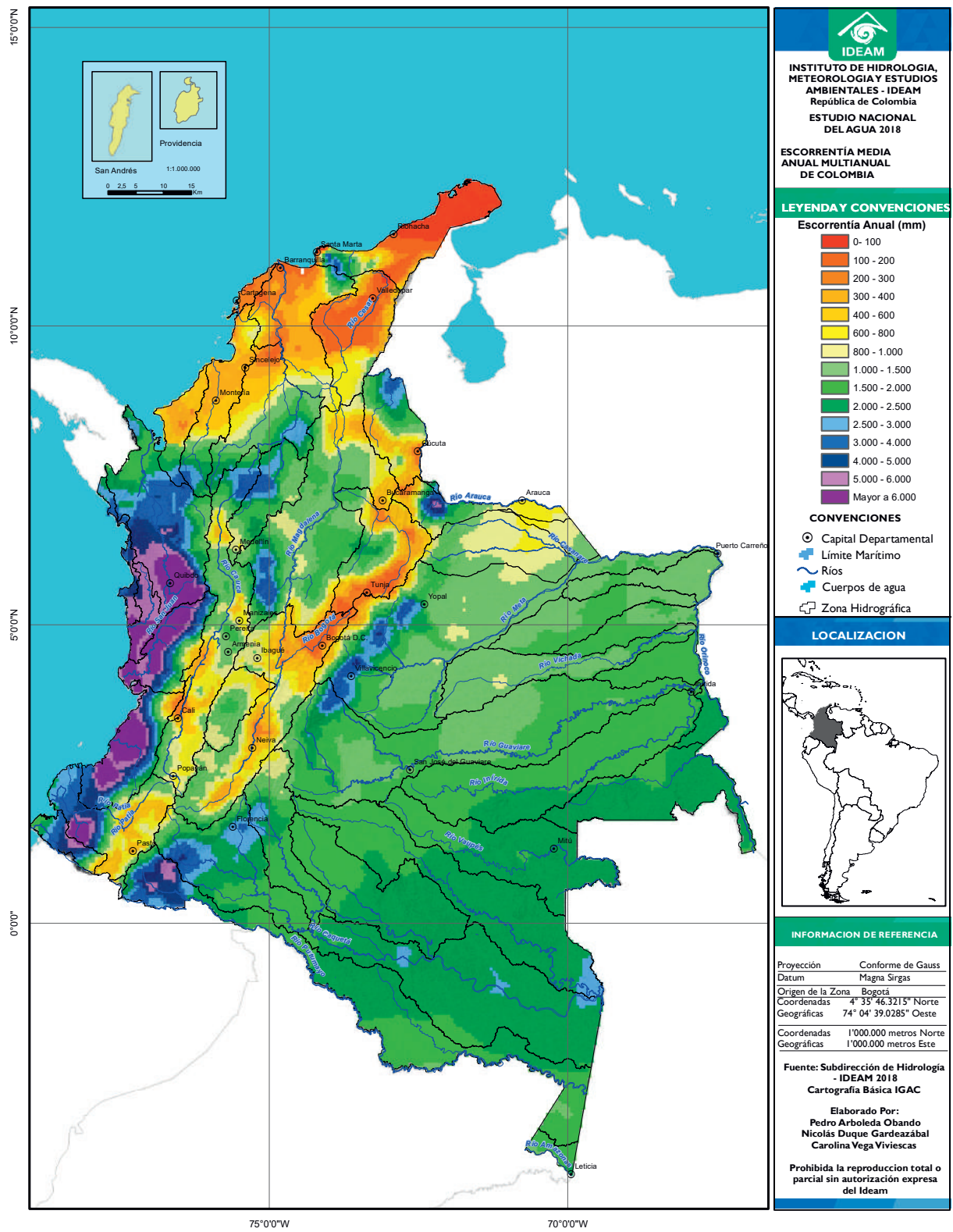
a Directos Caribe-Ay. Sharimahana Alta Guajira, con 26 mm/año. Seguida por las subzonas del río Carraipía-Paraguachón, directos al Golfo Maracaibo y La Guajira, con 43 mm/año. Otras subzonas con bajos valores de escorrentía son el río Ariguani, en la cuenca del río Cesar (198 mm/año) y el río Ranchería, también en La Guajira (219 mm/año).

Resaltando las subzonas de algunas de las principales ciudades del país, se encuentran: el río Bogotá, con un valor de 258 mm/año; la subzona correspondiente a los ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, donde se ubica la ciudad de Cali, tiene 508 mm/año; y en contraste, la subzona del río Porce, donde se ubica la ciudad de Medellín, tiene 1.635 mm/año.

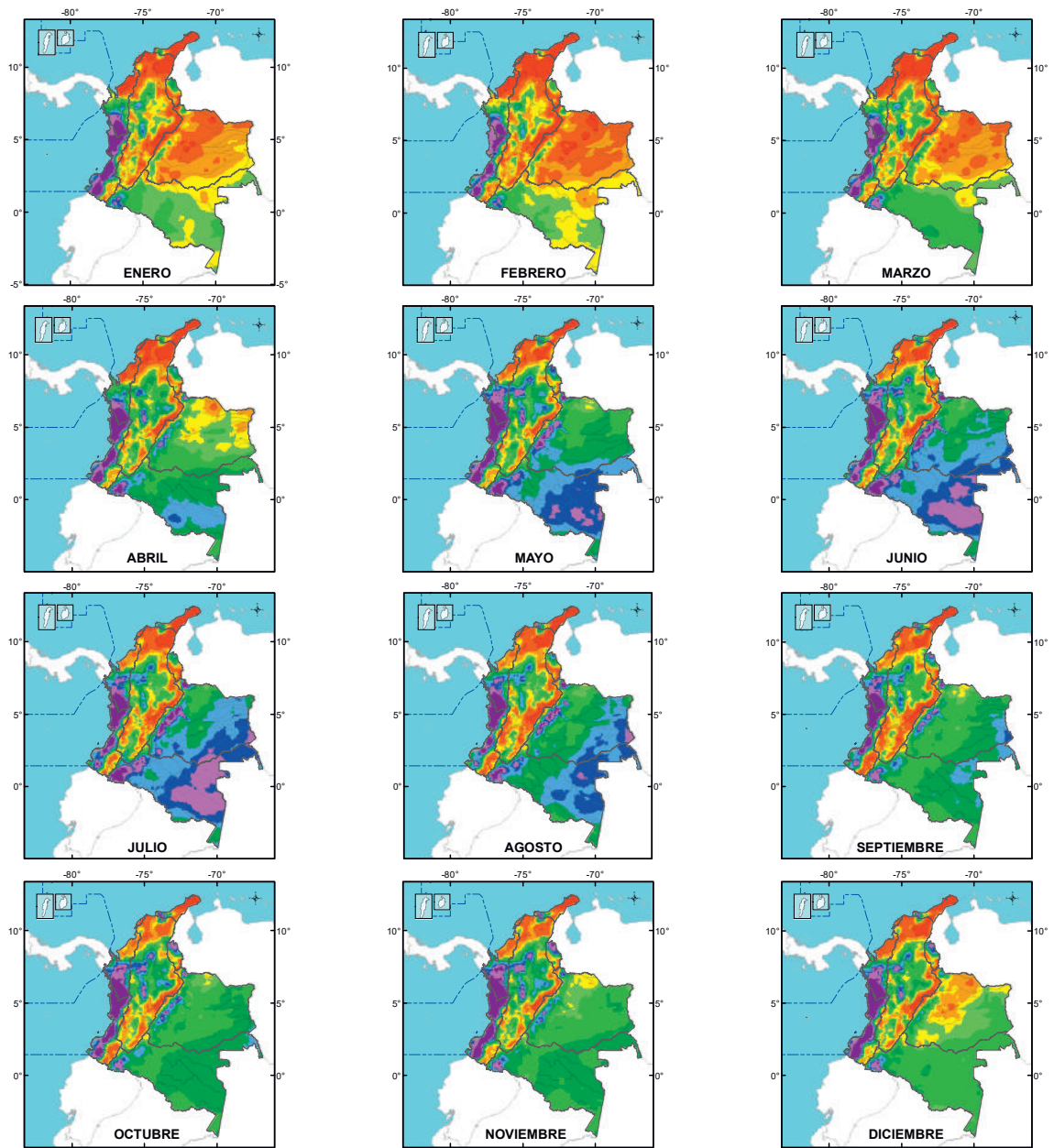
## Escorrentía media mensual multianual


La variación de los valores medios mensuales de escorrentía se muestra en la **Figura 6**. Puede observarse que existe un gran periodo de reducción de escorrentía que empieza en el mes de diciembre y que se extiende durante los meses de enero a marzo. Este periodo se convierte en la temporada seca más importante sobre el territorio nacional porque se presenta en las regiones de la Amazonía, Caribe, Magdalena-Cauca y Orinoquía. Asimismo, es posible observar el aumento en los valores de escorrentía entre los meses mayo y agosto en las áreas de Orinoquía y Amazonía.

Además, se presentan aumentos en zonas muy localizadas de la región del Magdalena en los meses de octubre y noviembre; mientras que en esos mismos meses la escorrentía en las regiones de la Orinoquía y la Amazonía se reduce con respecto a los meses más húmedos sobre estas dos regiones, que corresponden a los meses de junio a agosto. En cuanto al Pacífico se presenta reducciones durante el periodo junio-agosto. Sin embargo, los valores de escorrentía son más altos que el resto del país durante todo el año (**Figura 7**).



• **Figura 6.** Mapa nacional de escorrentía media anual multianual.



 <b>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia <b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b> <b>ESCORRIENTÍA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL DE COLOMBIA</b>	<b>LEYENDA Y CONVENCIONES</b>		<b>LOCALIZACIÓN</b> Información de Referencia <table border="1"> <tr><td>Proyección</td><td>Conforme de Gauss</td></tr> <tr><td>Datum</td><td>Magna - Sirgas</td></tr> <tr><td>Origen de la zona</td><td>Bogotá</td></tr> <tr><td>Coordenadas Geográficas</td><td>4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste</td></tr> <tr><td>Coordenadas Planas</td><td>1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</td></tr> </table> Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018. Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Pedro Arboleda Obando Nicolás Duque Gardeazabal Carolina Vega Viviescas Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam	Proyección	Conforme de Gauss	Datum	Magna - Sirgas	Origen de la zona	Bogotá	Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste	Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este
	Proyección	Conforme de Gauss											
Datum	Magna - Sirgas												
Origen de la zona	Bogotá												
Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste												
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este												
<b>Escorrentía Mensual (mm)</b> 0 - 20 20 - 40 40 - 60 60 - 80 80 - 100 100 - 150 150 - 200 200 - 250 250 - 300 300 - 400 Mayor a 400	<b>CONVENCIONES</b> ● Capital Departamental + Limite Marítimo ~ Ríos ■ Cuerpos de agua □ Zona Hidrográfica												

• **Figura 7.** Mapa nacional de escorrentía media mensual multianual.

Finalmente, y tomando en cuenta las anteriores descripciones, es posible apreciar la heterogénea distribución de los valores de escorrentía en el país, tanto a nivel espacial como temporal.

## Escorrentía anual para año típico seco

Los resultados de escorrentía para el año típico seco se muestran a escala anual en la **Figura 8**. En general, la disminución de la escorrentía a nivel nacional, respecto a un año medio (1775 mm) es del 53 % (reduciéndose a 841 mm), siendo el área Magdalena–Cauca la de mayor disminución con el 60 %, y el área de la Amazonía la de menor con el 48 %.

Al observar el mapa, se identifica una disminución pronunciada en los valores de escorrentía para la Cordillera Oriental, principalmente sobre el altiplano cundiboyacense y, de manera generalizada, sobre toda la zona Caribe, especialmente en la Sierra Nevada de Santa Marta, así como en la desembocadura de los ríos Magdalena y Atrato.

Las zonas de la Orinoquía también se presentan disminuciones importantes, especialmente en cercanías al piedemonte y en los llanos del norte del área hidrográfica. En la Amazonía, las disminuciones de escorrentía son más pronunciadas en zonas altas y medias de los ríos Putumayo y Vaupés. Finalmente, la zona del Pacífico presenta valores altos pese a las condiciones secas, particularmente en la cuenca del río Patía.

## Escorrentía mensual para año típico seco

A nivel mensual, la escorrentía para un año típico seco presenta valores muy bajos desde los meses de

enero hasta abril, con las excepciones del área Pacífico, el Alto Atrato y el sur del Piedemonte Amazónico (**Figura 9**).

Los meses de mayo hasta agosto muestran que las condiciones secas en las áreas de la Orinoquía y el Pacífico no son tan bajas, e incluso alcanzan valores de hasta 300 mm en algunas subzonas. Esto no se presenta en la región Magdalena–Cauca y región Caribe, donde los valores solo registran un ligero incremento, con excepción del Alto Atrato. En el Pacífico se siguen presentando valores relativamente altos.

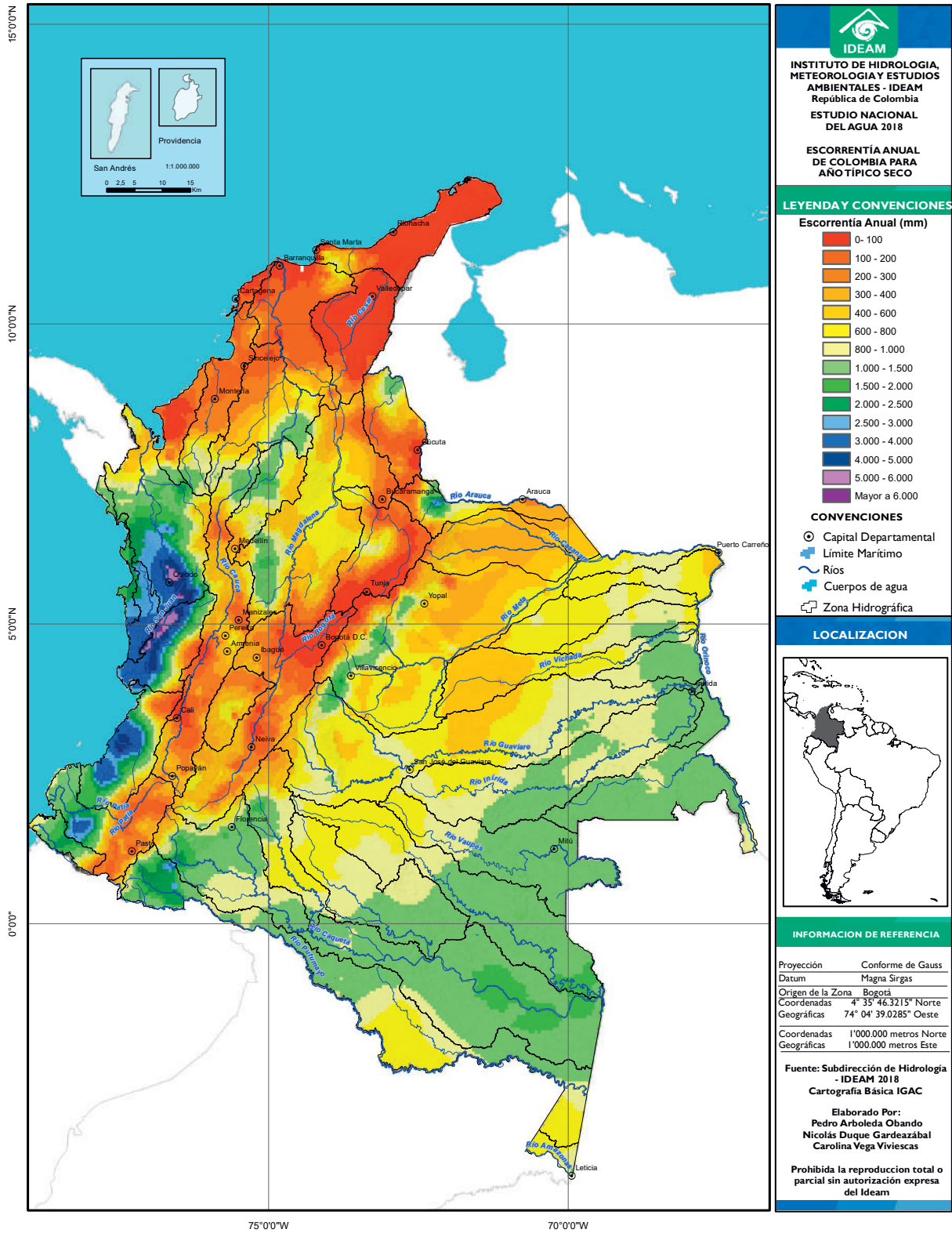
En los meses de septiembre a diciembre, los valores de escorrentía de las áreas Orinoquía y Amazonía vuelven a bajar, al igual que en el área Magdalena–Cauca, y Caribe. Por su parte, el Alto Atrato y el área Pacífico continúan presentando valores relativamente altos, pese a las condiciones secas.

Estas descripciones retratan los efectos de periodos secos en las diferentes regiones del país. Si bien estos efectos no necesariamente suceden al mismo tiempo, sí muestran la vulnerabilidad a las que se exponen las poblaciones y actividades en esas zonas.

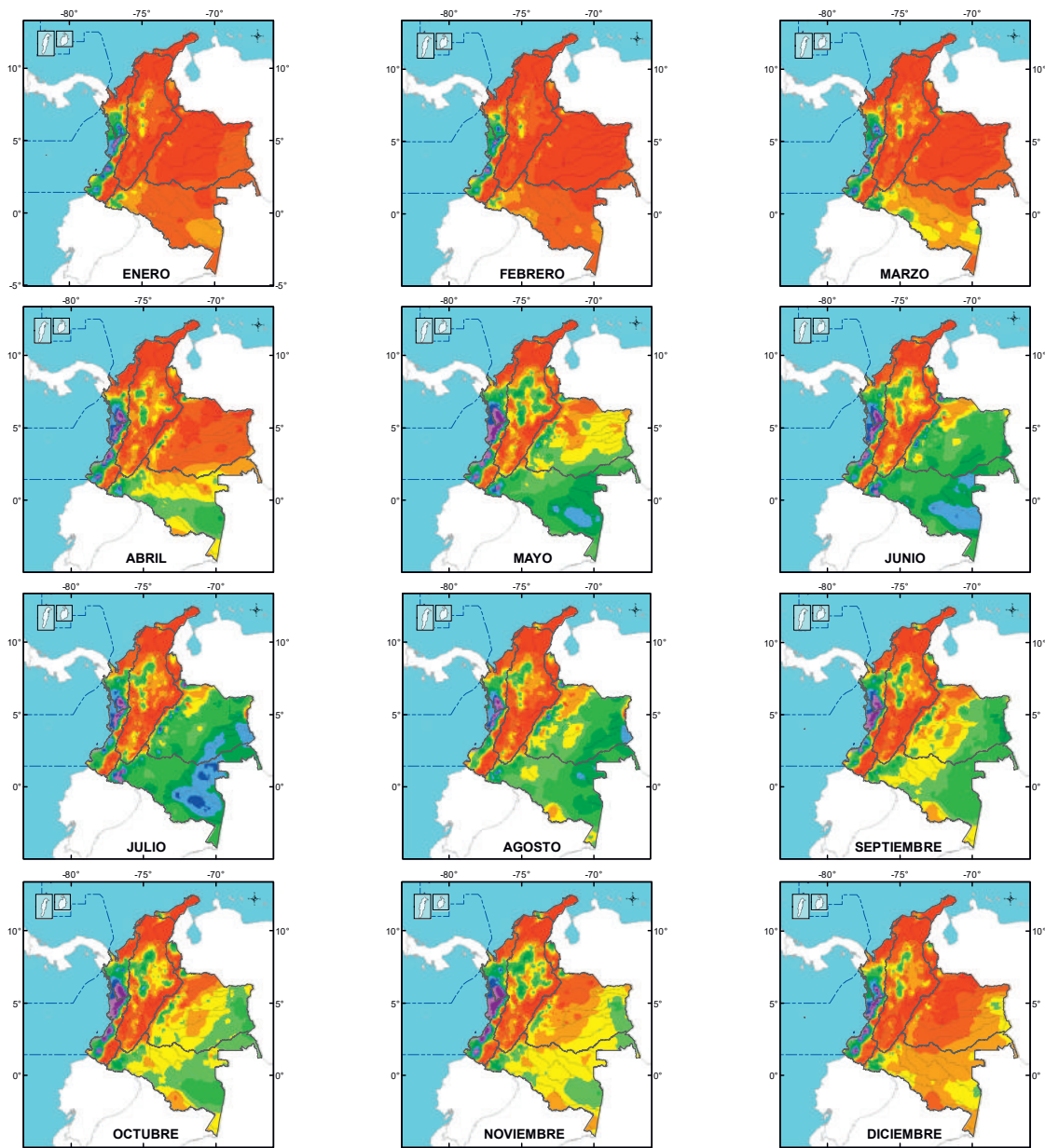
## Valores de escorrentía anual para año típico húmedo

En la **Figura 10** se observan los resultados de escorrentía para el año típico húmedo. De manera general, el aumento de escorrentía a nivel nacional es del 92 % (aumentando a 3420 mm), con un aumento más importante en el área Magdalena–Cauca, con el 122 %, y un aumento menos importante en Amazonía, con el 77 %.



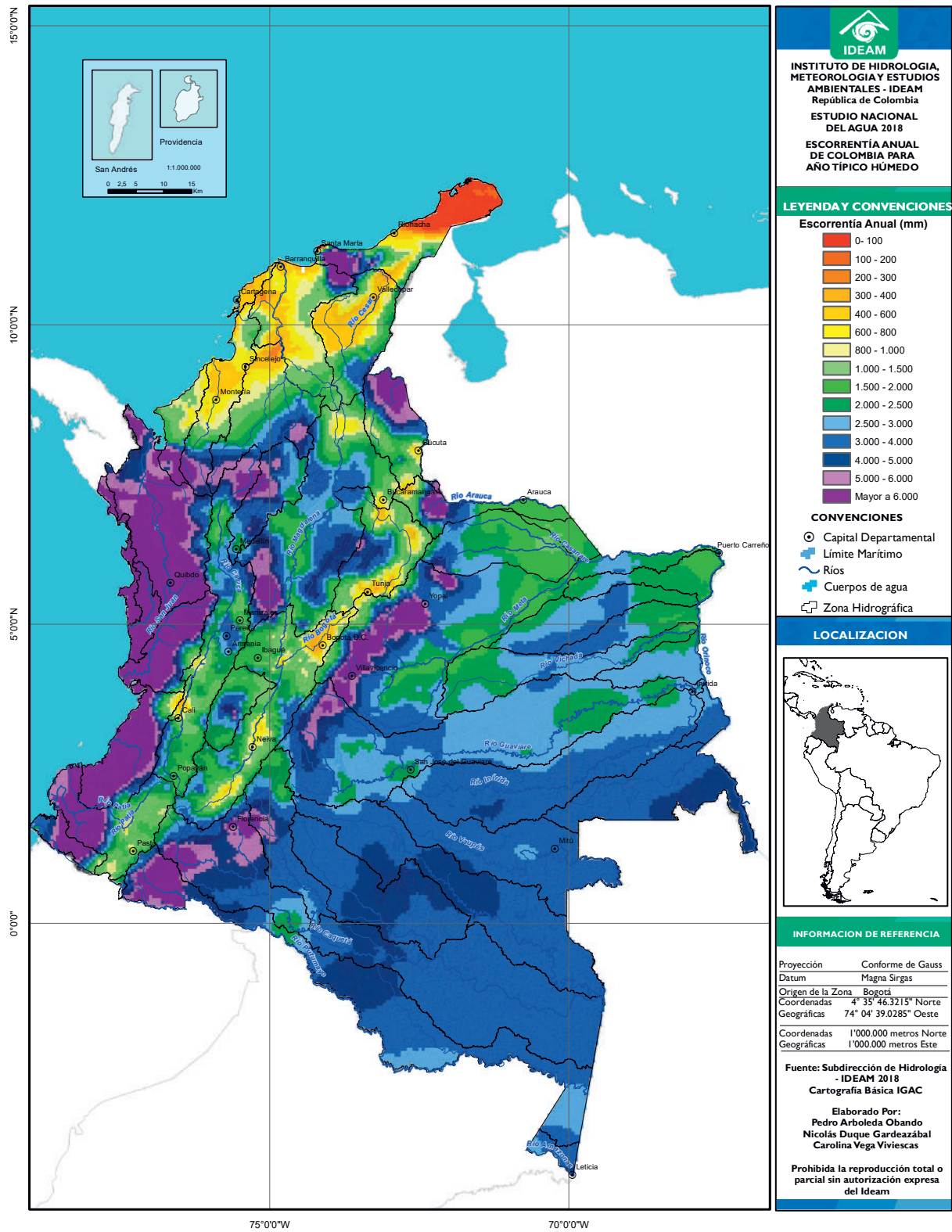


• **Figura 8.** Mapa nacional de escorrentía anual para año típico seco.



 <p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia</p> <p><b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p><b>ESCORRENTÍA MENSUAL DE COLOMBIA PARA CONDICIONES DE AÑO TÍPICO SECO</b></p>	LEYENDA Y CONVENCIONES		<p><b>LOCALIZACIÓN</b></p> <p><b>Información de Referencia</b></p> <p>Proyección: Conforme de Gauss Datum: Magna - Sirgas Origen de la zona: Bogotá</p> <p>Coordenadas Geográficas: 4° 35' 46.3215" Lat. Norte, 74° 04' 39.0285" Long. Oeste</p> <p>Coordenadas Planas: 1'000.000 metros Norte, 1'000.000 metros Este</p> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018; Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Pedro Arboleda Obando, Nicolás Duque Gardeazabal, Carolina Vega Viviescas</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>
	Escorrentía Mensual (mm)	CONVENCIONES	
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> 0 - 20</li> <li><span style="color: orange;">■</span> 20 - 40</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> 40 - 60</li> <li><span style="color: gold;">■</span> 60 - 80</li> <li><span style="color: lightgreen;">■</span> 80 - 100</li> <li><span style="color: green;">■</span> 100 - 150</li> <li><span style="color: darkgreen;">■</span> 150 - 200</li> <li><span style="color: blue;">■</span> 200 - 250</li> <li><span style="color: darkblue;">■</span> 250 - 300</li> <li><span style="color: purple;">■</span> 300 - 400</li> <li><span style="color: darkpurple;">■</span> Mayor a 400</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Capital Departamental</li> <li> Limite Marítimo</li> <li> Ríos</li> <li> Cuerpos de agua</li> <li> Zona Hidrográfica</li> </ul>		

• **Figura 9.** Mapa nacional de escorrentía mensual para año típico seco.



• **Figura 10.** Mapa nacional de escorrentía anual para año típico húmedo.

Al observar el mapa, los valores más altos de escorrentía se presentan en el área Pacífico, los piedemontes Orinoqués y Amazónico, y en zonas aledañas a la Sierra Nevada de Santa Marta.

La zona de la Amazonía y del sur de los Llanos orientales también presenta valores importantes de escorrentía, así como algunas zonas dentro del área Magdalena–Cauca, especialmente alrededor de la ciudad de Medellín, Norte de la Cordillera Central y la región de la Mojana.

Finalmente, las zonas de la cordillera Oriental y toda la zona del Caribe (incluyendo La Guajira, desembocadura del río Magdalena y cuencas del río Sinú) presentan valores más bajos que otras zonas del país, pese a las condiciones húmedas que podrían imperar.

### Valores de escorrentía mensual para año típico húmedo

En la **Figura 11**, se observan los resultados de escorrentía mensual para el año típico húmedo. Se identifican meses con bajas escorrentías en la zona norte de la Orinoquía y en algunas zonas del piedemonte llanero y de la desembocadura del río Meta en el Orinoco, en la frontera con Venezuela. Los meses húmedos comienzan con aumentos de escorrentía desde el sur y desde el piedemonte, y se extienden a toda la Orinoquía durante los meses de junio a septiembre,

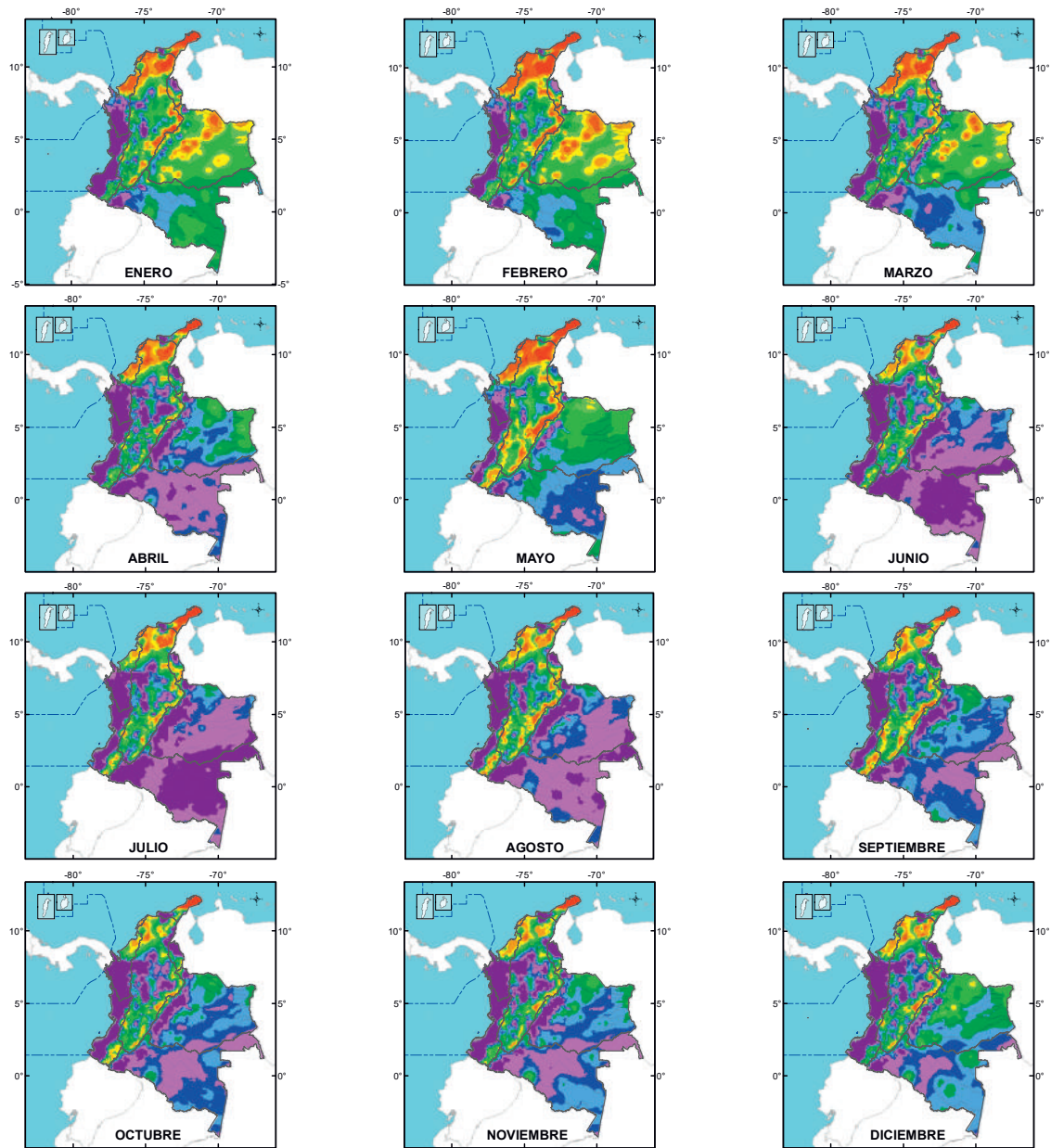
cuando empiezan a reducirse los valores de escorrentía, comenzando por el norte.

La Amazonía presenta un comportamiento similar a la Orinoquía, pero los meses húmedos comienzan en algunas zonas desde abril o mayo, y se extienden hasta octubre o noviembre. El Pacífico tiene valores frecuentemente altos durante todo el año típico húmedo, con ligeras disminuciones en los meses de abril, mayo y junio.

Paralelamente, la cuenca Magdalena–Cauca presenta dos picos de escorrentía en los meses de abril y noviembre, con periodos de menor escorrentía entre esos meses, especialmente en enero–febrero y julio–agosto. Alrededor de la ciudad de Medellín se observan valores de escorrentía mayores, mientras que hacia el oriente del área hidrográfica se identifican los menores valores.

Finalmente, toda la zona norte del país presenta valores bajos de escorrentía, con aumentos en los meses de junio a diciembre. Específicamente, la región de La Guajira presenta bajos valores de escorrentía durante todo el año, mientras que la Sierra Nevada de Santa Marta es una gran excepción a los valores bajos de escorrentía.

Los valores detallados de oferta y rendimiento hídrico para año medio, típico seco, y típico húmedo, se encuentran en el **Anexo 1**.



 <p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia</p> <p><b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p><b>ESCORRENTÍA MENSUAL DE COLOMBIA PARA CONDICIONES DE AÑO TÍPICO HÚMEDO</b></p>	<p><b>LEYENDA Y CONVENCIONES</b></p>		<p><b>LOCALIZACIÓN</b></p> <p><b>Información de Referencia</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Proyección</td> <td>Conforme de Gauss</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>Magna - Sirgas</td> </tr> <tr> <td>Origen de la zona</td> <td>Bogotá</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Geográficas</td> <td>4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long. Oeste</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Planas</td> <td>1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</td> </tr> </table> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018 &amp; Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Pedro Arboleda Obando Nicolás Duque Gardeazábal Carolina Vega Viviescas Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>	Proyección	Conforme de Gauss	Datum	Magna - Sirgas	Origen de la zona	Bogotá	Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long. Oeste	Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este
	Proyección	Conforme de Gauss											
Datum	Magna - Sirgas												
Origen de la zona	Bogotá												
Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long. Oeste												
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este												
<p><b>Escorrentía Mensual (mm)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>0 - 20</td> <td>150 - 200</td> </tr> <tr> <td>20 - 40</td> <td>200 - 250</td> </tr> <tr> <td>40 - 60</td> <td>250 - 300</td> </tr> <tr> <td>60 - 80</td> <td>300 - 400</td> </tr> <tr> <td>80 - 100</td> <td>Mayor a 400</td> </tr> <tr> <td>100 - 150</td> <td></td> </tr> </table>	0 - 20	150 - 200	20 - 40	200 - 250	40 - 60	250 - 300	60 - 80	300 - 400	80 - 100	Mayor a 400	100 - 150		<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊙ Capital Departamental</li> <li>⬡ Limite Marítimo</li> <li>~ Ríos</li> <li>⊕ Cuerpos de agua</li> <li>⊔ Zona Hidrográfica</li> </ul>
0 - 20	150 - 200												
20 - 40	200 - 250												
40 - 60	250 - 300												
60 - 80	300 - 400												
80 - 100	Mayor a 400												
100 - 150													

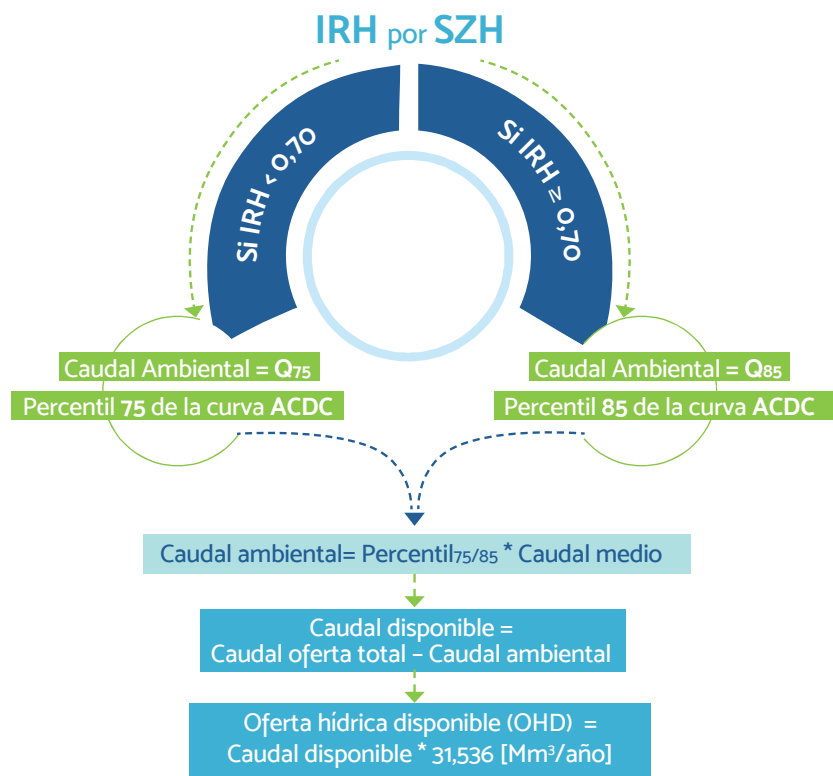
• **Figura 11.** Mapa nacional de escorrentía mensual para año típico húmedo.

## 2.1.2 Oferta hídrica disponible

De acuerdo con el Ideam (2010), la oferta hídrica total disponible (OHTD) es el 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 ecosistemas y de los sistemas fluviales y, en alguna medida, un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas, es decir, el caudal ambiental. Este último es definido de acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, 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” (MinAmbiente, 2010).

Para su estimación se aplicó el concepto de regionalización por subzona hidrográfica (descrito en la sección 3 de Indicadores climatológicos y de régimen hidrológico), pues es con base en las curvas de duración de caudal (CDC) asociadas a cada subzona que se define el porcentaje del caudal medio para evaluar el caudal ambiental, de acuerdo con la metodología adoptada por el Ideam para este estudio. De esta manera, para calcular el caudal ambiental, se identifica si la subzona que en general tiene una buena regulación, estableciendo un límite en el valor del índice de regulación hídrica (IRH) de 0,70. En consecuencia, si la regulación es de baja a moderada, se asume como caudal ambiental el percentil 75 (Q75) de las CDC regionales, y si la regulación es de moderada a alta, se toma el percentil 85 (Q85). Este criterio se aplicó a la oferta total en año medio empleando los valores promedio por subzona como se describe en la **Figura 12**.



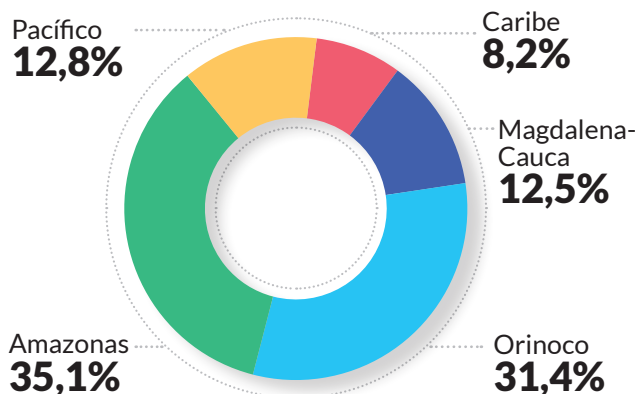
• **Figura 12.** Esquema metodológico para el cálculo de la oferta hídrica disponible (OHD).

De acuerdo con lo anterior, se encuentran los valores de OHD en cada subzona hidrográfica (anexo 1),

y se presentan en la **Tabla 2** y **Figura 13**, de manera generalizada por área hidrográfica:

• **Tabla 2.** Distribución por área hidrográfica de la OHD.

ÁREA HIDROGRÁFICA	OHD (Mm <sup>3</sup> /año)
▶ Caribe	99 220
▶ Magdalena-Cauca	151 875
▶ Orinoco	381 356
▶ Amazonas	425 958
▶ Pacífico	155 849



• **Figura 13.** Distribución por área hidrográfica de la OHD.

Entre los resultados obtenidos se destaca la región Amazónica con valores de OHD en año medio superiores a 15.000 millones de m<sup>3</sup>/año, en las subzonas Alto Río Apaporis, Bajo Río Apaporis, río Caquetá Bajo, río Cahuinarí, Alto Río Putumayo y río Putumayo Bajo. Opuesto a estos grandes volúmenes, las subzonas río Camarones y otros directos Caribe, río Desbaratado, río Cali, Ciénaga Mallorquín, y Lago de Tota registran valores disponibles inferiores a 150 millones de m<sup>3</sup>/año. Los volúmenes indicados corresponden a la suma de los resultados obtenidos en cada subzona hidrográfica.

Una vez calculada la OHD para año medio, se calcula la proporción que dicho valor representa con respecto a la Oferta total de año medio, para, a partir de este valor, calcular la OHD para año seco y húmedo, también listadas en el anexo 1.

### 2.1.3 Modelación hidrológica con el modelo DWB

Con base en el carácter distribuido de las bases de datos de precipitación y evapotranspiración, se implementa el modelo de lluvia-escorrentía Dynamic Water Balance (DWB) (Zhang, Potter, Hickel, Zhang, & Shao, 2008). Se presentan los resultados a nivel nacional y una escala mensual en el periodo 1983–2016. Estos resultados son un complemento a los estimados de oferta hallados por el balance hídrico.

DWB es un modelo propuesto a partir de los postulados de Budyko y el concepto de *límites* en la evapotranspiración, en el marco de la ecuación de balance hídrico. Los postulados de Budyko asumen que el balance hídrico es controlado por la disponibilidad de

agua y demanda atmosférica, siendo la precipitación el agua disponible, y la evapotranspiración potencial la demanda atmosférica. El concepto de *límites*

presenta la relación entre disponibilidad y demanda a través de la siguiente ecuación propuesta por Fu (Zhang, Potter, Hickel, Zhang, & Shao, 2008):

$$\frac{ET}{P} = 1 + \frac{E_o}{P} - \left[ 1 + \left( \frac{E_o}{P} \right)^w \right]^{\frac{1}{w}} = F \left( \frac{E_o}{P}, \alpha \right)$$

Donde:

$E_o$ : Evapotranspiración potencial (mm/mes)

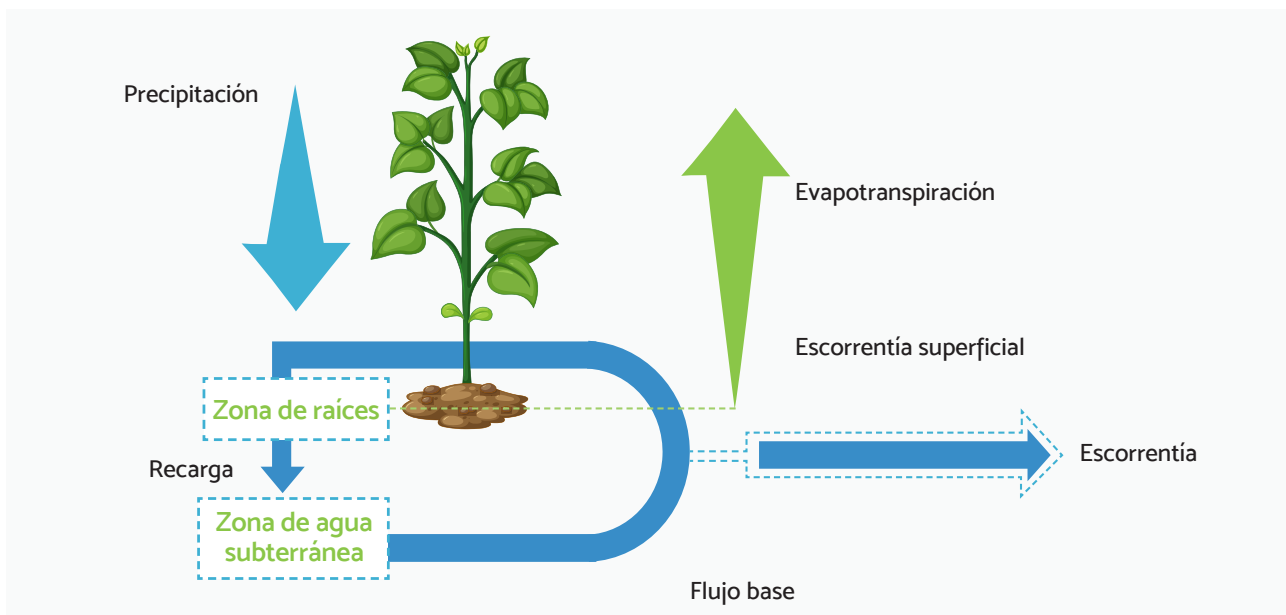
$ET$ : Evapotranspiración real (mm/mes)

$P$ : Precipitación (mm/mes)

$W$ : Parámetro del modelo con rango  $(1, \infty)$ , que puede tomarse como  $\alpha = 1 - 1/w$

A partir de estos principios, y utilizando la ecuación de límites de Fu, se desarrolló el modelo DWB. Este modelo conceptualiza la cuenca como dos zonas de

almacenamiento: zona de raíces y zona subterránea, como se muestra en la **Figura 14** (Zhang, Potter, Hickel, Zhang, & Shao, 2008).



• **Figura 14.** Diagrama del modelo DWB, a partir de postulados de Budyko.  
Fuente: Zhang, Potter, Hickel, Zhang, & Shao, 2008

Para la implementación del modelo, se utilizaron como insumos las bases de datos de precipitación y evapotranspiración que se emplearon para calcular

la oferta superficial multianual. Se usó el concepto de unidades de respuesta grupal (*Grouped Response Unit, GRU*) para agrupar las celdas de  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$



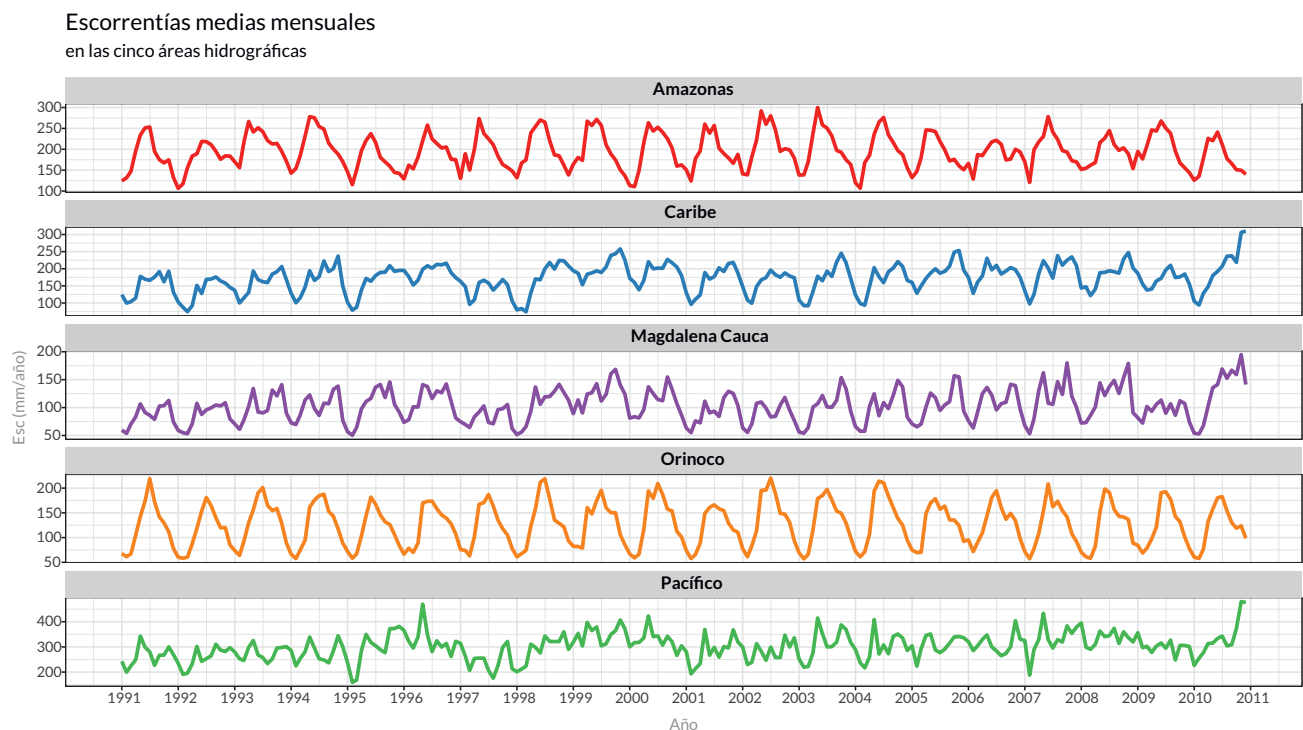
y así representar la heterogeneidad espacial. Como información básica para esa categorización se utilizó el mapa de coberturas de la tierra del periodo 2005–2009 de metodología Corine Land Cover Colombia (Ideam, 2013), tratando de representar las condiciones de coberturas del territorio nacional hacia la mitad del periodo de calibración (1983–2000).

Además, el modelo pasó por un proceso de calibración y validación automática con el fin de ajustar los valores de los parámetros, con el apoyo de información mensual de caudales proveniente de más de 200 estaciones. El resultado final de las simulaciones fueron mapas nacionales tipo ráster de los valores mensuales de escorrentía en el periodo de estudio.

La existencia de estos valores de escorrentía permitió realizar un análisis sobre series de tiempo a nivel de subzona, zona y área hidrográfica, y observar los

cambios mensuales y anuales en la oferta hídrica superficial. Además, es posible conocer los valores de evapotranspiración real, humedad de la primera capa del suelo (en equivalente de agua en milímetros), recarga, y flujo base y flujo superficial de la escorrentía.

En la **Figura 15** se pueden ver las variaciones de las escorrentías promedio, simuladas por DWB, en las cinco áreas hidrográficas a nivel mensual. Se ve claramente como las áreas del Amazonas y el Orinoco presentan regímenes hidrológicos monomodales, mientras que las del Caribe, Magdalena–Cauca y Pacífico presentan tendencias bimodales. Los periodos de estiaje para la mayoría de las áreas del país se dan en los primeros meses del año. Estos resultados en serie de tiempo permiten además hacer análisis de la variabilidad de la escorrentía, como se muestra en el apartado 2.4 de Sequías.



• **Figura 15.** Escorrentías mensuales por área hidrográfica, resultantes del modelo DWB.

En la calibración del modelo, se obtienen en general buenos resultados; sin embargo, como toda calibración de modelos, esta es imperfecta y, por tanto, es susceptible de ser mejorada. Dado esto, se resalta que el modelo tuvo buenos desempeños en: el piedemonte de la Orinoquía, la zona hidrográfica del Catatumbo y en el Magdalena Medio. Además, el modelo reportó resultados aceptables en las zonas de: el alto Magdalena, el río Saldaña, el río Sogamoso y en el río Patía. Por el contrario, muchas de las cuencas que bajan de la

Sierra Nevada de Santa Marta o que drenan directamente al Caribe (incluido el Atrato), así como las cuencas del piedemonte amazónico, tienen resultados que en su mayoría son deficientes, con algunas excepciones. En consecuencia, las mejoras al modelo pueden estar dirigidas a desarrollar la reclasificación de coberturas según la zona del país, dado que los resultados adversos se encuentran en diversas zonas del territorio colombiano y pueden corresponder a fenómenos locales que no son simulados por el modelo numérico.

## 2.2 Variabilidad climática

La variabilidad hidroclimática se refiere a tendencias y fluctuaciones a diferentes escalas espaciales y temporales en las diversas variables que describen el clima. En consecuencia, es natural registrar valores por encima o por debajo de la normal climatológica o valor promedio de treinta años (Pabón, 2011). En Colombia, la variación interanual está ligada a los efectos del fenómeno macroclimático de la Oscilación del sur, El Niño (ENSO, sigla del inglés El Niño, Southern Oscillation), mientras que los cambios intraanuales se asocian a la migración latitudinal de la Zona de convergencia intertropical, asociada con la actividad de los vientos alisios del este, la influencia del chorro del Chocó y la dinámica de los Sistemas Convectivos de Mesoescala (Poveda, 2004).

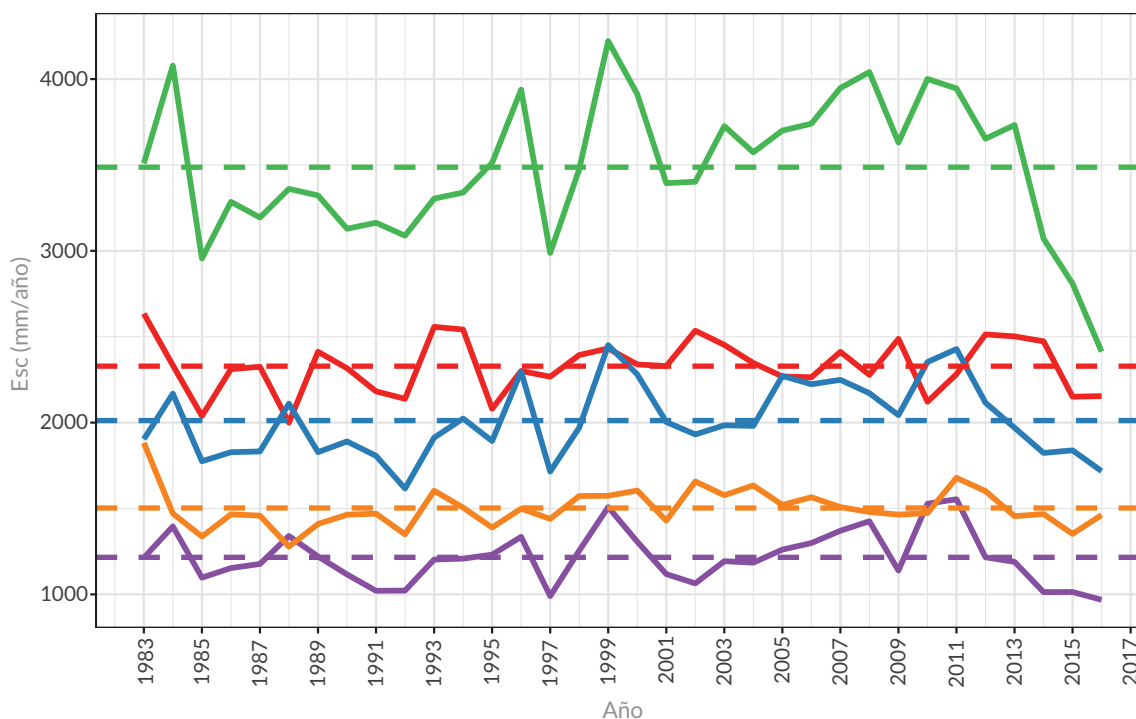
Esta sección se orienta a describir la variación natural en la oferta hídrica superficial resultante de los efectos de los anteriores fenómenos, con base en las series de tiempo mensuales de escorrentía que arroja el modelo DWB. Estos análisis se realizan a escala mensual o anual, debido a la limitación temporal del modelo hidrológico, considerando como unidad de análisis espacial las áreas y subzonas hidrográficas.

En primer lugar, se presenta en la **Figura 16** la variación temporal anual de la oferta hídrica superficial

promedio para las cinco áreas hidrográficas del país. En esta se ve que todas las áreas del país presentan una gran variación con respecto a la media anual multianual (líneas horizontales punteadas). El área que mayor variación presentó fue Magdalena-Cauca, que presenta una variabilidad del 13 % con respecto a la media multianual, seguida por el Pacífico con 12 %, Caribe con 11 %, el área del Orinoco con el 7 % y, por último, el área de la Amazonía con una variación del 6 % con respecto a la media multianual. Esto se analizó a través del coeficiente de variación de las escorrentías anuales, que tiene en cuenta la relación entre la desviación estándar y la media.

La **Figura 16** destaca las reducciones y aumentos en la escorrentía y, por tanto, en la oferta hídrica que se da en ciertos años. Por ejemplo, se ven altos valores en los años 2010-2011 para el área del Magdalena, Caribe y Pacífico, correspondientes con dicha temporada invernal. En este punto, se debe resaltar que el área del Pacífico es la región donde mayor oferta se tiene por unidad de área, así como también la Amazonía; mientras que el área del Caribe tiene altos valores debido a que la cuenca del río Atrato desemboca en el golfo de Urabá, pero tiene un comportamiento muy similar a las condiciones del área del Pacífico.

### Escorrentías medias anuales en las cinco áreas hidrográficas



• **Figura 16.** Escorrentías medias anuales por área hidrográfica, resultantes del modelo DWB.

Disminuyendo la escala espacial de análisis, a continuación, se presentan tres casos de estudio correspondientes a tres subzonas hidrográficas, con características y respuestas hidrológicas diferentes. La primera corresponde a la 2630, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, la cual cuenta con la particularidad de tener una variación para las escorrentías anuales del 4 % con respecto a la media multianual, es decir, tiene una variabilidad baja, la más baja de todas las subzonas del país. La segunda subzona es la 2701, río Porce, que presenta una condición de variabilidad media del 15 %. Finalmente, se muestra la subzona 2907, Directos al Magdalena entre El Banco y El Plato, cuyo comportamiento es el más variable de todas las subzonas a través de los años, con el 25 % de variación respecto de la media multianual.

En las siguientes figuras se muestra en la parte superior la variación anual con respecto a la media y en

la parte inferior la variación mensual en todo el periodo de estudio evaluada a partir de los percentiles mensuales comparadas con el año 2011, particularmente húmedo en todo el país.

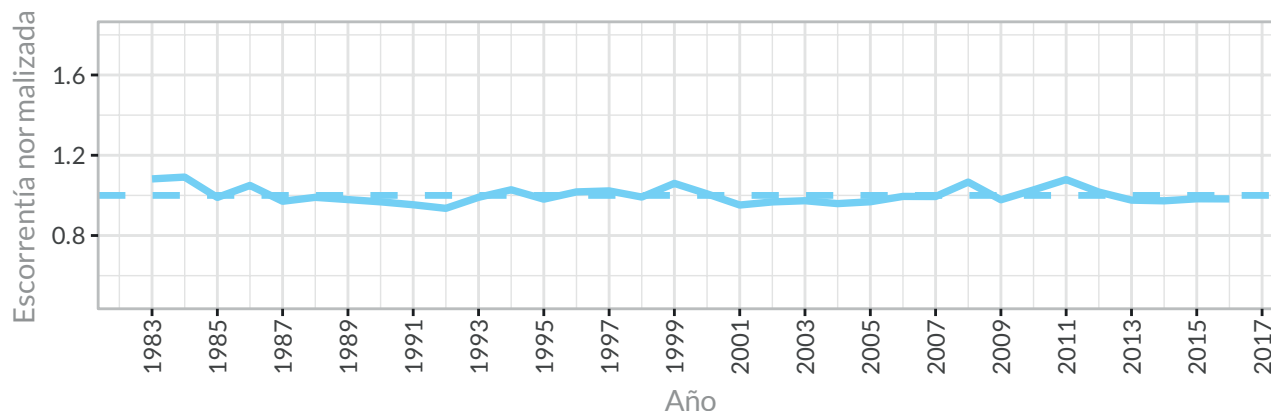
Para el primer caso de estudio (**Figura 17**) sobre la subzona de los ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, se puede ver que no existen grandes cambios con respecto a la oferta de cada año y que solamente los cambios en 1992 y 2011 fueron apreciables. Con respecto a la variación intraanual de la escorrentía, se identifica que la subzona no tiene un rango de variación muy grande en cada mes, la mayoría de las escorrentías se encuentran entre 125 mm y 175 mm.

La variabilidad presentada en el año 2011 ocasionó que 4 de los 12 meses tuvieran valores más altos que el 90 % de los caudales en los meses correspondientes. La variación mensual de las escorrentías para

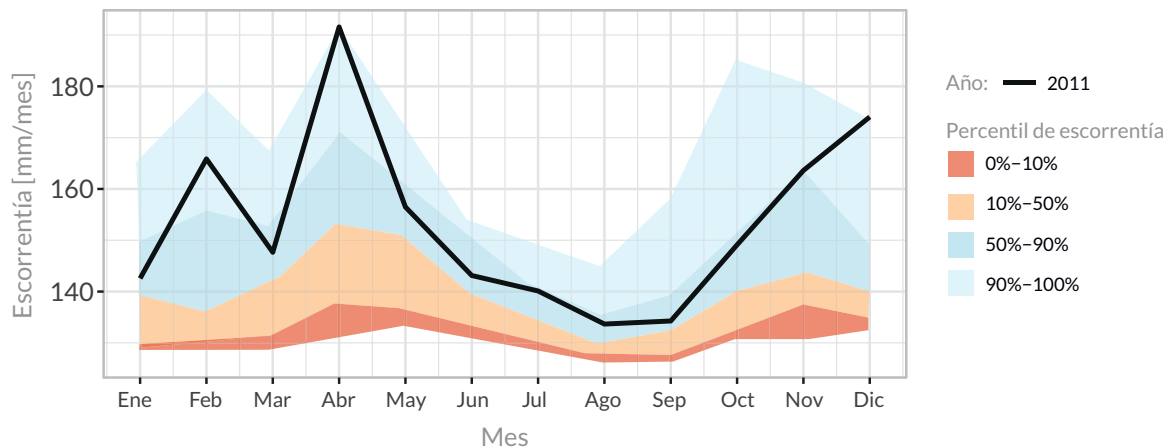
esta subzona muestra un claro periodo de estiaje en los meses de junio a agosto con pocos cambios interanuales, mientras que los meses húmedos de marzo, abril, octubre y noviembre muestran que, a través

de los años, si se han presentado grandes cambios debido a la variabilidad hidrológica (para octubre, por ejemplo, las escorrentías han variado entre 130 mm y 180 mm).

### Escorrentías medias anuales normalizadas en la subzona hidrográfica 2630, valor promedio = 1707.3 mm



### Variabilidad de la escorrentía a través de los años Subzona del río Lili, Melendez y Cañaveralejo [2630]



• **Figura 17.** Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2630, con base en los resultados del modelo DWB.

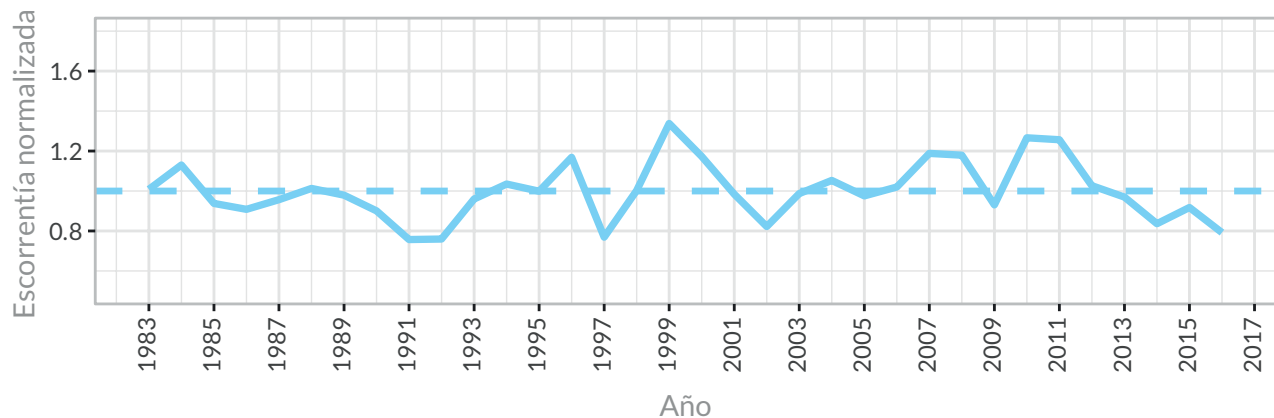
Para la subzona Río Porce, que se muestra en la **Figura 18**, se identifica una variación moderada. En el panel superior se puede ver cómo en los años 1991-1992, 1997, 1999 y 2010-2011 la subzona

presentó moderados descensos y aumentos en la escorrentía con respecto a la media multianual. Además, la escorrentía del año 2011 fue mayor que la mediana en todos los meses, pero solo en dos

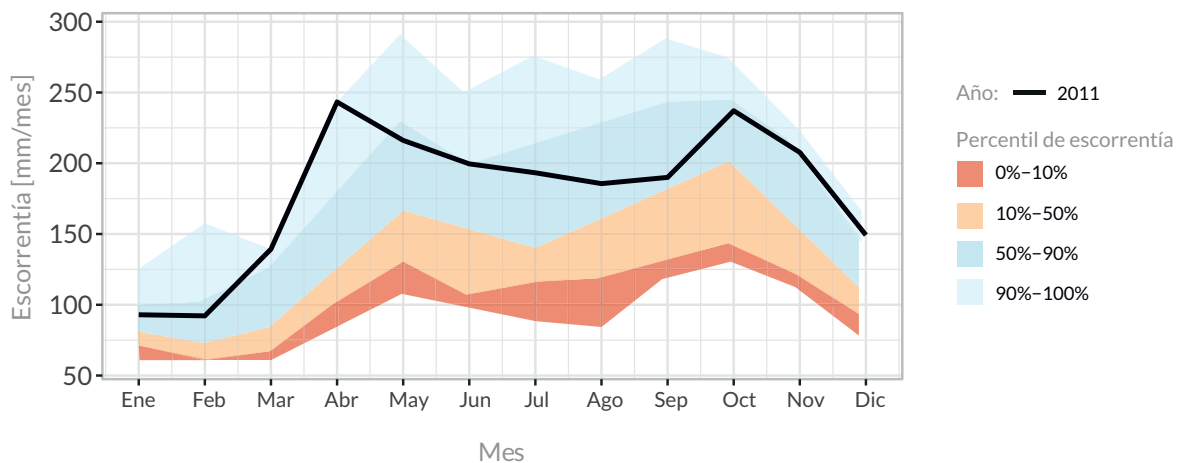
superó el 90 % de las escorrentías de otros años. Para la mayoría de los meses, la variación de los valores está entre 125 mm y 225 mm, a excepción del periodo entre enero y marzo que se encuentra

entre 75 mm y 100 mm. Lo anterior caracteriza a la subzona en un régimen bimodal pobremente marcado, con un periodo seco importante en los primeros meses del año.

### Escorrentías medias anuales normalizadas en la subzona hidrográfica 2701, valor promedio = 1708.1 mm



### Variabilidad de la escorrentía a través de los años Subzona del río Porce [2701]



• **Figura 18.** Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2701, con base en los resultados del modelo DWB.

La **Figura 19** muestra la variabilidad para la subzona 2907, Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato. En el panel superior se puede apreciar como la subzona ha tenido grandes variaciones a lo largo

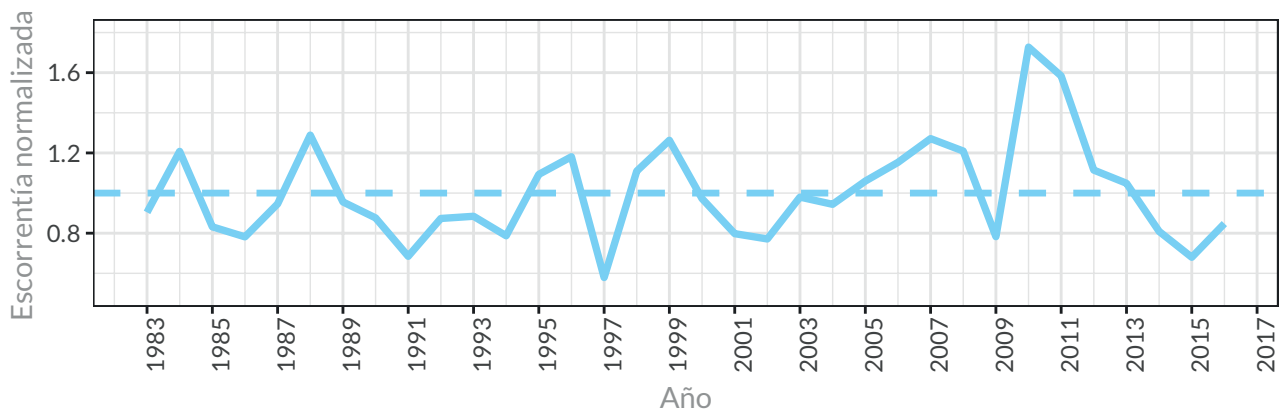
de los 34 años de modelación, con grandes ofertas hídricas en los años 1988, 1999, 2010–2011 y con escorrentías bajas en los años 1991, 1997 y 2015. Debido a la gran variabilidad de la subzona, son

muy pocos los años que presentaron escorrentías cercanas al promedio, como lo son los años 1989, 2003–2004 y 2013, todos los demás tienen escorrentías moderadamente por encima o por debajo del promedio anual multianual. Respecto de la variación de cada mes (panel inferior), se puede decir que la gran variación se presenta en los meses de abril a diciembre, mientras que los meses de enero a marzo

tienen escorrentías bajas y además son poco variables. Se identifica por su forma un régimen bimodal poco marcado y una tendencia a presentar mayores escorrentías en la temporada invernal de final de año. Igualmente, se aprecia que el año 2011 fue uno de los más húmedos, con todos los meses superando la mediana y con seis de los doce meses por encima del percentil 90 %.

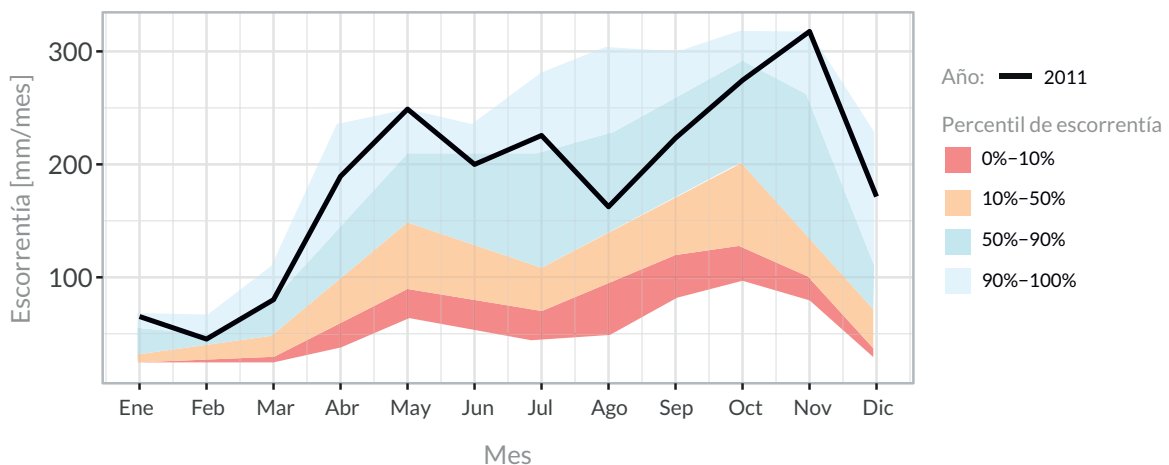
### Escorrentías medias anuales normalizadas

en la subzona hidrográfica 2907, valor promedio = 1391.6 mm



### Variabilidad de la escorrentía a través de los años

Subzona Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato [2907]



• **Figura 19.** Variabilidad interanual e intraanual de la subzona 2907, con base en los resultados del modelo DWB.

Los análisis aquí presentados indican que el país es bastante sensible a la variabilidad hidroclimática. Las áreas hidrográficas del Magdalena–Cauca, el Caribe y el Pacífico son las áreas con mayor variabilidad hidroclimática, pero en su interior presentan importantes diferencias,

debido a condiciones locales. Las áreas de la Orinoquía y la Amazonía presentan una variabilidad menor, pero dentro de ellas, aproximadamente el 25 % de las subzonas presentan alta variabilidad hidroclimática, de acuerdo con la comparación del coeficiente de variación.

## 2.3 Indicadores hidroclimatológicos

La evaluación del sistema natural nacional se soporta en un conjunto de indicadores que evalúan, desde una fundamentación técnica, las características del clima y regulación de caudales, evadiendo la intervención antrópica que es evaluada más adelante. Los indicadores asociados al régimen hidrológico son el índice de aridez y el índice de regulación hídrica, lo cuales permiten identificar zonas cuya normalidad climática es seca y la caracterización de la regulación de las cuencas.

### 2.3.1 Índice de aridez

El índice de aridez (IA) es un indicador que califica cualitativamente las condiciones naturales de aridez, midiendo el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. A lo largo de la historia, el IA ha estado en constante evolución y en Colombia, se adoptó una relación entre la ETP y ETR (Ideam, 2010, 2015) con el objeto de representar la dinámica superficial del suelo, como se expresa a continuación:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

**IA:** Índice de aridez (-)

**ETP:** Evapotranspiración potencial anual multianual de Hargreaves (mm)

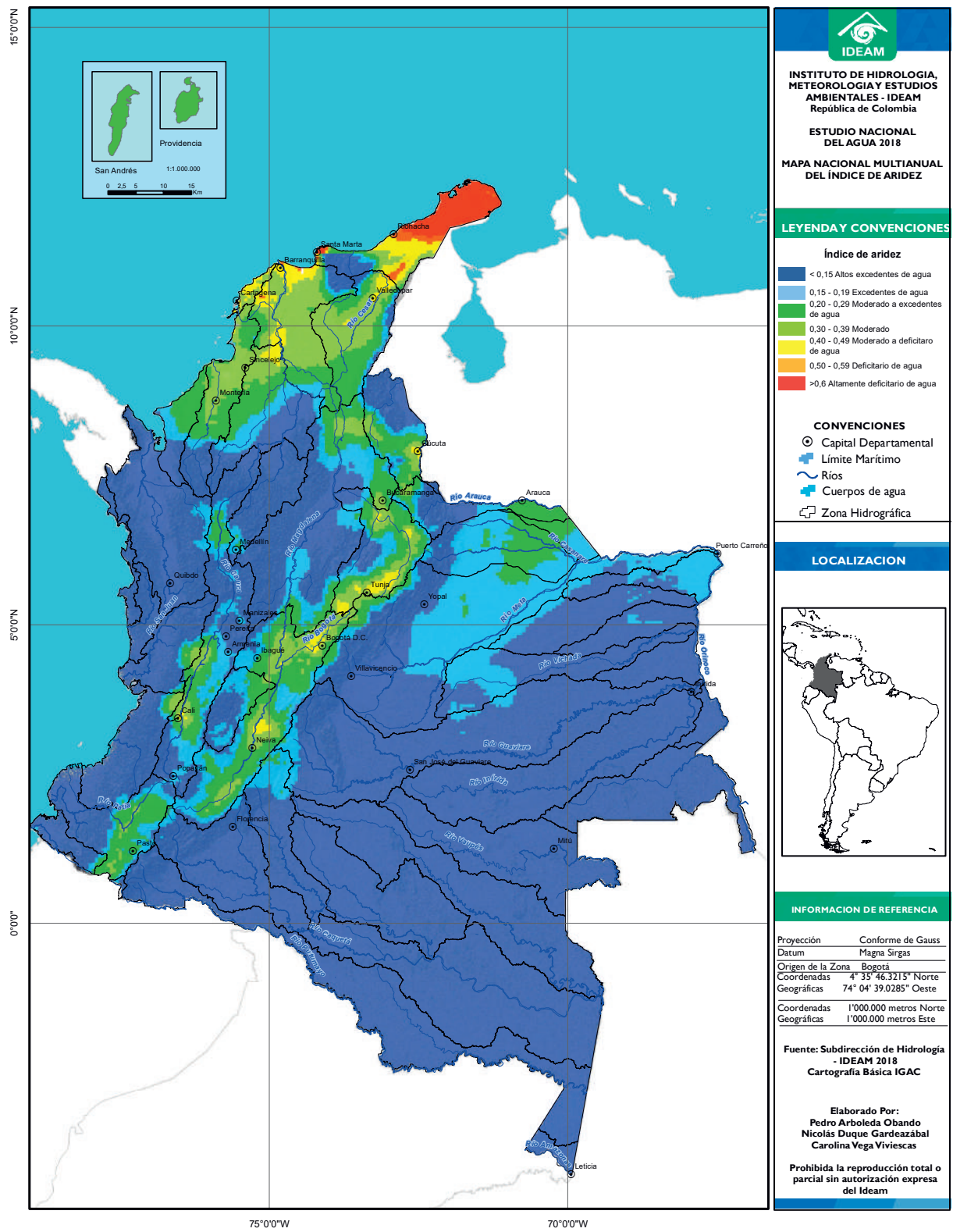
**ETR:** Evapotranspiración real potencial anual multianual de Budyko (mm)

Para el cálculo de la evapotranspiración real y potencial se usaron los mismos insumos y postulados usados en la sección de oferta hídrica. Una vez obtenidos los resultados cuantitativos, se clasificaron cualitativamente en siete categorías, indicando las características de excedencias o déficits de agua a largo plazo en cierta región (Tabla 3).

• **Tabla 3.** Categorías del índice de aridez.

IA	Categoría
< 0,15	Altos excedentes
0,15 – 0,19	Excedentes
0,20 – 0,29	Moderado a excedentes
0,30 – 0,39	Moderado
0,40 – 0,49	Moderado a deficitario
0,50 – 0,59	Deficitario
> 0,60	Altamente deficitario

La **Figura 20** muestra los grados de excedencia o déficit de agua en las diversas regiones del país para una condición promedio anual. En esta se reconocen zonas con déficit de moderado a deficitario en las regiones cerca a grandes ciudades como Cali, Neiva, Bogotá, Montería, Cartagena, Tunja, Cúcuta y Bucaramanga, y desde altos a moderados excedentes de agua en un gran porcentaje del territorio nacional, principalmente en las regiones de Pacífico, Orinoquía y Amazonía, a las cuales se unen los territorios extracontinentales de San Andrés y Providencia.

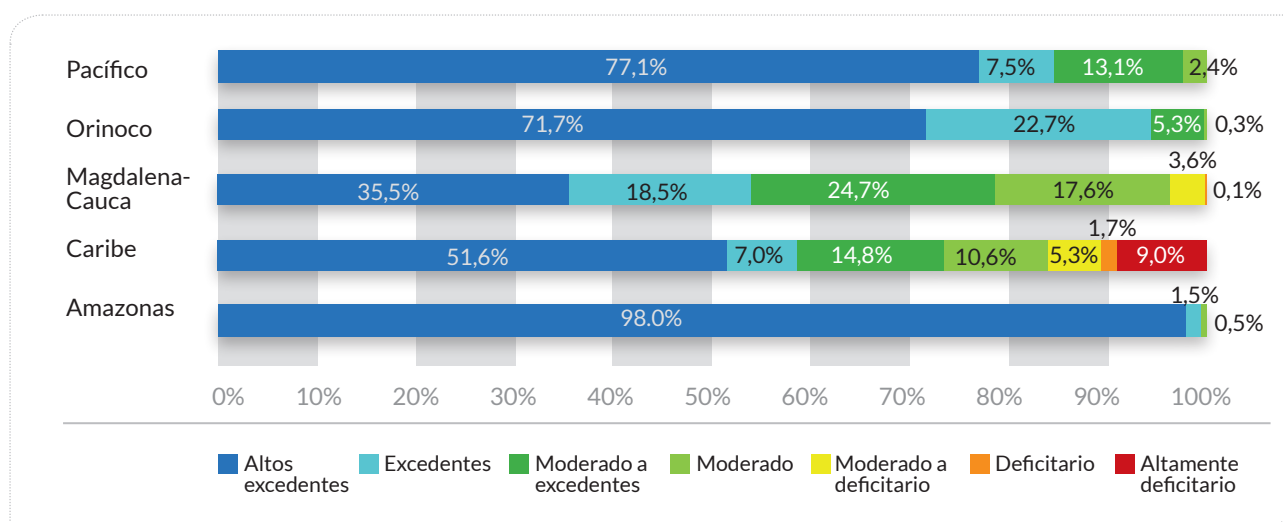


● **Figura 20.** Mapa nacional multianual del índice de aridez.



Las áreas cubiertas por la categoría “altos excedentes” son notables en el análisis por área hidrográfica, representadas en la **Figura 21** (exceptuando el área Magdalena–Cauca, donde se concentran las grandes ciudades), y tienen más del 50 % de su espacio

dentro de esta categoría; siendo las más altas: Amazonas, con el 98 % de su área, con alta proporción en las regiones de los ríos Putumayo, Caquetá y Vaupés; Pacífico, con el 77 %, y el área hidrográfica del Orinoco con las cuencas de los ríos Inírida y Guaviare.



• **Figura 21.** Distribución del índice de aridez por área hidrográfica.

Así, la gran mayoría del país demuestra tener una gran disponibilidad natural de recursos hídricos, asociados al balance de precipitación y evapotranspiración, disminuyendo en las subzonas sobre la cordillera Oriental, como en las cuencas del río Bogotá, río Chicamocha y la desembocadura del río Magdalena, con valores de IA cercanos a 0,3. Las subzonas con mayores déficits se encuentran aledañas a las ciudades de Cartagena, Barranquilla, Riohacha y La Guajira, con valores de IA superiores a 0,4. Estas son las subzonas Río Camarones y otros directos Caribe, Río Ranchería, Directos Caribe – Ay, Sharimahana Alta Guajira, Río Carraipía – Paraguachón, Directos al Golfo Maracaibo, Ciénaga Mallorquín y algunos otros arroyos que drenan directamente al Caribe.

En general, el índice muestra las mismas clasificaciones identificadas en el ENA 2014 y solo se presentan

algunos cambios locales, debido al cambio en los insumos de precipitación y evapotranspiración.

## 2.3.2 Índice de regulación hídrica

El índice de regulación hídrica (IRH) es un indicador asociado al régimen natural de las cuencas que califica cualitativamente la capacidad de retención y regulación hídrica, por medio de la forma de la curva de duración de caudales medios diarios (CDC), para señalar las zonas que escurren de forma más estable y la ocurrencia de caudales extremos. El valor es representativo de las condiciones medias de la cuenca a la salida de la subzona, o antes de una intervención antrópica importante, resultado de una síntesis de las condiciones medias de la cuenca medidas sobre el cauce principal.

Las CDC se construyen a partir de registros históricos de caudales diarios, siendo aplicable únicamente en el periodo de los datos con el que fue construida e integrando el efecto combinado de las características de la cuenca (climatología, geología, geomorfología, tipo de suelo, vegetación, e intervenciones antrópicas) sobre el comportamiento de los caudales. No obstante, es posible regionalizar los resultados de las curvas para indicar la tendencia de regulación de áreas instrumentadas y no instrumentadas. En el presente documento, se evitó hacer interpolación de los valores puntuales del IRH, dada la naturaleza no espacial de la variable caudal. En cambio, se asigna un valor por subzona hidrográfica aplicando una metodología de la regionalización. Sin embargo, no debe entenderse que todos los cauces dentro de una misma subzona hidrográfica tienen la misma regulación.

La metodología de regionalización fue adaptada de Krasovskaia, Gottschalk, Leblois, & Pacheco (2006), en la cual, en aquellas subzonas donde el cauce principal contaba con una estación de caudal, se asignaba la CDC de dicha estación a la subzona; sin embargo, en aquellas subzonas no instrumentadas se hizo un promedio por zonas morfológicas homogéneas, definidas de acuerdo con sus características hidrológicas y geomorfológicas (Figura 22) para generar CDC regionales. Esta metodología utiliza la información proveniente de caudales y solo requiere de identificación de zonas homogéneas a partir de información secundaria. Por lo tanto, no se requiere la calibración de ecuaciones de correlación entre los valores de CDC y características de la cuenca, lo que aporta sencillez y rapidez en el cálculo.

A partir de estas curvas regionales, creadas con información de 228 estaciones de caudal, se calculó el IRH como la relación entre: a) un volumen parcial equivalente ( $V_p$ ), al área bajo la línea de caudal medio (es decir, 1 en las curvas adimensionales), y b) el volumen total equivalente ( $V_t$ ). (Ideam, 2010, 2014), como se expresa en la siguiente ecuación:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde:

$V_p$ : Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio

$V_t$ : Volumen total equivalente al área bajo la CDC

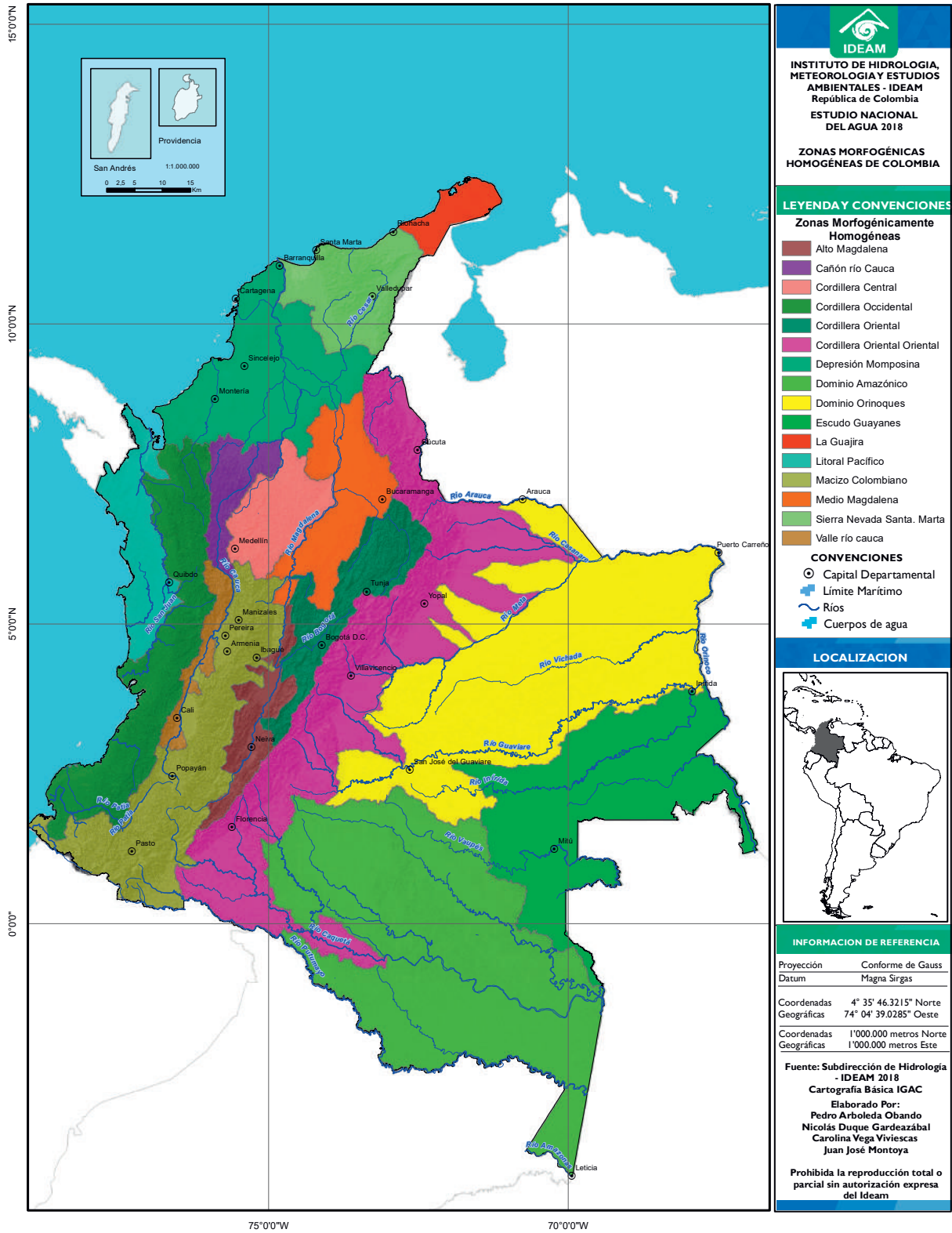
IRH: Índice de regulación hídrica

Luego, los valores de IRH fueron clasificados cualitativamente (Tabla 4). En la Figura 23 se muestra la estimación del indicador y su clasificación en las subzonas hidrográficas definidas en el país, indicando una regulación Muy alta en dos subzonas con valores alrededor de 0,9, pertenecientes a la cuenca del río Atrato (Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá, y Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murri), representando un 0,6 % del territorio nacional.

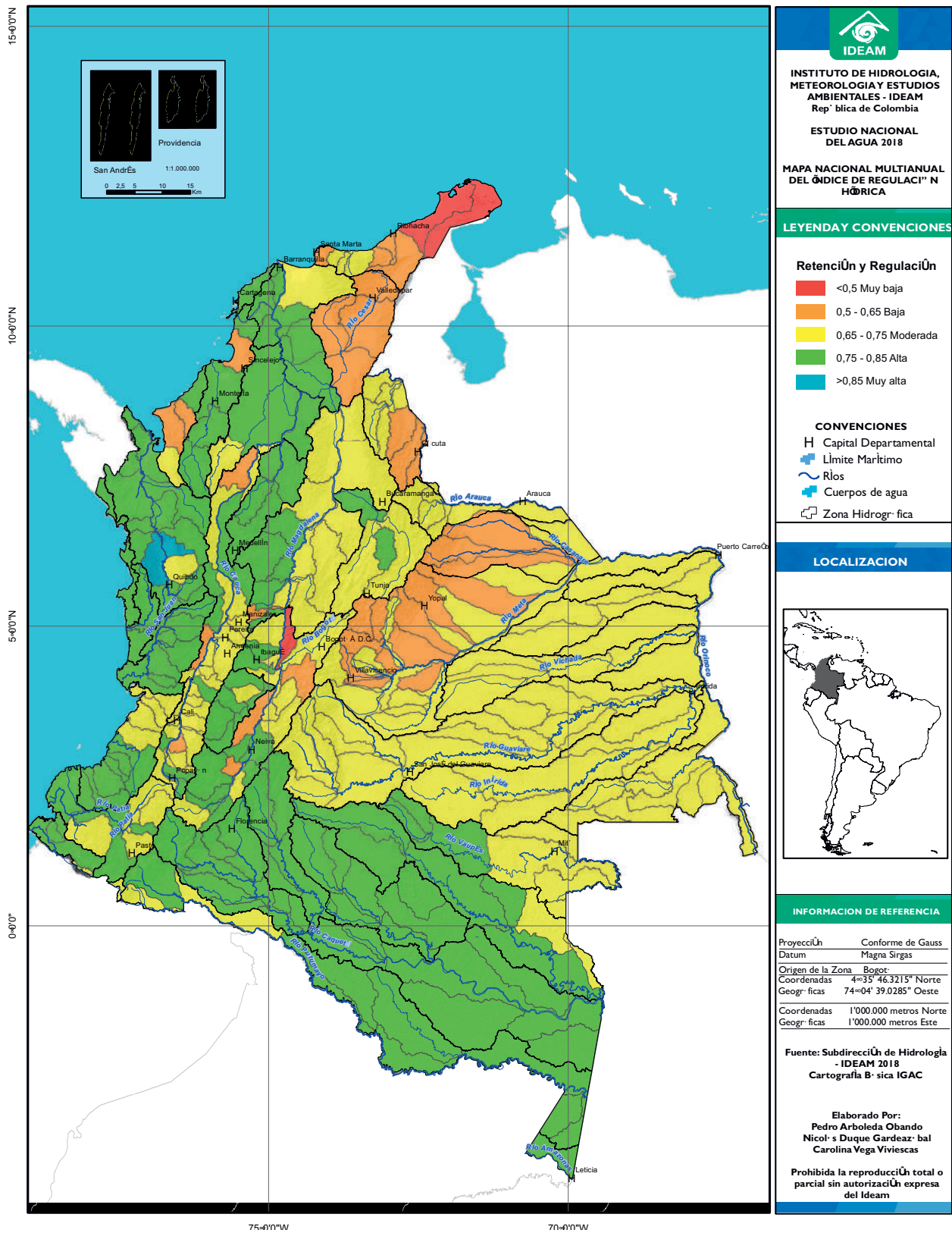
•Tabla 4. Categorías del índice de regulación hídrica.

IRH	Categoría
$IRH \leq 0,50$	Muy Baja
$0,50 < IRH \leq 0,65$	Baja
$0,65 < IRH \leq 0,75$	Moderada
$0,75 < IRH \leq 0,85$	Alta
$IRH > 0,85$	Muy Alta

Las regulaciones bajas se concentran en el Caribe, algunas subzonas del piedemonte llanero, los afluentes del río Meta, la sabana aguas arriba del río Aipe, Yaguarí y el Sumapaz. Especial mención se da a La Guajira, en las subzonas Directos Caribe–Ay. Shari-mahana Alta Guajira, Río Carraipía–Paraguachón, y Directos al Golfo Maracaibo, donde se observan las regulaciones más bajas, con valores de IRH de 0,28. La subzona del río Seco y otros directos al Magdalena, afluente del Magdalena en Cundinamarca también es un caso especial con un valor de 0,43, representando el 1 % del área del país. Los resultados del IRH para todas las subzonas hidrográficas se presentan en el anexo 2.



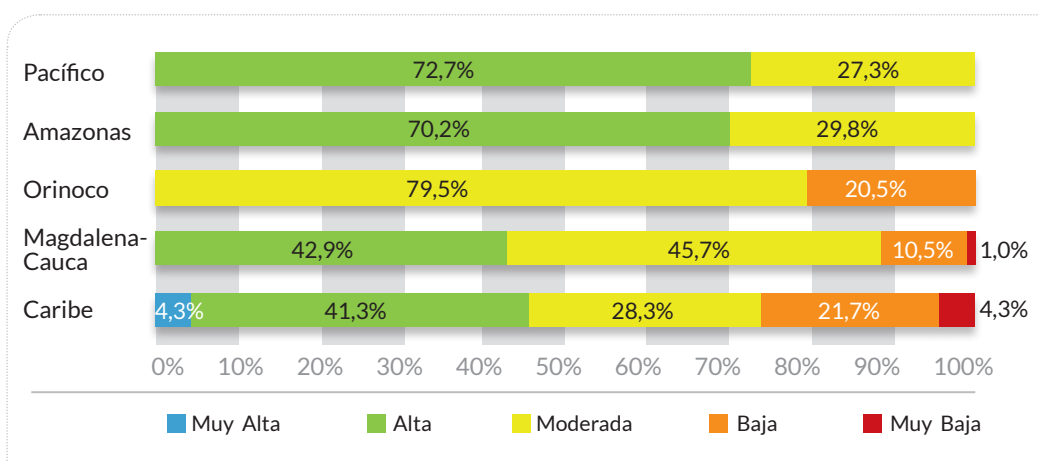
• **Figura 22.** Mapa nacional de zonas morfogénicas homogéneas.



• **Figura 23.** Mapa nacional multianual del índice de regulación hídrica.

Las áreas del Amazonas, Pacífico, bajo Cauca y el Caribe cerca a la desembocadura del Magdalena, con cerca del 41 % del área del país, cuentan con la mayor capacidad de regulación (Alta), seguidas por la región del Orinoco,

Pacífico Sur y Magdalena Medio, que presentan valores característicos de una regulación media, la cual es distintiva de la mayoría de las cuencas hidrográficas en Colombia, como se observa en la **Figura 24**.



• **Figura 24.** Distribución del índice de regulación hídrica por área hidrográfica.

En la parte baja de los ríos Cauca y Magdalena se encuentra una compleja zona de ciénagas, la cual está instrumentada (con estaciones de caudal) únicamente sobre los canales principales. La regulación de los cauces internos y de cada margen puede ser muy variable; sin embargo, para asignar una regulación por subzona, se tuvieron en cuenta las ciénagas

como un gran conjunto aliviador de inundaciones para promover una buena regulación en los cauces. También se observa una tendencia en la regulación ligeramente más baja en la región occidental de la Orinoquía y en la vertiente oriental de la cordillera oriental, probablemente debido a la influencia de sistemas morfogénicos de montaña.

## 2.4 Sequías

Las sequías son eventos naturales de déficit de precipitación temporales y recurrentes (Maliva & Missimer, 2012) asociados a la variabilidad hidroclimática natural, cuyos impactos se pueden manifestar en la disminución de la oferta hídrica, dependiendo de su intensidad y duración. Los eventos de

sequía pueden clasificarse de acuerdo con sus consecuencias, entre estas cabe mencionar la denominada *sequía meteorológica* que es la falta de precipitación sobre una región, en un periodo de tiempo dado y evaluada con respecto a valores promedio.

Los efectos de la sequía meteorológica son directamente proporcionales 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 & Singh, 2010).

### 2.4.1 Períodos secos extremos en Colombia

Para el análisis de los periodos secos extremos en el país, se identificaron las sequías meteorológicas a través del cálculo del índice estandarizado de precipitación (SPI, sigla en inglés de *Standard Precipitation Index*) (OMM, 2012), el cual también es un indicador de los eventos húmedos. El SPI se calcula usando los datos estandarizados (normalizados) de series de precipitación acumuladas a diferentes escalas temporales (p. ej. 1, 3, 6, 12, 24, etc. meses), y clasificando los periodos mensuales como se indica en la **Tabla 5**.

• **Tabla 5.** Categorías del índice estandarizado de precipitación.

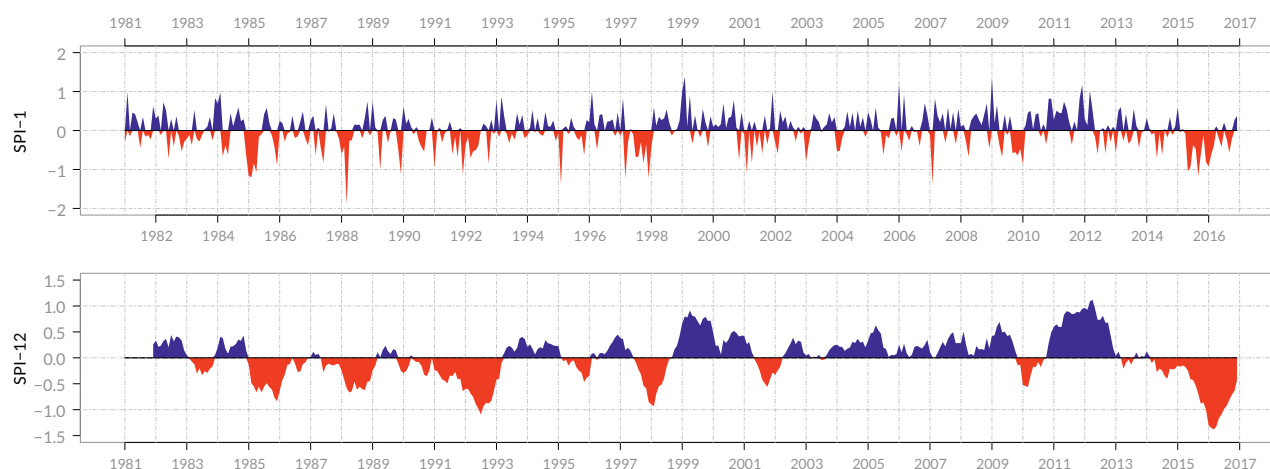
Rango	Categoría
$SPI \geq 2,00$	Extremadamente húmedo
$1,50 \leq SPI < 2,00$	Muy húmedo
$1,00 \leq SPI < 1,50$	Moderadamente húmedo
$-1,00 < SPI < 1,00$	Normal
$-1,50 < SPI \leq -1,00$	Moderadamente seco
$-2,00 < SPI \leq -1,50$	Muy seco
$SPI \leq -2,00$	Extremadamente seco

Las series normalizadas permiten hacer comparaciones entre regiones con condiciones climáticas diferentes, a través del uso de funciones de probabilidad, y en esta versión del estudio, se trabajó con la función de distribución Gamma, la cual fue originalmente propuesta por McKee y demostró ser la que mejor se ajustaba a las series de precipitación del país (a través de la prueba de Kolmogorov–Smirnov).

Como se mencionó anteriormente, las diferentes escalas de acumulación permiten estudiar diferentes niveles de afectaciones. Teniendo en cuenta la escala nacional de análisis del ENA, se busca identificar tendencias de precipitación en escalas temporales medias, en las que un valor extremo puede indicar efectos en el almacenamiento de los embalses y afectaciones en el abastecimiento nacional. Por esta razón, en el presente apartado se muestran únicamente los resultados correspondientes a la escala de acumulación del SPI de 1 y 12 meses.

El análisis tuvo tres fases: la identificación de los periodos de mayor afectación a nivel nacional en el periodo 1980–2016, la exploración de su correlación con el fenómeno ENSO y, finalmente, la evaluación de las afectaciones de este fenómeno en la escorrentía del país.

La **Figura 25** muestra los valores mensuales promedio de SPI–1 y SPI–12 para todo el país. En esta se observa la variabilidad de los valores del SPI–1, debido a la comparación que realiza del valor total de un mes en particular con relación al promedio de ese mes multianual (para toda la serie), lo que refleja cambios propios de la variabilidad climatológica. Por otro lado, el SPI–12, al acumular la precipitación de los 12 meses anteriores, presenta cambios menos bruscos, y muestra periodos húmedos y secos más fácilmente identificables, indicando afectaciones a largo plazo asociadas, incluso, a sequías hidrológicas.



• **Figura 25.** Series mensuales promedio del SPI-1 y SPI-12 a nivel nacional.

Asimismo, los resultados del SPI-12 por subzona hidrográfica indican que las regiones Guainía, Atrato y, de nuevo, la parte alta de la cuenca Magdalena-Cauca experimentan más a menudo eventos de reducción en la precipitación a largo plazo, que podrían afectar el almacenamiento y abastecimiento natural de agua superficial, siendo especialmente recurrente en las subzonas Alto Atrato, río Bebaramá y otros directos Atrato, directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá, río Cabi y otros directos Atrato, río Timaná y otros directos al Magdalena, directos río Negro, río Tomo y río Peneya.

## 2.4.2 Principales eventos de sequía que afectaron al país

De acuerdo con las series de SPI-1 y SPI-12 de la **Figura 25**, se identifican los principales eventos de sequía que afectaron al país, en concordancia con la actualización de las estadísticas de sequía en Colombia (Ideam, 2018), consignados en la **Tabla 6**. Asimismo, se listan los eventos de El Niño del fenómeno ENSO, de acuerdo con la serie del índice océano-atmosférico trimestral (ONI, sigla del inglés para índice oceánico de El Niño) registrado por la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos).

En esta tabla se observa que no siempre los eventos secos de importancia nacional son coincidentes con un periodo de El Niño del fenómeno ENSO.

• **Tabla 6.** Eventos históricos de sequías en Colombia vs. eventos de El Niño, con base en el ONI.

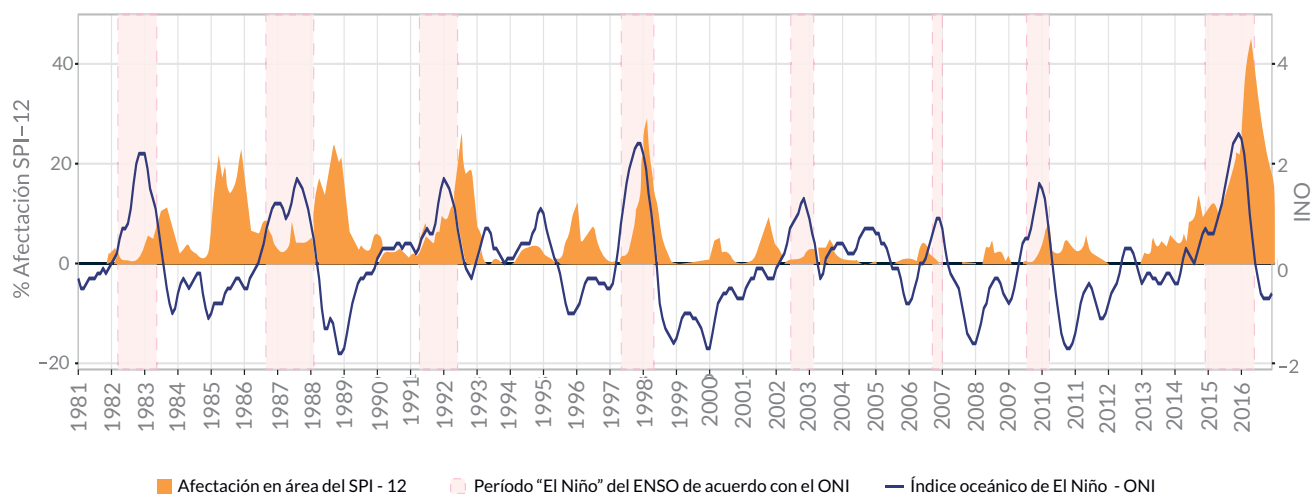
Eventos de sequía nacional	Eventos "El Niño" ENSO
1982-1983	MAM 1982-MJJ 1983
1985	
1987-1989	ASO 1986-EFM 1988
1990-1992	AMJ 1991-MJJ 1992
1994-1995	ASO 1994-AMJ 1995
1997-1998	AMJ 1997-AMJ 1998
2001-2002	MJJ 2002-EFM 2003
	JJA 2004-EFM 2005
	ASO 2006-DEF 2007
2009-2010	JJA 2009-FMA 2010
2013	
2014-2016	OND 2014-AMJ 2016

\*Las siglas corresponden al trimestre de inicio y final del evento de El Niño.

Fuente: NOAA, 2018.

Para evaluar la extensión de afectación en dichos periodos, se consideró el inicio de un evento de sequía cuando el indicador SPI está por debajo del valor de menos uno (-1), de acuerdo con las categorías del

indicador. Así, para cada mes del periodo estudiado, se evaluó el porcentaje de área nacional con valores del SPI que indicarán una condición seca, obteniendo la relación presentada en la **Figura 26**.



• **Figura 26.** Relación del porcentaje de afectación anual del SPI-12 y el ONI.

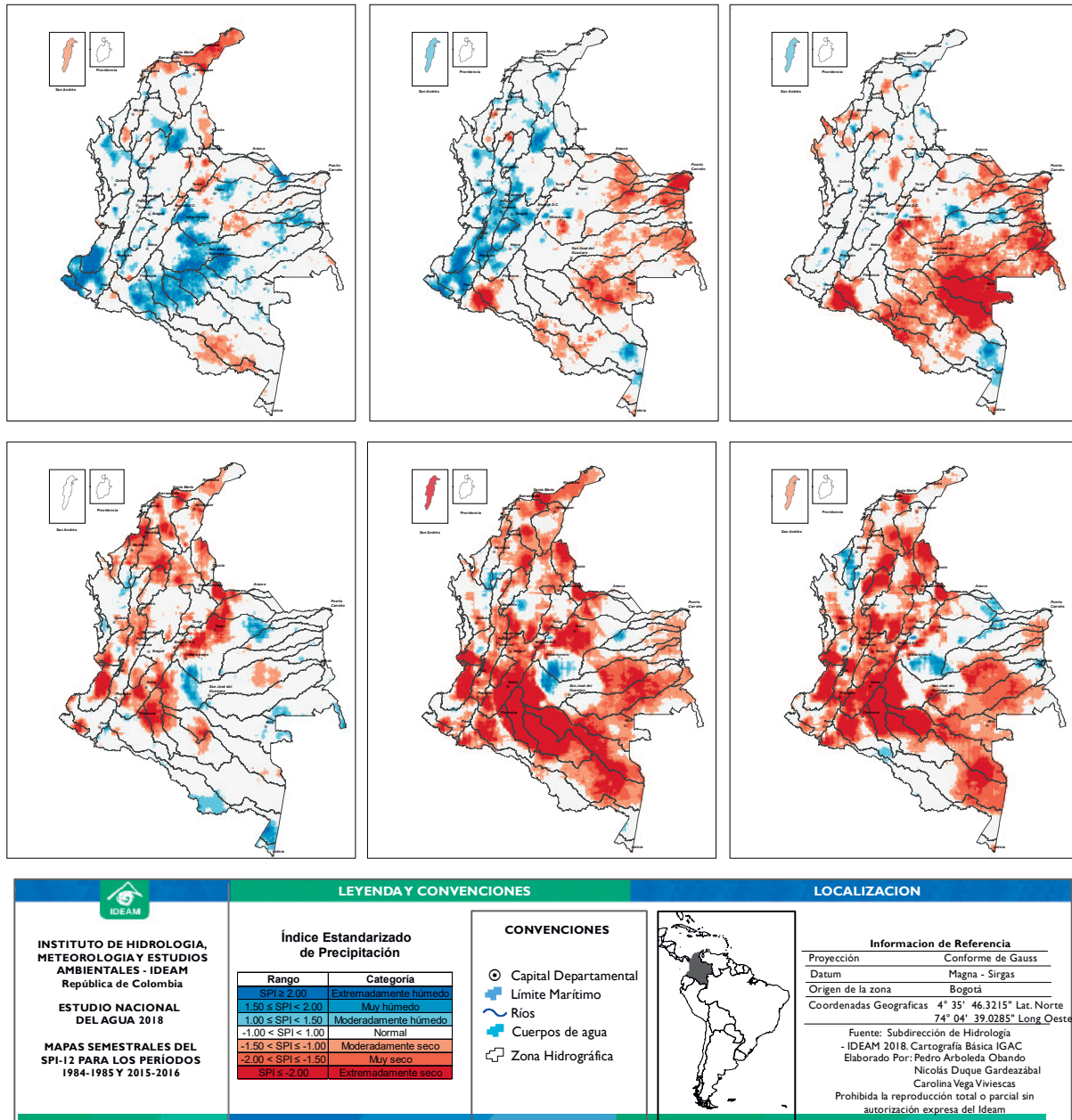
En esta figura se observa que los eventos secos que tuvieron una mayor afectación en términos de cantidad de área afectada, en los últimos 30 años, fueron los periodos 1985, 1988–1989, 1991–1992, 1997–1998 y 2014–2016. Entre estos, resalta la larga duración y el gran porcentaje de afectación en área en el periodo 2015–2016, coincidente con un fuerte evento de El Niño (considerado como uno de los más fuertes en la historia registrada, con un valor promedio del ONI de +1,50), que llevó a temperaturas por encima de la media y una gran disminución en el nivel de varios ríos y embalses en el norte de Sudamérica.

En contraste, en el periodo de 1985 a pesar de ser un año de La Niña (con un calor de ONI promedio de -0,60), el país se vio afectado por una fuerte sequía con categoría de muy seco a extremadamente seco

en más del 20 % del área nacional. De acuerdo con lo anterior, y para comprender las diferencias entre dichos eventos, en la **Figura 27** se muestran los mapas semestrales correspondientes al SPI-12 en los periodos 1984–1985 y 2015–2016.

De acuerdo con los mapas semestrales del SPI-12 presentados, se observa que la sequía del año 1985 se registró en una vasta región del país, y afectó principalmente las regiones Orinoquía y Amazonía. Mientras que el periodo 2015–2016, se muestra una sequía severa prolongada, iniciando en mayo de 2015 sobre las regiones Caribe y Pacífico y propagándose sobre la cordillera de los Andes. Adicionalmente, iniciando el primer semestre de 2016 aparece la incidencia de otro fenómeno climático que inicia un periodo seco sobre la Amazonía, la cual afectó grandes porciones del territorio hasta mediados del 2016.





• **Figura 27.** Mapas semestrales del SPI-12 para los periodos 1984-1985 y 2015-2016.

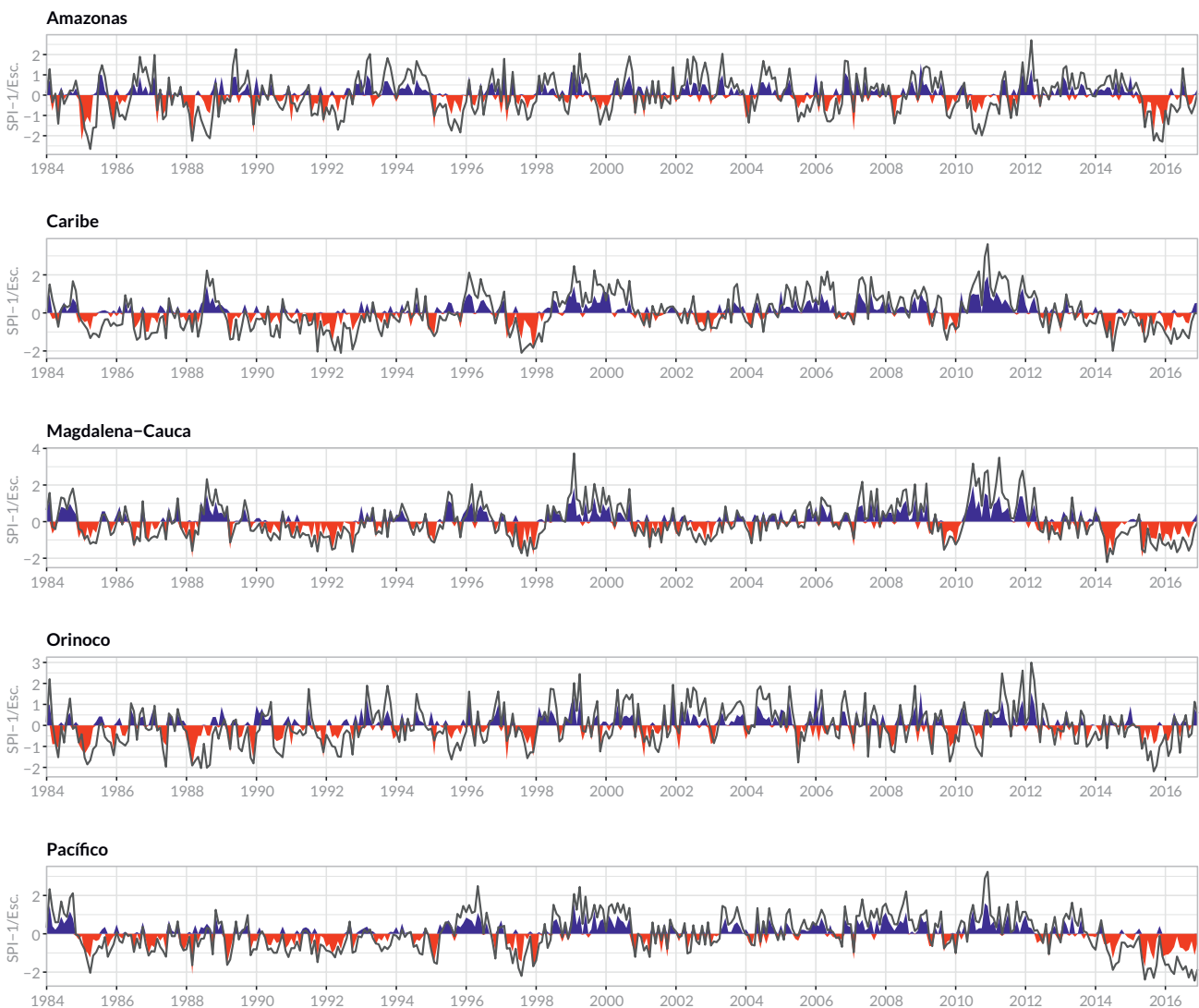
### 2.4.3 Afectaciones en la oferta hídrica superficial por eventos de sequía

Finalmente, para ilustrar las afectaciones que estos eventos secos generan en la oferta superficial de agua en el país, se hace una comparación de los resultados del SPI con las series de escorrentía del

modelo DWB. En la **Figura 28** se presenta por área hidrográfica las series promediadas del SPI-1 (en azul los periodos húmedos y en rojo los eventos secos) y el valor de la escorrentía mensual (**Figura 15**), normalizada de tal forma que el valor medio corresponde a cero y los valores positivos y negativos indican una escorrentía por encima o por debajo del promedio de cada mes, representada por la línea negra.

Así, se puede ver con claridad la correlación entre la variación de la precipitación y la escorrentía superficial. De esta misma manera, se observa cómo cada área hidrográfica se vio afectada de diferentes maneras en cada uno de los eventos secos identificados. En los periodos secos de 1985 y 1988 se identifican disminuciones importantes en el Amazonas, el Orinoco y el Pacífico, no siendo estas igual de significativas en el Caribe y en la cuenca del Magdalena-Cauca.

Igualmente, se destaca una disminución en la escorrentía recurrente en todas las áreas hidrográficas en el periodo 1997-1998, no siendo tan evidente en la Amazonía. Por otra parte, se debe resaltar que en las áreas hidrográficas Pacífico, Caribe y Magdalena-Cauca se registraron sequías en el periodo 2014-2016, al igual que en las áreas Amazonía y Orinoquía, pero en estas dos últimas regiones el evento de sequías y disminución de escorrentía parece presentarse después y con mucha menor duración.

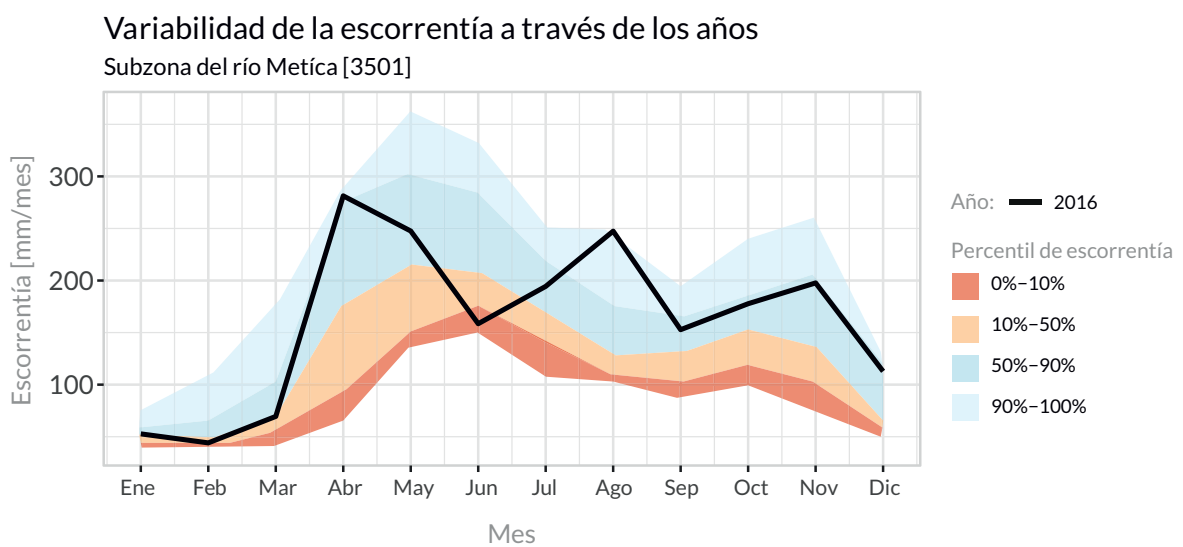


• **Figura 28.** Series mensuales del SPI-1 frente al valor de la escorrentía normalizado, promediados por área hidrográfica.

A nivel de subzona hidrográfica, los efectos en la oferta superficial por eventos secos son variables en todas las regiones del país y pueden depender de condiciones locales. Para analizar estas consecuencias sobre la oferta superficial, a continuación se comparan los cambios en la escorrentía para el año 2016 como resultado del evento El Niño de 2014–2016 en dos subzonas hidrográficas: la primera localizada en el Orinoco, río Metica (**Figura 29**)

y la segunda en la zona andina en Tolima, río Amoyá (**Figura 30**).

La subzona del río Metica tiene sus picos de oferta en los periodos de mayo–junio y octubre–noviembre, con un valor medio alrededor de los 150 mm de escorrentía mensuales. Particularmente para el año 2016, la escorrentía mensual sobrepasa las condiciones promedio (mediana–percentil 50) en todo el año, salvo en el mes de junio, como se muestra en la **Figura 29**.

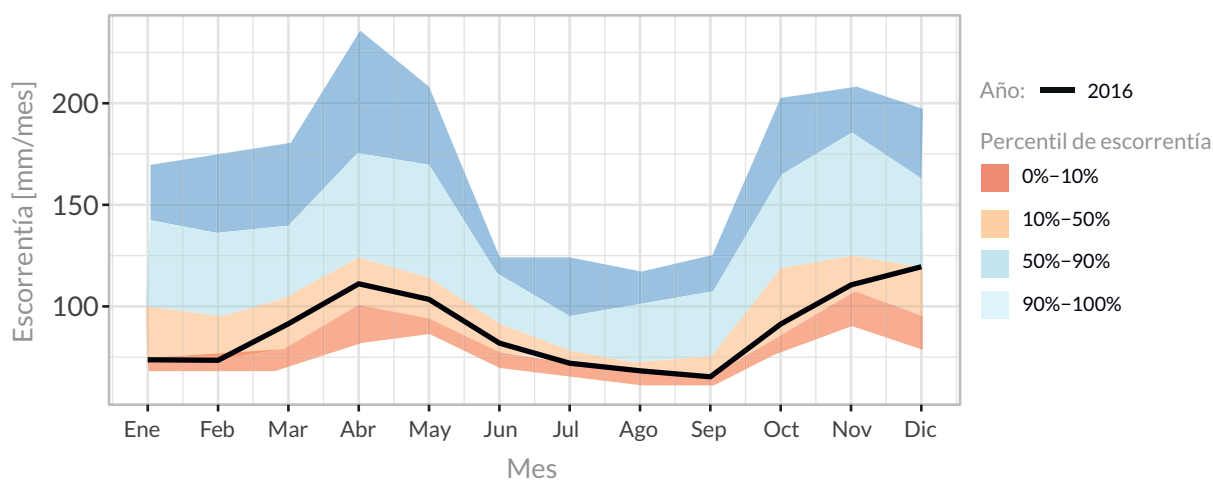


• **Figura 29.** Variabilidad en la escorrentía en el año 2016 de la subzona 3501, con base en los resultados del modelo DWB.

Esto indica que a pesar de que el SPI identifica en la región Orinoquía una disminución en la precipitación en la temporada seca del 2014–2015, esta no fue lo suficientemente fuerte para afectar los caudales superficiales y, por tanto, la oferta hídrica en esta subzona. En contraste, en la subzona del río Amoyá, dentro del área hidrográfica Magdalena–Cauca, la escorrentía mensual del año 2016 se mantiene por debajo de las condiciones medias definidas por el percentil 50 %, como se observa en la **Figura 30**.

Los análisis anteriores sugieren que en las regiones Caribe y Andina del país son más recurrentes los eventos de déficit de precipitación, de acuerdo con la variabilidad interanual natural. Asimismo, debido a su localización, el fenómeno ENSO tiene una gran influencia en la distribución de la precipitación, y se encontró una fuerte relación entre eventos secos en estas regiones y eventos de El Niño. Sin embargo, para las regiones de la Orinoquía y la Amazonía, no es tan clara una relación entre las temporadas de reducción de precipitación y el fenómeno ENSO.

### Variabilidad de la escorrentía a través de los años Subzona del río Amoyá [2204]



• **Figura 30.** Variabilidad en la escorrentía en el año 2016 de la subzona 2204, con base en los resultados del modelo DWB.

Los resultados obtenidos sobre los periodos secos son retrospectivos a nivel regional, sin embargo, son indicadores de las condiciones locales en las diferentes subcuencas del país. Lo anterior, invita al continuo monitoreo y abre la investigación al análisis multivariado sobre los eventos extremos observados durante el periodo del estudio, que no están estrictamente relacionados con el ENSO.

#### 2.4.4 Conclusiones de oferta hídrica, indicadores y sequías

La cobertura de la red de estaciones de monitoreo es insuficiente para todo el país, principalmente en la medición de temperatura y caudales, encontrando las mayores limitaciones en las áreas hidrográficas del Orinoco, Amazonas y Pacífico. Sin embargo, la inclusión de las bases de datos distribuidas, construidas con combinación de fuentes de información, reduce la incertidumbre en estas regiones, por lo que debe continuar la exploración de metodologías que apoyen la construcción de estos productos distribuidos.

Pese a esto, es recomendable un incremento en el número de estaciones de medición, especialmente en la variable de caudal, pues puede disminuir la incertidumbre y evitar la necesidad de recurrir a metodologías de regionalización. Así mismo, se debe mejorar la medición de ETP, pues en la actualidad no existe una red de monitoreo unificada para esta variable.

Sobre los resultados de oferta, se debe resaltar los bajos valores en los meses de enero y febrero a nivel nacional (exceptuando el Pacífico), situación que puede verse alargada hasta mayo, bajo un escenario de año seco. En general, la oferta superficial del país se concentra en la franja Pacífica, los piedemontes llanero y amazónico, y la región de Nechí, al norte de la cordillera central.

Sobre la variabilidad hidroclicmática, los análisis resaltan la sensibilidad de las áreas Magdalena-Cauca, Caribe y Pacífico, en clara contraposición a las áreas Orinoquía y Amazonía, que presentan menor variabilidad. Sin embargo, estas tendencias regionales se ven acotadas por enormes diferencias a nivel local. Esto último significa que, dentro de una misma área,

pueden coexistir subzonas con alta variabilidad y subzonas con baja variabilidad en sus valores de oferta.

Con respecto a los indicadores climatológicos evaluados, se identifica una gran disponibilidad natural de agua superficial, siendo las regiones más vulnerables las que concentran déficit de agua en el Caribe, y en las regiones cerca a grandes ciudades como Cali, Neiva, Bogotá, Montería, Cartagena, Tunja, Cúcuta y Bucaramanga, que presentan condiciones moderadas a deficitarias; no obstante, esto representa menos de un 3 % del territorio nacional.

El ejercicio de regionalización adaptado para el cálculo del índice de regulación hídrica permite analizar la regulación por subzona hidrográfica. De esta ma-

nera, identificó regulaciones bajas principalmente en el Caribe y el piedemonte llanero, la Orinoquía tiende a tener regulaciones moderadas, mientras que el resto del país se caracteriza por una alta capacidad de retención y regulación natural.

Por último, sobre el tema de sequías, las áreas Magdalena-Cauca, Caribe y Pacífico están más expuestas a sufrir eventos extremos de sequía correlacionada con la fase cálida del ENSO, lo que corresponde a su alta variabilidad en oferta. Por su parte, las áreas Orinoquía y Amazonía no necesariamente presentan eventos de sequía correlacionados con el ENSO, lo cual invita al continuo monitoreo y abre la investigación al análisis multivariado sobre los eventos extremos observados durante el periodo el estudio.

## 2.5 Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos naturales y recurrentes que hacen parte de la dinámica propia de los cuerpos de agua. Sin embargo, el desarrollo de sistemas agrícolas, la urbanización y, en general, la modificación de las dinámicas propias de los ríos ha conllevado que se vean las inundaciones como problemas, debido a las pérdidas físicas, humanas y económicas ocurridas en eventos como el fenómeno de La Niña o el evento de avenida torrencial de Mocoa. En este sentido, con la Ley 1523 de 2012 se determinó que la gestión del riesgo de desastres es un proceso social de desarrollo que contempla el conocimiento y reducción del riesgo, así como un adecuado manejo del desastre.

Desde el Ideam se ha promovido y asumido el reto de contribuir en la generación de información que contribuya a la construcción del conocimiento del riesgo, específicamente en lo relacionado con la **amenaza**.

En este ítem se presenta información sobre las Zonas Potencialmente Inundables (ZPI) en una escala

nacional, con el fin de proporcionar información indicativa sobre las zonas que se pueden ver afectadas por inundaciones de tipo lento. Como insumo para determinar esta zona, se tomó el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, escala 1:100.000 (MECCM 2017) y se realizó un análisis y conceptualización alrededor de los ecosistemas acuáticos. Adicionalmente se identificó a partir de la información del Mapa de Cobertura de la tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia periodo 2010-2012 la transformación de las ZPI en territorios agrícolas y territorios artificializados, a fin de dar una indicación sobre la presión antrópica y exposición a este fenómeno.

A nivel regional local, se presenta una síntesis de los avances del Ideam en generación de información sobre amenaza por inundación, los cuales se han concretado en la generación de mapas de inundación en diferentes escalas aplicando diversas metodologías.

## 2.5.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, o cuando la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos de agua (INETER, 2005). Estos son eventos naturales y recurrentes.

En términos generales, el estudio de las inundaciones se centra principalmente en delimitar las zonas donde puede ocurrir el evento, establecer los periodos de ocurrencia y determinar el grado de afectación probable de los elementos expuestos; esto con el fin de conocer el nivel de riesgo de un territorio determinado y gestionar acciones para la prevención y la preparación de la respuesta frente a la materialización del mismo.

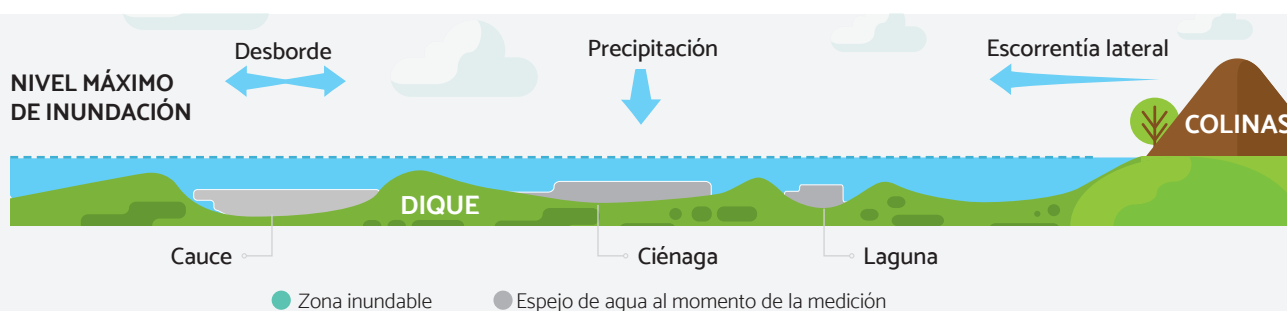
El nivel de precisión sobre la amenaza y riesgo de un territorio determinado está en función de la escala de análisis y de la metodología que se use para estudiar el fenómeno. Existen diversas metodologías para determinar áreas susceptibles a inundación, sin embargo, existe un consenso sobre que a mayor detalle mayor precisión de la información obtenida. A continuación, se realiza una aproximación a los aspectos conceptuales y metodológicos del trabajo realizado por el Ideam en esta temática.

## Análisis a escala nacional

En una escala nacional se pueden identificar de manera teórica zonas que por sus características físicas y geomorfológicas son potencialmente inundables y no están en función de periodo hidrológico determinado. Una Zona Potencialmente Inundable (ZPI) es aquel terreno o espacio donde se puede acumular y generar una lámina de agua como resultado del desborde de un cuerpo de agua o producto de lluvias localizadas.

Estas zonas hacen referencia principalmente a las llanuras de inundación que son porciones de terreno que quedan sumergidas por agua, producto de un desbordamiento de un cuerpo de agua, y cuentan con características propias de suelo y morfológicas que permiten que se dé dicho fenómeno (OEA, 1993). Las ZPI caracterizan principalmente las zonas donde se pueden presentar inundaciones de tipo lento, las cuales se caracterizan por incrementos de nivel de manera paulatina y, por lo tanto, las afectaciones suelen ser a los elementos expuestos (cultivos e infraestructura) con mayor frecuencia.

Como se observa en la **Figura 31**, se pudo establecer un nivel máximo de inundación, el cual contiene los cuerpos de agua: i) ríos con sus respectivas zonas de divagación, ii) su respectiva llanura de inundación, y iii) lagos o humedales; este modelado del relieve permite el desborde y la acumulación de agua.



- **Figura 31.** Representación general de una zona inundable.  
Fuente: modificado a partir de (Jaramillo, Cortés, Duque & Flórez, 2015).

Bajo la conceptualización anterior, el área ocupada por las ZPI corresponde a aquella que puede llegar a ocupar el agua después de descontar lo correspondiente a la cuantificación de los espejos de agua identificados en el momento de la medición. Cabe señalar que el espacio que ocupan estos cuerpos de agua concierne a las condiciones hidrológicas del momento o del periodo de estudio.

Otro aspecto a considerar es que la representación de estas áreas se relaciona a un escenario teórico y no refleja las modificaciones o intervenciones que se realizan en los ríos, lagunas, lagos (desvíos, transvases, construcción de presas, etc.).

La identificación de ZPI a nivel nacional proporciona información indicativa sobre las inundaciones de tipo lento asociados a llanuras o valles de inundación y su identificación partió de un análisis y conceptualización sobre las principales características de los ecosistemas acuáticos definidos en el MECCM, escala 1:100.000 (IDEAM, 2017), el cual recoge insumos correspondientes a un periodo de 2010–2014.

Para determinar los ecosistemas acuáticos del MECCM 2017, se tuvieron en cuenta conceptos de jerarquía de los hábitats, conectividad ecológica y pulso de inundación y se definieron los siguientes ecosistemas (Ideam, 2017):

- **Lóticos:** corriente de agua que se conecta con otros cursos de agua y que desemboca en otra corriente de un lago o en el mar. Se tomó el río o curso de agua propiamente dicha, que discurre por el canal principal y el cauce de máxima inundación que corresponde al área de máxima amplitud del cauce del río en épocas de creciente, dentro del cual se encuentran islas, bancos de arena, brazos y meandros.
- **Lénticos:** un lago o una laguna son cuerpos de agua dulce que se encuentran alejados del mar y están asociados generalmente a un origen glaciario,

tectónico o aluvial. El aporte de agua a los lagos y lagunas colombianos viene de los ríos y del afloramiento de aguas freáticas.

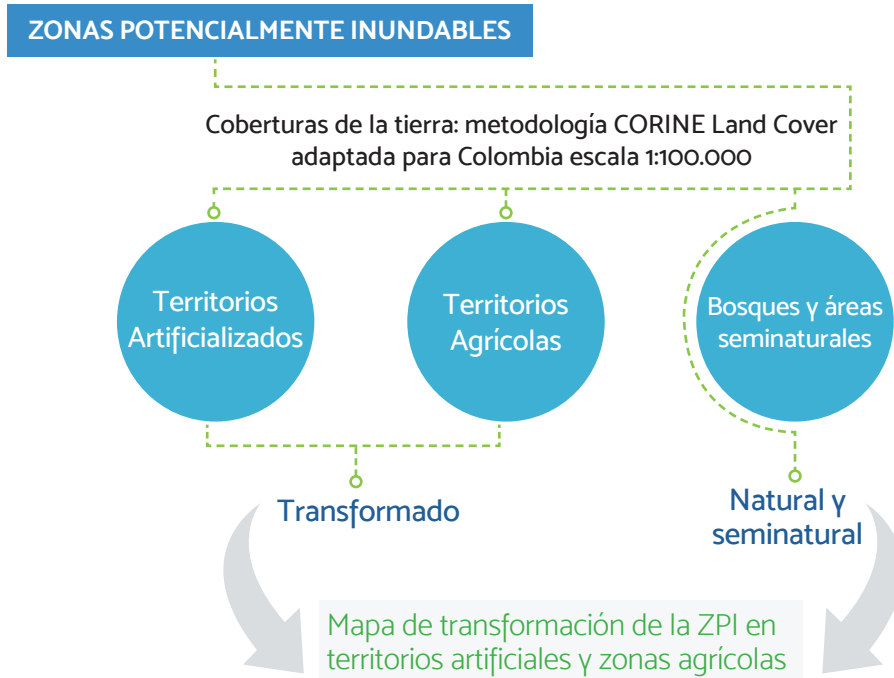
- **Transicionales:** son áreas donde el suelo está saturado de agua o inundado una parte del año, y pueden tener diferente temporalidad de las inundaciones y el drenaje. Los ecosistemas transicionales identificados en el MECCM fueron: bosques inundables, sabanas inundables, turberas de páramo y herbazales inundables.

Con base en las definiciones adoptadas por el MECCM, se realiza una reclasificación de los ecosistemas acuáticos transicionales a ZPI, y de los ecosistemas lénticos y lóticos a cuerpos de agua, y se genera el mapa de ZPI, escala 1:100.000 y se identifican las zonas potencialmente inundables por zona hidrográfica.

**Área total área hidrográfica o Zona hidrográfica<sub>n</sub> =  
Área interpretada con cuerpos de agua + Área ZPI +  
Área de zonas no inundables**

Las dinámicas económicas y sociales que se originan alrededor de las ZPI, expresadas en el uso de estas zonas como fuente de suministro de agua dulce, alimentos, materiales de construcción y terrenos aptos para la agricultura han conllevado que sufran modificaciones y, en consecuencia, las dinámicas propias de los cuerpos de agua y de las condiciones hidrobiológicas han cambiado.

Para dar una información indicativa de la presión antrópica que las zonas potencialmente inundables han experimentado, se identificaron las porciones de estas zonas que se han transformado en zonas artificializadas o territorios agropecuarios. Este trabajo se realizó a partir de la clasificación de las coberturas de la tierra 2010–2012 (IDEAM, 2014). En la **Figura 32** se simplifica el proceso de reclasificación de las ZPI para obtener el mapa de cambios en las coberturas de la tierra en estas zonas.



- **Figura 32.** Proceso de reclasificación para la obtención del mapa de cambios en las coberturas de la tierra en zonas potencialmente inundables.

## Análisis a escala regional y local

En una escala local y regional, los estudios de las inundaciones buscan proporcionar información sobre la amenaza y riesgo, para desarrollar los procesos de ordenamiento y planificación del territorio con criterios que permitan prevenir y mitigar el riesgo de sus pobladores o de la infraestructura expuesta de acuerdo con lo establecido en la Ley 1523 de 2012 y en el Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 de 2014)<sup>1</sup>.

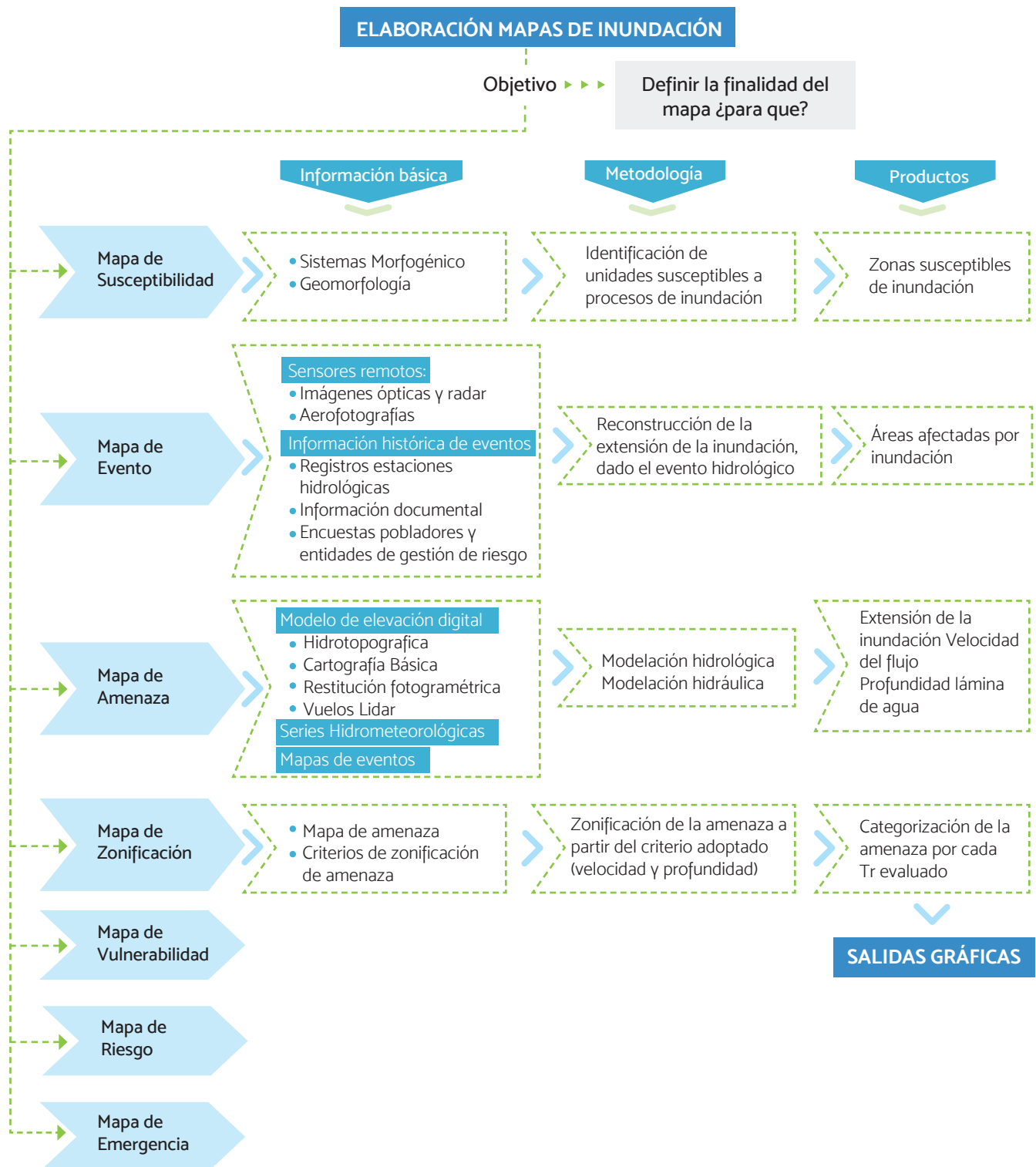
Para determinar con precisión las inundaciones, se requiere modelar el comportamiento de los cuerpos

de agua frente diferentes condiciones hidrológicas y, a partir de estos, generar mapas de velocidades y profundidades de lámina de agua, los cuales son las principales variables a ser usadas en la elaboración de mapas de amenaza por inundación y en mapas de zonificación de amenaza (Ideam, 2017). En la **Figura 33** se muestran los mapas de inundación más comunes y los flujos de información necesaria para su elaboración. *La Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación* (IDEAM, 2017) presenta una descripción de las características y metodología de cada mapa.

En la Figura 33, se han seleccionado los mapas que han sido elaborados por el Ideam y, a continuación, se realiza una aproximación a los principales resultados tanto a escala nacional como local.

<sup>1</sup> Establece condiciones y escalas de detalle para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en los instrumentos de ordenamiento territorial.





- **Figura 33.** Tipos de mapas asociados a las inundaciones y diagrama de flujo e información necesaria para la elaboración de los mapas de inundación (IDEAM, 2017).

## 2.5.2 Zonas potencialmente inundables: escala nacional

En el país se identificaron 190.935 km<sup>2</sup> que tienen condiciones favorables a la inundación (**Figura 36**). El área hidrográfica con mayor superficie con potencial inundable es la Orinoquía, puesto que estas zonas abarcan el 31 % del área total, característica propia de las condiciones planas del terreno y de la

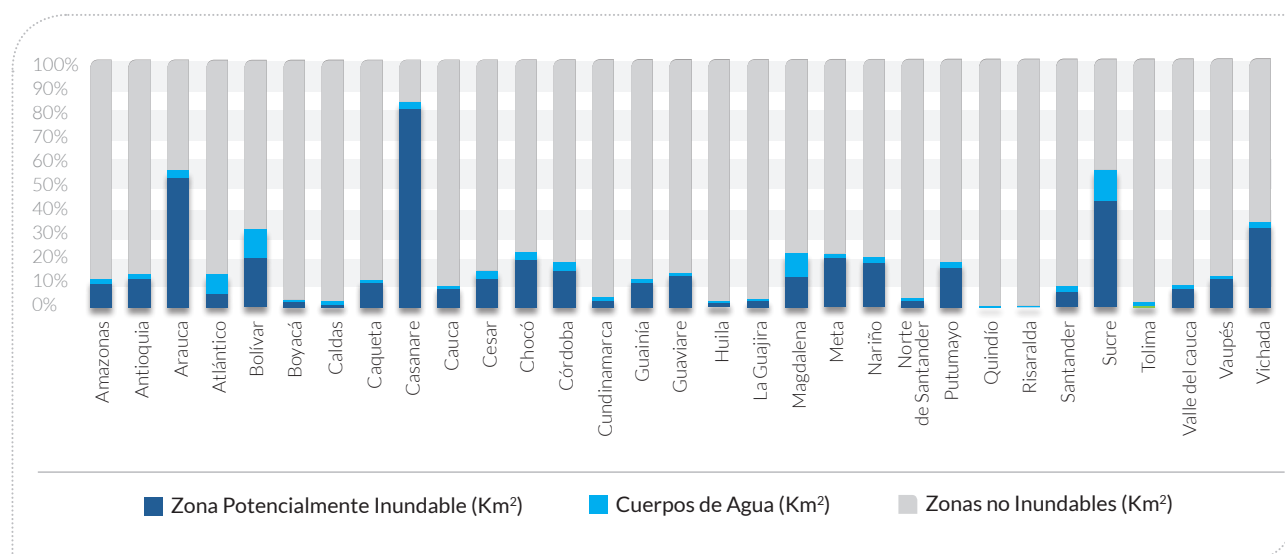
presencia de pastos y morichales, bajo los cuales corre un manto de agua con diferentes estacionalidades (Jaramillo, Cortés Duque, & Florez, 2015). En la **Tabla 7**, se muestra la distribución de las áreas entre cuerpos de agua, ZPI y zonas no inundables. Como se mencionó anteriormente, estas áreas corresponden a un periodo de estudio comprendido entre el 2010 y 2014 y son indicativas de las zonas donde existe una propensión a presentar inundaciones.

• **Tabla 7.** Zonas potencialmente inundables por zona hidrográfica.

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Cuerpos de agua (km <sup>2</sup> )	ZPI (km <sup>2</sup> )	Zonas no inundables (km <sup>2</sup> )	Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Cuerpos de agua (km <sup>2</sup> )	ZPI (km <sup>2</sup> )	Zonas no inundables (km <sup>2</sup> )
► Amazonas	Amazonas - Directos	224	572	2 474	► Orinoco	Apure	1	2	262
	Apaporis	609	6 623	46 277		Arauca	366	1 670	9 344
	Caguán	311	2 245	18 668		Casanare	633	14 725	8 895
	Caquetá	1 904	10 620	87 444		Guaviare	1 765	18 311	64 494
	Guanía	216	1 206	29 861		Inírida	652	6 368	46 775
	Napo	-	1	455		Meta	2 630	37 367	43 020
	Putumayo	1 172	7 348	49 407		Orinoco Directos	718	15 048	27 957
	Vaupés	370	2 869	34 455		Tomo	252	6 105	13 938
	Yarí	288	2 696	33 675		Vichada	456	7 940	17 816
► Magdalena Cauca	Alto Magdalena	613	911	43 004	► Pacífico	Baudó - Directos Pacífico	152	777	5 035
	Bajo Magdalena	3 680	4 809	20 751		Mira	118	841	4 907
	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge	2 780	7 986	14 735		Pacífico - Directos	85	552	3 616
	Cauca	496	1 548	39 353		Patía	453	3 773	19 777
	Cesar	811	1 925	20 192		San Juan	395	2 218	13 773
	Medio Magdalena	2 010	5 551	52 137		Tapaje - Dagua - Directos	447	2 998	17 398
	Nechí	195	817	13 600	► Caribe	Atrato - Darién	1 018	8 877	27 923
	Saldaña	122	10	9 832		Caribe - Guajira	172	573	20 675
	Sogamoso	238	462	22 550		Caribe - Litoral	159	2 507	10 310
► Caribe	Islas del Caribe	-	2	75		Catatumbo	139	463	15 871
						Sinú	459	1 622	12 021

A nivel departamental, en la **Figura 34** se puede observar que Casanare y Arauca cuentan con extensas ZPI de 79,7 % y 51,9 %, respectivamente, respecto al área total del departamento. El complejo cenagoso de La Mojana es la zona comprendida entre los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena–Brazo de Loba, en esta región se encuentran una gran cantidad de ciénagas y caños de muy bajo gradiente, que sirven como canales de evacuación de excesos de agua y sedimentos del río Cauca que cumplen un importante papel regulador en eventos de aguas altas y aguas

bajas (Jaramillo, Cortés Duque, & Flórez , 2015). Esta corresponde a una de las zonas inundables más extensas del país, lo cual se ve reflejado en los departamentos de Sucre (42,7 %), Bolívar (19,7 %) y Córdoba (15,1 %), respecto al total del área del departamento como se observa en la **Figura 34**. Este sistema presta una gran variedad de servicios ecosistémicos de regulación, provisión y ha sufrido importantes transformaciones derivadas del aprovechamiento de los recursos. Los cambios se pueden apreciar en la **Figura 37**.



• **Figura 34.** Zona potencialmente inundable por departamento.

Desde el punto de vista ecológico, las zonas inundables constituyen humedales que cumplen diversas funciones ecosistémicas, lo cual ha facilitado su proceso de transformación progresivo dado que son fuente de suministro de agua dulce, alimentos, materiales de construcción y son territorios aptos para la agricultura. Han sido convertidas principalmente en territorios agropecuarios o en áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo.

De acuerdo con el *Análisis espacial cuantitativo de la transformación de humedales continentales en Colombia* (Patiño, 2016), aunque los humedales son ecosistemas sujetos constantemente a cambios naturales, la acción humana ha acelerado las tasas de cambio de forma significativa y se estima que más de la mitad del área de humedales en el mundo se perdió durante el último siglo.

En la **Tabla 8**, se presenta la zona potencialmente inundable transformada respecto al total de la ZPI.

En términos generales, 34.792 km<sup>2</sup> de las zonas inundables del área hidrográfica de Magdalena-Cauca se transformaron en territorios agrícolas o zonas artificiales, lo que representa el 18,2 %. Los mayores cambios se concentran en las coberturas de

las zonas hidrográficas Cauca, Alto Sogamoso y Alto Magdalena. En el área hidrográfica Caribe, resaltan los cambios en las zonas Caribe-Litoral y Sinú, las cuales representan entre el 75 % y el 80 % del área potencialmente inundable de esta AH.

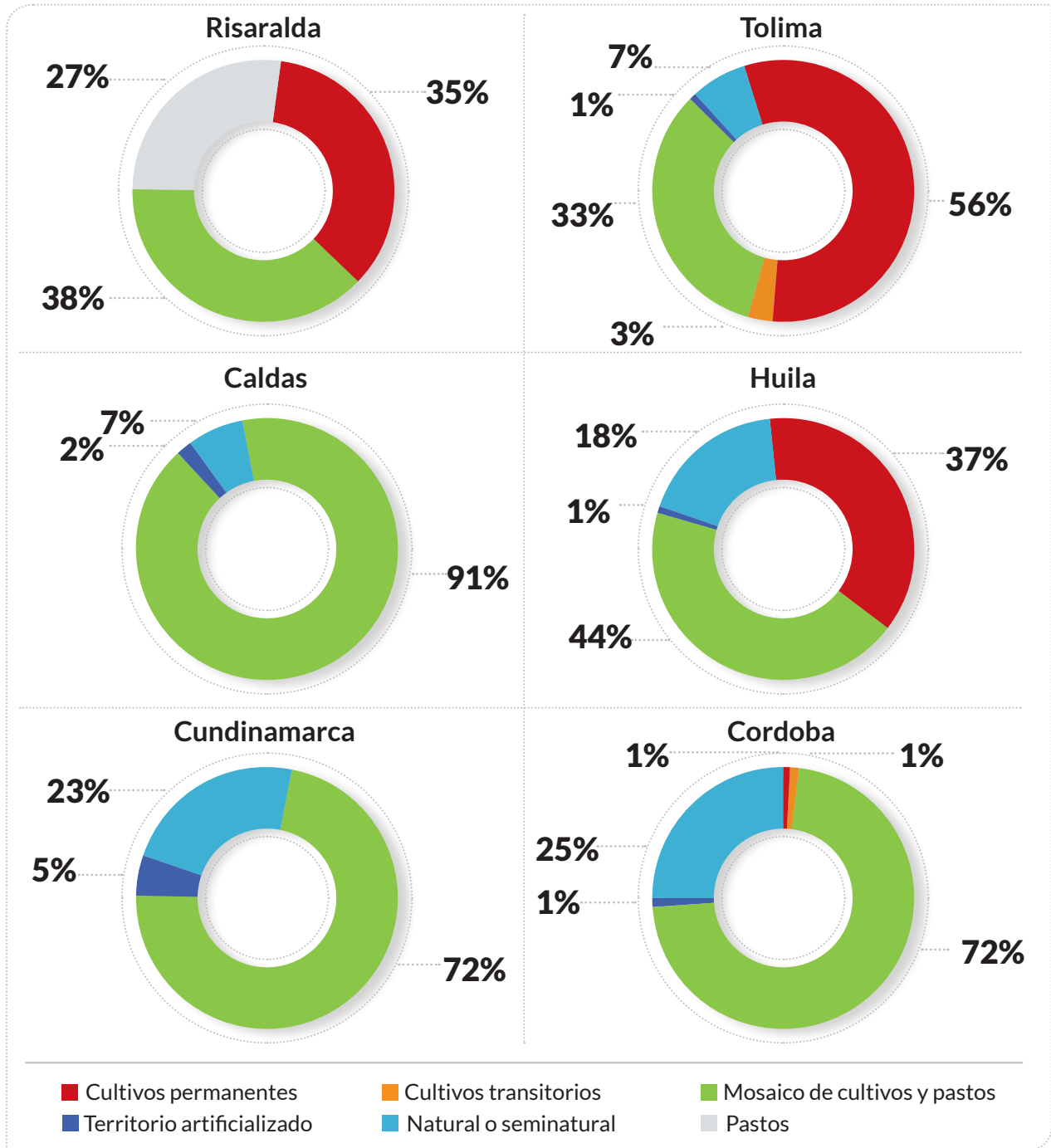
• **Tabla 8.** Zonas potencialmente inundables transformadas y naturales, por zona hidrográfica.

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	ZPI (km <sup>2</sup> ) ZPI=A+B	ZPI Transformada (km <sup>2</sup> ) A	ZPI Natural o Semi natural (km <sup>2</sup> ) B	Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	ZPI (km <sup>2</sup> ) ZPI=A+B	ZPI Transformada (km <sup>2</sup> ) A	ZPI Natural o Semi natural (km <sup>2</sup> ) B	
▶ Amazonas	Amazonas - Directos	572	34	538	▶ Caribe	Atrato - Darién	8 877	1 913	6 964	
	Apaporis	6 623	161	6 461		Caribe - Guajira	573	109	464	
	Caguán	2 245	859	1 386		Caribe - Litoral	2 507	2 038	468	
	Caquetá	10 620	1 338	9 282		Catatumbo	463	279	184	
	Guanía	1 206	23	1 183		Sinú	1 622	1 230	392	
	Napo*	0,96	0,96	0		Apure	1,5	-	1,5	
	Putumayo	7 348	916	6 431		Arauca	1 670	295	1 375	
	Vaupés	2 869	276	2 593		Casanare	14 725	442	14 283	
	Yarí	2 696	56	2 640		Guaviare	18 311	1 319	16 992	
▶ Magdalena Cauca	Alto Magdalena	911	716	195	▶ Orinoco	Inírida	6 368	218	6 150	
	Bajo Magdalena	4 809	2 094	2 714		Meta	37 367	6 171	31 197	
	Bajo Magdalena-Cauca -San Jorge	7 986	4 576	3 411		Orinoco Directos	15 048	82	14 966	
	Cauca	1 548	1 354	193		Tomo	6 105	160	5 945	
	Cesar	1 925	1 197	728		Vichada	7 940	89	7 851	
	Medio Magdalena	5 551	3 574	1 977		▶ Pacífico	Baudó - Directos Pacífico	777	182	595
	Nechí	817	463	354			Mira	841	195	646
	Saldaña*	9,51	9,51	0			Pacífico - Directos	552	107	446
	Sogamoso	462	367	95			Patía	3 773	817	2 956
				San Juan	2 218		326	1 892		
				Tapaje - Dagua - Directos	2 998	804	2 194			
▶ Caribe	Islas del Caribe	0,02	-	0,02						

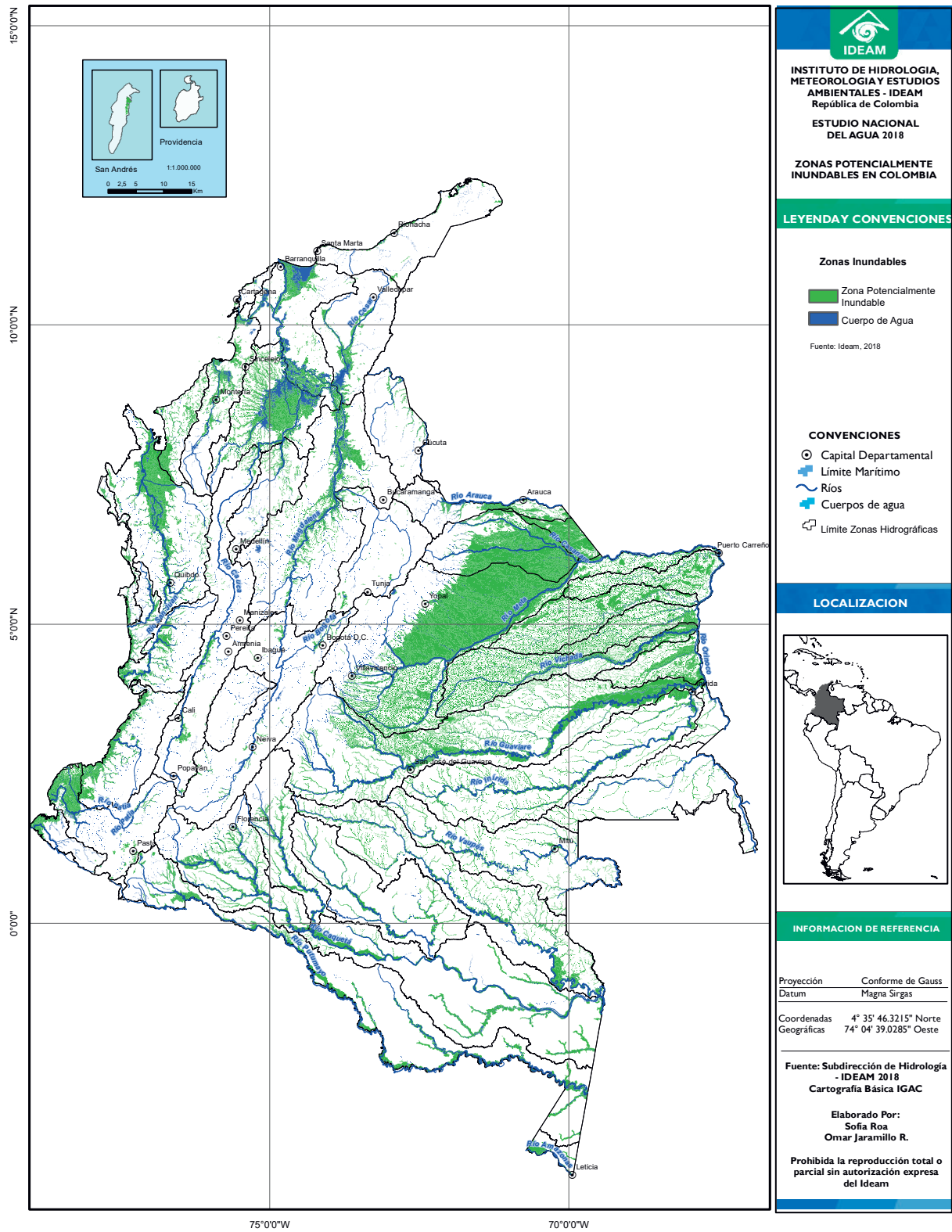
\* El área total de la zona inundable se presenta como transformada debido a la escala de trabajo.

Es importante destacar las transformaciones de las ZPI de los departamentos de Risaralda, Tolima, Caldas, Huila, Cundinamarca y Córdoba, principalmente por el establecimiento de pastos en estas

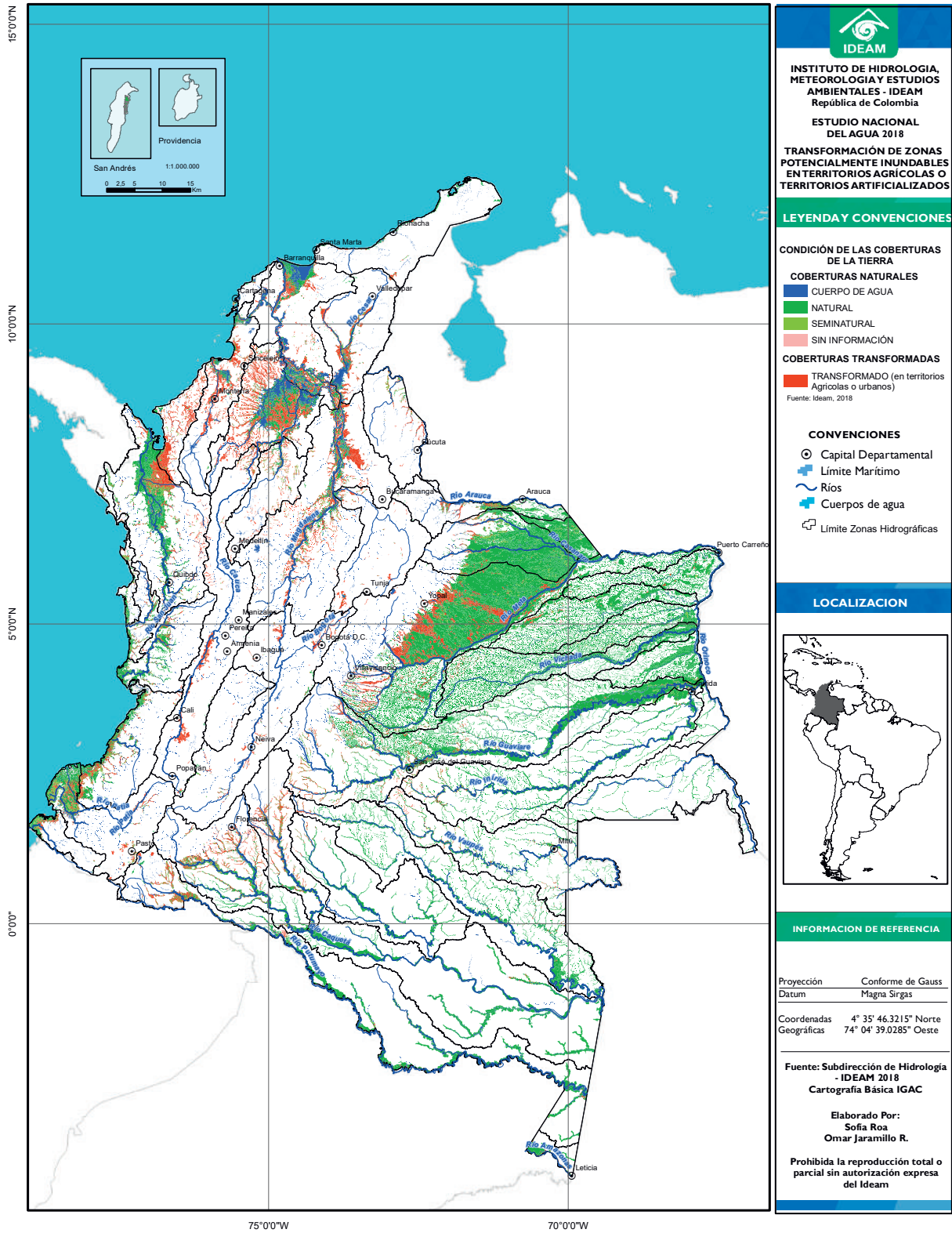
zonas y cultivos como el arroz, papa y banano. En la **Figura 35** se puede observar por departamento la distribución por tipo de cobertura de las zonas inundables.



• **Figura 35.** Distribución del área de las ZPI en territorios agrícolas y zonas naturales y seminaturales de los departamentos de Risaralda, Tolima, Caldas, Huila, Cundinamarca y Córdoba.



• **Figura 36.** Zonas potencialmente inundables en Colombia.

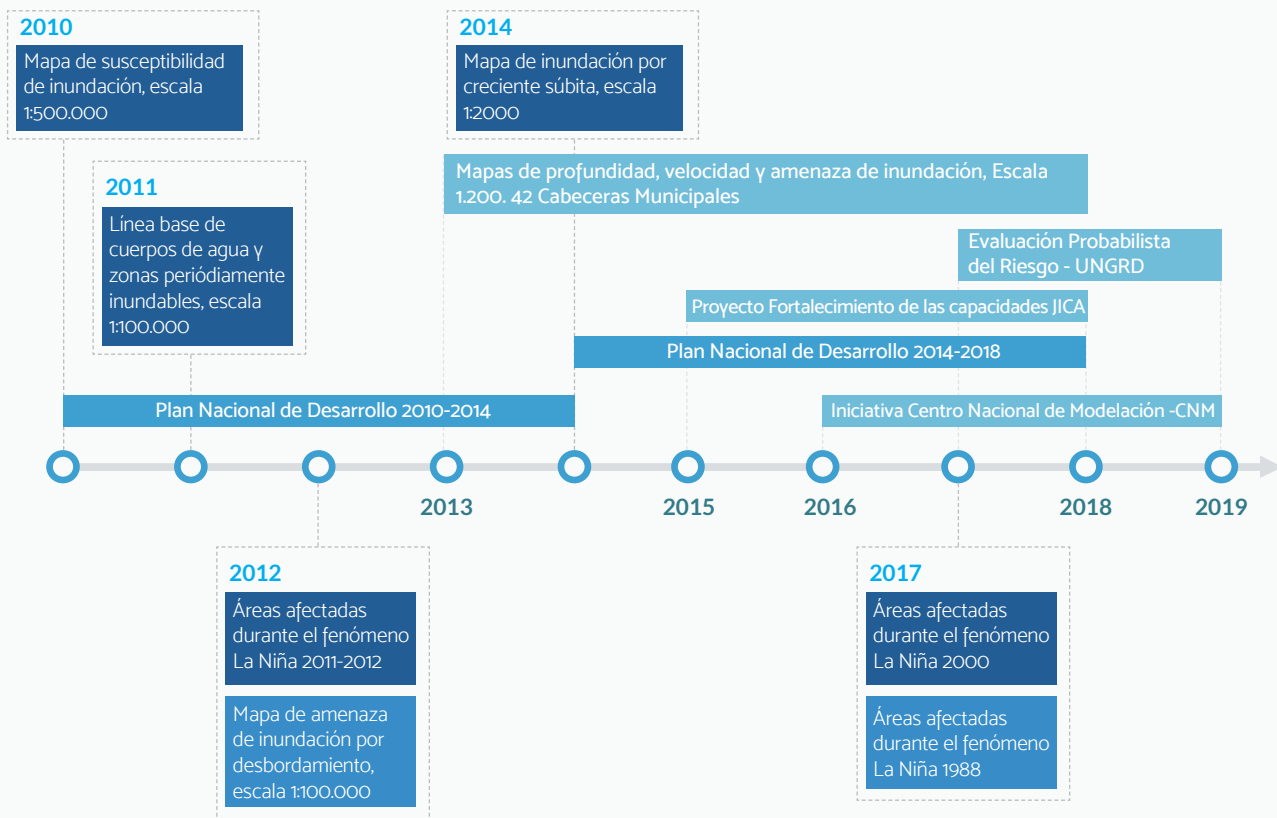


• **Figura 37.** Transformación de zonas potencialmente inundables en territorios agrícolas o territorios artificializados.

## 2.5.3 Estudio y caracterización de las inundaciones –escalas regional y local

El Ideam ha avanzado de manera progresiva en el estudio y caracterización de las inundaciones a escala regional y local, con lo que se han generado mapas de inundación con base en los procedimientos establecidos en la *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación* (Ideam, 2017).

Esta guía tiene como objetivo servir de referencia a las personas y entidades encargadas de la elaboración, revisión, aprobación, o interpretación de este tipo de cartografía, para los múltiples campos de aplicación a los que se enfoque y, particularmente, para orientar las acciones en reglamentación de uso de suelo y gestión territorial (IDEAM, 2017). A continuación, se presenta una síntesis de los avances recientes de la entidad en esta temática (**Figura 38**) y se detalla en los principales hitos.



• **Figura 38.** Hitos y desarrollos recientes en la temática de inundaciones del Ideam.

Los planes de desarrollo *Prosperidad para todos 2010-2014* y *Todos por un nuevo país 2014-2018* asignaron la responsabilidad al Ideam de generar mapas de amenaza por inundación a escala detallada. En este contexto, se han venido elaborando mapas de zonificación de amenazas por inundaciones a es-

cala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para municipios del territorio colombiano; la metodología ha consistido en la estimación de la extensión de las inundaciones y el cálculo de la profundidad, velocidad asociadas y zonificación de amenaza, para diferentes periodos de retorno.



El principal objetivo de estos mapas es contribuir a la evaluación del riesgo de inundación, al desarrollo de planes de mitigación de inundaciones, a la preparación de esquemas de manejo integral del riesgo

de inundación y, en particular, para la planificación urbana local. En la **Tabla 9** se relacionan los mapas de inundación elaborados a la fecha y sus principales características.

• **Tabla 9.** Mapas de inundación generados a 2018 a escala detallada.

Nombre	Descripción	Nivel
▶ Profundidad de inundación	Mapa de profundidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años, 20 años y 100 años	10 cabeceras municipales (Fundación y Plato (Magdalena), Girón (Santander), La Victoria y Tulua (Valle del Cauca), La Virginia (Risaralda), Momil (Córdoba), Paipa y Puerto Boyacá (Boyacá) y Pitalito (Huila), escala 1: 2000
▶ Velocidad	Mapa de velocidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años, 20 años y 100 años	
▶ Amenaza de inundación	Amenaza con periodo de retorno (TR) de 2,33 años, 20 años y 100 años	
▶ Profundidad de inundación	Mapa de profundidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	11 cabeceras municipales Ayapel y Montelíbano (Córdoba), Caimito, Majagual, San Benito Abad, San Marcos y Sucre (Sucre), Guamal y San Zenón (Magdalena), Magangué y Mompós (Bolívar), escala 1: 2000
▶ Velocidad	Mapa de velocidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	
▶ Amenaza de inundación	Mapa de amenaza de inundación con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	
▶ Crecientes Súbitas	Amenaza con TR de 50 años	8 cabeceras municipales Aquitania, Moniquirá, Toca, Tunja (Boyacá), Aracataca (Magdalena), Cartago, El Dovio (Valle del Cauca), Supía (Caldas), escala 1: 2000
▶ Profundidad de inundación	Mapa de profundidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	7 cabeceras municipales Caucasia y Nechí (Antioquia), Achí, Pinillos y San Jacinto del Cauca (Bolívar), Guaranda (Sucre), El Banco (Magdalena). 10 corregimientos Buenavista (Achí-Bolívar), Barbosa, El Retiro, Guazo, Palmarito y Pansequita (Magangué-Bolívar), San Francisco de Loba y Campo Sereno (Cicuco-Bolívar), Santa Cruz y Santa Rosa (Mompós-Bolívar), escala 1: 2.000
▶ Velocidad	Mapa de velocidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	
▶ Amenaza de inundación	Mapa de velocidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años y 100 años	
▶ Profundidad de inundación	Mapa de profundidad de inundación con periodo de retorno (TR) de 2,33 años, 10 años, 50 años y 100 años	Para las cabeceras de Aipe y Villavieja (Huila), Puerto Triunfo (Antioquia) y Natagaima y Honda (Tolima) y Puerto Bogotá (Cundinamarca), Escala 1:2.000 (durante 2018 pero aún no están oficializados)
▶ Velocidad	Mapa de velocidad con periodo de retorno (TR) de 2,33 años, 10 años, 50 años y 100 años	

Además, se realizó la interpretación de imágenes de sensores remotos para establecer las áreas afectadas para 4 eventos Niña de diferente magnitud (1988, 2000, 2011 y 2012). Este trabajo surge de la necesidad de contar con información sobre el com-

portamiento de este fenómeno a raíz del impacto presentado durante el 2011 y 2012.

El trabajo consistió en determinar una línea base de los cuerpos de agua y zonas inundables escala

1:100.000 (mapa denominado línea base de cuerpos de agua y zonas periódicamente inundables), que sirviera como referencia de los espejos de agua en un periodo promedio. Al transponer la línea base y la información obtenida de las imágenes de sensores remotos, se identificaron las zonas donde se presentó una afectación por el fenómeno que no se registra bajo condiciones promedio. A partir de este análisis se generaron mapas departamentales de inundación a escala 1:100.000.

De manera paralela al desarrollo de mapas de inundación a escala detallada, el Ideam participó en el

*Proyecto para el Fortalecimiento de la Capacidad de Manejo del Riesgo de Inundaciones en la República de Colombia*, promovido por la Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres (UNGRD) con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), y en el que además colaboraron la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Gobernación de Cundinamarca y Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). El objetivo de este proyecto se enfocó en fortalecer las capacidades de las instituciones colombianas para la gestión del riesgo de inundaciones. En la **Tabla 10**, se sintetizan los objetivos.

- **Tabla 10.** Objetivos del Proyecto para el Fortalecimiento de la Capacidad de Manejo del Riesgo de Inundaciones en la República de Colombia.

#### Objetivos y alcance del proyecto

- ▶ Mejorar la capacidad de evaluación de riesgo de inundaciones.
- ▶ Introducir el concepto de la planificación de la gestión integral del riesgo de inundaciones y del manejo de cuencas.
- ▶ Fortalecer la capacidad en el pronóstico de inundaciones, alerta y la difusión de la información para organizaciones relevantes.
- ▶ Aclarar y fortalecer roles y responsabilidad del gobierno central y local para la reducción del riesgo de inundaciones.

Como parte del proyecto se realizó un estudio piloto orientado a la formulación de un Plan de la Gestión Integral del Riesgo de Inundaciones para la Cuenca de Río Negro y de allí, se obtuvieron una serie de directrices básicas para la formulación de este tipo de instrumentos y su articulación con el Plan de Manejo y Ordenación de una Cuenca (Pomca).

Los avances recientes del país y del Ideam en esta temática contribuyeron a que en 2016 se creará la iniciativa del Centro Nacional de Modelación (CNM), como un grupo de alto nivel enfocado en el estudio de este fenómeno y adscrito al IDEAM.

Esta iniciativa contó con el apoyo del gobierno holandés que financio la formulación del Plan Estratégico del CNM.

El consolidado de la información de cartografía de inundaciones generada por la Subdirección de Hidrología durante el periodo 2013–2018, la cual en su mayoría (exceptuando lo generado en 2018) ya se encuentra disponible en el geovisor institucional y en la página web del SIAC [www.siac.gov.co/inundaciones](http://www.siac.gov.co/inundaciones) y en el visor institucional: [www.ideam.gov.co/geoportal](http://www.ideam.gov.co/geoportal) o [www.siac.gov.co/geovisorconsultas](http://www.siac.gov.co/geovisorconsultas).

## 2.6 Cuerpos de agua lénticos

En este apartado se expone información relevante sobre los cuerpos de agua lénticos y glaciares, obtenida del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, escala 1:100.000 (MECCM 2017). Se han identificado ciénagas, lagunas y embalses, y se realiza un breve análisis sobre la presencia de estos sistemas en las diferentes unidades hidrográficas, en términos de área.

Durante el desarrollo de este ítem se identificó la necesidad de contar con un catálogo de cuerpos de agua en el país que recopile las principales características del país y que integre la información producida por diversas fuentes de información.

### 2.6.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

La información de las principales características de los cuerpos lénticos del país fue tomada del MECCM

(IDEAM, 2017), donde se identificaron los ambientes acuáticos del país y se clasificaron en transicionales, lóuticos y lénticos.

Para los cuerpos lénticos, la información hace referencia a los espejos de agua que son representativos a escala 1:100.000 del MECCM y cuerpos con extensiones superiores a 5 ha y que corresponden a un periodo de estudio entre 2010 y 2014; por lo tanto, no se le puede asignar un año hidrológico específico y pueden presentar diferencias en los datos de área en relación con otras fuentes de información.

Esta información resulta útil para identificar la riqueza hídrica de los territorios y es un referente para realizar caracterizar y recopilar información más detallada. Fueron objeto de análisis los elementos que se muestran en la **Tabla 11**.

• **Tabla 11.** Aspectos conceptuales cuerpos de agua lénticos.

Elemento	Definición	Característica
▶ Embalses	De acuerdo con el MECCM (IDEAM, 2017) hacen parte de los cuerpos de agua artificiales y su principal rasgo es que son construidos por el hombre. En el Diccionario Hidrológico Internacional (UNGRD, 2017), estos cuerpos de agua se definen como: Depósito de agua, natural o artificial, usado para el almacenamiento, la regulación y el control de los recursos hídricos. En el país estos se han construido con diversos propósitos principalmente para la generación de energía, abastecimiento de agua potable y riego. En el Capítulo 5 se abordan con mayor detalle estos cuerpos de agua.	Área
▶ Lagos y Lagunas	De acuerdo con el MECCM (IDEAM, 2017), un lago o una laguna son cuerpos de agua dulce, que se encuentra alejados del mar, y asociados generalmente a un origen glaciar, tectónico o aluvial. El aporte de agua a los lagos y lagunas colombianos viene de los ríos y del afloramiento de aguas freáticas. En el Diccionario Hidrológico Internacional (UNGRD, 2017), se encuentra una definición muy amplia que hace referencia a masa de agua continental de considerable extensión. Para este caso en esta categoría se analizaron las lagunas de origen glaciar y tectónica.	Área

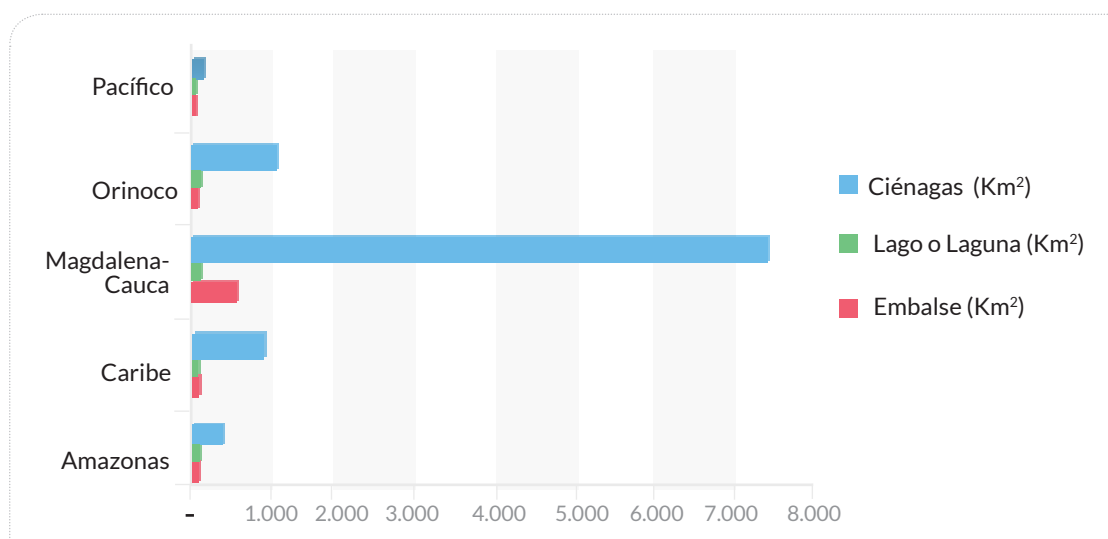
Continuación Tabla 11.

Elemento	Definición	Característica
► Ciénagas	<p>Teniendo en cuenta que la información que se usó para identificar los cuerpos de agua fue la del MECCM se identificaron como ciénagas:</p> <p><b>Lagunas de origen aluvial:</b> son lagunas formadas por la dinámica fluvial y que conservan una conexión con el río que les dio origen (Álvarez, F. 1997). En este trabajo dentro de esta unidad se incluyen las ciénagas y las llamadas madre viejas o meandros abandonados.</p> <p><b>Lagunas costeras:</b> son cuerpos de agua originados por la deposición de sedimentos marinos que forman una barra de arena detrás de la cual se firma la laguna quedando con una conexión directa con el mar a través de un caño. La laguna costera es “una depresión topográfica por debajo del nivel medio de las mareas altas, separada del mar por una barrera y comunicada con este a través de una o más bocas efímeras o permanentes”. Es decir, existen lagunas costeras que pueden o no tener comportamiento estuarino permanente o estacional, separadas del mar por una barrera de arena o de otro tipo (Lankford, 1977).</p>	Área

## 2.6.2 Distribución de lagos, lagunas, ciénagas y embalses por área hidrográfica

La **Figura 39** muestra la distribución del área de los cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica. Resulta evidente que el área Magdalena–Cauca supera por

mucho en ciénagas y embalses a las otras áreas hidrográficas; esto se explica principalmente por el complejo de ciénagas de la Depresión Momposina. De igual manera, es consecuente la presencia de embalses puesto que en esta zona se concentra el desarrollo económico del país y, por lo tanto, existe presencia de estas infraestructuras con fines de producción de energía eléctrica, riego o con fines de abastecimiento de agua potable.



• **Figura 39.** Distribución cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica km².

Los embalses del Guájaro, El Peñol (Guatapé), Urra y la Represa de Betania ocupan el 58 % de la extensión ocupada por estos cuerpos de agua y se ubican en el

área hidrográfica Magdalena–Cauca. En la **Tabla 12** se muestra la relación de área ocupada por cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica.

• **Tabla 12.** Relación de área ocupada por cuerpos de agua lénticos por área hidrográfica.

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Embalse (km <sup>2</sup> )	Lagos y lagunas (km <sup>2</sup> )	Ciénagas (km <sup>2</sup> )	Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Embalse (km <sup>2</sup> )	Lagos y lagunas (km <sup>2</sup> )	Ciénagas (km <sup>2</sup> )
▶ Amazonas	Amazonas - Directos		-	7	▶ Orinoco	Apure		-	-
	Apaporis		-	63		Arauca	1	2	30
	Caguán		-	32		Casanare		2	146
	Caquetá		-	92		Guaviare		6	268
	Guanía		-	0		Inírida		-	155
	Napo		-	-		Meta	36	61	213
	Putumayo		44	80		Orinoco Directos		-	112
	Vaupés		-	13		Tomo		-	45
	Yarí		-	16		Vichada		-	43
▶ Magdalena Cauca	Alto Magdalena	161	10	7	▶ Pacífico	Baudó - Directos Pacífico		-	-
	Bajo Magdalena	172	5	3.027		Mira		0	-
	Bajo Magdalena-Cauca -San Jorge	3	-	2.455		Pacífico - Directos		-	1
	Cauca	23	4	33		Patía	3	3	78
	Cesar	3	1	705		San Juan	20	-	-
	Medio Magdalena	121	0	736		Tapaje - Dagua - Directos	2	-	-
	Nechí	40	-	19	▶ Caribe	Atrato - Darién		-	346
	Saldaña	-	2	1		Caribe - Guajira	1	-	92
	Sogamoso	11	29	37		Caribe - Litoral	1	-	88
					Catatumbo		-	1	
					Sinú	74	-	263	

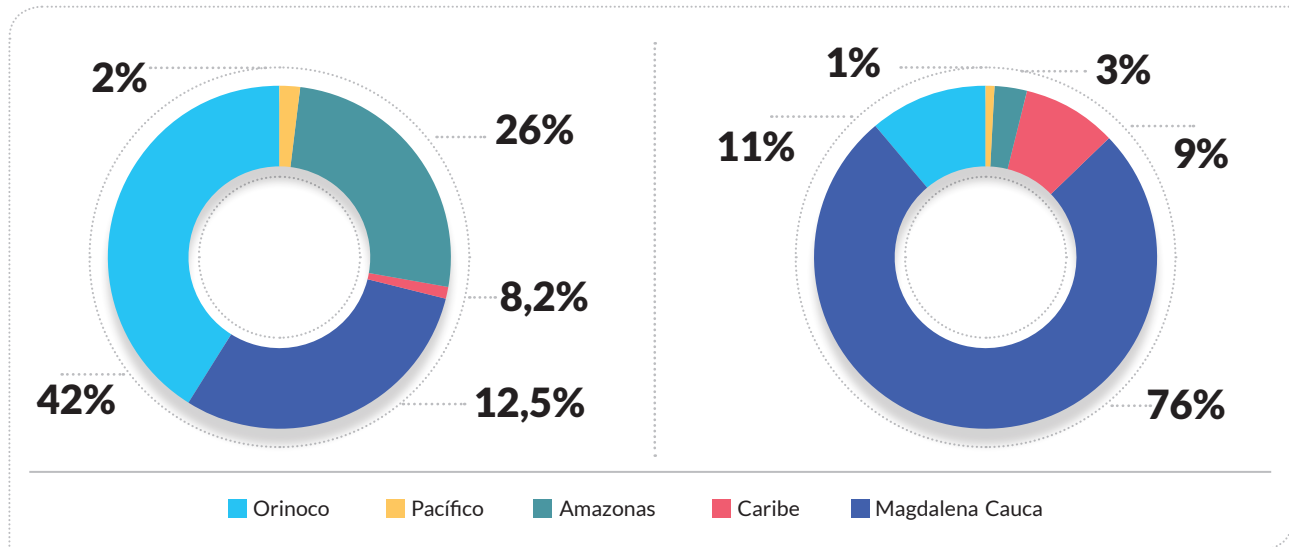
En el país el 0,8 % del territorio nacional es ocupado por lagunas, las cuales cumplen un importante papel en el balance de los ecosistemas acuáticos. El papel de los lagos y lagunas reside principalmente en la captación y regulación del agua que los ecosistemas terrestres como el páramo, los bosques altoandinos, andinos y subandinos interceptan y llevan hacia el

subsuelo. Las lagunas glaciares y muchas tectónicas son las cabeceras de los ríos y las lagunas aluviales receptoras del exceso de agua en las inundaciones.

En cuanto a la distribución de estos cuerpos de agua, en el área hidrográfica Magdalena–Cauca se identificó que el 2,6 % del territorio está ocupado

por estos cuerpos de agua. En cuanto a las ciénagas, se destaca la Ciénaga Grande de Santa Marta, que se constituye en la laguna costera más grande de

Colombia con un área de 5,591 ha (Ideam, 2017). La **Figura 40** y la **Figura 41** muestran la distribución de estos cuerpos de agua por área hidrográfica.



• **Figura 40.** Distribución del área ocupada por los lagos y lagunas por área hidrográfica.

• **Figura 41.** Distribución del área ocupada por las ciénagas por área hidrográfica.

Constituir un inventario de cuerpos de agua en el país resultaría útil para aumentar el conocimiento sobre la oferta hídrica superficial y generar insumos para la adecuada gestión; sin embargo, esto

supone un esfuerzo en términos de articulación interinstitucional, puesto que se requiere definir metodologías, fuentes de la información y depositario de los datos.

## 2.7 Glaciares

En este apartado, se ofrece una síntesis de las características, el estado y la evolución reciente de los glaciares colombianos, haciendo énfasis en el nevado Santa Isabel por su estado crítico.

### 2.7.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

La criósfera colombiana actual está conformada por seis glaciares de montaña: dos sierras nevadas: El Cocuy o Güicán y Santa Marta, y cuatro volcanes:

Huila, Tolima, Santa Isabel y Ruiz. Por su condición natural de indicador de cambio climático, así como por la tendencia mundial de disminución, la criósfera terrestre es objeto de observación y estudio.

La posición geográfica de los glaciares colombianos, aproximadamente entre los 3° y 11° de latitud norte, los clasifica como glaciares ecuatoriales; lo que implica una alta sensibilidad al desplazamiento intraanual de la Zona de Confluencia Intertropical y a fenómenos extremos de variabilidad climática interanuales como el ENSO.

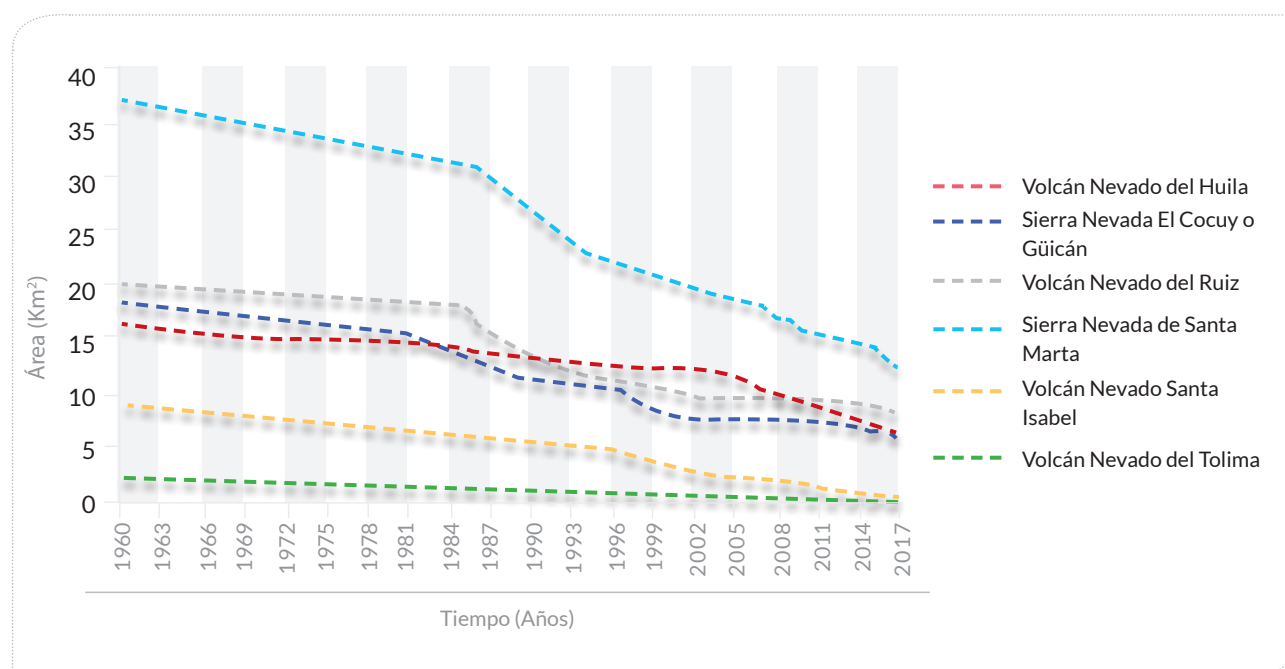
Para el año 2017, las masas glaciares se extendían en un área total aproximada de 37 km<sup>2</sup>. Comparada esta cifra con el dato reportado para el año 2010 (47,2 km<sup>2</sup>), se evidencia la continuación del proceso de fusión. La causa principal se atribuye al actual cambio climático planetario; no obstante, cada glaciar colombiano tiene una dinámica y evolución propia que responde a las condiciones atmosféricas de escala global, regional y local, además de sus características topográficas, geológicas y geomorfológicas (IDEAM, 2018).

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 volcán-nevado Santa Isabel y la Sierra Nevada El 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 masa como los aportes de agua líquida a los sistemas inferiores en altitud (IDEAM, 2014).

## 2.7.2 Evolución del área glaciar en Colombia

En el transcurso de los últimos 30 años, se extinguieron en Colombia 47,1 Km<sup>2</sup> de masa glaciar (que representan el 56 % de los 87 Km<sup>2</sup> estimados para la década de 1980) y en lo que va corrido de la última década, el área glaciar colombiana se ha reducido un 22 %, es decir, 10,6 Km<sup>2</sup> (ver **Figura 42**).



• **Figura 42.** Evolución del área glaciar en Colombia, 1960–2017.

Adicionalmente, se evidenció una fuerte relación entre el último fenómeno extremo de variabilidad climática El Niño de 2015–2016 con la pérdida de área glaciar. Este fenómeno impactó de manera drástica los nevados

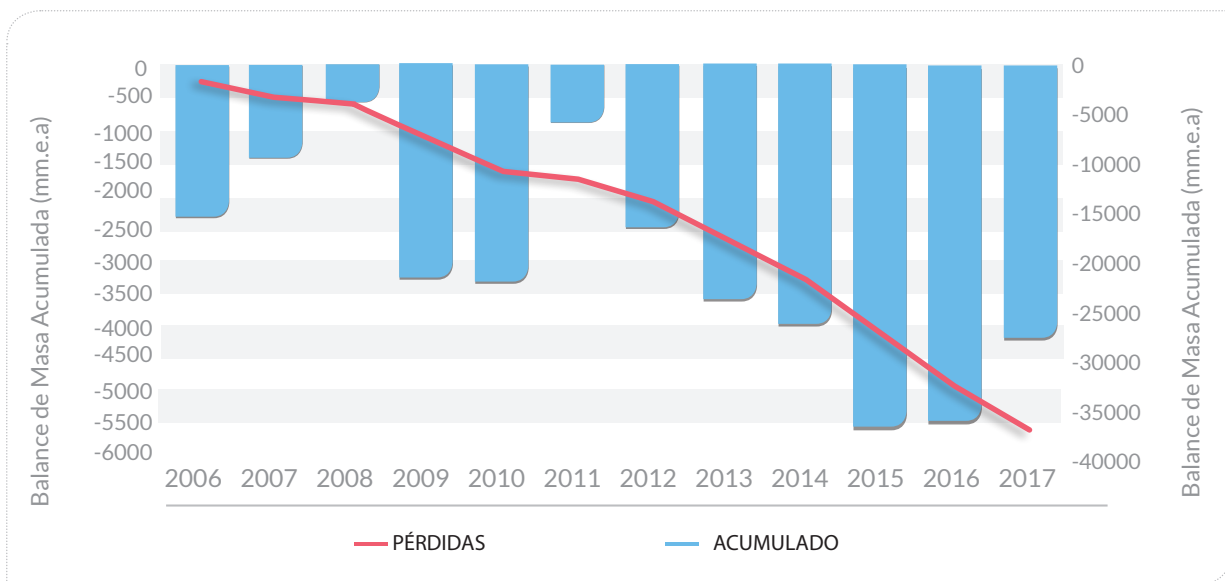
colombianos. Solamente entre enero de 2014 y abril de 2016, el glaciar Santa Isabel, en el sector Conejeras, perdió aproximadamente el 33 % de su área y el espesor de hielo disminuyó 14 metros (Ideam, 2016) (**Figura 43**).



• **Figura 43.** Cambio del glaciar Santa Isabel, sector Conejeras entre 2015 (izquierda) y 2016 (derecha).

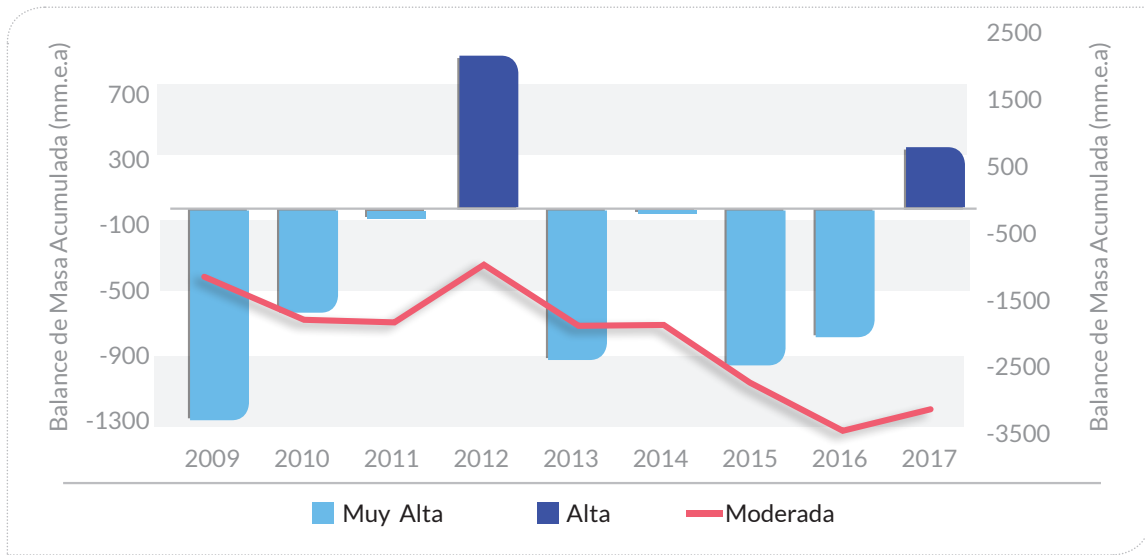
Respecto al balance de masa glaciológico que representa el “estado de salud” de un glaciar, el nevado Santa Isabel (sector Conejeras) registra ininterrumpidamente desde 2006, un balance de masa negativo (pérdida de masa) (**Figura 44**). En contraste, la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector Ritacuba Blanco, presenta un comportamiento más estable (**Figura 45**), incluso con ganancia de masa para el 2017.

Las diferencias se asocian a condiciones regionales y locales de clima (precipitación) y topográficas (altitud). La precipitación de nieve sobre el glaciar, que constituye su alimentación y sustento, es de especial observación y su tendencia es disímil para los dos glaciares en observación (**Figura 46**), siendo preocupante su decadencia en el glaciar Santa Isabel con valores muy bajos durante El Niño 2015–2016. Por el contrario, para El Cocuy la situación es estable.

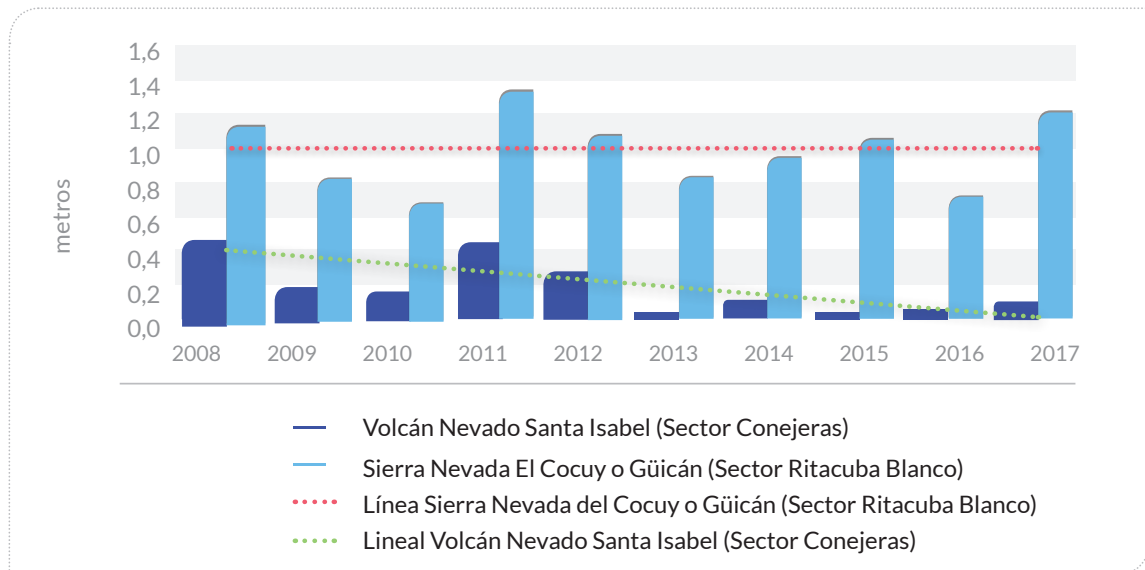


• **Figura 44.** Balance de masa anual del glaciar Santa Isabel, sector Conejeras.





• **Figura 45.** Balance de masa anual de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector Ritacuba Blanco.



• **Figura 46.** Manto de nieve acumulada sobre los glaciares de estudio.

### 2.7.3 Aspectos hídricos de los glaciares: el caso del volcán nevado Santa Isabel, sector conejeras

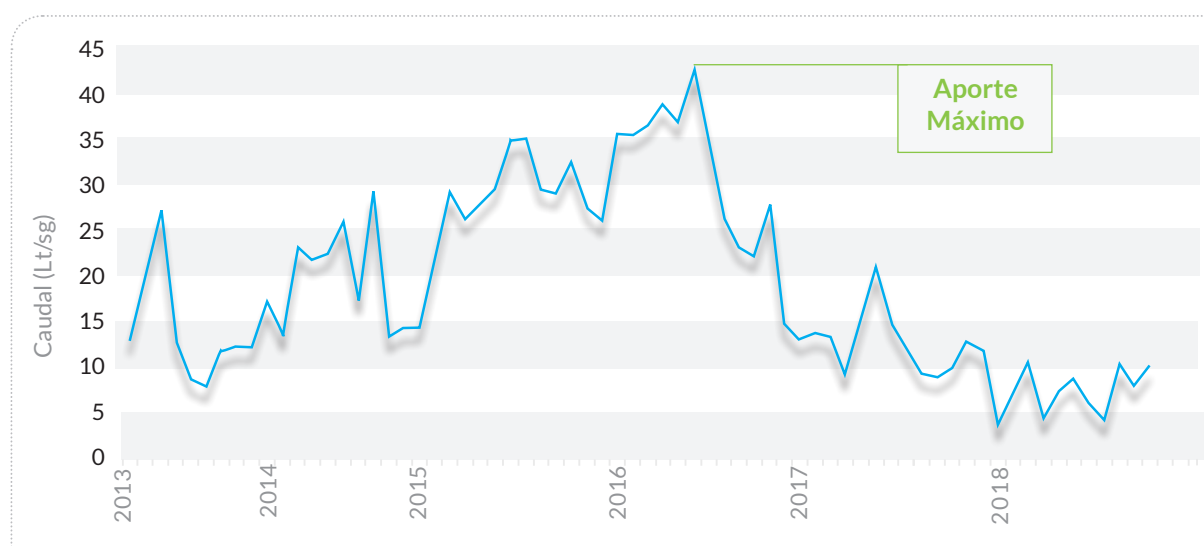
El aporte hídrico líquido de los glaciares colombianos, así como su relación con el balance hidrológico de las

cuenas de la alta montaña, está directamente relacionado con la pérdida de masa y los fenómenos de variabilidad climática (ENSO). Así los glaciares en Colombia no constituyen una fuente significativa de abastecimiento de agua, pero la pérdida del recurso hídrico producto del derretimiento de los glaciares puede afectar el funcionamiento ecohi-

drológico de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino (Ideam, 2012).

Las redes hidrométricas del Ideam asociadas a entornos glaciares indican un predominio de aportes en el bosque altoandino, seguido por el páramo. El sistema glaciar hace su contribución minoritaria en temporadas secas. Los caudales de fusión glaciar son objeto de reciente estudio; un análisis de los datos de la es-

tación hidrométrica en el borde del glaciar Santa Isabel, sector Conejeras, indican que su punto máximo de aporte líquido ocurrió durante el último fenómeno climático extremo El Niño 2015–2016, intensificado por la ceniza volcánica acumulada sobre su superficie; después de este evento, el aporte líquido ha mostrado una tendencia a la disminución como respuesta a la fuerte reducción de masa y ralentización de su fusión total (Enrique Morán, 2018) (Figura 47).



• **Figura 47.** Caudal de fusión glaciar. Nevado Santa Isabel, sector Conejeras Estación hidrométrica “Conejeras2”, 4662 msnm.

## Conclusiones, tomadas de Informe del estado de los glaciares colombianos (Ideam, 2018)

La reducción de los glaciares es un proceso mundial registrado y documentado por su especial sensibilidad a los cambios climáticos. Desde la segunda mitad del siglo XIX, los glaciares del planeta han experimentado en general una reducción particularmente marcada desde hace cuatro décadas. En Colombia,

por ejemplo, se tenía una cobertura de casi 350 km<sup>2</sup> a mediados del siglo XIX y finalizando la década de los cincuenta 108 km<sup>2</sup>. Actualmente, solo quedan relictos de extensiones mucho más grandes en el pasado y protegidos bajo la figura de Parques Nacionales Naturales.

Su localización ecuatorial los hace particularmente dinámicos y vulnerables, pero, a pesar de que existe una condición global de cambio climático, hay situaciones locales que acentúan o menguan la reducción.

El glaciar Santa Isabel se presenta como el caso más acentuado por condiciones locales. Otros, como la Sierra Nevada de El Cocuy o Güicán, atenúan el proceso global por características físicas regionales y locales. El caso de los cuatro volcanes nevados es similar y se suma su cualidad volcánica.

De persistir las condiciones actuales climáticas globales y una variabilidad climática acentuada, como la ocurrencia de los eventos climáticos extremos de El Niño, es probable que la extinción de los nevados colombianos se produzca durante la segunda mitad del presente siglo.

De continuar estas tendencias en la dinámica y evolución de los glaciares colombianos, su extinción masiva podría presentarse durante la segunda mitad del presente siglo (Antoine Rabatel, 2018). La desaparición de los glaciares, asociada al incremento de la temperatura, disminución en la precipitación y humedad del aire, además de particularidades locales como emplazamiento en zonas volcánicas activas, exposición a vertientes con mayor radiación solar, entre otros, repercute directamente no sólo en la disponibilidad del recurso hídrico, sino también en el cambio total del ciclo hidrológico y climático en la alta montaña colombiana.



Juan José Montoya

# SEDIMENTOS

---

**Autores**

Juan José Montoya Monsalve

Claudia Contreras Trujillo

CAPÍTULO

03

Los sedimentos son materiales removidos, transportados y depositados por el viento, el hielo o el agua. Estos procesos hacen parte de ciclos naturales que, en largos periodos de tiempo, moldean la superficie de la Tierra. Las actividades humanas aceleran estos procesos y generan, además, impactos sociales, económicos y ambientales. Los sedimentos transportados y depositados por el agua enriquecen los suelos con nutrientes en geformas aluviales, con el consecuente beneficio para las actividades agrícolas. Sin embargo, también desencadena consecuencias adversas:

- Pérdida de productividad en cultivos, debido a la erosión del horizonte superficial de los suelos, en los cuales se encuentran los nutrientes para los ciclos vitales de las plantas.
- Sedimentación de cauces con disminución de la navegabilidad de ríos.
- Pérdida de vida útil de embalses por colmatación.
- Contaminación de las aguas de escorrentía y de corrientes, ya que los sedimentos actúan como medio de transporte de contaminantes.

- Deterioro de estructuras hidráulicas (bocatoma de acueductos, distritos de riego, presas, puentes, etc.).

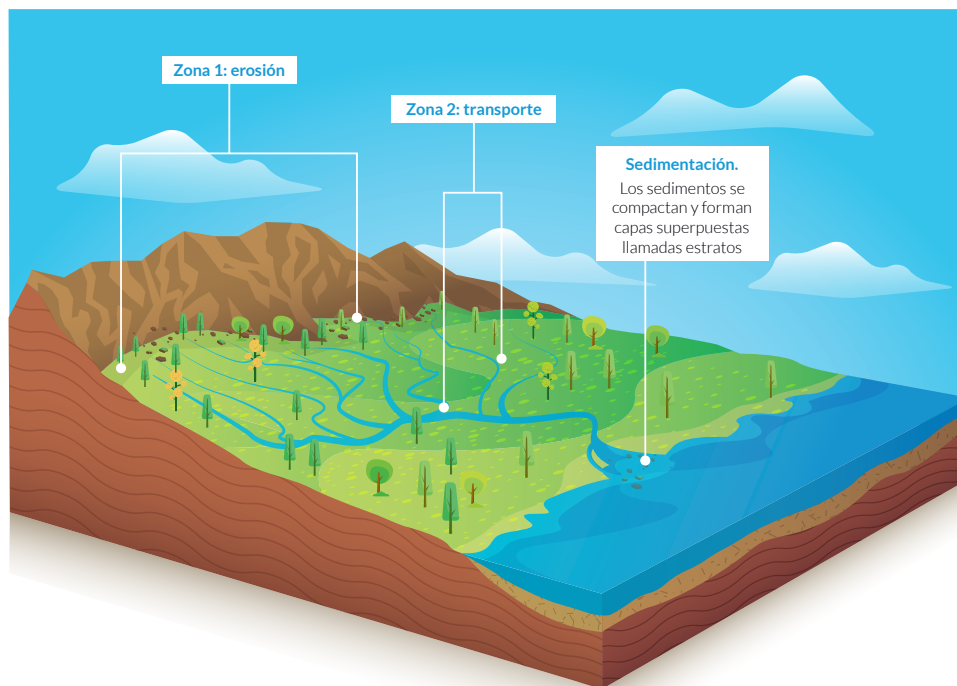
El componente de sedimentos del Estudio Nacional del Agua 2018 evalúa los procesos de producción y transporte de sedimentos en los cuales el agua es el agente erosivo. Este análisis se basa en el estado actual de la información de las características del medio físico relevantes a estos procesos.

La producción de sedimentos se analiza considerando la erosión hídrica en laderas, los movimientos en masa y las evidencias de explotación de oro en aluvión. El transporte de sedimentos se basa en el análisis de series históricas de transporte de 327 estaciones hidrológicas de la red básica del Ideam, con el uso del indicador Rendimiento de Sedimentos. El análisis integrado de la producción y el transporte permite explicar los procesos y las fuentes de sedimentos en escalas espaciales de áreas, zonas y subzonas hidrográficas. Las escalas temporales corresponden a promedios mensuales y anuales multianuales.

### 3.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

El ciclo de sedimentos en cuencas hidrográficas comprende los procesos de producción, transporte y depósito de sedimentos. En cuencas hidrográficas se puede generalizar la ocurrencia de estos procesos a zonas específicas de las mismas (**Figura 48**). La **Figura 49** relaciona las escalas temporales y espaciales de los procesos con las geformas. Se

delimita el alcance espacial y temporal del análisis efectuado en el Estudio Nacional del Agua. Las escalas espaciales se enmarcan en los elementos fundamentales de las cuencas hidrográficas: las laderas en las que se dan los procesos de producción de sedimentos y los cauces, los cuales se encargan de transportar los sedimentos.



• **Figura 48.** Ciclo de sedimentos en una cuenca hidrográfica.



• **Figura 49.** Componentes del ciclo de sedimentos en diferentes escalas temporales y espaciales. Fuente: tomado del ENA 2014, modificado de (Preston & Schmidt, 2003).

No se consideran procesos en escalas temporales de siglos y milenios, tales como cambios en geoformas, nivel base (por ejemplo, levantamientos tectónicos), cambios litoestructurales y procesos de meteorización. Tampoco se consideran eventos que ocurren en

escalas temporales intradiarias, tales como las dinámicas de cauces en eventos extremos. El acotamiento de las escalas temporales y espaciales de los procesos que se analizan permite definir las escalas de observación y las fuentes de información que se emplean (**Tabla 13**).

• **Tabla 13.** Fuentes de información utilizadas.

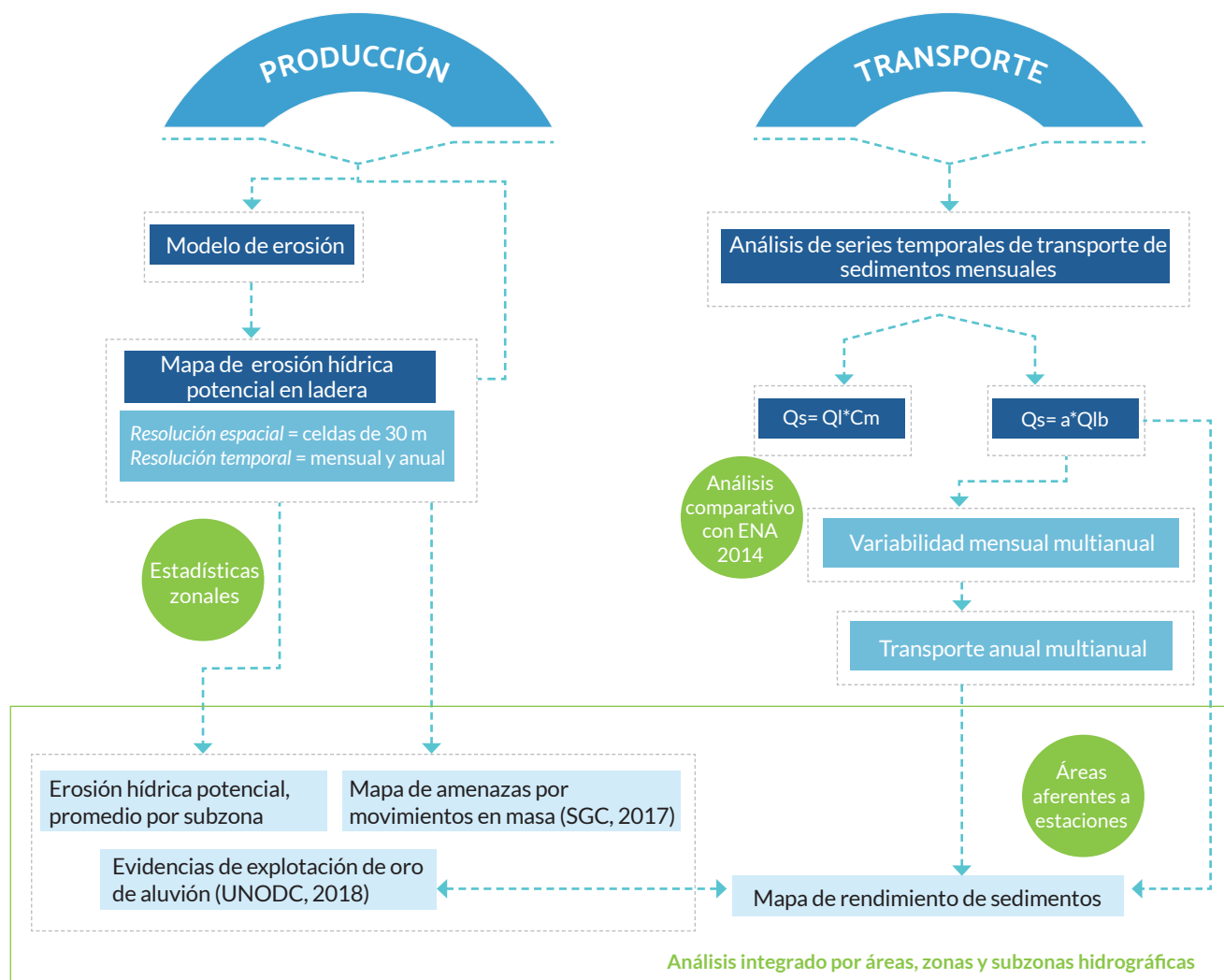
Descripción	Fuente	Escala o resolución	Uso en el ENA 2018
▶ Mapa de suelos	(IGAC)	1:100.000	Modelo de erosión hídrica en ladera
▶ Estudios generales de suelos departamentales	(IGAC)	1:100.000	Modelo de erosión hídrica en ladera
▶ Modelo de elevación digital	(NASA, 2011)	Celdas de ≈ 30 metros	Modelo de erosión hídrica en ladera
▶ Coberturas de la tierra	(Ideam, 2015)	1:100.000	Modelo de erosión hídrica en ladera
▶ Mapa de escorrentía	ENA 2018	Celdas de ≈ 5 kilómetros	Modelo de erosión hídrica en ladera
▶ Mapa de amenazas por movimientos en masa	(SGC, 2017)	1:100.000	Análisis de producción de sedimentos en zonas hidrográficas
▶ Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota 2016	UNODC, 2018	Celdas de 1 kilómetro	Análisis de producción de sedimentos en zonas hidrográficas
▶ Series de transporte, concentración y caudal líquido	Ideam	Mensual	Transporte y rendimiento anual. Ciclo anual multianual de sedimentos.

En la **Figura 50** se observa el esquema metodológico del componente de sedimentos del ENA 2018. La erosión hídrica en laderas se aborda desde un punto de vista teórico con la formulación de un modelo que tiene en cuenta los factores determinantes de este proceso: la potencia del flujo en ladera y la resistencia a la erosión. Este modelo se ha validado con el mapa de degradación de suelos por erosión en Colombia, publicado por la Subdirección de Ecosistemas del Ideam (Ideam & UDCA, 2015). El mapa de erosión hídrica potencial (mensual y

anual) permite la clasificación y priorización de las cuencas hidrográficas.

El uso del indicador de *rendimiento de sedimentos* permite comparar el transporte de sedimentos en cuencas con áreas y condiciones físicas diferentes y hacer seguimiento en el tiempo de una misma cuenca hidrográfica. Este indicador se define como la cantidad de sedimentos que pasan por un punto de control en un tiempo determinado sobre el área de la cuenca aferente a este punto.





• **Figura 50.** Esquema metodológico del componente de sedimentos del ENA 2018.

### 3.1.1 Erosión hídrica en ladera

El mapa de erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos del ENA 2018 utiliza una formulación empírica y distribuida basada en la *ecuación universal de pérdida de suelos*<sup>1</sup> (Wischmeier & Smith, 1978), de la

cual usa los factores que dependen del suelo y las coberturas vegetales; y la *ecuación de Kilinc y Richardson* modificada por Julien (Julien, 1998), la cual se basa en que la erosión se debe no a la lluvia (tal como lo plantea la USLE) sino a la potencia del flujo laminar en ladera.

<sup>1</sup> USLE por sus siglas en inglés

$$qs = 23210 * q^{2,035} * S^{1,664} * K * C * P$$

Donde:

**qs:** caudal unitario de sedimentos (m<sup>2</sup>/s)

**q:** caudal unitario (m<sup>2</sup>/s)

**S:** pendiente (m/m)

**K, C y P:** factores de la USLE (adimensionales)

El caudal unitario se aproxima en ladera, según la siguiente ecuación:

$$q \text{ (m}^2\text{/s)} = \frac{Q}{w} \text{ aproximación en ladera } q \text{ (m}^2\text{/s)} \approx \frac{E * x^2 * fa}{dt * x}$$

Donde:

**Q:** caudal (m<sup>3</sup>/s)

**w:** unidad de ancho (m)

**E:** escorrentía media anual o mensual (m)

**x:** lado de la celda (31,01312 m)

**fa:** número de celdas acumuladas

**dt:** intervalo temporal (segundos)

La erosión superficial total es una integración en el espacio ( $dx$ ) y el tiempo ( $dt$ ):

$$\text{Erosión superficial total} = \int_{\text{tiempo}} \int_{\text{ancho}} qs * dx * dt$$

Con un intervalo temporal mensual y con mapas de valores promedios mensuales multianuales de la escorrentía, se tiene:

*Erosión anual por celda(m<sup>3</sup>)*

$$= \sum_{i=1}^{12} 23210 * \left( \frac{E_i * dx * fa}{dt_i} \right)^{2,035} * S^{1,664} * K * C * P * dx * dt_i$$

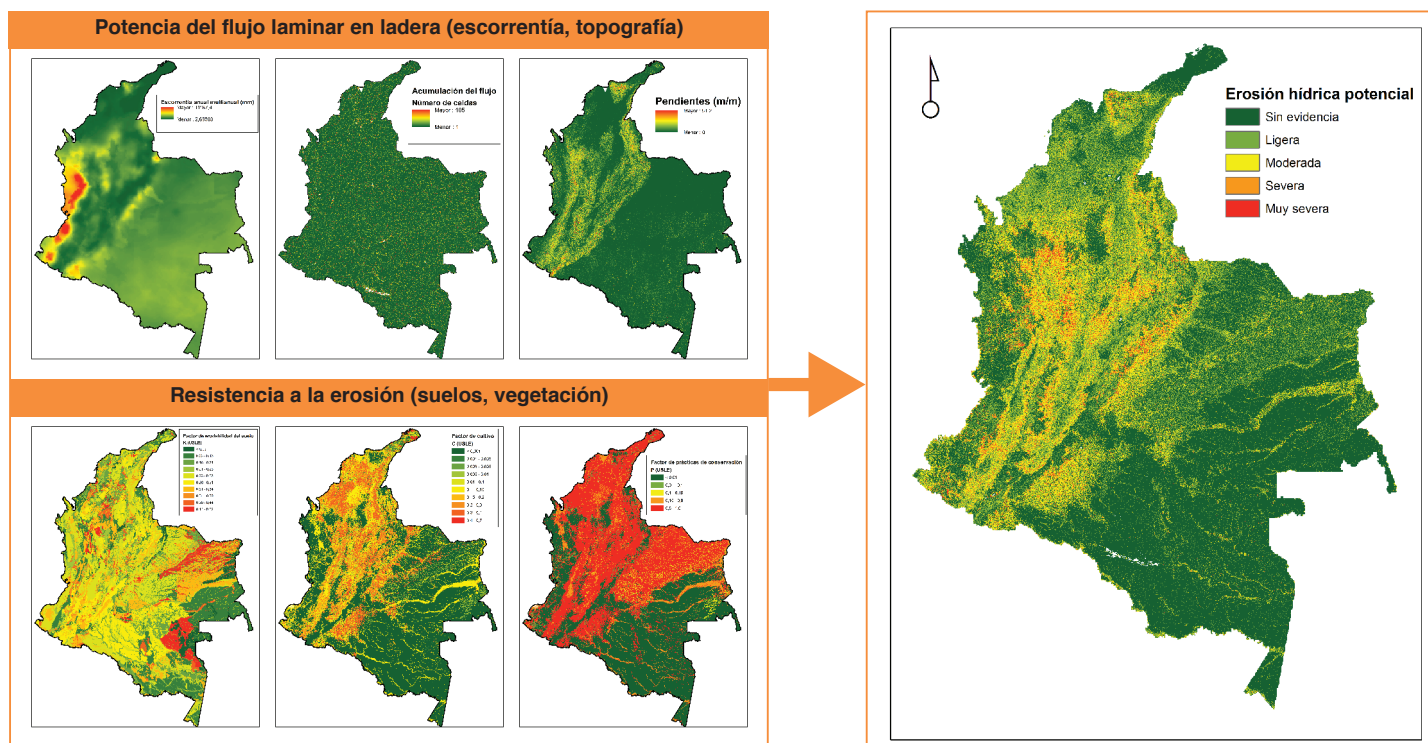
Donde:

**E<sub>i</sub>:** escorrentía mensual promedio multianual (m)

**dx:** 31,01312 m

**dt<sub>i</sub>:** 2613000 s (1 mes)

En el modelo, el área acumulada, la escorrentía y la pendiente dan cuenta de la potencia del flujo laminar en ladera, mientras que los tres términos de la USLE (K, C y P) dan cuenta de la resistencia a la erosión en ladera (**Figura 51**).



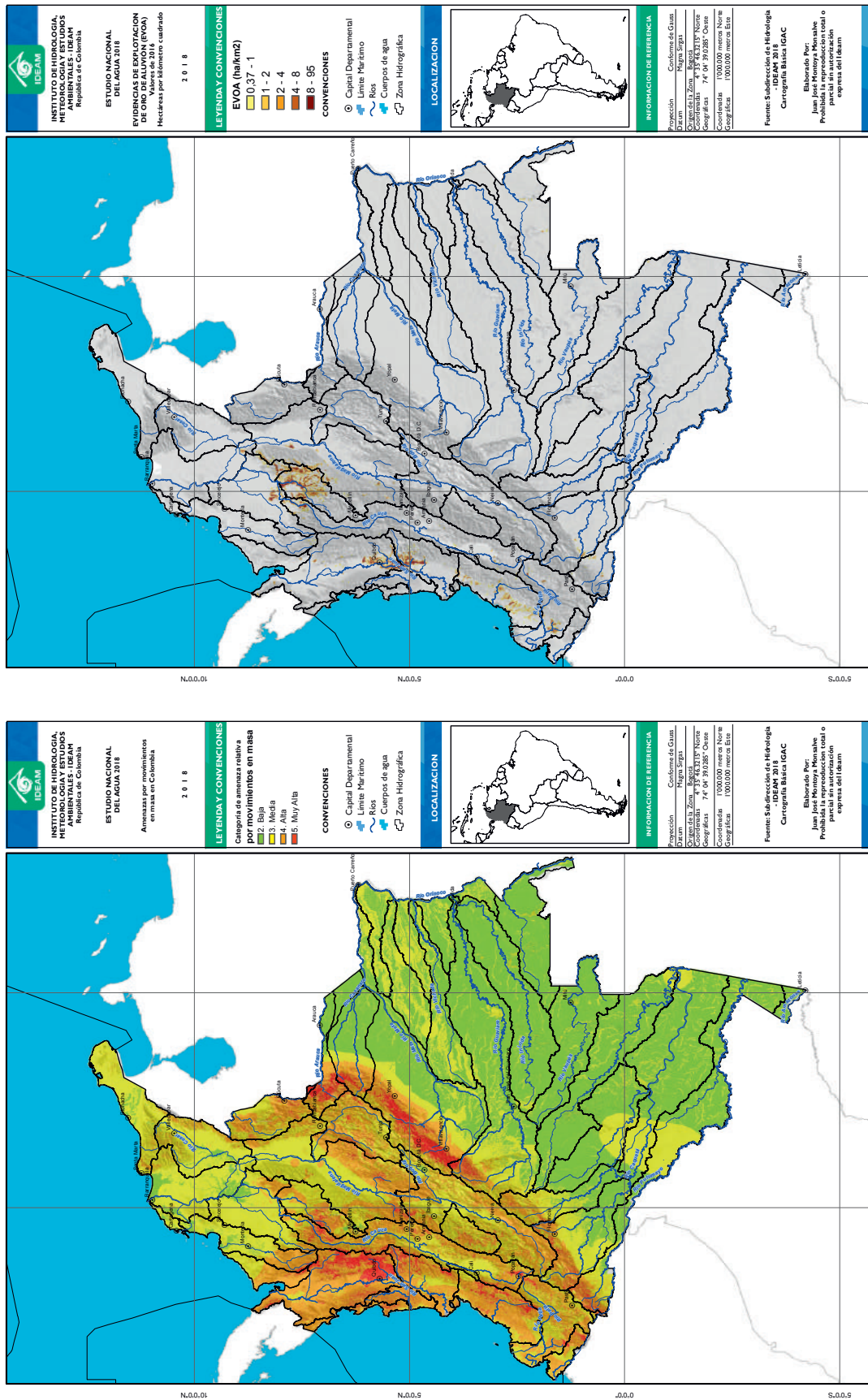
• **Figura 51.** Mapas de entrada y salida. Erosión hídrica potencial en ladera.

### 3.1.2 Movimientos en masa

Los movimientos en masa son una fuente importante de sedimentos en cuencas de montaña, los cuales están asociados a eventos de lluvia extremos. Para considerar los movimientos en masa en el análisis integral a escala de zona hidrográfica, se utilizó el mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2017). El mapa se basa en aspectos geológicos, suelos, coberturas de la tierra, topografía y geomorfología para definir la susceptibilidad del territorio ante movimientos en masa y en detonantes climáticos (precipitaciones máximas) y sísmicos (aceleraciones máximas), para definir la amenaza relativa por movimientos en masa (Figura 52).

### 3.1.3 Evidencias de explotación de oro de aluvión

La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Gobierno de Colombia han publicado desde el año 2014 la línea base de Evidencias de explotación de oro de aluvión con maquinaria en tierra, efectuada a partir de la interpretación de percepción remota y validación en campo (UNODC, 2018). El mapa producto de este estudio, en el año 2016, se ha utilizado para ubicar fuentes de sedimentos provenientes de la remoción de la cubierta vegetal en aluviones (Figura 52).



• **Figura 52.** Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa (izquierda), mapa de evidencias de explotación de oro de aluvión (derecha).  
Fuente: tomado de (SGC, 2017) y (UNODC, 2018).

### 3.1.4 Rendimiento de sedimentos

El rendimiento de sedimentos se define como la cantidad de sedimentos que pasan por un punto de control en un tiempo determinado sobre el área de la cuenca aferente a este punto. Este da cuenta de los sedimentos producidos menos los sedimentos depositados en la cuenca aferente y tiene unidades de masa sobre tiempo por área [M/T\*A].

El mapa de rendimiento de sedimentos medio anual multianual se construye a partir de información de la red de estaciones hidrológicas del Ideam. En el ENA 2014, se analizaron series de transporte de sedimentos en 184 estaciones que disponen de medidas diarias y mensuales de concentración de sedimentos, según la relación:

$$Q_s = Q_l * C_m$$

Donde:

**Qs:** transporte de sedimentos

**Ql:** caudal líquido

**Cm:** concentración media de sedimentos

En el ENA 2018 se reconstruyen series mensuales del transporte de sedimentos en 327 estaciones (con al menos cinco años completos de datos) según la relación:

$$Q_s = a * Q_l^b$$

Con a y b estimados de aforos líquidos y sólidos.

Donde:

**Qs:** transporte de sedimentos

**Ql:** caudal líquido

## 3.2 Análisis de rendimiento y producción de sedimentos para Colombia

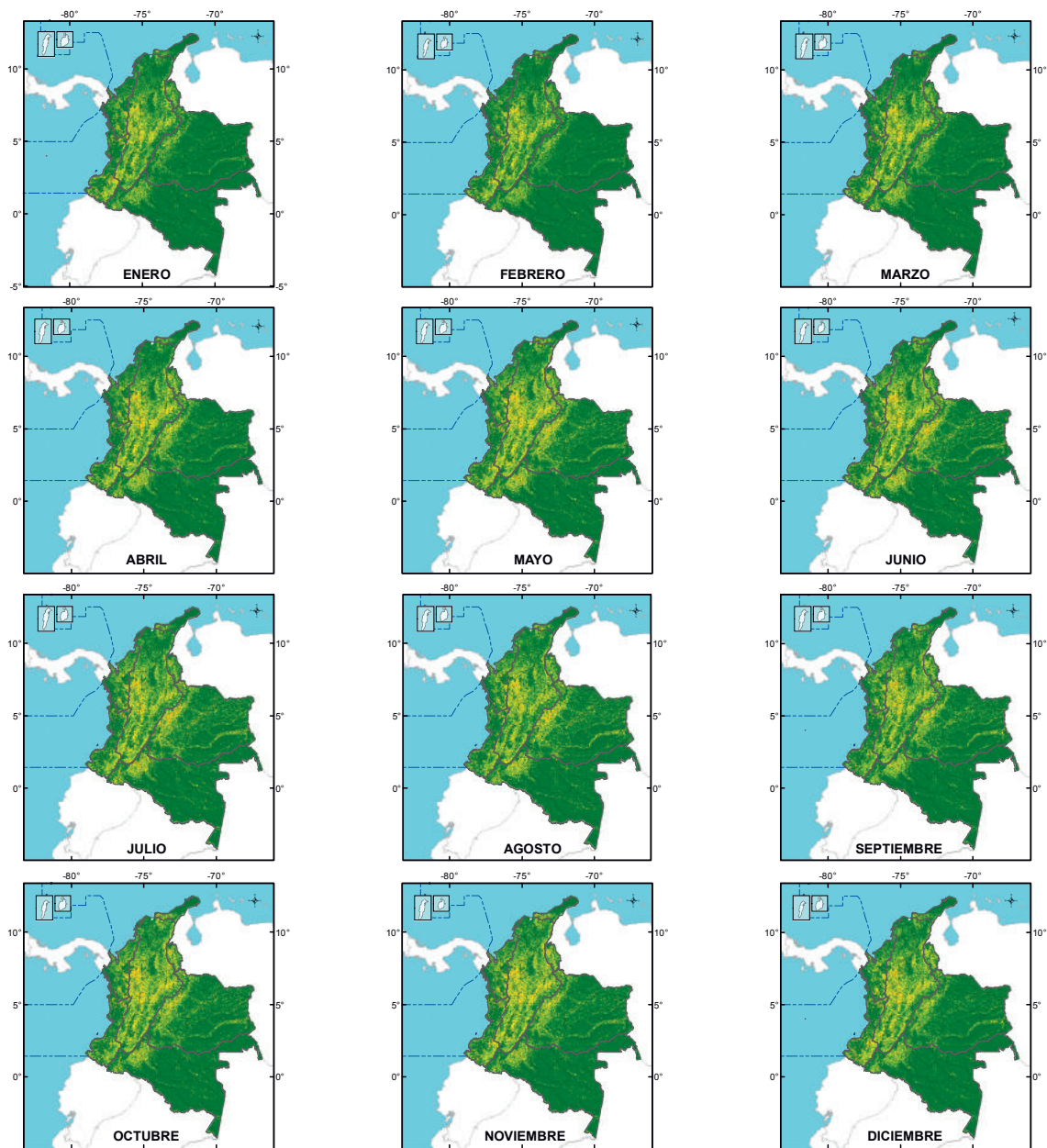
Se presentan los resultados para el país de la erosión hídrica potencial en ladera, el transporte de sedimentos, un análisis comparativo del transporte de sedimentos en suspensión en el periodo del ENA 2014 y el ENA 2018 en las estaciones en las que es posible dicha comparación y el análisis integrado por área hidrográfica.


### 3.2.1 Erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos

La **Figura 53** muestra los mapas de erosión hídrica potencial en ladera mensuales mutianuales y la **Figura 54** muestra el mapa de erosión hídrica

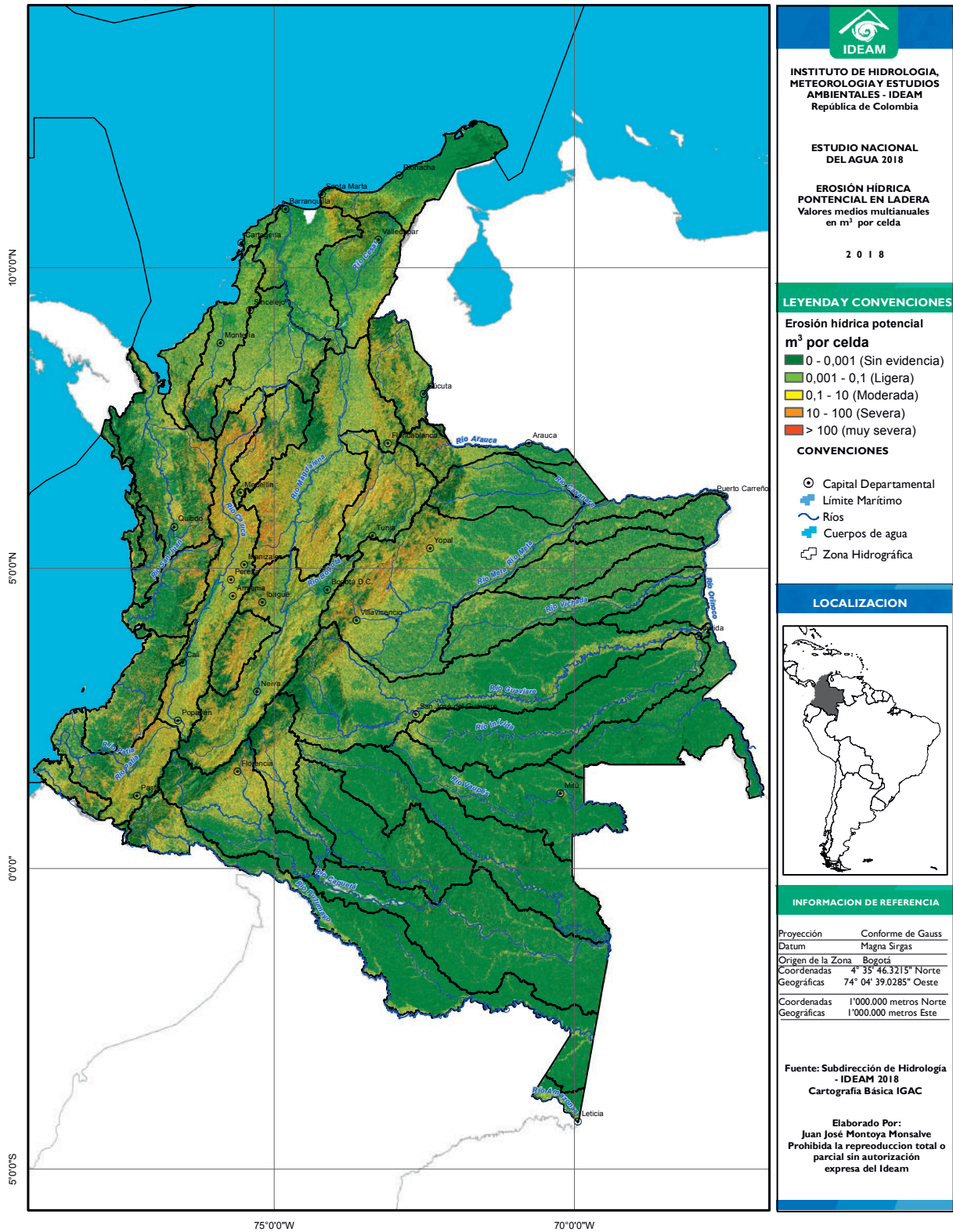
potencial en ladera anual multianual, el cual es la sumatoria de los mapas mensuales. Los valores numéricos corresponden a los sedimentos anuales erodados en celdas de aproximadamente 30 metros de lado (900 metros de área) en m<sup>3</sup>. La **Figura 55** muestra el valor medio por subzona hidrográfica de la erosión hídrica potencial en Colombia. Estos valores medios se calculan con el uso de la función de estadísticas zonales aplicadas al mapa de erosión hídrica potencial en Colombia.

Los rangos cualitativos del mapa de erosión hídrica potencial corresponden a los que se encuentran en el mapa de degradación de suelos por erosión según el proceso de validación (**Tabla 14**).

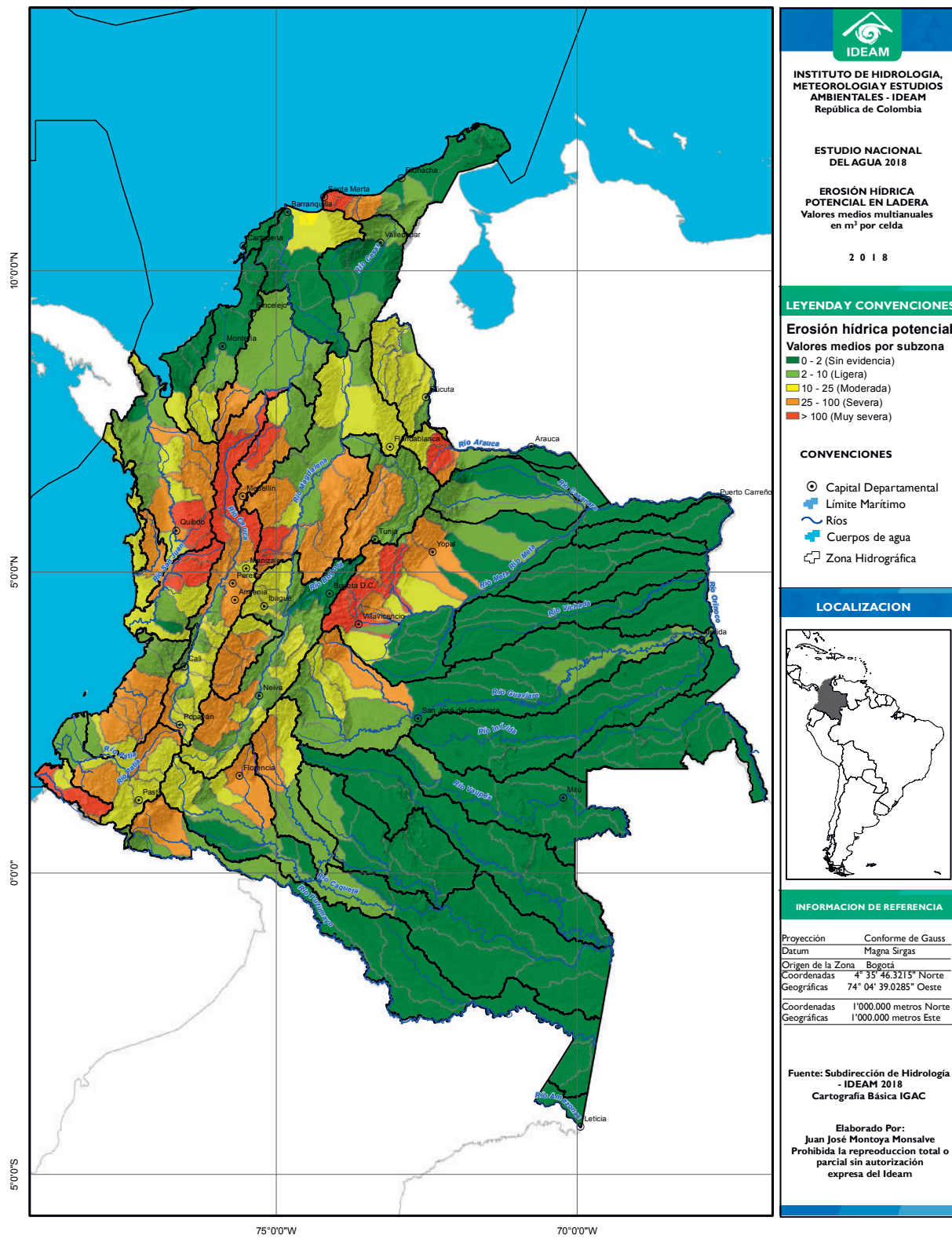


<p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia</p> <p><b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p>Erosión hídrica potencial en ladera. Valores medios multianuales En m<sup>3</sup> por celda</p> <p>2 0 1 8</p>	<p><b>Legenda</b></p> <p><b>Erosión hídrica potencial</b> m<sup>3</sup> por celda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #008000; border: 1px solid black;"></span> &lt; 0,001 (Sin evidencia)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span> 0,001 - 0,1 (Ligera)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></span> 0,1 - 10 (Moderada)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></span> 10 - 100 (Severa)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></span> &gt; 100 (Muy severa)</li> </ul>	<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Limite_Internacional_Marítimo</li> <li><span style="border-left: 2px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> Limite Marítimo</li> <li><span style="border: 2px solid blue; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Cuerpos de agua</li> <li><span style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Area Hidrográfica</li> <li><span style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> Zona hidrográfica</li> </ul>		<p><b>Información de Referencia</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Proyección</td> <td>Conforme de Gauss</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>Magna - Sirgas</td> </tr> <tr> <td>Origen de la zona</td> <td>Bogotá</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Geograficas</td> <td>4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Planas</td> <td>1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</td> </tr> </table> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018. Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Juan José Montoya</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>	Proyección	Conforme de Gauss	Datum	Magna - Sirgas	Origen de la zona	Bogotá	Coordenadas Geograficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste	Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este
Proyección	Conforme de Gauss													
Datum	Magna - Sirgas													
Origen de la zona	Bogotá													
Coordenadas Geograficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste													
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este													

• **Figura 53.** Mapa de erosión hídrica potencial en ladera mensual multianual.



• **Figura 54.** Mapa de erosión hídrica potencial en ladera anual multianual.



• **Figura 55.** Mapa del valor medio de erosión hídrica potencial en ladera por subzona hidrográfica.



• **Tabla 14.** Rangos adoptados para la erosión hídrica potencial en ladera.

Rango	Valores a escala de celda (m <sup>3</sup> /año)	Denudación* (mm/año)	Valores medios en subzonas (m <sup>3</sup> /año)
▶ Sin evidencia	0 – 0,001	0 – 0,0001	0 – 2
▶ Ligera	0,001 – 0,1	0,0001 – 0,01	2 – 10
▶ Moderada	0,1 – 10	0,01 – 1,0	10 – 25
▶ Severa	10 – 100	1,0 – 10,3	25 – 100
▶ Muy severa	> 100	> 10,3	> 100

\*La *denudación* es el proceso de degradación o desgaste de la superficie terrestre. En el ENA, la denudación surge de dividir el volumen anual de sedimentos producidos por erosión hídrica potencial en cada celda sobre el área de la celda (en milímetros por año).

Los resultados muestran que las subzonas con mayor potencial de erosión se encuentran en la zona andina del país, ubicadas en el área hidrográfica Magdalena–Cauca y en los piedemontes de las áreas Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacífico. Las subzonas con menor potencial de erosión se ubican en las zonas bajas de los ríos Cauca y Magdalena y en las amplias llanuras de la Orinoquía y la Amazonía. En el anexo 1 se presentan los valores medios de la erosión hídrica potencial por subzona hidrográfica.

### 3.2.2 Transporte y rendimiento de sedimentos

Los valores de rendimiento medio anual multianual se agrupan en rangos de valores que permiten clasificarlos en términos cualitativos. Estos rangos se adoptan según referencias bibliográficas en las que se compara el rendimiento de sedimentos en cuencas de diversos tamaños y condiciones morfológicas, a partir de bases de datos del transporte y rendimiento de sedimentos (Walling & Webb, 1983) (Walling, Rainfall, 1987) (Milliman & Meade, 1983) (Martin & Meybeck, 1979) (Latrubesse & Restrepo, 2014) (Restrepo & Kjerfve, 2000) (Restrepo, et.al, 2006). En el anexo 3 se muestran los resultados obtenidos para todas las estaciones. La **Figura 56**

muestra la variabilidad espacial del rendimiento de sedimentos, según las estaciones analizadas y en la leyenda se muestran los rangos adoptados para el rendimiento de sedimentos anual multianual.

### 3.2.3 Análisis comparativo del transporte de sedimentos en suspensión ENA 2014 y ENA 2018

En el ENA 2014 (Ideam, 2015) el transporte de sedimentos se estimó según la relación:

$$Q_s = C_m * Q_l$$

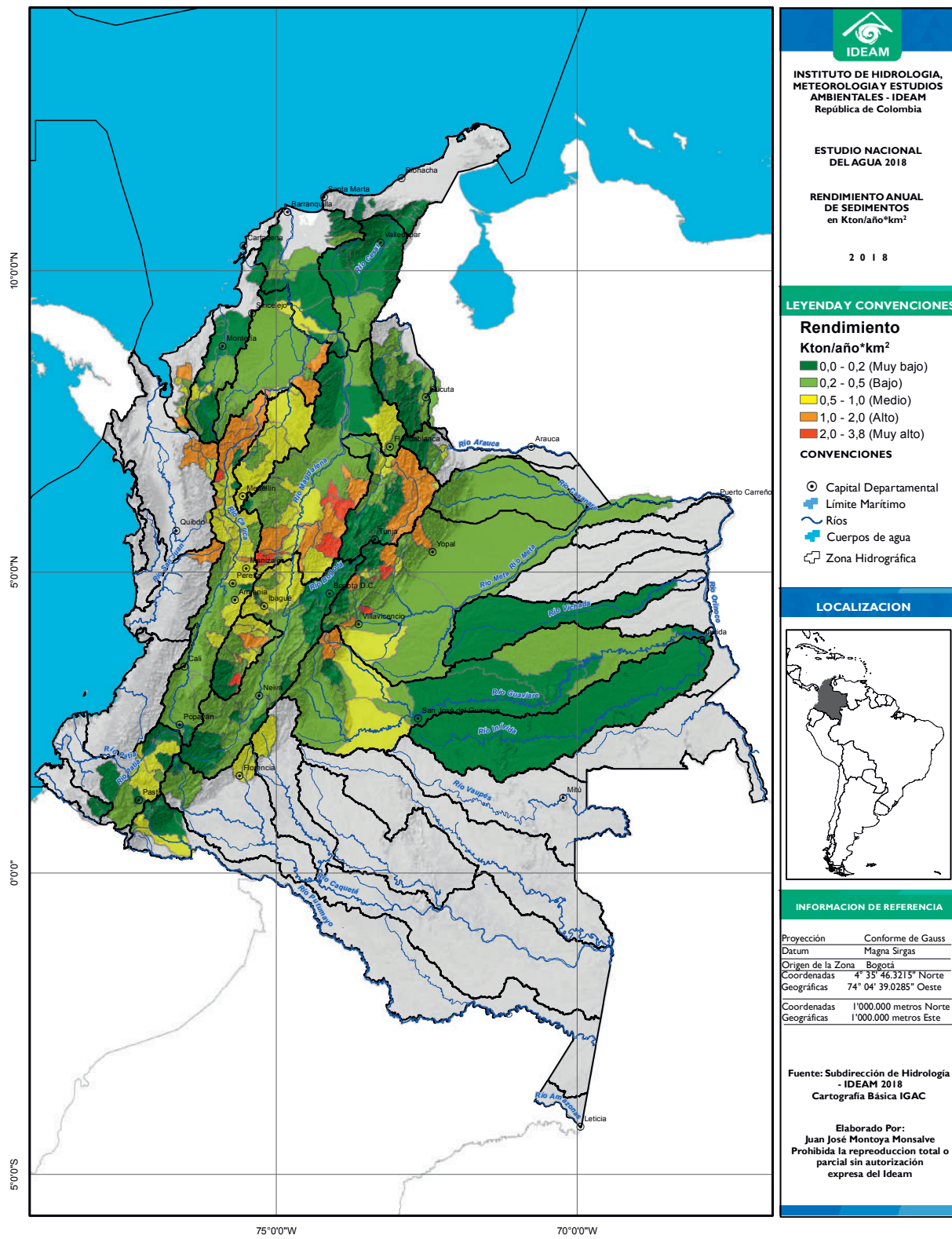
Donde:

**Q<sub>s</sub>**: transporte de sedimentos en suspensión

**Q<sub>l</sub>**: caudal líquido

**C<sub>m</sub>**: concentración media

En este caso, 42 estaciones en el país tienen al menos un año completo de datos en el periodo 2014–2018 en las que sea posible comparar los valores entre estos periodos. La **Tabla 15** muestra los resultados obtenidos en las 42 estaciones y la **Figura 57** muestra las estaciones con cambios significativos en el periodo entre el ENA 2014 y el ENA 2018 (disminución o aumento mayor al 20 %).



• **Figura 56.** Rendimiento de sedimentos de las cuencas aferentes a las estaciones analizadas.

En términos generales, se observa una disminución del transporte medio anual en la mayor parte de estaciones. Las estaciones en las que se observa una mayor disminución son: Santa Rosa en la subzona del Alto Caquetá, El Añil en la subzona de río Sucio, Puente Real en la subzona del río Nare, Puente Venado

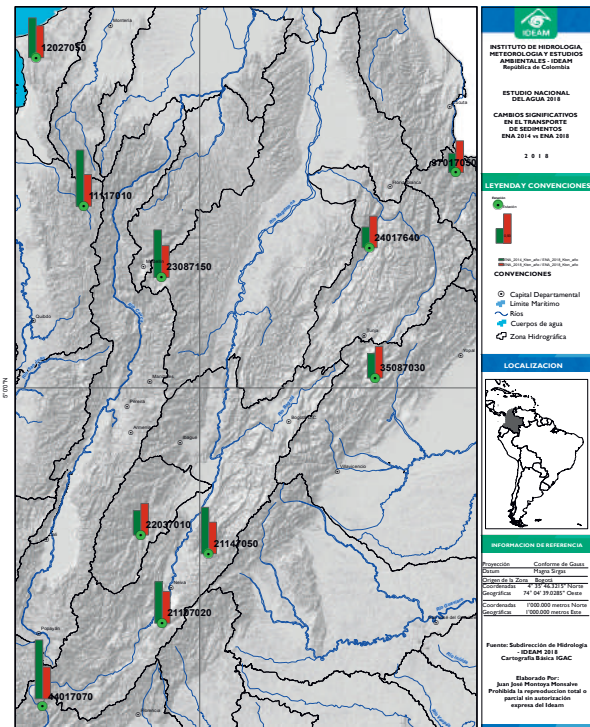
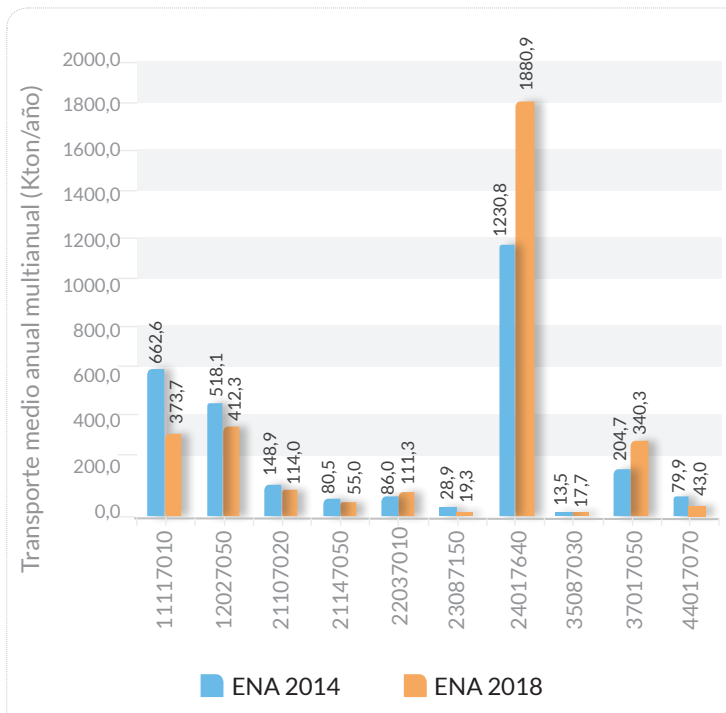
en la subzona del río Cabrera. Algunas estaciones donde ha aumentado el transporte de sedimentos en suspensión son las estaciones de Venaga en la subzona Río Chitagá, La Ceiba en la subzona del río Suárez, Pte. Forero en la subzona del río Lengupá, La Esperanza en la subzona del Medio Saldaña.

• **Tabla 15.** Comparación del transporte de sedimentos en suspensión entre valores del ENA 2014 y el ENA 2018.

Código	Estación	Periodo con datos ENA 2014		Transporte medio anual multianual (kton/año) ENA 2014	Periodo con datos ENA 2018		Transporte medio anual multianual (kton/año) ENA 2018	Cambio porcentual ENA 2018 vs. ENA 2014
		Desde	Hasta		Desde	Hasta		
11027030	El Siete	1994	2011	87,6	1994	2015	97,9	11,8
11117010	El Añil	1978	2011	662,6	1978	2015	373,7	-43,6
11117040	Mutatá	1980	2008	4 139,4	1980	2009	4 032,0	-2,6
12017020	Barranquillita	1979	2011	625,5	1979	2014	515,7	-17,6
12027050	Pueblo Nuevo	1998	2011	518,1	1998	2015	412,3	-20,4
13077060	Cotoca Abajo	1985	2010	2210,8	1985	2015	2 339,8	5,8
21027010	Pericongo	1981	2011	1524,1	1981	2016	1 481,5	-2,8
21037010	Pte. Garcés	1981	2011	321,4	1981	2016	291,4	-9,3
21057060	Paicol	1974	2006	2 634,1	1974	2016	2 477,0	-6,0
21057080	Villalosa	1981	2011	249,7	1981	2015	235,9	-5,5
21087050	Bocatoma	1984	2011	12,5	1984	2016	11,8	-6,3
21087080	Venecia Hda.	1984	2011	382,9	1984	2016	319,1	-16,7
21107020	Pte. Mulas	1989	2011	148,9	1989	2014	114,0	-23,5
21117080	Guayabo	1984	2011	62,4	1984	2015	74,0	18,6
21147010	San Alfonso	1981	2011	1 047,5	1981	2016	1 032,4	-1,4
21147030	Carrasposo	1993	2011	1 212,9	1993	2016	1 372,7	13,2
21147050	Pte. Venado	1988	2011	80,5	1988	2016	55,0	-31,7
21217180	Montezuma	1985	2008	24,2	1985	2015	28,4	17,3
21237010	Nariño-Autom.	1981	2011	13 376,8	1981	2015	12 109,0	-9,5
21257100	La Nueva	1980	2010	122,6	1980	2014	119,9	-2,2
22037010	La Esperanza	1981	2011	86,0	1981	2015	111,3	29,5
23037010	Pto. Salgar	1979	2011	25 233,1	1984	2013	21 921,5	-13,1
23087150	Pte. Real	1988	2011	28,9	1988	2015	19,3	-33,1
23087210	Canteras	1976	2011	2 050,9	1976	2015	1 753,0	-14,5
23127010	Borbur	1982	2011	4 708,4	1982	2015	3 986,5	-15,3
23147020	Pte. Ferrocarril	1976	2011	2 390,5	1976	2012	2 531,2	5,9
24017590	Pte. Nacional	1982	2011	212,8	1982	2012	175,6	-17,4
24017640	La Ceiba	1982	2011	1 230,8	1982	2012	1 880,9	52,8
24037390	Capitanejo	1982	2010	3 375,0	1982	2015	3 418,1	1,3

Continuación Tabla 15.

Código	Estación	Periodo con datos ENA 2014		Transporte medio anual multianual (kton/año) ENA 2014	Periodo con datos ENA 2018		Transporte medio anual multianual (kton/año) ENA 2018	Cambio porcentual ENA 2018 vs. ENA 2014
		Desde	Hasta		Desde	Hasta		
26147140	Pte. Negro	1977	2011	130,6	1977	2015	125,0	-4,3
26177030	La Virginia-Autom.	1973	2010	8 809,5	1973	2016	9 354,7	6,2
26187110	La Pintada	1974	2010	18 020,1	1974	2015	17 304,2	-4,0
26207080	Bolombolo	1976	2011	17 820,1	1976	2015	18 164,2	1,9
35077100	San José	1993	2011	0,5	1993	2015	0,4	-18,6
35077120	El Caracol	1983	2010	227,9	1983	2014	218,3	-4,2
35077140	Barbosa Termales	1983	2011	49,2	1983	2015	43,5	-11,6
35087020	Páez	1977	2010	2 804,0	1977	2015	2 529,3	-9,8
35087030	Pte. Forero	1983	2010	13,5	1983	2015	17,7	30,9
37017050	Venaga	1988	2011	204,7	1988	2012	340,3	66,2
44017060	Papas	1984	2011	1,9	1984	2012	2,1	10,0
44017070	Sta. Rosa	1986	2011	79,9	1986	2012	43,0	-46,2
44017090	Curiano	1984	2011	25,4	1984	2012	24,1	-5,1



• **Figura 57.** Cambios significativos (izquierda) y estaciones con cambios significativos (derecha) en el transporte medio anual multianual (kton/año) entre el ENA 2014 y el ENA 2018.

## 3.3 Análisis integrado de sedimentos por área hidrográfica

En el siguiente apartado, se presentan los análisis que integran los resultados del rendimiento de sedimentos con la producción de sedimentos (erosión hídrica potencial, amenaza relativa por movimientos en masa y evidencias de explotación de oro en aluvión) por área hidrográfica. En las zonas y subzonas hidrográficas que tienen datos de rendimiento de sedimentos es posible determinar las causas de estos valores.

### 3.3.1 Área hidrográfica Caribe

En el área hidrográfica Caribe la erosión hídrica potencial se presenta en categorías severa y muy severa en las zonas hidrográficas Atrato–Darién y Caribe–Guajira. En la primera de estas zonas se encuentra la subzona con mayor erosión hídrica potencial de

Colombia (río Andágueda). La **Tabla 16** muestra las subzonas con erosión hídrica severa y muy severa en el área hidrográfica Caribe. En estas subzonas también se presentan categorías altas y muy altas de amenazas relativas por movimientos en masa. La **Tabla 17** muestra las estaciones con valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe.

Las áreas con erosión severa y muy severa se presentan en zonas de cultivos y pastos en partes altas de las subzonas de los ríos Andágueda, Alto Atrato y río Bebaramá. Estas condiciones junto con las altas precipitaciones explican que en estas subzonas se presenten algunos de los valores más altos de erosión hídrica potencial en Colombia.

- **Tabla 16.** Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Caribe.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ Atrato–Darién	1101	Río Andágueda	706,8
▶ Atrato–Darién	1102	Alto Atrato	222,8
▶ Atrato–Darién	1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (md)	114,7
▶ Atrato–Darién	1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (mi)	39,3
▶ Atrato–Darién	1107	Río Murri	63,0
▶ Atrato–Darién	1111	Río Sucio	67,6
▶ Atrato–Darién	1117	Río Cabi y otros Directos Atrato (md)	49,0
▶ Caribe–Guajira	1501	Río Piedras y Río Manzanares	108,4
▶ Caribe–Guajira	1502	Río Don Diego	78,6
▶ Caribe–Guajira	1503	Río Ancho y otros Directos al Caribe	42,1
▶ Caribe–Guajira	1509	Río Guachaca, Mendiguaca y Buritaca	109,4

• **Tabla 17.** Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Caribe.

Nombre	Código	Corriente	Transporte medio anual multianual (Kton/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento
					(Kton/año*km <sup>2</sup> )
▶ Pte. Las Sánchez	11027010	Atrato	236,979	230,576	1,028
▶ Tascón	11117030	Río Sucio	3 023,396	3 019,488	1,001
▶ Mutata	11117040	Río Sucio	4 547,293	3 372,762	1,348
▶ Dabeiba 2	11117050	Río Sucio	2 393,750	1 973,749	1,213
▶ Barranquillita	12017020	León	789,622	681,123	1,159
▶ Pueblo Nuevo	12027050	Mulatos	1 062,818	1 013,39	1,049

Casi la totalidad de la zona hidrográfica Atrato–Darién se encuentra en categorías alta y muy alta de amenaza relativa por movimientos en masa. Los movimientos en masa son una fuente importante de sedimentos en las subzonas ubicadas en la vertiente occidental de la cordillera Occidental, con predominio de áreas con categoría muy alta de amenaza relativa por movimientos en masa (río Andágeda, Alto Atrato, río Bebaramá, río Murrí y río Sucio). Se observan áreas con evidencia de explotación de oro de aluvión en las márgenes del río Atrato, en su parte alta y media. Las subzonas más afectadas por explotación de oro de aluvión son las del río Quito, río Cabí y otros directos al Atrato.

En la zona hidrográfica Sinú, solo en la parte alta de la subzona Alto Sinú–Urrá, se presentan condiciones para la producción de sedimentos, tanto por erosión hídrica como por movimientos en masa, siendo estos una fuente importante de sedimentos con el predominio de áreas con categoría alta y muy alta. En estas áreas se encuentran cultivos y pastos con altas pendientes y alta escorrentía, así como presencia esporádica de explotación de oro de aluvión.

En la zona hidrográfica Caribe–Guajira, las estaciones con medidas de transporte se ubican en cuencas

que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y registran valores bajos y muy bajos de rendimiento de sedimentos (subzonas del río Ancho y otros directos al Caribe y río Ranchería). En las subzonas que presentan erosión hídrica potencial severa y muy severa no se encuentran estaciones (río Piedras–río Manzanares, río Don Diego y río Guachaca–Mendiguaca y Buritica).

La zona hidrográfica Catatumbo dispone de una cobertura de estaciones con datos de transporte de sedimentos que abarca seis de las ocho subzonas que la componen. Estas estaciones registran valores bajos y muy bajos de rendimiento de sedimentos, debido al predominio de erosión hídrica potencial ligera y moderada y a las categorías media y alta de amenazas relativas de movimientos en masa.

### 3.3.2 Área hidrográfica Magdalena–Cauca

La **Tabla 18** muestra las subzonas con erosión hídrica severa y muy severa en el área hidrográfica Magdalena–Cauca. La **Tabla 19** muestra las estaciones con valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena Cauca.

• **Tabla 18.** Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Magdalena-Cauca.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial media por subzona en (m <sup>3</sup> /año)
▶ Alto Magdalena	2105	Río Páez	28,4
▶ Alto Magdalena	2112	Río Baché	28,9
▶ Saldaña	2201	Alto Saldaña	43,5
▶ Saldaña	2202	Río Atá	34,2
▶ Saldaña	2203	Medio Saldaña	36,3
▶ Saldaña	2204	Río Amoyá	39,0
▶ Saldaña	2206	Río Tetuán, Río Ortega	26,7
▶ Medio Magdalena	2301	Río Gualí	98,2
▶ Medio Magdalena	2302	Río Guarinó	135,7
▶ Medio Magdalena	2304	Directos Magdalena entre los ríos Guarinó y La Miel	30,1
▶ Medio Magdalena	2305	Río La Miel (Samaná)	248,8
▶ Medio Magdalena	2306	Río Negro	39,3
▶ Medio Magdalena	2308	Río Nare	92,0
▶ Medio Magdalena	2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	8,2
▶ Medio Magdalena	2312	Río Carare (Minero)	43,8
▶ Medio Magdalena	2314	Río Opón	30,6
▶ Sogamoso	2401	Río Suárez	44,3
▶ Sogamoso	2402	Río Fonce	78,1
▶ Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge	2501	Alto San Jorge	28,4
▶ Cauca	2603	Río Salado y otros directos Cauca	68,8
▶ Cauca	2605	Río Timba	71,7
▶ Cauca	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	27,9
▶ Cauca	2612	Río La Vieja	26,3
▶ Cauca	2613	Río Otún y otros directos al Cauca	38,1
▶ Cauca	2614	Río Risaralda	31,9
▶ Cauca	2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	29,7
▶ Cauca	2617	Río Frío y Otros Directos al Cauca	53,4
▶ Cauca	2618	Río Arma	100,2
▶ Cauca	2619	Río San Juan	106,7
▶ Cauca	2620	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto. Valdivia	156,2
▶ Cauca	2621	Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto. Valdivia	166,1
▶ Cauca	2624	Río Taraza - Río Man	84,0
▶ Cauca	2625	Directos al Cauca entre Pto. Valdivia y Río Nechí	152,5
▶ Nechí	2701	Río Porce	61,8
▶ Nechí	2702	Alto Nechí	192,9

• **Tabla 19.** Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Magdalena-Cauca.

Nombre	Código	Corriente	Transporte medio anual multianual (Kton/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento
					(Kton/año*km <sup>2</sup> )
▶ Condor El	22027010	Atá	2 921,79	1 384,29	2,11
▶ Esperanza La	22037010	Mendarco	107,88	107,46	1,00
▶ Piedras de Cobre	22057010	Saldaña	9 343,40	7 743,55	1,21
▶ Pte. Carretera	23027060	Guarinó	1 918,13	834,98	2,30
▶ San Miguel Autom.	23057140	La Miel	2542,94	2 335,88	1,09
▶ Pto. Libre	23067040	Negro	9 010,87	4 575,19	1,97
▶ Borbur	23127010	Minero	4 453,53	1 564,36	2,85
▶ Pto. Araujo Autom.	23127020	Carare	14 606,17	5 381,55	2,71
▶ Sta. Rosa	23127060	Carare	11 566,98	4 901,04	2,36
▶ Las Angustias	23127070	Minero	5 116,30	3 370,09	1,52
▶ Pte. Ferrocarril	23147020	Opón	1 870,19	1 730,14	1,08
▶ El Jordán	24037360	Chicamocha	18 070,08	9 401,25	1,92
▶ Capitanejo	24037390	Chicamocha	8 346,91	6 204,21	1,35
▶ Margento	25027050	Cauca	45 637,79	41 200,66	1,11
▶ Alto del Rosario	25027400	Cño. Las Palomas	1 273,79	1 072,71	1,19
▶ Mancha La	25028350	Cño. Rompedero	1 693,80	1 598,70	1,06
▶ Pte. Las Juntas	26167010	Tapias	195,39	192,04	1,02
▶ Galera La	26217010	Tonusco	670,60	319,00	2,10
▶ Cangrejo El	26217040	San Mateo	424,83	224,02	1,90
▶ Pto. Valdivia Autom.	26237040	Cauca	44 163,18	37 831,27	1,17
▶ Pte. Pescadero	26237050	Cauca	37 785,05	35 871,73	1,05
▶ Valle El	26237090	San Andrés	735,43	491,49	1,50
▶ La Coquera Autom.	26247020	Cauca	60 487,88	40 985,54	1,48
▶ Apavi	26247030	Cauca	68 582,60	37 971,49	1,81
▶ Las Camelias Autom.	26247050	Taraza	1 003,60	907,20	1,11

La zona hidrográfica Alto Magdalena dispone de una buena cobertura de estaciones con datos de transporte. La zona hidrográfica presenta amplias áreas de amenaza relativa media y alta, y la erosión hídrica potencial predomina en los rangos ligero y moderado, exceptuando las subzonas del río Páez y el río Baché, en las que se observa la predominancia de erosión hídrica severa. Los valores de rendimiento predominantes (bajo y muy bajo) se explican por la

presencia del embalse de generación de energía Betania, que sirve de trampa de sedimentos generados en las cuencas aguas arriba.

Los movimientos en masa son una fuente importante de sedimentos en las subzonas Alto Magdalena, río Timaná y otros directos al Magdalena, río Suaza, ríos Directos al Magdalena en su margen izquierda y derecha, río Neiva, río Fortalecillas, río Cabrera y río



Coello. En la zona se presentan un par de pequeñas áreas con evidencia de explotación de oro de aluvión en las subzonas de los ríos Páez y Yaguará y el río Iquira, asociadas a los aluviones de estos ríos. En la zona hidrográfica Saldaña, las estaciones con datos de transporte de sedimentos presentan alta variabilidad espacial, con predominio de valores medios. En la subzona del río Tetuán y río Ortega y en la subzona Alto Saldaña se presentan valores altos de rendimiento. En la parte media de la subzona del río Atá se registra un valor muy alto de rendimiento.

En la zona hidrográfica Medio Magdalena se ubican algunas de las estaciones con mayor valor de rendimiento en Colombia, las cuales se ubican en subzonas con alto potencial de producción de sedimentos tanto por erosión hídrica como por movimientos en masa. En la subzona del río Guarinó predomina la erosión hídrica potencial muy severa y categorías alta y muy alta de amenaza relativa por movimientos en masa. Estas evidencias explican que el rendimiento de sedimentos en la estación del Pte. Carretera (23027060) sea uno de los más altos en Colombia. En la subzona del río Carare-Minero se conjugan categorías severas y muy severas de erosión hídrica potencial con categorías altas de amenazas por movimientos en masa. En las subzonas del río La Miel-Samaná, el río Negro y el río Opón se registran valores altos de rendimiento de sedimentos, los movimientos en masa y los usos del suelo inadecuados (pastos y cultivos en laderas de altas pendientes) explican estos valores.

En la zona hidrográfica Sogamoso, el rendimiento de sedimentos se encuentra altamente contrastado. Las estaciones ubicadas en la subzona del río Chicamocha registran altos rendimientos, especialmente, las áreas que se encuentran en la parte baja de la cuenca (estaciones El Jordán y Capitanejo), mientras que el resto de las estaciones con datos de transporte de sedimentos presentan valores bajos y medios. Este comportamiento no se puede explicar

por la variabilidad espacial de la erosión hídrica potencial ni por la amenaza relativa por movimientos en masa, habida cuenta de que en las cuatro subzonas se observan los mismos patrones espaciales de variabilidad, una posible explicación se puede encontrar a los cambios en la capacidad de transporte de las corrientes de la zona. Las áreas con erosión moderada, severa y muy severa se asocian con pastos y cultivos en laderas con diferentes pendientes y acumulaciones de flujo. Las categorías alta y muy alta de amenaza relativa por movimientos en masa se relacionan con laderas de alta pendiente, mientras que el resto de las áreas se encuentra en la categoría media. En la zona no se presenta evidencia de explotación de oro de aluvión.

La zona hidrográfica Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge se caracteriza porque el principal proceso es el depósito de sedimentos y solo en las partes altas de la subzona Alto San Jorge hay procesos de producción, debido a movimientos en masa (categoría alta de amenaza relativa por movimientos en masa) y erosión hídrica en la parte media (categoría de erosión hídrica potencial severa). Las áreas con erosión ligera y moderada se ubican en zonas de pastos y cultivos de los depósitos aluviales y zonas inundables de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge. Una fuente importante de sedimentos está asociada a las evidencias de explotación de oro de aluvión ubicado en depósitos aluviales de los ríos Cauca y San Jorge. Esto puede explicar los valores altos de rendimiento de sedimentos observados en la estación Margento.

Las estaciones ubicadas en la zona hidrográfica Cauca presentan valores muy bajos y bajos de rendimiento de sedimentos en la parte alta de la cuenca, valores medios en la parte media y valores altos en el cañón del Cauca, en su paso por los departamentos de Caldas y Antioquia. En el área del encajonamiento del río Cauca se conjugan alta erosión hídrica potencial (severa y muy severa) y categorías alta y muy alta de amenaza relativa por movimientos en masa. Las

cuencas ubicadas en el cañón del río Cauca se caracterizan por laderas de altas de pendientes, pastos con sobrepastoreo y cultivos sin prácticas de conservación del suelo. Además, el encajonamiento del río Cauca ocasiona una removilización de sedimentos, debido al aumento en la capacidad de transporte. En la zona se encuentran evidencias de explotación de oro de aluvión en las subzonas del río Quinamayo y otros directos al Cauca, río Tarazá-río Man y directos al Cauca entre Puerto Valdivia y río Nechí. Estas dos últimas subzonas se encuentran altamente afectadas por la explotación de oro en aluvión, las cuales explican los valores altos de rendimiento de sedimentos de las estaciones La Coquera, Apavi y Las Camelias.

En la zona hidrográfica Nechí, las estaciones con datos de transporte de sedimentos presentan valores bajos y medios, lo cual contrasta con el alto potencial de producción de sedimentos en la zona, con la predominancia de erosión hídrica potencial moderada, severa y muy severa en las subzonas Alto Nechí y río Porce, y de amplias áreas con amenaza relativa de movimientos en masa muy alta en la subzona Alto Nechí y alta en la subzona del río Porce. Los valores bajos y medios de rendimiento de sedimentos se pueden explicar debido a la presencia de embalses de generación de energía en la subzona del río Porce,

los cuales sirven de trampa de sedimentos generados en las cuencas aguas arriba.

Las estaciones ubicadas en la zona Bajo Magdalena (29) presentan valores bajos y muy bajos de rendimiento de sedimentos. En su mayoría, se encuentran en el río Magdalena, en brazos de este río y en el Canal del Dique reflejando el transporte de sedimentos de la cuenca del río Magdalena. Cabe destacar la estación Calamar, ubicada en el río Magdalena en la confluencia de este con el Canal del Dique. Al ser la estación más cerca a la desembocadura del río Magdalena al mar Caribe, esta permite estimar la cantidad de sedimentos que este río descarga en el mar. El valor del transporte medio anual multianual en esta estación es de 94.376,2 kton/año. En esta zona hidrográfica ocurren procesos de depósito de sedimentos en toda su extensión mientras que la producción es poca o nula.

### 3.3.3 Área hidrográfica Orinoco

La **Tabla 20** muestra las subzonas con erosión hídrica severa y muy severa en el área hidrográfica Orinoco. La **Tabla 21** muestra las estaciones con valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco.

• **Tabla 20.** Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Orinoco.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ Guaviare	3206	Río Ariari	25,9
▶ Meta	3502	Río Guayuriba	110,7
▶ Meta	3503	Río Guatiquía	103,8
▶ Meta	3504	Río Guacavía	98,5
▶ Meta	3505	Río Humea	74,2
▶ Meta	3506	Río Guavio	176,1

Continuación Tabla 20.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ Meta	3507	Río Garagoa	37,4
▶ Meta	3508	Río Lengupá	217,5
▶ Meta	3509	Río Upía	102,8
▶ Meta	3519	Río Cusiana	75,3
▶ Meta	3521	Río Cravo Sur	28,6
▶ Arauca	3702	Río Margua	140,8
▶ Arauca	3703	Río Cobugón – Río Cobaría	187,9
▶ Arauca	3704	Río Bojabá	26,5

• **Tabla 21.** Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Orinoco.

Nombre	Código	Corriente	Transporte medio anual multianual (Kton/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (Kton/año*km <sup>2</sup> )
▶ Lejanías	32067020	Guape	1 298 362	911 934	1 424
▶ Pto. Angosturas	32067030	Ariari	994 082	763 237	1 302
▶ Pte. Carretera	35027140	Guayuriba	3 577 509	2809 962	1 273
▶ Pte. Carretera	35047030	Guacavia	713 746	339 750	2 101
▶ Ubala	35067020	Gachetá	704 466	548 714	1 284
▶ Mundo Nuevo	35067130	Rucio	56 250	38 075	1 477
▶ El Camoyo	35077050	Quebrada Chivor	175 286	46 103	3 802
▶ San Agustín	35087010	Lengupa	4 912 645	1 634 739	3 005
▶ Páez	35087020	Lengupa	1 867 148	1 030 182	1 812
▶ Pte. Yopal	35217010	Cravo Sur	1 613 792	1 098 962	1 468

Las estaciones con datos de transporte en la zona hidrográfica Inírida se ubican en la parte baja del río Inírida cerca de su desembocadura en el río Orinoco. Los valores de rendimiento de sedimentos se encuentran en el rango muy bajo, lo cual es coherente con la producción de sedimentos en la

zona. Las estaciones con datos de transporte en la zona hidrográfica Guaviare registran variaciones espaciales que concuerdan con los mapas de producción de sedimentos. Las estaciones con valores altos de rendimiento de sedimentos se encuentran en la subzona del río Ariari, la cual tiene el mayor valor de

erosión hídrica potencial en la zona hidrográfica y, además, presenta un área de amenaza relativa por movimientos en masa con categoría alta en la vertiente oriental de la cordillera Oriental.

En la zona hidrográfica Guaviare, los procesos de producción de sedimentos se concentran en las laderas de la cordillera Oriental y la sierra de la Macarena, asociados a altas pendientes, usos agropecuarios, alta escorrentía y presencia de movimientos en masa.

Las estaciones con datos de transporte en la zona hidrográfica Meta registran variaciones espaciales de rendimiento de sedimentos que son consecuentes con los mapas de producción de sedimentos. En las subzonas de los ríos Guayuriba, río Guatiquía, río Guacavía, río Humea, río Guavio, río Garagoa, río Lengupá, río Upía, río Cusiana y río Cravo Sur, ubicadas en áreas de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, se conjugan condiciones que favorecen la erosión hídrica: altas pendientes, coberturas de la tierra en pastos y cultivos, altas precipitaciones y suelos con alta erodabilidad. Además, se presentan categorías de amenazas muy altas de movimientos en masa. Las estaciones ubicadas en estas subzonas registran valores medios, altos y muy altos de rendimiento de sedimentos.

En esta zona se encuentran dos de las estaciones con mayor rendimiento de sedimentos en Colombia: la estación El Camoyo (35077050) en la subzona del río Garagoa y la estación San Agustín (35087010) en la subzona del río Lengupá. En ambas subzonas predominan las categorías severa y muy severa de erosión hídrica potencial y la categoría de amenaza muy alta de movimientos en masa.

En el resto de las subzonas, ubicadas en la altillanura y en los depósitos aluviales del río Meta, la producción

de sedimentos es baja, prevaleciendo las categorías baja y media de amenazas por movimientos en masa y sin evidencia y ligera de erosión hídrica potencial.

En la zona hidrográfica Casanare no se encuentran estaciones con datos de transporte de sedimentos. Los mapas de erosión hídrica potencial y amenazas relativas por movimientos en masa muestran que hay poca producción de sedimentos en la zona, concentrándose en las cabeceras de los ríos Ariporo, Casanare y Cravo Norte. Estas áreas, ubicadas en la vertiente oriental de la cordillera Oriental, presentan categorías altas y muy altas de amenazas por movimientos en masa y erosión hídrica potencial severa y muy severa.

Las estaciones con datos de transporte en la zona hidrográfica Arauca se encuentran en las subzonas ubicadas en la vertiente oriental de la cordillera Central. En estas subzonas se registran valores muy bajos y bajos de rendimiento de sedimentos, con la excepción de las estaciones Paso de la Canoa y Rotambria, en la subzona del río Cobugón y el río Cobaría que presentan valores medios de rendimiento de sedimentos. En esta subzona se dan condiciones que favorecen la erosión hídrica: altas pendientes, coberturas de la tierra en pastos y cultivos, altas precipitaciones y suelos con alta erodabilidad. Además, se presentan categorías de amenazas muy altas y altas de movimientos en masa.

### 3.3.4 Área hidrográfica Amazonas

La **Tabla 22** muestra las subzonas con erosión hídrica severa y muy severa en el área hidrográfica Amazonas. En el área hidrográfica Amazonas no se encuentran estaciones que registren valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos.

• **Tabla 22.** Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Amazonas.

Código	Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ 4403	Amazonas	Caquetá	Río Orteguaza	37,2
▶ 4602	Amazonas	Caguán	Río Guayas	34,2
▶ 4701	Amazonas	Putumayo	Alto río Putumayo	30,7

Las estaciones con datos de transporte en las zonas hidrográficas Caquetá, Caguán y Putumayo se ubican en la vertiente oriental de la cordillera Oriental y el piedemonte de la cordillera, en las subzonas Alto Caquetá, río Orteguaza, río Guayas y Alto Río Putumayo. Registran rendimientos de sedimentos bajos a excepción de las estaciones Angosturas–Putumayo, Larandía, Itarca y Pto. Rico, las cuales presentan valores medios de esta variable.

En las subzonas ubicadas en la vertiente oriental y el piedemonte de la cordillera Oriental se dan los procesos de producción de sedimentos en las zonas

hidrográficas Caquetá, Caguán y Putumayo. En el resto de las subzonas, se presentan categorías sin evidencia de erosión hídrica y baja de amenazas por movimientos en masa.

### 3.3.5 Área hidrográfica Pacífico

La **Tabla 23** muestra las subzonas con erosión hídrica severa y muy severa en el área hidrográfica Pacífico. La **Tabla 24** muestra las estaciones con valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico.

• **Tabla 23.** Subzonas con erosión hídrica potencial severa y muy severa en el área hidrográfica Pacífico.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ Mira	5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	43,5
▶ Mira	5102	Río Mira	112,6
▶ Patía	5201	Río Patía Alto	47,1
▶ Patía	5206	Río Telembí	71,4
▶ Tapaje–Dagua–Directos	5304	Río Guapi	45,5
▶ Tapaje–Dagua–Directos	5305	Río Timbiquí	38,8
▶ Tapaje–Dagua–Directos	5306	Río Saija	37,7
▶ Tapaje–Dagua–Directos	5307	Río San Juan del Micay	96,6
▶ Tapaje–Dagua–Directos	5308	Río Naya–Yurumanguí	67,5
▶ San Juan	5401	Río San Juan Alto	196,5

Continuación Tabla 23.

Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Erosión hídrica potencial (media por subzona en m <sup>3</sup> /año)
▶ San Juan	5402	Río Tamaná y otros directos San Juan	252,0
▶ San Juan	5404	Río Cajón	112,0
▶ San Juan	5408	Río San Juan Medio	99,9
Baudó-Directos Pacífico	5501	Río Baudó	40,9

• **Tabla 24.** Valores altos y muy altos de rendimiento de sedimentos en el área hidrográfica Pacífico.

Nombre	Código	Corriente	Transporte medio anual multianual (Kton/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento
					(Kton/año*km <sup>2</sup> )
▶ Pte. Pusmeo Autom.	52077010	Patía	31 008,15	12 115,59	2,56
▶ Tado Autom.	54017040	San Juan	1 902,81	1 773,67	1,07

En la zona hidrográfica Mira, las estaciones con datos de transporte de sedimentos se ubican en la parte alta de la subzona del río Mira y registran valores muy bajos de rendimiento de sedimentos. Estos valores no concuerdan con los mapas de producción de sedimentos, pues esta subzona se encuentra en categorías severas y muy severas de erosión hídrica potencial y alta (se encuentra entre las de mayor erosión hídrica potencial en Colombia), y muy alta amenaza relativa por movimientos en masa. La erosión hídrica potencial muestra un comportamiento diferenciado según se esté en las subzonas ubicadas en la cordillera de los Andes (río San Juan y río Mira) o en las subzonas ubicadas en el litoral del océano Pacífico (río Rosario y río Tola). En las primeras predominan las categorías severa y muy severa, en las segundas predominan las categorías ligera y moderada.

Las áreas deforestadas se encuentran principalmente en las márgenes de las corrientes de agua por lo

que se espera que los sedimentos generados sean fácilmente transportados por las corrientes. Las subzonas con erosión hídrica potencial severa son: río Guapí, río Timbiquí, río Saija, río San Juan del Micay y río Naya-Yurumanguí.

La zona hidrográfica San Juan dispone de una estación con datos de transporte de sedimentos ubicada en la subzona del río San Juan Alto. La estación Tado registra un valor alto de rendimiento de sedimentos, lo cual es consecuente con la alta producción de sedimentos que se esperan de los mapas de producción. En esta zona, se encuentran algunas de las subzonas con mayor erosión hídrica potencial de Colombia, con categorías entre severa y muy severa: río San Juan Alto, río Tamaná y otros directos al San Juan, río Cajón y río San Juan Medio. En estas subzonas se observan amplias áreas deforestadas que, al no contar con la cobertura boscosa, favorecen la alta erosión hídrica por la unión de estos factores: alta esorrentía debido a la alta pluviosidad,

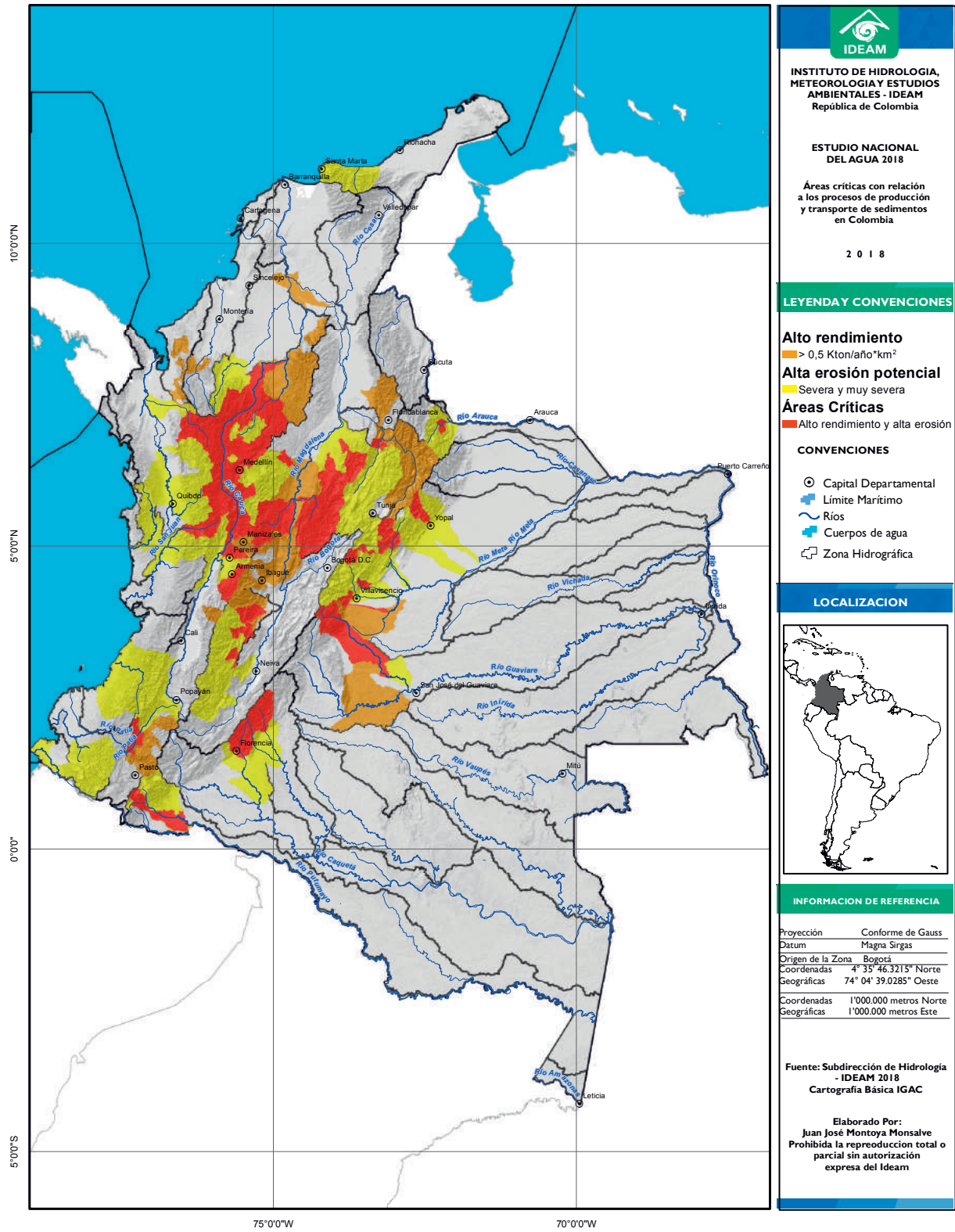
suelos con alta erodabilidad, altas pendientes y prácticas de conservación del suelo inexistentes. En las subzonas restantes, donde la cobertura boscosa predomina, las categorías predominantes son sin evidencia y ligera.

Se espera que los movimientos en masa sean una fuente importante de sedimentos en la zona. En las subzonas del río San Juan Alto y río Tamaná y otros

directos al San Juan, se presentan amplias zonas con categoría muy alta de amenaza relativa por movimiento en masa. En las otras subzonas se alternan las categorías medias y altas. Además de la producción por erosión hídrica y movimientos en masa, se presentan amplias áreas con evidencias de explotación de oro de aluvión, especialmente en las subzonas del río San Juan Alto, río Tamaná y otros directos al San Juan y al río Cajón.

### 3.4 Conclusión sedimentos

- Las subzonas que presentan un potencial de erosión hídrica más alto se ubican en las vertientes de los ramales de la cordillera Andina y en la Sierra Nevada de Santa Marta. En estas subzonas se conjugan condiciones que favorecen la erosión hídrica en ladera: zonas agrícolas y urbanas en altas pendientes, altas lluvias y suelos con alta erodabilidad.
  - Los departamentos con mayor potencial a la erosión hídrica en Colombia son: Antioquia, Santander, Boyacá, Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Quindío, Chocó, Tolima, Cauca y Nariño. Puesto que se trata de las áreas en las que se concentra el desarrollo económico y social del país se hace necesario focalizar recursos y acciones tendientes al monitoreo y control de la erosión.
  - En el área hidrográfica Caribe, las estaciones con valores altos de rendimiento se ubican en las subzonas hidrográficas de Alto Atrato, río Sucio, río León y río Mulatos.
  - En el área hidrográfica Magdalena–Cauca, se presentan altos rendimientos en la zona hidrográfica Saldaña, en las subzonas del río Atá y Medio Saldaña.
- En la zona del Medio Magdalena, se observan en las subzonas del río Guarinó, río La Miel, río Negro, río Carare y río Opón. En la zona hidrográfica Sogamoso, las estaciones con alto rendimiento de sedimentos se ubican en la subzona del río Chicomocha. En la zona hidrográfica Cauca se observan en el cañón del río Cauca en su paso por los departamentos de Caldas y Antioquia.
- En el área hidrográfica Orinoco, se presentan valores altos de rendimiento de sedimentos en estaciones ubicadas en la vertiente oriental de la cordillera Oriental y el piedemonte, en las subzonas del río Ariari, río Guayuriba, río Guacavía, río Guavio, río Garagoa, río Lengupá y río Cravo Sur.
  - En el área hidrográfica Pacífico, se registran valores altos de rendimiento de sedimentos en las subzonas del río Patía Medio y río San Juan Alto.
  - En los mapas de la **Figura 58** se observan las subzonas hidrográficas con erosión hídrica potencial y transporte de sedimentos altos en Colombia. Estas subzonas se pueden considerar áreas críticas a la escala de país con relación a los procesos de producción y transporte de sedimentos.



● **Figura 58.** Mapas de áreas críticas de procesos de producción y transporte de sedimentos en Colombia.



- La mayor cantidad de áreas críticas en Colombia se presentan en el área hidrográfica Magdalena-Cauca. En la zona hidrográfica Saldaña se observan en las subzonas del río Atá y Medio Saldaña. La zona hidrográfica Medio Magdalena presenta valores altos de erosión potencial y rendimiento de sedimentos en las subzonas del río Guarinó, río La Miel, del río Negro, río Carare y del río Opón. En la zona hidrográfica Cauca, se ubican en las subzonas del río Tapias y otros directos al Cauca, directos al Cauca entre el río San Juan y Puerto Valdivia, y río Taraza-río Man.
- En el área hidrográfica Caribe, las áreas críticas se ubican en las subzonas del Alto Atrato y el río Sucio. En el área hidrográfica del Orinoco se presentan en las subzonas de los ríos Lengupá, Guavio, Guayuriba y Garagoa. En el área hidrográfica Pacífico se observan en las subzonas del río San Juan Alto y río Patía Medio.
- Los rasgos comunes de estas áreas son la conjugación de factores que favorecen la erosión hídrica: valores altos de esorrentía, suelos con alta erodabilidad, altas pendientes y amplias áreas en coberturas de cultivos y pastos sin prácticas de conservación del suelo. De estos factores, es posible intervenir las coberturas vegetales y las prácticas de control y conservación de los suelos. Se recomienda priorizar estas subzonas para focalizar recursos y acciones tendientes al monitoreo y control de la erosión.



Juan José Montoya

# AGUA SUBTERRÁNEA

---

## **Autores**

Ana María Vesga Güiza

Pilar Peñalosa Díaz

Omar Vargas Martínez

Con la colaboración de **Juliana Aguilar Ávila**,  
pasante de Geología de la Universidad Nacional de Colombia

CAPÍTULO

04

Desde el Estudio Nacional del Agua 2010, el Ideam viene presentando una visión de los recursos de agua subterránea en el país, mediante el análisis de un conjunto de datos, estadísticas e indicadores. Esta versión del ENA 2018 continúa con la misma línea y presenta por primera vez a nivel nacional la identificación de zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas, las cuales se presentan en el primer Mapa Nacional de Zonas Potenciales de Recarga que, de manera indicativa, contribuye con su identificación al mandato de la protección de las zonas de recarga de acuerdo con la Ley 99 (MinAmbiente, 1993).

Así mismo, en este estudio se complementa la información de algunos de los sistemas acuíferos ya

identificados, además de reportar nuevos sistemas acuíferos, utilizando estudios de regionales y locales actualizados a la fecha.

De igual forma, se consolidó una nueva base de datos relacionada con el inventario de puntos de agua subterránea que considera la información reportada en el ENA 2014 y nueva información que ha sido recopilada de inventarios regionales y locales reportada por las autoridades ambientales e instituciones nacionales competentes.

Finalmente, se presentan los hitos principales de la evolución del conocimiento hidrogeológico en Colombia durante el periodo 2010–2018.

## 4.1 Aspectos conceptuales

El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico suele ser desconocida en la evaluación y gestión del agua y los recursos hídricos, aunque su conocimiento debe ser abordado para poder entender su origen, funcionamiento, relación con otras fuentes y la importancia que tiene para el hombre como fuente de abastecimiento.

La disponibilidad del agua subterránea está determinada por la recarga de los acuíferos, la cual depende principalmente del agua lluvia precipitada y del camino que esta recorre en el dominio litosférico. En este sentido, cuando el vapor de agua se condensa en la atmósfera y se precipita, una parte no alcanza la superficie de la tierra, volviéndose a evaporar; en tanto que la otra parte es retenida por la vegetación o por la superficie del suelo. Una fracción del agua interceptada por el suelo escurre por el mismo en forma de escorrentía, mientras que la otra penetra a través de los poros y fisuras de las rocas hacia el subsuelo.

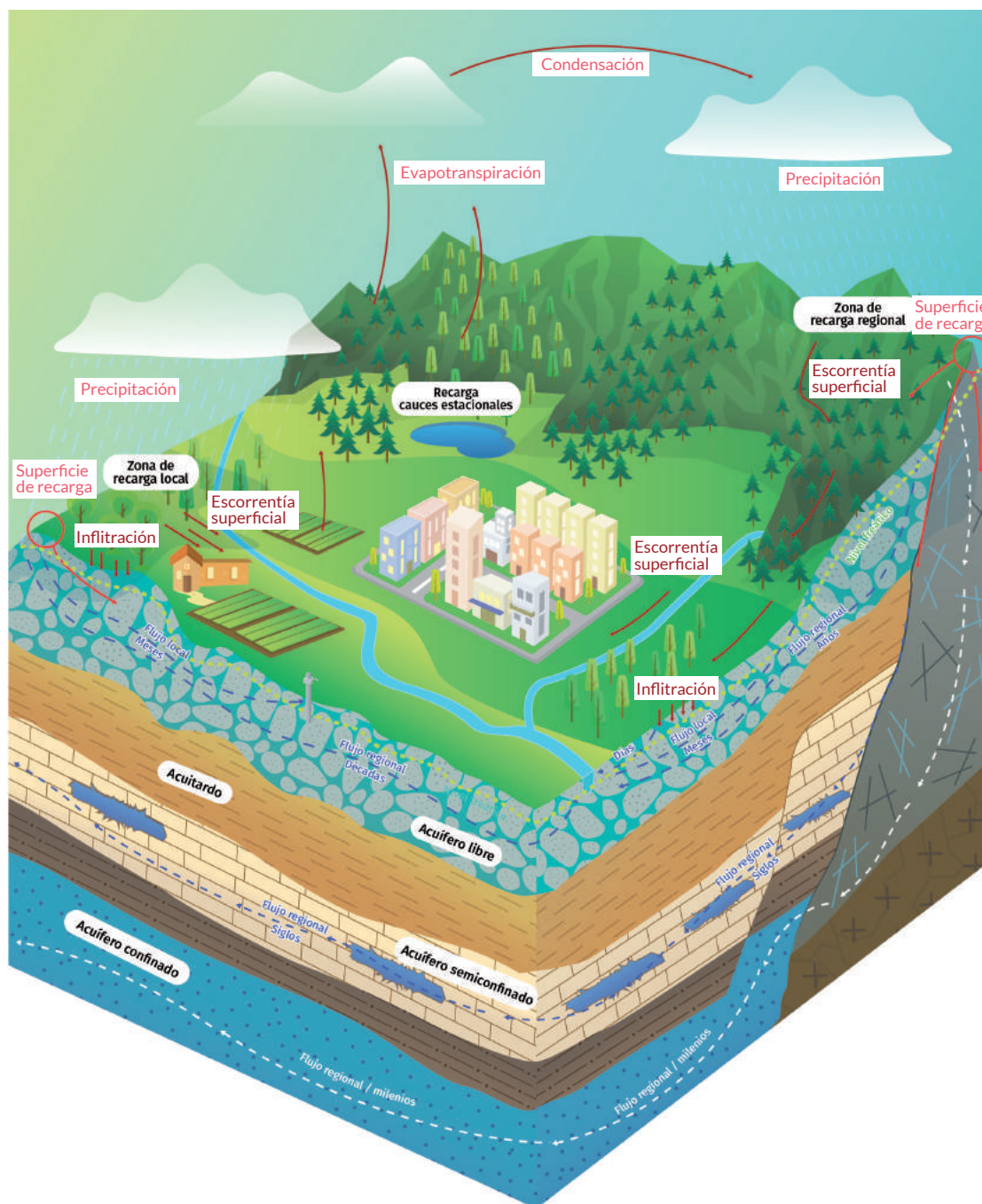
Este proceso se conoce como *infiltración* y depende de la interacción de una serie de factores que determinan que la cantidad de agua infiltrada pueda variar ampliamente de unas regiones a otras (UCM, 2018).

Una vez el agua se infiltra, alcanza la *zona no saturada* donde cierto volumen es retenido por los poros o espacios vacíos, y desde allí puede volver a la atmósfera por evaporación o ser usada por las plantas y retornada hacia la atmósfera a través de la transpiración (**Figura 59**). El agua que no es retornada a la atmósfera por evapotranspiración se mueve verticalmente hacia abajo y, cuando alcanza la *zona saturada* por percolación, alimenta los acuíferos subterráneos.

Los acuíferos son unidades de roca o sedimentos compuestos de material permeable, capaces de almacenar y transmitir cierta cantidad de agua. Considerando su comportamiento hidráulico, así como su posición estructural, se pueden clasificar en acuíferos

libres, confinados o semiconfinados (Figura 59). El sistema acuífero, por otro lado, corresponde a un “dominio espacial, limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad

práctica para la investigación o explotación” (Ideam, 2015). En el ENA 2014 se identificaron y delimitaron 62 sistemas acuíferos en el territorio nacional (Ideam, 2015), incluyendo cinco sistemas transfronterizos (Unesco, 2010).



• **Figura 59.** Esquema del ciclo hidrológico en la recarga de acuíferos.

El agua que se percola circula ya sea en rocas porosas, fisuradas o con disolución, o sedimentos, siguiendo los gradientes hidráulicos en donde se moverá de una zona de mayor potencial hidráulico a otro de menor valor; el agua subterránea se filtrará en arroyos, ríos y lagos, saldrá naturalmente a través de manantiales o artificialmente a través de pozos u obras de captación o entregará finalmente sus aguas hacia el mar o lagos para completar el ciclo hidrológico. Este camino, desde su ingreso hasta su salida, puede ser de unos cuantos metros, cientos y aún miles de metros o kilómetros, durante un periodo que puede variar desde unos

meses hasta miles de años (Schulz & García, 2015). El punto de donde procede el agua es la *zona de recarga*, el punto donde alcanza la superficie es la *zona de descarga* y la distancia que debe recorrer es se le denomina *zona de tránsito*.

Existen varios tipos de recarga y esta, a su vez, presenta una variabilidad espacial y temporal. En cuanto a la primera, esta cambia horizontal y verticalmente, lo cual hace compleja la definición de áreas de recarga regionales. En lo que se refiere a la variabilidad temporal de la recarga, esta varía de días a milenios (Figura 59) (Tabla 25).

• **Tabla 25.** Aspectos conceptuales de la recarga de aguas subterráneas.

Definiciones	¿Cómo sucede?				
<p>► <b>Recarga potencial:</b> agua que se infiltra que puede o no alcanzar el nivel freático.</p>	Tipos de recarga (Lerner, 1990) en (Velez Otálvaro & Vazquez, 2012) propone la siguiente clasificación:				
	<b>Natural</b>			<b>Artificial</b>	
	Directa	Concentrada o directa	Flujos laterales	Retorno de riegos	Urbana (fugas)
<p>En (Tóth, 1963), distingue:</p> <p>► <b>Sistemas de flujo regional:</b> corresponden a la parte más alta de la organización jerárquica. Todos los sistemas de flujo están contenidos dentro de escalas regionales. Estos flujos viajan grandes distancias y a menudo descargan en ríos u océanos.</p> <p>► <b>Sistema de flujo intermedio:</b> aquellas zonas ya sean altos o bajos topográficos intermedios donde ocurre la recarga y descarga; no ocupa los lugares más altos o bajos de la cuenca.</p> <p>► <b>Sistema de flujo local:</b> tiene su área de recarga en un alto topográfico y su área de descarga en bajos topográficos que se encuentran adyacentes el uno al otro.</p>	Proviene del agua lluvia	Cauces permanentes  Estacionales  Efímeros	Procedentes de otros acuíferos	Exceso de riego  Pérdidas de canales de distribución	De redes de abastecimiento  De redes de alcantarillado

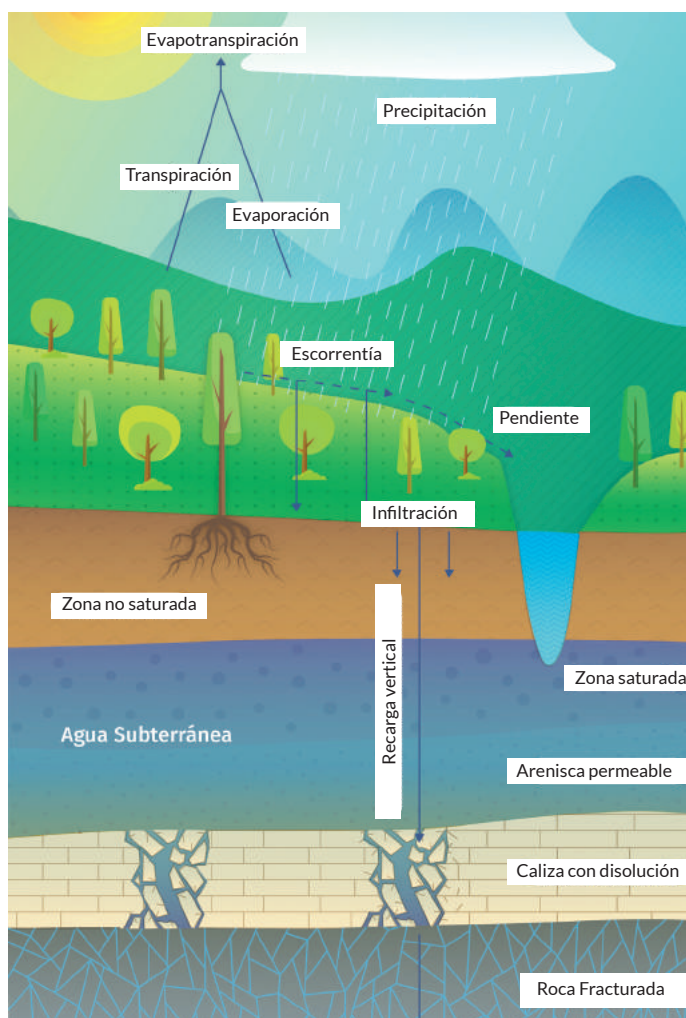
Continuación Tabla 25

Definiciones		¿Cómo sucede?			
<b>Variabilidad de recarga (Balek, 1988)</b>					
<b>Temporal</b>				<b>Espacial</b>	
Corto plazo (días/meses)	Estacional (meses)	Perenne (días)	Histórica (milenios)	Vertical	Horizontal
Proviene de la lluvia, ocasionalmente después de un fuerte evento	Ocurre regularmente durante periodos húmedos	Ocurre en arenas tropicales húmedas	Geológica		
No hay estaciones secas o húmedas marcadas	En regiones húmedas y secas	Flujo descendente casi permanente y puede ocurrir recarga continua			

Muchos aspectos influyen el proceso de recarga de agua subterránea. Entre ellos se encuentran: el clima, la cobertura y uso del suelo, la pendiente y las características del suelo, y la geología. En la **Figura 60** se ilustran los aspectos y los factores que favorecen el proceso de recarga y su relación con el ciclo hidrológico.

El factor climático más importante al momento de hablar de recarga es la intensidad, cantidad y forma de precipitación. El clima también favorece la recarga a través de su efecto en el viento, la humedad y la temperatura del aire, determinantes en el proceso de evapotranspiración.

Las propiedades del suelo, a su vez, son factores decisivos en el proceso de recarga. Sus propiedades ejercen un control en la permeabilidad, capacidad de retención de agua, contenido de agua antes de un evento de precipitación y la profundidad de las raíces. (Charles, Behroozi, Schooley & Hoffman, 1993).



• **Figura 60.** Factores que contribuyen al proceso de recarga.  
Fuente: tomado y modificado de (Charles, Behroozi, Schooley, & Hoffman, 1993).

La permeabilidad del suelo se relaciona con la textura y la estructura; el tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de **filtración** (movimiento del agua dentro del suelo) y a la tasa de **percolación** (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo, y también influyen en su permeabilidad. Por regla general, mientras más fina sea la textura del suelo más lenta será la permeabilidad (FAO, 2018). Para el presente trabajo se consideró la textura del suelo definida como la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante, ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2018).

El uso de la tierra y la cobertura afectan las condiciones de la superficie del suelo, lo que puede reducir o mejorar la infiltración. La cobertura favorece la infiltración del agua y protege el suelo de la erosión y el resecaimiento (Matus, 2007). La capacidad de infiltración del suelo mejora con la hojarasca y las raíces y de esta manera se promueve la actividad animal en el suelo (macroporosidad), y las raíces favorecen redistribución hidráulica de flujos de agua (U. Ilstedt, 2016). Igualmente, los bosques andinos influyen en la regulación hídrica, el rendimiento hídrico y la protección del suelo, (Cosude, Helvetas & Condesan, 2015).

La inclinación de la pendiente influye en la escorrentía. A medida que aumenta su inclinación aumenta la velocidad de escorrentía y se modifican las condiciones de suelo y la recarga (Matus, 2007).

Las rocas pueden transmitir y almacenar el agua. La naturaleza y distribución de los acuíferos y acuitardos

en un sistema geológico es controlado por la litología, la estratigrafía y la estructura de los depósitos y formaciones. La litología es la composición física de los sedimentos o las rocas que componen un sistema geológico, incluyendo, la composición mineralógica y el tamaño y empaquetamiento de granos. La estratigrafía describe las relaciones geométricas y cronológicas entre varios lentes, capas y formaciones en un sistema geológico de origen sedimentario. Las características estructurales tales como clivajes, fracturas, pliegues y fallas son las propiedades geométricas de los sistemas geológicos producidos por deformación después de la deposición o cristalización (Freeze & Cherry, 1979).

Para este caso, donde se busca delimitar las zonas potenciales de recarga, los factores específicos analizados para evaluar el favorecimiento de la recarga fueron los tipos de cobertura e inclinación de la pendiente, la textura del suelo y desde el punto de vista geológico la litología (porosidad primaria y disolución) y aspectos estructurales (porosidad secundaria, fracturamiento por fallas principalmente).

Dado que la recarga no se estima en el presente estudio, el aspecto climático no se sumó como parte de la ecuación, como se puede apreciar en la metodología. El énfasis en este estudio está dado por la **delimitación de las zonas potenciales de recarga**.

Por lo tanto, para este estudio se definieron como **Zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas (ZPRAS)** aquellas áreas que, por sus características intrínsecas o atributos físicos mayoritariamente, poseen una serie de factores que permiten que el agua esté en contacto con la superficie del terreno y, eventualmente, se infiltre y se percole a través del suelo y subsuelo para hacer parte de la recarga o flujo de agua subterránea. En este sentido, la metodología está referida a la *Recarga Potencial Natural Vertical*.

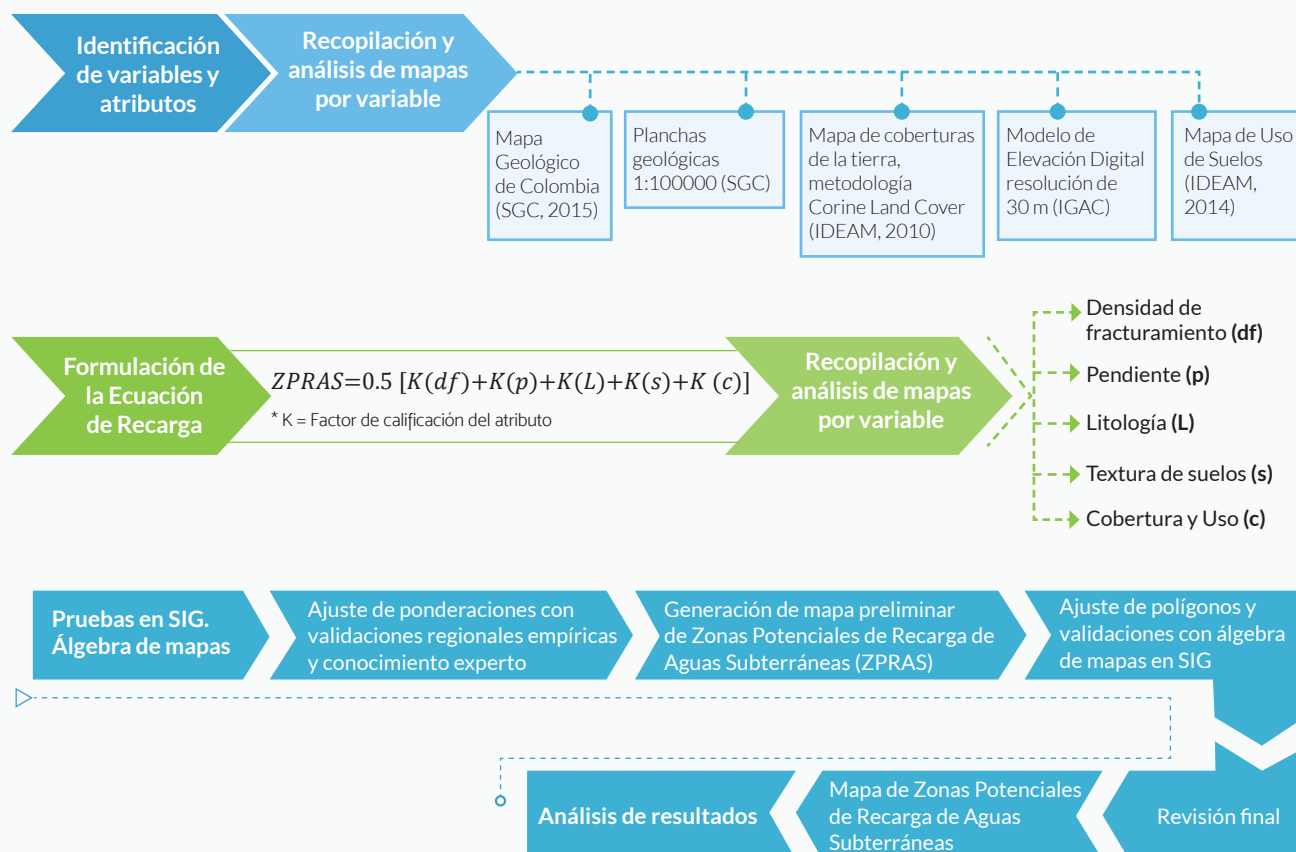


## 4.2. Aspectos metodológicos

### 4.2.1 Identificación de zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas

Para la delimitación de las ZPRAS se desarrolló una metodología propia de acuerdo con el alcance del estudio, que en términos generales se ilustra en la **Figura 61**. Una vez definidas, estas se representaron en un mapa nacional a escala 1:1'000.000. Dada la escala y que no se estiman o determinan volúmenes de recarga potencial, estas zonas son meramente indicativas.

La metodología desarrollada tuvo en cuenta la gran variabilidad geográfica y geológica del país, es innovadora por el análisis realizado en la interacción natural de las variables con respecto a su variabilidad e influencia en el proceso de recarga. Este análisis conllevó la combinación de las mismas en el modelo espacial antes de generar el mapa final semejando el medio natural. En este mismo sentido, se incluyó el aspecto de fracturamiento geológico como variable para la calificación de la porosidad secundaria.



- **Figura 61.** Esquematización de las etapas seguidas para la elaboración del mapa nacional de zonas potenciales de recarga de acuíferos.

Para esta metodología, se parte de una revisión bibliográfica relacionada con las metodologías usadas para delimitación de zonas potenciales de recarga a diferentes escalas, en el contexto nacional e internacional (**Figura 61**). De acuerdo con esta revisión, los factores que controlan la recarga pueden ser numerosos, sin embargo, algunos son constantes.

Para el caso de Colombia, se seleccionaron la geología (litología y fracturamiento), la pendiente (grado de inclinación), los suelos (textura) y la cobertura vegetal como factores que influyen en el proceso de recarga. La selección de las variables está condicionada por la escala y la información georreferenciada publicada por entes oficiales. Dada la complejidad de cada variable para su análisis, se contó con retroalimentación por parte de un equipo multidisciplinario y fue realizada a lo largo del estudio.

Los datos se manejaron a través de un sistema de información geográfica (SIG); sin embargo, se realizó una validación general con las zonas oficiales de recarga de las corporaciones. Todos los insumos procesados por la herramienta SIG son de carácter oficial y se tomó la última fecha de publicación disponible.

La tecnología de los SIG se aplica para determinar los puntajes de favorecimiento a la recarga y es usada mediante la integración espacial y análisis para demarcar la Zona potencial de recarga de aguas subterráneas.

El peso de un factor representa la proporción de su valor en la escala potencial de recarga. Para un área a gran escala, el valor potencial de recarga no puede ser probado y verificado; es por esta razón que el peso del puntaje potencial de recarga debe ser subjetivamente determinado de acuerdo con la importancia de cada factor durante el proceso de recarga. Así, cuanto más alto es el peso de la recarga, más grande es el factor de influencia (Yeh, 2016).

La ecuación que se usó para determinar la ZPRAS fue:

$$ZPRAS = f \sum [i * K(a)]$$

Donde:

**K:** es el factor de calificación del atributo

**a:** es el atributo seleccionado para cada variable

**i:** es la ponderación del atributo

La ZPRAS se determinan con un proceso de modelamiento espacial en SIG, llamado álgebra de mapas.

Los mejores resultados se obtuvieron asumiendo los mismos pesos para cada factor, esto es  $i=0,5$ .

A continuación, se describen los atributos seleccionados. En los aspectos geológicos, se consideró la litología para inferir la porosidad primaria y el fracturamiento para la porosidad secundaria. En cuanto a **la litología**, la escala de trabajo juega un papel preponderante en el análisis puesto que, del mapa geológico de Colombia (SGC, 2015), se calificaron unidades cronoestratigráficas, en donde cada una de ellas podría agrupar múltiples unidades litológicas. Por lo tanto, para realizar este proceso, se analizó la predominancia litológica en las unidades cronoestratigráficas y se desarrollaron criterios de calificación, que permitieran establecer si la unidad litológica analizada favorecería o no el proceso de recarga. La porosidad secundaria por disolución se tuvo en cuenta para las rocas carbonatadas de origen cársico en el análisis litológico. Cuando se requirió complementar la información del mapa geológico colombiano (SGC, 2015), se consultaron las planchas del Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000.

La segunda variable geológica o atributo tenido en cuenta fue **la densidad de fracturamiento**. Para calcular la densidad se tomaron los sistemas de fallas cartografiados en el mapa geológico de Colombia (SGC, 2015), se creó un algoritmo con el SIG que permitiera calcular la densidad de fracturamiento (número de fallas) por área. Para realizar el cálculo, se diseñó una

grilla de 1 km x 1 km y se orientó 15 grados NE, que es una aproximación cualitativa del sistema general de fallas en el país. Posteriormente, el sistema calculó la densidad de fracturamiento determinando el número de fracturas por unidad de área.

Para calificar la influencia de la pendiente en la recarga se utilizó el mapa de pendientes obtenido del modelo digital de elevaciones del terreno de 30 m del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), año 2003, y se calificó la inclinación del terreno. Para calificar la textura de los suelos, se utilizó el mapa de suelos construido a partir del mapa de suelos del IGAC, 2003, y una base de datos global (Ideam, 2014), por presentar las texturas clasificadas de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). Se observó coherente según la escala y se validó en lo posible con estudios de suelos departamentales del IGAC, escala 1:100.000.

El aspecto más dinámico de todos es el de cobertura, puesto que está bajo constante influencia antrópica. Para calificar las coberturas se usaron los niveles 1 y 2 modificados para este estudio de la metodología Corine Land Cover (Ideam, 2010). Adicionalmente, se consultó información nacional e internacional sobre el aporte de las coberturas a la recarga, (Instituto Humbolt, 2015), (Cosude, Helvetas & Condesan, 2015), (Matus, 2007) y se consideró el uso del suelo en la estimación de la probabilidad de infiltración (Maderey, 2005) en (Matus, 2007).

## 4.2.2 Sistemas acuíferos

Se realizó una recopilación de información bibliográfica y documental de los estudios de modelos hidrogeológicos conceptuales realizados a nivel local y regional, los incluidos en planes de manejo ambiental de acuíferos que adelanta cada corporación y los generados en otros estudios específicos.

Posteriormente, se realizó un análisis de la información, lo que permitió hacer una integración de los datos obtenidos con la información existente para así actualizar y complementar los sistemas acuíferos identificados, además de presentar nueva información de dos sistemas acuíferos.

Se incluye un trabajo geoespacial donde se afinan los límites de aquellos sistemas acuíferos que fueron identificados en la publicación anterior, con el uso del Mapa Geológico presentado en el 2015 por el SGC (SGC, 2015), y las planchas geológicas 1:100.000 que también genera el SGC.

## 4.2.3 Inventario de puntos de agua

Dentro de los datos considerados para la actualización del inventario de puntos de agua a nivel nacional, está la información disponible del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), a octubre de 2018, donde se encuentran consolidados los reportes realizados por las autoridades ambientales de usuarios de agua subterránea e información del Formulario único nacional de aguas subterráneas (Funias).

Se revisó y consolidó la información de proyectos internos del Ideam, los cuales corresponden a convenios interadministrativos o contratos en el marco de las actividades para la implementación del *Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico*, en su componente de Agua Subterránea, además de datos entregados por las Autoridades Ambientales y estudios regionales y locales realizados en diferentes regiones del país.

De igual forma, se consultaron páginas web de las corporaciones e instituciones que generan esta información, como el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), los cuales fueron fuentes relevantes para la adquisición de información.

Se tiene como punto de partida el reporte dado en el ENA 2014, en el cual se identificaron 50 492 puntos de agua reportados en el periodo comprendido entre 1995 y 2014, por las autoridades ambientales, estudios regionales y locales e información del SIRH (datos reportados a agosto de 2014) (Ideam, 2015).

Con toda la información recopilada, se realizó una depuración y posterior procesamiento que permitió integrar, representar y compatibilizar la

información y los datos geospaciales a partir de mapas y estadísticas.

Se cuenta con información del inventario de puntos de agua por las autoridades ambientales, la cual se presenta con un reporte del número total de puntos que a la fecha se encuentran inventariados y un reporte general con información adicional, como localización, características de la captación, entre otros, para aquellos puntos donde fue posible contar con dicha información.

## 4.3 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los componentes ilustrados anteriormente para consolidar el capítulo de Aguas Subterráneas.

### 4.3.1 Zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas

La delimitación de las áreas de recarga se presenta en el Mapa nacional de zonas potenciales de recarga (MZPR), el cual se puede apreciar en la **Figura 62**.

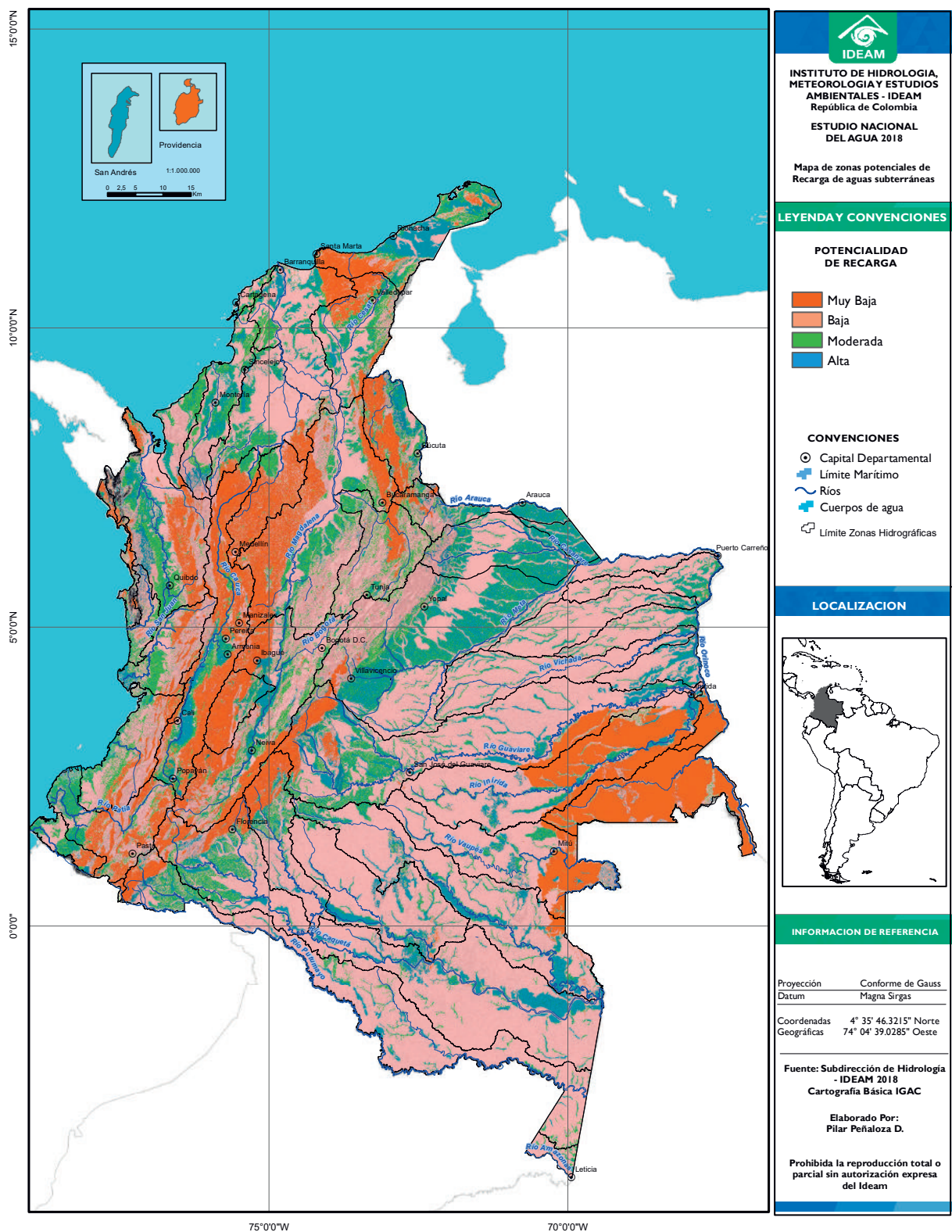
Tal como se ilustra en el mapa, al combinar las variables ya explicadas en los diferentes escenarios de calificación posibles con la ayuda de matrices computadas, cruce con ejercicios regionales ya validados y conocimiento experto aplicados en un sistema de información geográfico, la potencialidad de recarga dio como resultado las siguientes zonas:

#### Alta potencialidad de recarga

Estas zonas poseen una pendiente horizontal levemente inclinada que favorece la infiltración del agua; su vegetación es de bosque y áreas seminaturales,

las cuales cumplen una función de proteger y mejorar la estructura del suelo, además de crear canales con las raíces y favorecer la acción de organismos para que el agua se infiltre; los suelos presentan texturas arenosa, arenoso franco y franco arenoso. Estas zonas están asociadas a litologías propias de ambientes sedimentarios siliciclásticos con granos tamaño arena o grava poco cementadas o no consolidadas de buena selección y redondez. En ambientes carbonatados corresponden a calizas de ambientes cárstico o rocas altamente fracturadas.

Estas zonas se encontraron, generalmente, en geomorfologías asociadas a áreas de valles que conforman grandes ríos hasta áreas de piedemonte; depósitos y llanuras aluviales, abanicos y dunas de edad reciente, y ambientes estructurales denudativos de edad terciaria y cretácica. Ejemplos de estas geomorfologías corresponden al área del piedemonte de la cordillera Oriental a la altura de Yopal y Villavicencio, el piedemonte y valles aluviales de la cordillera Occidental en la cuenca Cauca-Patía, los abanicos en la cordillera Central hacia el área de Ibagué, las terrazas aluviales de la cuenca Vaupés-Amazonas y las dunas en La Guajira.



• **Figura 62.** Mapa de las zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas (MZPRAS).

La escala de trabajo permitió delimitar zonas con alta potencialidad de recarga en las provincias hidrogeológicas: Guajira, Cesar–Ranchería, Sinú San Jacinto, Urabá, Cauca–Patía, Catatumbo, cordillera Oriental, Llanos Orientales, Vaupés–Amazonas y el valle Alto del Magdalena, esto incluye los departamentos del Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Tolima, Huila, Cundinamarca, Boyacá, Arauca, Casanare, Meta, Guaviare, Vichada, Cesar, Córdoba, Sucre, Guajira, Atlántico, Norte de Santander (Ideam, 2015).

Zonas de recarga reconocidas que no alcanzan a identificarse a la escala de trabajo se encuentran en la sabana de Bogotá, Antioquia, Boyacá, valle Medio del Magdalena, entre otras. Esta es la razón por la cual las zonas potenciales de recarga identificadas son meramente indicativas y a nivel nacional; a medida que se aumente la escala de trabajo, se encontrarán áreas de recarga al próximo nivel regional.

### Moderada potencialidad de recarga

Las zonas con potencialidad moderada de recarga están asociadas a pendientes levemente inclinadas, coberturas de vegetación de cultivos y áreas heterogéneas, intercalaciones de rocas siliciclásticas de grano fino a conglomerático, moderadamente seleccionadas e inmaduras; depósitos recientes mal seleccionados y rocas de origen calcáreo.

Estas se encuentran distribuidas principalmente en área del piedemonte de la provincia hidrogeológica Caguán–Putumayo, en los departamentos de Arauca, Casanare y Meta, en la provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales; las provincias de los valles Inferior y Medio del Magdalena, así como en Tumaco, Chocó, Sinú–San Jacinto y La Guajira.

La importancia de estas superficies es que pueden contener en sí áreas o sectores de menor extensión con potencialidad de recarga alta, puesto que, se ca-

lificaron las predominancias de los diferentes atributos. El estudio detallado para las zonas con potencial moderada es importante.

### Baja potencialidad de recarga

En estas zonas encontramos pendientes muy inclinadas (entre 18° y 40°), en las cuales es difícil que el agua se infiltre (a no ser que estén fracturadas), suelos con texturas arcillosas principalmente y cobertura de vegetación de pastos cultivados con vocación ganadera (con su estructura afectada por sobrepastoreo y compactación que, reduce proceso de infiltración). Así mismo, desde el punto de vista de la geología estructural, hay una baja densidad de fracturamiento y la litología se caracteriza por estar conformada por rocas siliciclásticas, predominantemente de grano fino a muy fino, de mala selección y redondez, compactadas y cementadas, tipo arcillolitas y limolitas; así como calizas lodosas, detríticas y arrecifales. Estas zonas se identificaron en mayor extensión en las provincias hidrogeológicas de los Llanos Orientales, Vaupés–Amazonas, Caguán–Putumayo, cordillera Oriental, Urabá y valle Bajo del Magdalena.

### Muy baja potencialidad de recarga

En estas zonas encontramos superficies caracterizadas por una pendiente subvertical a vertical (en las cuales es muy difícil que se presente infiltración aun con alto grado de fracturamiento de las unidades geológicas), cobertura correspondiente a áreas artificializadas (como por ejemplo áreas urbanas) y suelos de textura muy fina. La litología corresponde a rocas ígneas intrusivas y metamórficas, cuya estructura cristalina es impermeable, lo que en principio impide el almacenamiento o tránsito del agua percolada proveniente de la superficie. Sin embargo, estas rocas pueden tener porosidad secundaria por fracturas interconectadas, debido a los diferentes sistemas de fallas que afectan estas formaciones. Las

zonas afectadas por fracturamiento fueron evaluadas de acuerdo con la densidad de las fracturas por kilómetro cuadrado. Cuando estas rocas están fracturadas se consideraron los diferentes escenarios con relación a las otras variables de suelo, cobertura y pendiente como áreas potenciales de recarga.

Estas zonas corresponden a zonas o macizos de las cordilleras Central y Occidental, serranía del Baudó, serranía del Darién, sierra Nevada de Santa Marta, serranía de la Macarena, serranía del Perijá, escudo de Guyana, macizo Santander–Floresta al norte de la cordillera Oriental y el macizo de Garzón–Quetame al sur de la misma (Vargas, 2005). Se han reportado algunas zonas de alto potencial de recarga que no alcanzaron a mostrarse a la escala de trabajo, por ejemplo en los valles aluviales que corresponden al valle de Aburra en Antioquia, donde predominan los ambientes ígneos intrusivos del batolito antioqueño.

Una vez realizados los ensayos de cruce de variables en SIG, se encuentra que hay oportunidades para desarrollar estudios científicos en el país para mejorar la información oficial básica nacional de la variable suelo (estructura y textura) y el papel de las coberturas superficiales y, particularmente, de los bosques en la recarga de sistemas acuíferos. De la misma manera, la recarga en ambientes fracturados en donde la recarga a través de sistemas de fallas o diaclasas puede ser significativa y representar una fuente renovable de agua (Osorio M, 2018).

Como hallazgos se encontró que hay oportunidades para desarrollar estudios científicos en el país para mejorar la información oficial básica nacional de la variable suelo (estructura y textura), la cuantificación del papel de las coberturas superficiales de la vegetación con la recarga y, desde el punto de vista de geología estructural, estudios que argumenten y cuantifiquen la contribución de las fracturas en la recarga de las aguas subterráneas.

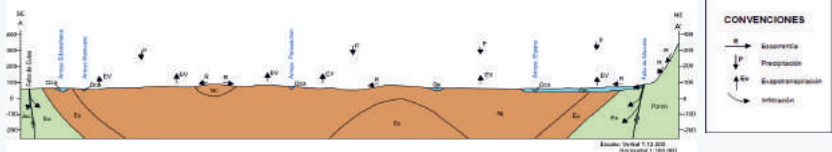
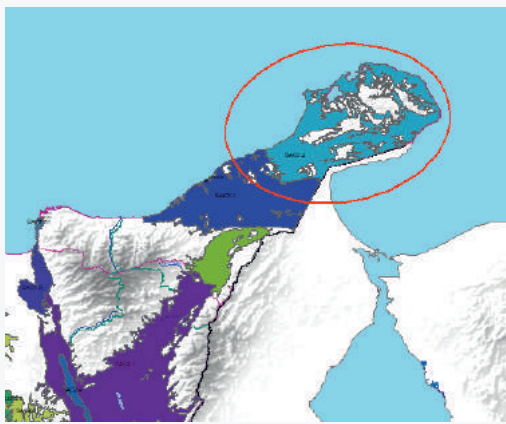
### 4.3.2 Actualización de sistemas acuíferos

De los 64 sistemas acuíferos presentados en el ENA 2014, se actualiza la información publicada de los sistemas acuíferos SAC3.2 Sistema Acuífero de la Alta Guajira, SAC 3.1 Sistema Acuífero Media Guajira (Maicao–Riohacha–Manauare), SAC 4.2 Ranchería, SAP 3.2 Yopal–Tauramena, SAM 4.3 Tunja, SAM 4.4 Duitama–Sogamoso, SAM 3.2 Patía y SAM6.1 Glacis del Quindío, además de presentar un nuevo acuífero para provincia hidrogeológica PM6, denominado SAM 6.8 La Pintada–Valparaíso.

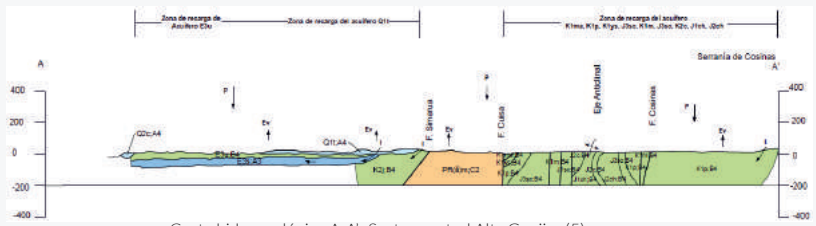
Para estos sistemas acuíferos se actualizan las fichas que integran la información general que caracteriza cada uno de estos sistemas. Estas fichas se presentan en: **Figura 63, Figura 64, Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 68, Figura 69, Figura 70 y Figura 71.**

SAC3.2 SISTEMA ACUÍFERO ALTA GUAJIRA

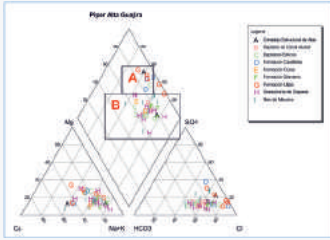
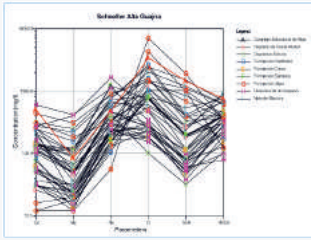
Datos básicos		Características hidrológicas (1)(5)(6)	
Área hidrográfica	AH1 Caribe	Fuente/Zona de recarga	Formación Castilletes: se presenta a lo largo de la falla de Oca (sur) y el límite entre la Media y Alta Guajira al sur de la falla de Cuisa (norte), en el contacto entre los depósitos sedimentarios recientes y terciarios con rocas de edades cretácicas. Su zona de tránsito ocurre debajo de los depósitos cuaternarios de cauce y llanura aluvial asociados al río Ranchería acumulados en la planicie de la Media Guajira, para finalmente descargar hacia la parte central de la Media Guajira y, localmente, hacia la cuenca vecina de Venezuela. Dirección de flujo sureste-noroeste con algunos flujos locales al noreste hacia el país vecino de Venezuela; el otro flujo principal, en dirección norte-sur con vergencia hacia el suroeste. Depósitos de cauce aluvial: movimiento preferencial en dirección sur-noroeste con algunos flujos locales al noreste; con lo cual, la zona de recarga se presenta a lo largo de la falla de Oca; su zona de tránsito ocurre a lo largo de la sabana en la planicie de la Media Guajira, para finalmente descargar hacia la costa Caribe al noroeste del departamento. Sistema de fallas Oca, Cuiza y Macuira: infiltración de aguas lluvias gracias al intenso fracturamiento.
Zona hidrográfica	ZH15 Caribe - Guajira		
Provincia hidrogeológica	PC3 Guajira		
Superficie	5600 km <sup>2</sup>		
Nro. de municipios que abarca	1		
Nro. pozos inventariados (5)	120	Recarga estimada	3,6 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año Fom. Castilletes
Nro. aljibes inventariados (5)	247		40 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /año Dep. de cauce aluvial
Nro. manantiales inventariados (5)	22	Reservas calculadas	NRI Millones de m <sup>3</sup>
Nro. jagüeyes inventariados (4)	309	Reservas explotables	NRI Millones de m <sup>3</sup>
CAR de gestión	Corpoguajira	Demanda calculada	NRI Millones de m <sup>3</sup> /año



Corte hidrogeológico esquemático - Sector Siapaná (5)



Corte hidrogeológico A-A' - Sector central Alta Guajira (5)

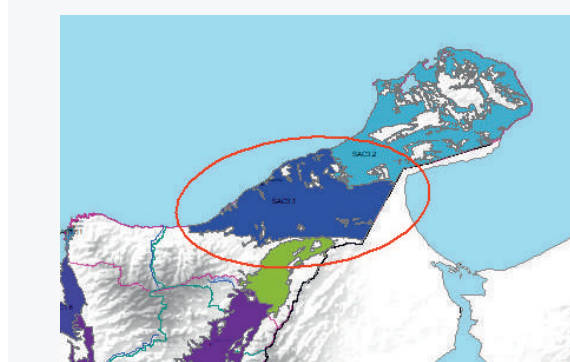
Unidades y características hidrogeológicas (5)	Hidroquímica e isotopía (1)(3)(5)(6)								
<p>Sistema acuífero compuesto por:</p> <p><b>Acuífero de depósitos cuaternarios:</b> compuesto por depósitos delgados poco consolidados de gravas y arenas y depósitos de cauce aluvial, depósitos de arenas eólicas, depósitos costeros y depósitos de llanura aluvial, constituidos por gravas, arenas y arcillas en proporciones muy variables de acuerdo con la distancia a la fuente de transporte. Son acuíferos libres.</p> <p><b>Acuífero Siapaná:</b> compuesto por areniscas calcáreas de grano fino y matriz limosa a la base. Hacia el techo, capas medias a gruesas de bioesparitas arenosas con desarrollo de cavernas. Localmente las calizas arrecifales pueden representar el 70 % de la formación. Espesor regional entre 100 y 302 m.</p> <p><b>Acuífero Jimol:</b> compuesto por calizas arenosas, areniscas calcáreas y, en menor proporción, arcillolitas; presenta un espesor regional entre 614 m a 940 m.</p> <p><b>Acuífero Castilletes:</b> multicapa de tipo confinado de espesor entre 70 y 900 m, con porosidad secundaria asociadas a bioesparitas y capas acuíferas con porosidad intergranular; compuesto por bioesparitas y areniscas calcáreas dispuestas en capas medias a gruesas; al tope son comunes las lodolitas. Usualmente no fracturadas, muy compactas y con cementación resistente a la erosión.</p> <p><b>Acuífero La Luna:</b> calizas bituminosas, cherts y al tope capas finas de conglomerados.</p> <p><b>Acuíferos del cretácico inferior:</b> compuesto por rocas de la formación Maraca (calizas con intercalaciones de shales calcáreos localmente), formación Cogollo (shale, limolitas arcillosas con calizas limoarenosas interestratificadas altamente fosilíferas), formación Yuruma Sup (margas y shales fosilíferas y calizas. Abundante fauna, con un espesor de 269 m) y rocas de la formación Palanz (areniscas, conglomerados y calizas). El acuífero Cogollo es de porosidad secundaria y disolución en las micritas. El acuífero Yuruma Sup, con porosidad secundaria por disolución.</p> <p><b>Acuíferos del jurásico:</b> acuíferos con porosidad secundaria por disolución, compuestos por rocas de la formación Cuisa (shales intercalados con areniscas y en menor proporción con calizas), la formación Chinapa (areniscas y conglomerados con algunas capas de shale gris y calizas. La unidad se encuentra fallada y fracturada, por lo que hidrogeológicamente podría considerarse un acuífero de importancia por porosidad secundaria) y la formación Cheterlo (arcillolitas rojas y verdes intercaladas con areniscas y hacia el techo shales limosos algo carbonáceos).</p>	<p><b>Clasificación hidrogeoquímica</b></p> <p><b>Dep. Llanura aluvial</b> Clorurada sódica con un contenido de cloruros entre 450 y 700 mg/l.</p> <p><b>Fm Castilletes</b> Clorurada sódica con un contenido de cloruros de 450 mg/l.</p> <p><b>Fm La Luna</b> Clorurada sódica con alta concentración de sulfatos.</p> <p><b>Ac. Cauce Aluvial</b> Clorurada sódica con una concentración moderada de magnesio.</p> <p><b>Hidroquímica regional</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Conductividad eléctrica</td> <td>Salinidad</td> <td>pH</td> <td>Temperatura</td> </tr> <tr> <td>415-59830 µs/cm</td> <td>0.248 - 40.360 psu</td> <td>4.19 - 9.47</td> <td>28,7 - 31,3 °C</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	Conductividad eléctrica	Salinidad	pH	Temperatura	415-59830 µs/cm	0.248 - 40.360 psu	4.19 - 9.47	28,7 - 31,3 °C
Conductividad eléctrica	Salinidad	pH	Temperatura						
415-59830 µs/cm	0.248 - 40.360 psu	4.19 - 9.47	28,7 - 31,3 °C						
	<p><b>Parámetros hidráulicos (2)</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Fm Siapaná</b></td> <td>T 226-266 m<sup>2</sup>/día</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Fm Castilletes</b></td> <td>T 45 m<sup>2</sup>/día</td> <td>K 1,77-4,22 m/d</td> </tr> </table>	<b>Fm Siapaná</b>	T 226-266 m <sup>2</sup> /día		<b>Fm Castilletes</b>	T 45 m <sup>2</sup> /día	K 1,77-4,22 m/d		
<b>Fm Siapaná</b>	T 226-266 m <sup>2</sup> /día								
<b>Fm Castilletes</b>	T 45 m <sup>2</sup> /día	K 1,77-4,22 m/d							
	<p><b>Redes de monitoreo (2)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Calidad (Nro. pozos)</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Piezometría (Nro. pozos)</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Parámetros monitoreados 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>Usos del agua (1) NRI</p>	Calidad (Nro. pozos)	9	Piezometría (Nro. pozos)	0				
Calidad (Nro. pozos)	9								
Piezometría (Nro. pozos)	0								

Fuentes: (1) Ingeominas, 2003b. (2) Corpoguajira, 2013. (3) Alcaldía municipal de Uribe, La Guajira, 2001. (4) Molinares, 2007 (5) MHC Dpto. Guajira (SGC, 2016).

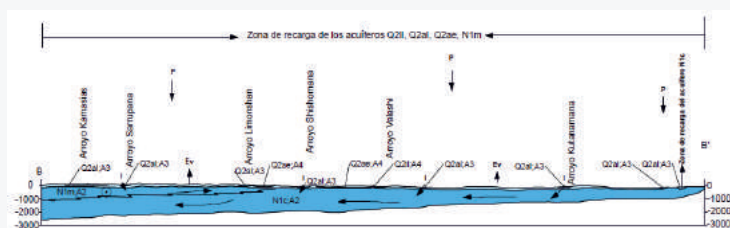
NRI: No registra información T: Transmisividad hidráulica K: Conductividad hidráulica



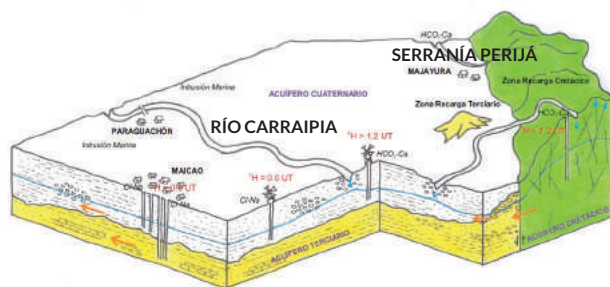
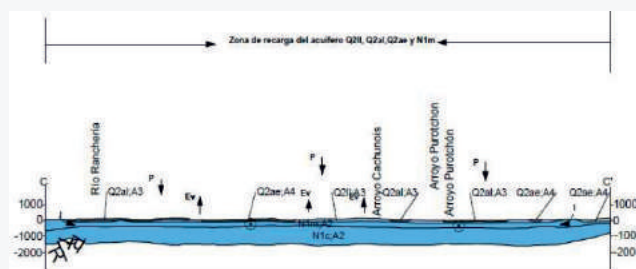
SAC3.1 SISTEMA ACUÍFERO MEDIA GUAJIRA (MAICAO-RIOHACHA-MANAURE)	
<b>Datos básicos</b>	<b>Características hidrológicas (1)(2)(5)</b>
Área hidrográfica	AH1 Caribe
Zona hidrográfica	ZH15 Caribe - Guajira
Provincia hidrogeológica	PC3 Guajira, PC4 Cesar-Ranchería
Superficie	5296 km <sup>2</sup> (aprox)
Nro. de municipios que abarca	9 (aprox.)
Nro. pozos inventariados(6)	621
Nro. aljibes inventariados(6)	341
Nro. manantiales inventariados(4)	9
CAR de gestión	Corpoguajira
	<b>Fuente/Zona de recarga</b>
	Acuífero cuaternario: zonas adyacentes al cauce actual del río Carraipía. Acuífero terciario: ligado a infiltración directa de agua lluvia en afloramientos de la formación Monguí, y a la presencia de la falla de Oca. Acuífero 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.
	<b>Recarga estimada(4)</b>
	30 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año Form. Monguí
	100 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año Dep. Llanura de Inun.
	<b>Reservas calculadas</b>
	NR1 Millones de m <sup>3</sup>
	<b>Reservas explotables</b>
	NR1 Millones de m <sup>3</sup>
	<b>Demanda calculada(4)*</b>
	2.440 Millones de m <sup>3</sup> /año



Corte hidrogeológico B-B' (sector NE Media Guajira)(6)



Corte hidrogeológico C-C' (sector central Media Guajira)(6)



(2)

Unidades y características hidrogeológicas (1)(2)(5)(6)	Hidroquímica e isotopía (2)(5)(6)																				
<p>La zona de estudio se encuentra conformada principalmente por rocas sedimentarias y depósitos recientes, los cuales conforman los siguientes acuíferos:</p> <p><b>Acuífero Monguí:</b> es el principal acuífero de la Media Guajira; acuífero multicapa de tipo confinado, es un acuífero libre y de tipo confinado, constituida por arenisca grano soportada, friable, mal seleccionada, de grano fino a muy grueso con formas subangulares a subredondeadas; composicionalmente, podrían ser clasificadas como arcasas líticas. La unidad aflora extensamente en la zona de la Media Guajira, hacia el norte de la falla de Oca hasta los municipios de Riohacha y Maicao. Los espesores superan los 100 metros a profundidades mayores de 80 metros. La dirección de flujo de agua en el acuífero sugiere un movimiento preferencial en dirección sur-norte con un desvío importante hacia la costa del mar Caribe (NW), un volumen aproximado de 11,77 km<sup>3</sup>.</p> <p><b>Acuíferos de depósitos cuaternarios:</b> conformado por los depósitos de cauce aluvial (gravas, arenas y arcillas en proporciones muy variables de acuerdo con la distancia a la fuente de transporte), depósitos delgados poco consolidados de gravas y arenas, depósitos eólicos (arenas, poco o nada consolidados con tamaño de grano arena fina a muy fina, muy bien seleccionadas y con granos subredondeados), depósitos costeros y depósitos de llanura de inundación (lodos cohesivos de color café oscuro, producto de la acumulación de materiales finos por acción mareal). Son acuíferos continuos a discontinuos, generalmente libres a confinados.</p> <p><b>Acuífero de rocas sedimentarias:</b> de tipo confinado, areniscas intercaladas con conglomerados, areniscas conglomeráticas y shales arenosos.</p>	<p><b>Clasificación hidrogeoquímica</b></p> <p><b>Ac. Llanura aluvial</b> Bicarbonatada cálcica a clorurada sódica.</p> <p><b>Ac. Castilletes</b> Clorurada sódica, con un contenido promedio de cloruros de 450 mg/l.</p> <p><b>Fm Monguí</b> Clorurada sódica con baja concentración de sales.</p> <p><b>Dep. Cauce Aluvial</b> Clorurada sódica con baja concentración de sales.</p> <p><b>Hidroquímica regional</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Conductividad eléctrica</b></td> <td>Salinidad</td> <td>pH</td> <td>Temperatura</td> </tr> <tr> <td>68-76000 µs/cm</td> <td>0,0089 - 59,8 psu</td> <td>5,35 - 9,53</td> <td>28,7 - 31,3 °C</td> </tr> </table> <p><b>Edades del agua(4)</b></p> <p><b>Cuaternario - 10000 años</b></p> <p><b>Parámetros hidráulicos (6)</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Ac. Castilletes</b></td> <td>B 70</td> <td>T 45 m<sup>2</sup>/día</td> <td>K 1,77-4,22 m/d</td> </tr> <tr> <td><b>Fm Monguí</b></td> <td>B 80</td> <td>T 226-1630 m<sup>2</sup>/día</td> <td>K 1,45-10,9 m/d</td> </tr> </table> <p><b>Redes de monitoreo (3)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Calidad (Nro. pozos)</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Piezometría (Nro. pozos)</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Parámetros monitoreados (1)</p> <p>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><b>Usos del agua (1)</b></p> <p>El agua captada es utilizada principalmente para el abastecimiento público, el uso doméstico y pecuario.</p>	<b>Conductividad eléctrica</b>	Salinidad	pH	Temperatura	68-76000 µs/cm	0,0089 - 59,8 psu	5,35 - 9,53	28,7 - 31,3 °C	<b>Ac. Castilletes</b>	B 70	T 45 m <sup>2</sup> /día	K 1,77-4,22 m/d	<b>Fm Monguí</b>	B 80	T 226-1630 m <sup>2</sup> /día	K 1,45-10,9 m/d	Calidad (Nro. pozos)	16	Piezometría (Nro. pozos)	0
	<b>Conductividad eléctrica</b>	Salinidad	pH	Temperatura																	
	68-76000 µs/cm	0,0089 - 59,8 psu	5,35 - 9,53	28,7 - 31,3 °C																	
	<b>Ac. Castilletes</b>	B 70	T 45 m <sup>2</sup> /día	K 1,77-4,22 m/d																	
	<b>Fm Monguí</b>	B 80	T 226-1630 m <sup>2</sup> /día	K 1,45-10,9 m/d																	
	Calidad (Nro. pozos)	16																			
	Piezometría (Nro. pozos)	0																			

Fuentes: (1) Corpoguajira, 2003. (2) Toro et al., 2009. (3) Corpoguajira, 2013. (4) Corpoguajira, 2011. (5) Ingeominas, 2003a. (6) MHC Dpto. Guajira (SGC, 2016).

NR1: No registra información

T: Transmisividad hidráulica

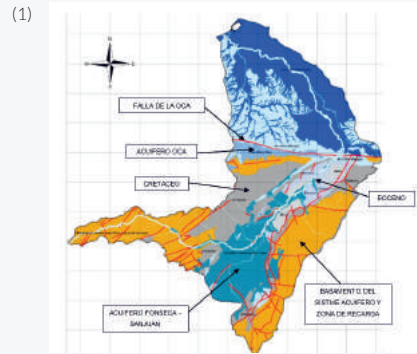
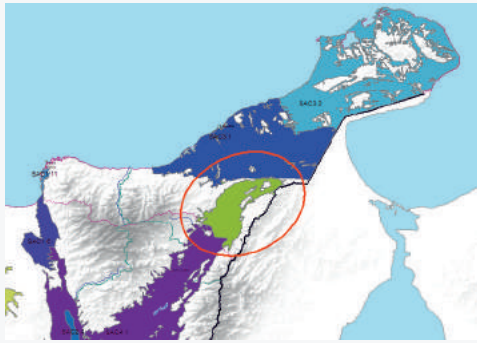
K: Conductividad hidráulica

B: Espesor saturado

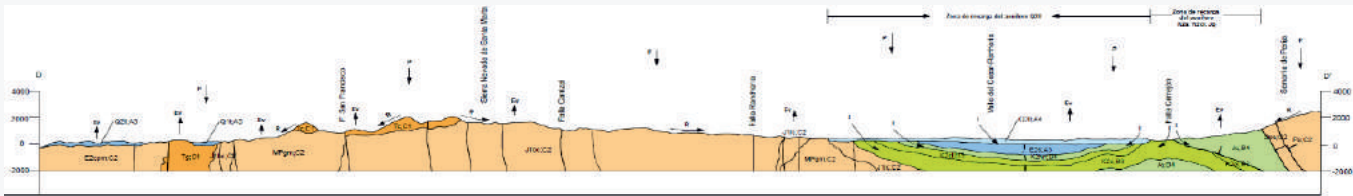
● **Figura 64.** Ficha de información del sistema acuífero SAC 3.1 Media Guajira.

SAC4.2 SISTEMA ACUÍFERO RANCHERÍA

Datos básicos		Características hidroclógicas (1)(2)	
Área hidrográfica	AH1 Caribe	Fuente/Zona de recarga	Acuífero Oca y Fonseca (San Juan): afloramiento de las rocas en zonas altas de piedemontes, recarga directa en áreas de afloramiento de los acuíferos e infiltración corrientes perennes e intermitentes. Acuífero La Luna: precipitación e infiltración directa de las corrientes superficiales, especialmente el río Carraipía. Acuífero Eoceno: aportes laterales desde las vertientes de la sierra y la serranía.
Zona hidrográfica	ZH15 Caribe - Guajira		
Provincia hidrogeológica	PC4 Cesar - Ranchería	Recarga estimada	100 mm/año
Superficie	1453 km <sup>2</sup> (aprox.)	Reservas calculadas	NRI Millones de m <sup>3</sup>
Nro. de municipios que abarca	7 (aprox.)	Reservas explotables	NRI Millones de m <sup>3</sup>
Nro. pozos inventariados(1)	391	Demanda calculada	2,87 Millones de m <sup>3</sup> /año
Nro. aljibes inventariados(1)	214		
Nro. manantiales inventariados (1)(4)	9		
CAR de gestión	Corpogujaira		



Corte hidrogeológico D-D' - Baja Guajira (4)



Características hidrogeológicas (1)(2)(4)		Hidroquímica e isotopía (1)(2)								
<p>El sistema acuífero se encuentra conformado por:</p> <p><b>Acuífero Oca y Fonseca (San Juan):</b> son acuíferos libres discontinuos de extensión semi regional a regional, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y litoral, con baja productividad. El acuífero de Oca alcanza 37,8 m en un área de 93 km<sup>2</sup> y con un volumen total de cerca de 1 km<sup>3</sup>. Descansa sobre el acuífero de Monguí (Medio Guajira). El acuífero Fonseca (San Juan) presenta espesores entre 0 y 80 m, y con un valor medio de 30 m, esta media es superada hasta los máximos, en los alrededores de río Ranchería en el trayecto comprendido de las desembocaduras del arroyo Prieto y el arroyo Tinaja. El área ocupada por este acuífero es de cerca 602,5 km<sup>2</sup> acumulando un volumen de 20,14 km<sup>3</sup>.</p> <p><b>Acuífero Eoceno:</b> conjugación de formaciones sedimentarias Manantial (areniscas, shales arenosos y micáceos. El espesor de la formación varía entre 150 y 170 m), Cerrejón (areniscas, shales, shales limolíticos, arenosos, mantos de carbón y capas delgadas de caliza) y Aguas nuevas (areniscas conglomeráticas, areniscas micáceas y shales arcillosos rojos. La unidad no tiene una exposición mayor a 400 m), tiene carácter de acuífero multicapa con algunos niveles confinados. El acuífero Cerrejón, el cual se extiende en los alrededores del río Ranchería entre las desembocaduras de los arroyos Malagueta y Cayo Tamborana, tiene un área de 296 km<sup>2</sup> presentando espesores entre 0 y 166 m, acumulando un volumen aproximado de 17,17 km<sup>3</sup>. Acuífero Cretácico Hato Nuevo-Barrancas: con espesores mayores a los 246 m, valores obtenidos de la interpolación y de un límite inferido de 200 m acuífero libre a confinado conformado por rocas sedimentarias como areniscas intercaladas con conglomerados, areniscas conglomeráticas y shales arenosos, calizas y shales cretácicos infirefenciados y rocas de la formaciones Colon, calizas biomicríticas glauconíticas fosilíferas, margas. Abundantes foraminíferos.</p>		<p><b>Clasificación Hidrogeoquímica</b></p> <p><b>Ac. Fonseca (San Juan)</b> Bicarbonatada cálcica, bicarbonatada cálcico sódica y clorurada sódica.</p> <p><b>Ac. Eoceno</b></p> <p><b>Dep. Cauce Aluvial</b> Clorurada sódica con baja concentración de sales.</p> <p><b>Fm Colón</b> Bicarbonatada cálcica con baja concentración de sales.</p>								
		<p><b>Conductividad eléctrica</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Salinidad</th> <th>pH</th> <th>Temperatura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>58-36830 µs/cm</td> <td>0,063 - 23,47 psu</td> <td>4,32 - 9,56</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>28,7 - 31,3 °C</td> </tr> </tbody> </table>		Salinidad	pH	Temperatura	58-36830 µs/cm	0,063 - 23,47 psu	4,32 - 9,56	
Salinidad	pH	Temperatura								
58-36830 µs/cm	0,063 - 23,47 psu	4,32 - 9,56								
		28,7 - 31,3 °C								
<p><b>Redes de monitoreo (3)</b></p> <p>Calidad (Nro. pozos) 7</p> <p>Piezometría (Nro. pozos) 0</p> <p>Parámetros monitoreados (1)</p> <p>pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, DQO, DBO5, color, turbiedad, nitrito, nitrato, PO4, calcio, cloruros, coliformes y E. Coli.</p> <p>Frecuencia: Anual</p>										
<p><b>Usos del agua (1)</b></p> <p>El agua captada es utilizada en orden de importancia para los siguientes usos: doméstico, pecuario, actividades hoteleras y hospitalarias, agrícola e industrial.</p>										

Fuentes: (1) Universidad de Antioquia & Corpogujaira, 2011. (2) Ingeominas, 2003b, (3) Corpogujaira, 2013. (4) MHC Dpto. Guajira (SGC, 2016).

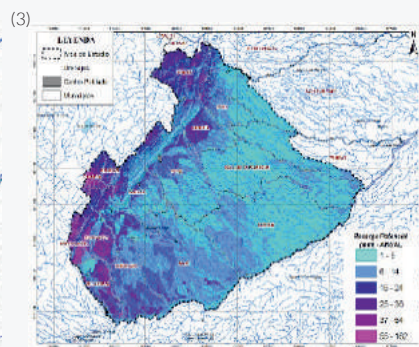
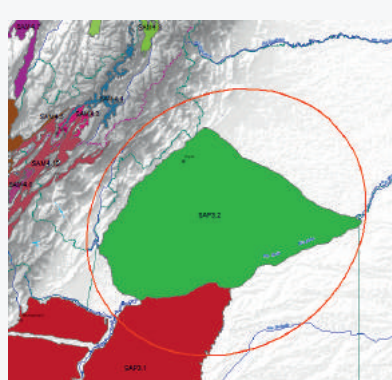
NRI: No registra información

• **Figura 65.** Ficha de información del sistema acuífero SAC 4.2 Ranchería.

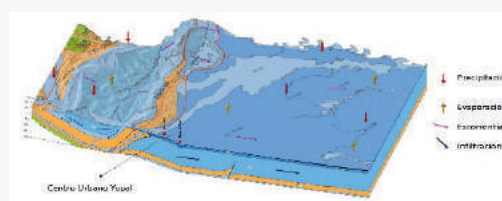
SAP3.2 SISTEMA ACUÍFERO YOPAL - TAURAMENA (SECTOR DE MANÍ)

Datos básicos		Características hidroclógicas (1)	
Área hidrográfica	AH3 Orinoco	Fuente/Zona de recarga	Terrazas de planicie aluvial (Qtp): la recarga es producida por infiltración directa y en los esteros presentes en el área de estudio. Depósito aluvial reciente (Qal): la recarga es producida directamente por los ríos Cusiana, Unete y Charte y por la red de drenaje en época de alta precipitación, para la cual, la zona de recarga se presenta en el extremo norte del depósito, en el contacto con los depósitos de abanico; su zona de tránsito ocurre sobre los niveles topográficos por encima de los cauces actuales para, finalmente, descargar hacia el extremo sureste del municipio de Yopal. La zona de recarga se presenta en la parte alta de los ríos Charte y Cravo Sur y en el contacto de los depósitos de Abanico con depósitos cuaternarios asociados a los caños Guayabalera - El Tiestal, Cienaguero - El Encanto, Seco, Agua Verde y Guarataro. La zona de tránsito ocurre a lo largo de los depósitos de los ríos y caños mencionados, para finalmente descargar hacia la parte sureste del municipio de Yopal. Depósitos de abanico: identifica la zona de recarga hacia el ápice del abanico y la zona de tránsito distribuida radialmente a lo largo de estos depósitos para finalmente descargar hacia la parte sur y sureste del abanico.
Zona hidrográfica	ZH35 Meta		
Provincia hidrogeológica	PP3 Llanos Orientales		
Superficie	17446 km <sup>2</sup> (aprox)		
Nro. de municipios que abarca	9		
Nro. pozos inventariados (2)	529		
Nro. aljibes inventariados(2)	841		
Nro. manantiales inventariados(2)	52		
CAR de gestión	Corporinoquia		

Recarga potencial anual	45 y 50	mm/año
Reservas calculadas		Millones de m <sup>3</sup>
Reservas explotables	NRI	Millones de m <sup>3</sup>
Demanda calculada	NRI	Millones de m <sup>3</sup> /año



Recarga potencial para el municipio de Yopa, la cual obedece a un 10% de la oferta hídrica que potencialmente puede infiltrarse y recargar el sistema (3)



Bloque diagrama hidrogeológico (3)



Corte Hidrogeológico A - A' (3)

Características hidrogeológicas (1)(3)      Hidroquímica e isotopía (1)

Del sistema acuífero Yopal-Tauramena se complementa el conocimiento hidrogeológico del sistema en el sector de los municipios de Maní y Yopal (Casanare). El sistema está conformado por acuíferos correspondientes a: **Acuífero de cuaternarios no consolidados aluviales:** conformado por depósitos de abanicos (Q2ab), depósitos de planicie aluvial (Q1pal), depósitos aluviales actuales (Q2al) y depósitos aluviales subactuales (Q1als). Estos son acuíferos libres, localmente confinados. El acuífero Qab presenta una dirección de flujo de agua de movimiento preferencial en dirección norte-sur/sureste. Para el acuífero Q1pal, la dirección de flujo de agua en el acuífero sugiere un movimiento uniforme en dirección noroeste-sureste; se presentan de dos tipo: un flujo regional proveniente de infiltración y recarga en las zonas de afloramiento de las formaciones del Piedemonte Llanero, donde el agua se percola y se mueve hacia el sureste a sectores de menor pendiente topográfica. Los ríos Cusiana, Unete y Charte tienen interconexión hidráulica con el acuífero, por lo tanto en épocas de alta precipitación estos ríos aumentan la recarga del acuífero. Con respecto a Q2al, la dirección de flujo de agua en el acuífero sugiere un movimiento preferencial en dirección noroeste-sureste.

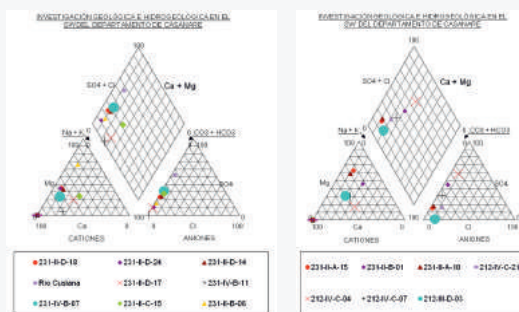
**Acuífero de depósitos coluviales (Q2c):** compuesto de material heterométrico desde bloques hasta arcilla de tamaño de partículas.

**Acuíferos del neógeno:** multicapa de tipo confinado conformados por el acuífero de la formación caja (N1c) y el acuífero de la formación diablo (N1d), compuestos por areniscas de grano fino a medio, con capas centimétricas de lodolitas y arcillolitas; ocasionalmente niveles de conglomerados y capas muy gruesas de cuarzo areniscas de grano medio a grueso, con lentes de conglomerados con cantos de cuarzo e intercalaciones de arcillolitas y limolitas silíceas en capas delgadas, respectivamente.

**Acuífero formación areniscas del limbo (E2arl):** compuesto de areniscas conglomeráticas con guijos de hasta 5 cm y conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo, cementados en una matriz arenosa silícea.

**Acuíferos cretácicos:** conformados por rocas sedimentarias de ambiente marino, consolidadas, de porosidad secundaria por fracturamiento y diaclasamiento, conformados por rocas de la formación une (b6k1u), acuífero intervalo arenoso indiferenciado (K2E1a).

**Tipo de agua**  
 Depósitos de abanico: bicarbonatadas cálcicas; localmente existen algunas muestras clasificadas como sulfatadas cálcicas  
 Depósitos aluviales recientes: sulfatada sódica  
 Depósitos coluviales: bicarbonatada cálcica  
 Depósitos de planicie aluvial: bicarbonatadas cálcicas  
 Formación caja: bicarbonatadas cálcicas  
 Formación diablo: bicarbonatada cálcico



Hidroquímica regional

Form. Caja	
Conductividad eléctrica	pH
40-47.49 µs/cm	5.7 - 6.5

Redes de monitoreo (1)

Calidad (Nro. pozos)	NRI
Piezometría (Nro. pozos)	NRI
Parámetros monitoreados	NRI
Frecuencia	NRI

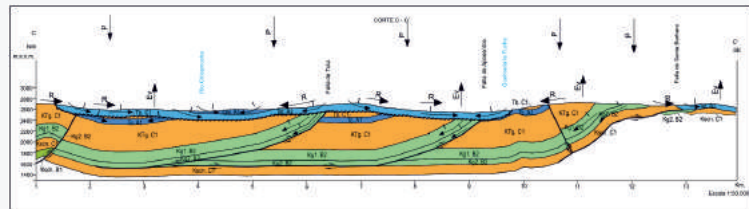
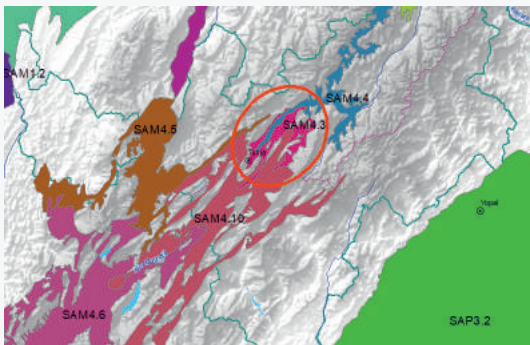
Fuentes: (1) INGEOMINAS - UPTC, 2007. (2) SIRH, 2018; (3) Modelo Hidrogeológico Yopal, SGC, 2018

NRI: No registra información \* Corresponde al número total de puntos de agua subterránea en la zona de estudio.

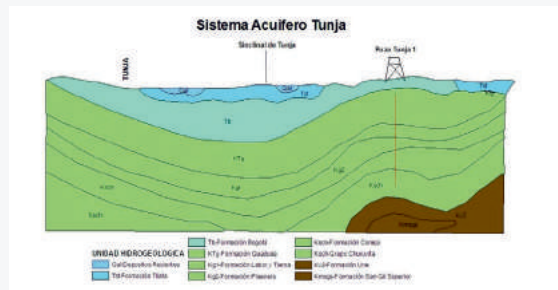
● **Figura 66.** Ficha de información del sistema acuífero SAP 3.2 Yopal-Tauramena.

**SAM4.3 SISTEMA ACUÍFERO TUNJA**

Datos básicos		Características hidrológicas (1)	
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Fuente/Zona de recarga	Acuífero Tilatá: es recargado por el agua lluvia infiltrada en los piedemontes de la sabana de Bogotá, a través de flujos subterráneos regionales que posiblemente siguen la dirección de antiguos cauces enterrados. También puede ser recargado por flujos laterales provenientes del acuífero Guadalupe.
Zona hidrográfica	ZH24 Sogamoso		
Provincia hidrogeológica	PM4 Cordillera Oriental		
Superficie (1)	327 km <sup>2</sup> (aprox.)		
Nro. de municipios que abarca	11 (aprox.)		
Nro. pozos inventariados (3)	64		
Nro. aljibes inventariados (3)	166	Recarga estimada	145 mm/año
Nro. manantiales inventariados (3)	1086	Reservas calculadas	NRI Millones de m <sup>3</sup>
CAR de gestión	Corpoboyacá	Demanda calculada	NRI Millones de m <sup>3</sup> /año



Corte hidrogeológico Zona Norte - Sector municipio de Tuta (3)



Corte sistema acuífero de Tunja (2)

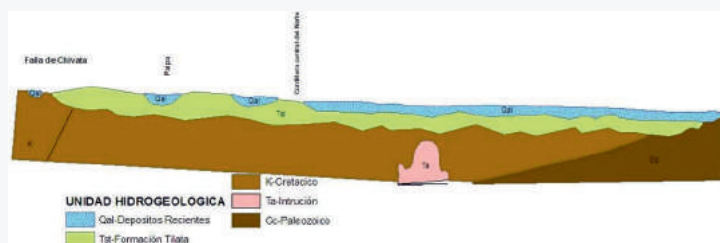
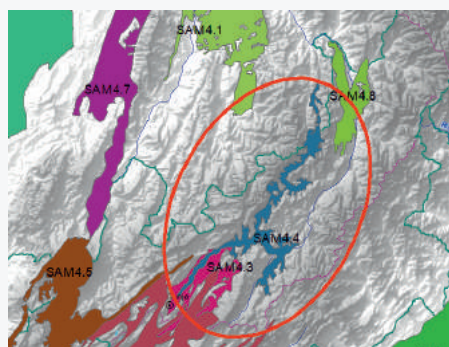
Unidades y características hidrogeológicas (1)(2)(3)	Hidroquímica e isotopía (1)(2)(3)								
El sistema acuífero se encuentra localizado en la parte central del departamento de Boyacá y comprende los municipios de Tuta, Paipa, Sotaquira, Combita, Chivatá, Oicata, Toca, Siachoque, Soracá, Tunja y Boyacá. Las unidades hidrogeológicas que lo constituyen son: <b>Formación Guaduas (Ktg):</b> consta de tres conjuntos litológicos, uno inferior conformado por arcillolitas y areniscas de grano fino, un nivel intermedio constituido por areniscas cuarzosas de grano fino a grueso y con intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón, y un conjunto superior constituido por arcillolitas con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso y mantos de carbón. El espesor de esta unidad varía de 480 m en el área de Guatavita y 1000 m en el área de Tausa. Es considerado un acuitardo. <b>Acuífero Formación Bogotá (Tb):</b> consta de un conjunto inferior donde alternan arcillolitas y areniscas cuarzosas de color gris verdoso y un conjunto superior constituido por arcillolitas gris oscuro y gris verdoso. Al conjunto inferior se le asigna un espesor de 620 m y al superior un espesor que puede sobrepasar los 1000 m. Se considera que su depositación ocurrió en un ambiente de llanura aluvial y de ríos meándricos, es un acuífero pobre - libre a semiconfinado. <b>Acuífero Tilatá (Ngc):</b> este acuífero constituye la parte inferior del relleno cuaternario de la sabana de Bogotá, aflorando principalmente en la parte alta de la cuenca del río Bogotá y al norte de la ciudad de Tunja. Litológicamente consiste hacia la base de arenas cuarzosas de color blanco, mal seleccionadas y gravas finas a medias con intercalaciones de arenas cuarzosas de grano fino, en ocasiones conglomeráticas con líticos negros, chert y arcillas plásticas. Al techo, arenas cuarzosas de grano muy fino a medio con ligeras intercalaciones de arcillas. El acuífero es discontinuo de extensión local y de tipo confinado con un espesor variable entre 50 y 200 m, presentando niveles piezométricos desde 5 hasta 75 m de profundidad. La recarga potencial estimada es de 30'509.080,15 m <sup>3</sup> /año; en lámina de agua la recarga es cercana a los 200 mm/año, es una de las unidades con mayores almacenamientos debido a su extensa área de afloramiento. <b>Formación Cacho (Tc):</b> acuífero confinado constituido por arenitas de grano fino a conglomeráticas, amarilla rojizas, cuarzosas, algo líticas, friables con alto plegamiento y fracturamiento; su parte aflorante constituye una zona de recarga con un potencial anual en volumen de agua de 2'091.192,71 m <sup>3</sup> /año para su área de afloramiento. Permeabilidad media. <b>Formación Labor y Tierna (Kg1):</b> acuífero confinado constituido por shales prevalecientes con intercalaciones de areniscas cuarzosas; presenta condiciones favorables para la recarga, flujo y almacenamiento del recurso hídrico por porosidad intergranular y localmente a través de fracturas. La recarga potencial anual estimada en volumen de agua es de 4'832.307,49 m <sup>3</sup> y en lámina de agua es cercano a los 200 mm/año; siendo una de las unidades con mayor almacenamiento. <b>Formación Une (Kv2):</b> potencial acuífero libre compuesto por areniscas cuarzosas friables con intercalaciones de lutitas y limolitas, con muy buena porosidad intergranular y con fracturamiento debido al plegamiento. Tiene una recarga potencial anual estimada de 13'321.206,07 m <sup>3</sup> /año y en lámina de agua de 150mm/año cercano al promedio.	<b>Clasificación hidrogeoquímica</b>  <b>Formación Guaduas</b> Clorurada cálcica (CaCl), bicarbonatada sódica (NaHCO <sub>3</sub> ), bicarbonatada cálcica (CaHCO <sub>3</sub> ) y bicarbonatada magnésica (MgHCO <sub>3</sub> ) <b>Formación Tilatá</b> Aguas mixtas, sin facie geoquímica dominante. <b>Formación Cacho</b> Aguas bicarbonatadas cálcicas (CaHCO <sub>3</sub> ) con aparente evolución hacia cloruradas sódicas. <b>Formación Labor y Tierna</b> Mezclas de aguas de carácter bicarbonatada cálcica y sódica. <b>Formación Une</b> Aguas mixtas, son facie geoquímica predominante  <b>Parámetros hidráulicos (3)</b> <b>Formación Tilatá</b> T 50-250 m <sup>2</sup> /día <b>Formación Cacho</b> T 60 m <sup>2</sup> /día <b>Formación Labor y Tierna</b> T 3 a 55 m <sup>2</sup> /día <b>Formación Une</b> T 60 m <sup>2</sup> /día  <b>Redes de monitoreo (3)</b> <table border="1"> <tr> <td>(Nro. pozos)</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td><b>Tipo de monitoreo Local - Zona Norte</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>(Nro. aljibes)</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>(Nro. manantiales)</td> <td>144</td> </tr> </table> <b>Parámetros monitoreados</b>  <b>Clasificación hidrogeoquímica</b>  Frecuencia: NRI  <b>Usos del agua (1)</b>  El agua es usada principalmente para usos agrícolas y domésticos.	(Nro. pozos)	33	<b>Tipo de monitoreo Local - Zona Norte</b>		(Nro. aljibes)	93	(Nro. manantiales)	144
(Nro. pozos)	33								
<b>Tipo de monitoreo Local - Zona Norte</b>									
(Nro. aljibes)	93								
(Nro. manantiales)	144								

Fuentes: (1) Ingeominas, 2003f. (2) Camargo & Aterthoutoua, 2010. (3) Modelo Hidrogeológico Boyacá Centro (SGC, 2016)

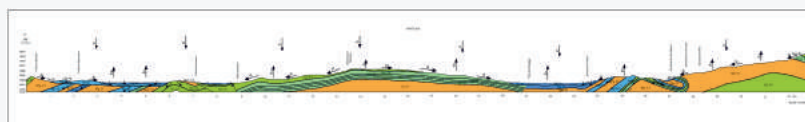
NRI: No registra información T: Transmisividad hidráulica

● **Figura 67.** Ficha de información del sistema acuífero SAM 4.3 Tunja.

SAM4.4 SISTEMA ACUÍFERO DUITAMA - SOGAMOSO				
<b>Datos básicos</b>		<b>Características hidrológicas (1)</b>		
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	<b>Fuente/Zona de recarga</b>	Las zonas de recarga coinciden con las zonas de afloramiento de los acuíferos. El área de afloramiento del acuífero principal (depósitos fluviolacustres) no favorece la infiltración dada la presencia de arcillas. Se presume que la recarga principal es debida a flujos laterales a partir del río Chiticuy y de otros cauces superficiales que se hallan en continuidad hidráulica con las gravas y arenas del acuífero.	
Zona hidrográfica	ZH24 Sogamoso			
Provincia hidrogeológica	PM4 cordillera Oriental			
Superficie (1)	566 km2 (aprox.)			
Nro. de municipios que abarca	22 (aprox.)			
Nro. pozos inventariados (4)	81	<b>Recarga estimada (1)</b>	33,84	m <sup>3</sup> /año
Nro. aljibes inventariados (4)	160	<b>Reservas calculadas(1)</b>	90	Millones de m <sup>3</sup>
Nro. manantiales inventariados (4)	166	<b>Demanda calculada</b>	NRI	Millones de m <sup>3</sup> /año
CAR de gestión	Corpoboyacá y CAS			



Corte sistema acuífero de Duitama (2)



Corte hidrogeológico Zona Centro - Sector Paipa-Sogamoso (3)

Unidades y características hidrogeológicas (1)(2)(3)	Hidroquímica e isotopía (3)
<p>El sistema acuífero Duitama - Sogamoso se ubica en el costado norcentral del departamento de Boyacá y el extremo sureste del departamento de Santander.</p> <p><b>Abarca parcialmente 22 municipios:</b> Onzaga, Susacón, Sativanorte, Tutaza, Belén, Cerinza, Santa Rosa de Viterbo, Duitama, Floresta, Bosa, Corrales, Tibasosa, Paipa, Sogamoso, Firavitoba, Iza, Cuitiva, Pesca, Sotaquirá, Tuta, Cómbita y Oicatá. Los principales acuíferos corresponden a las formaciones Cuche (Cc), formación Montebel (Jim), formación La Rusia (Jru), formación Tibasosa (Kit), formación Une (Kv2), formación Conejo (Kscn), formación Labor y Tierra (Kg1), formación Tilatá (Tst), formación Areniscas de Socha (Tpars), formación Arenisca Tierna (Ksgt), formación Picacho (Tep), depósitos aluviales (Qal), abanicos aluviales (Qa) y depósitos fluvio-lacustres (Qpl).</p> <p>El espesor del acuífero principal (depósitos aluviales) varía ampliamente, pero se considera que tiene un espesor medio de 100 m. Este espesor medio está integrado por un sello superior impermeable (arcillas) de 20 m de espesor, gravas y arenas con intercalaciones arcillosas. Se puede promediar un espesor neto del orden de 50 m. En la zona sur del sistema acuífero, tiene una recarga potencial anual estimada de 36'313'903 m<sup>3</sup>/año, y en lámina de agua, la recarga es cercana a los 175 mm/año.</p> <p>A mayor profundidad se encuentran las formaciones identificadas como acuíferos de porosidad secundaria, debido a que están conformados por rocas con flujo esencialmente a través de fracturas o carstificadas, dentro de las cuales se destacan las formaciones Labor-Los Pinos (Ksgp), la formación Une (Kv2) y la formación La Rusia (Jru). Con menor extensión y localizadas en el costado occidental del sistema acuífero, se encuentran las formaciones Girón (Jg), Arcabuco (Jar) y Churuvita (Ksch).</p>	<b>Clasificación hidrogeoquímica</b> <b>Cuaternario Aluvial</b> Aguas mixtas, sin facie geoquímica dominante <b>Fm Cuche</b> Aguas bicarbonatadas cálcicas <b>Fm Rusia</b> Aguas bicarbonatadas cálcicas <b>Fm Tibasosa</b> Bicarbonatadas cálcicas, por disolución de rocas calcáreas <b>Fm Une</b> Aguas mixtas, sin facie geoquímica dominante <b>Fm Conejo</b> Aguas bicarbonatadas cálcicas <b>Abanico Aluvial</b> Aguas mixtas, sin facie geoquímica dominante <b>Fm Tilatá</b> Aguas mixtas, sin facie geoquímica dominante <b>Parámetros hidráulicos (3)</b> <b>Cuaternario Aluvial</b> T 50-250 m <sup>2</sup> /día <b>Fm Picacho</b> T 60 m <sup>2</sup> /día <b>Fm Tilatá</b> T 50-250 m <sup>2</sup> /día <b>Fm Une</b> T 60 m <sup>2</sup> /día <b>Areniscas de Socha</b> T 60 m <sup>2</sup> /día <b>Fm Labor y Tierna</b> T 3-55 m <sup>2</sup> /día <b>Redes de monitoreo (3)</b> (Nro. pozos) 33 <b>Tipo de monitoreo Local - Zona Norte</b> (Nro. aljibes) 93 (Nro. manantiales) 144 <b>Parámetros monitoreados</b> Clasificación hidrogeoquímica Frecuencia: NRI <b>Usos del agua (1)</b> El agua captada es utilizada principalmente para usos doméstico, industrial y agrícola.

Fuentes: (1) Monroy &amp; Gonzalez, 2010. (2) Camargo y Aterthoutua, 2010. (3) Modelo Hidrogeológico Boyacá Centro (SGC, 2016)

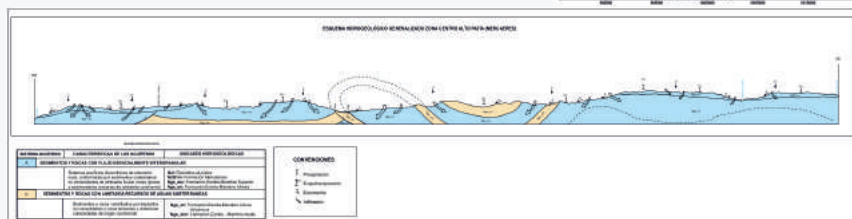
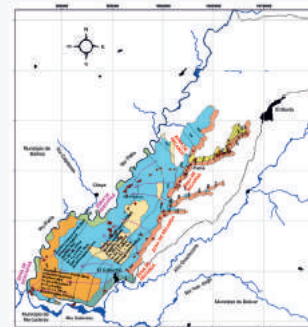
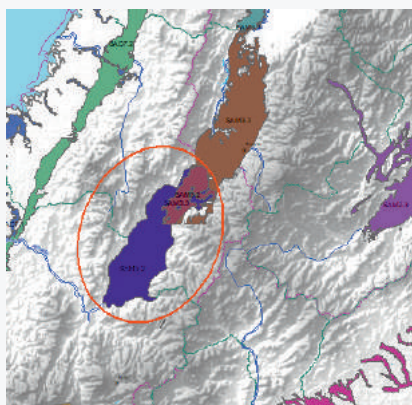
NRI: No registra información

T: Transmisividad hidráulica

SAM3.2 SISTEMA ACUÍFERO PATÍA

Datos básicos		Características hidrológicas (1)	
Área hidrográfica	AH5 Pacífico	Fuente/Zona de recarga	Acuífero Abanico Aluvial: infiltración. Se localiza hacia el sureste entre la población de El Estrecho y el río Guachicón. Acuífero Llanura Aluvial: infiltración. Se localiza hacia el este y norte de todo el valle. Acuífero Galeón: se localiza hacia el este y norte del valle.
Zona hidrográfica	ZH52 Patía		
Provincia hidrogeológica	PM3 Cauca - Patía		
Superficie	2110 km² (aprox.)		
Nro. de municipios que abarca	15 (aprox.)		
Nro. pozos inventariados (2)(3)	17		
Nro. aljibes inventariados (2)(3)	153		
Nro. manantiales inventariados (2)(3)	80	Recarga estimada	200 mm/año
CAR de gestión	CRC y Corponariño	Reservas calculadas	820,92 Millones de m³
		Reservas explotables	65,7 Millones de m³
		Demanda calculada	1,69 Millones de m³/año

(1)



Esquema hidrogeológico del Alto Patía - Sector Mercaderes (2)

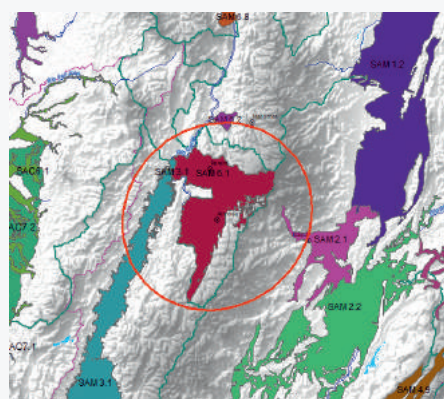
Unidades y características hidrogeológicas (1)(2)	Hidroquímica e isotopía (2)
	Clasificación hidrogeoquímica
	<b>Abanico Aluvial</b> Bicarbonatadas magnésicas ligeramente dura y alcalina
	<b>Depósito Aluvial</b> Bicarbonatadas magnésicas, cloruradas o sulfatadas sódicas
	<b>Ac. Galeón</b> Bicarbonatada sódica, ligeramente dura y medianamente alcalina
	<b>Fm Esmita</b> Bicarbonatada magnésicas, cloruradas y sulfatadas sódicas
	<b>Fm Mercaderes</b> Bicarbonatada cálcica, clorurada o sulfatada sódica
El sistema acuífero Patía fue elaborado para la cuenca del mismo nombre, tiene un área superficial de 136.8 km <sup>2</sup> y está localizado en el costado sur-central del departamento del Cauca. Abarca parcialmente 15 municipios, entre los que se encuentran: El Tambo, Rosas, La Sierra, Patía (El Bordo), La Vega, Sucre, Balboa, Bolívar, Leiva, Mercaderes, El Rosario, Florencia, La Unión, San Lorenzo y Taminango. Está conformado por las siguientes unidades acuíferas:	
<b>Acuífero Abanico Aluvial (Qca):</b> localizado en el cono aluvial del río Guachicón hacia el sur de la cuenca del río Patía, es de extensión regional, se clasifica como acuífero libre.	
<b>Acuífero Llanura Aluvial (Qal):</b> localizado en la parte central del valle del Patía, su extensión es regional, se clasifica como acuífero libre.	
<b>Acuífero Formación Galeón Superior (TQgs):</b> localizado en todo el valle del Patía subyace al acuífero aluvial (Qal y Qca), su extensión es regional, se clasifica como acuífero confinado.	
Todos se caracterizan por ser acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados, rocas ígneas y sedimentarias de ambiente continental; como también es el caso de la Formación Esmita (miembros superior e inferior), la Formación Mercaderes (N2Q1m) y la Formación Morquera (Pgm).	
El nivel freático oscila en el área de estudio entre 1 y 11 m. En los tres acuíferos el agua circula en dirección este-oeste, es decir, que hacia el este y norte se localiza la zona de recarga y hacia el oeste la zona de descarga en dirección al río Patía, donde prácticamente se descarga todo el flujo subterráneo.	
La piezometría obtenida según su morfología presenta una superficie radial divergente al este de la zona, en el contacto entre el relleno aluvial (Qca y Qal) y el Grupo Medio Terciario Superior (MTIms), indicando que el agua está entrando por este sector y es la zona de recarga del acuífero. Es probable la recarga de los acuíferos más profundos en las zonas de falla localizadas al este del área de estudio.	
	Parámetros hidráulicos (2)
	<b>Ac. Galeón</b> T 5,4-32 m <sup>2</sup> /día Conductividad eléctrica 83-3500 µs/cm
	<b>Depósito Aluvial</b> T 52-66 m <sup>2</sup> /día
	<b>Fm Esmita</b> T 39-73 m <sup>2</sup> /día pH 6,62-6,95
	Redes de monitoreo (2)
	Tipo de monitoreo Local
	Estaciones Meteorológicas 12
	Estaciones Climatológicas 4
	Estaciones Hidrológicas 2
	Parámetros monitoreados
	Precipitación, temperatura, evaporación, humedad, brillo y caudales
	Frecuencia: NRI
	Usos del agua (1)
	NRI

Fuentes: (1) Universidad del Valle CRC, 2014. (2) Modelo Hidrogeológico del Área del Alto Patía (INGEOMINAS, 2010). (3) Inventario de puntos de agua subterránea IDEAM ENA-2018  
NRI: No registra información T: Transmisividad hidráulica

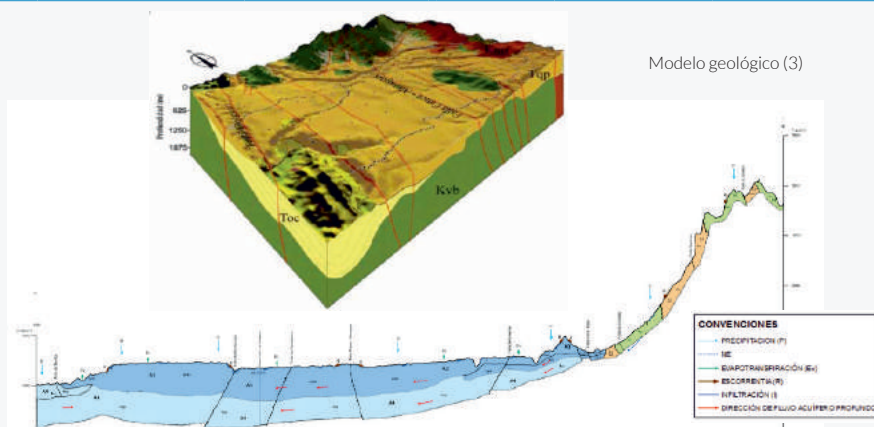
● **Figura 69.** Ficha de información del sistema acuífero SAM 3.2 Patía.

**SAM6.1 SISTEMA ACUÍFERO GLACIS DEL QUINDIO- RISARALDA**

Datos básicos		Características hidrológicas (1)(3)(5)	
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	Fuente/Zona de recarga	La fuente principal de recarga es el agua lluvia proveniente de las partes topográficamente más altas. Para la primera capa acuífera del abanico, las aguas presentan una dirección NW-SW, la cual localmente varía de acuerdo con las características geomorfológicas y estructurales del área. La zona de recarga se identifica hacia el NE del departamento y su zona de descarga hacia el límite SW del abanico.
Zona hidrográfica	ZH26 Cauca PM3 Cauca - Patía		
Provincia hidrogeológica	PM6 Otros sistemas acuíferos en region Cordillera Occidental-Central	Recarga estimada (5)	508 mm/año
Superficie	2091,63 km <sup>2</sup> (aprox)	Reservas calculadas (3)	4000 Millones de m <sup>3</sup>
Nro. de municipios que abarca	28 (aprox)	Reservas explotables	NRI Millones de m <sup>3</sup>
Nro. pozos inventariados(4)	114 s(5) 42	Demanda calculada (4)	17 Millones de m <sup>3</sup> /año
Nro. aljibes inventariados(4)	357 s(5) 371		
Nro. manantiales inventariados(4)	NRI s(5) 157		
Nro. piezómetros inventariados(4)	4 s(5)		
Sin información (4)	269		
CAR de gestión	CARDER, CRQ		



Corte Hidrogeológico Dpto Quindío (5)



Modelo geológico (3)

**Unidades y características hidrogeológicas (1)(4)(5)**

El sistema acuífero está compuesto de:

**Acuíferos discontinuos de extensión local:** procedentes de depósitos Cuaternarios y Terciarios de ambiente fluvial, glaciofluvial y volcánico, correspondiente a la Formación Zarzal y Aluviales del río Cauca y el río La Vieja, para la región de Risaralda. Son acuíferos de productividad alta (A1).

**Acuíferos continuos de extensión regional:** compuestos por sedimentos cuaternarios no consolidados a semi consolidados, de ambiente volcánico, volcánico, aluvial y glaciofluvial, correspondientes al Abanico del Quindío (Formación Pereira) que contiene los conjuntos proximal, intermedio y distal (Qapr, Qaint, Qadis) y Depósitos de Dosquebradas. De mediana productividad (A3).

**Acuíferos discontinuos de extensión local:** conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente aluvial y volcánico, de tipo libre a confinado, correspondiente a depósitos aluviales recientes (Qal), cenizas, tobas, depósitos piroclásticos y glaciofluviales (Qto), Fragmentos y bloques de lava en matriz arenociliosa (Qg) y las formaciones Zarzal (Tplz), La Paila (Tnp) y Cauca Superior - Miembro Cinta de Piedra (Tocp). De mediana productividad (A4).

**Acuíferos discontinuos de extensión local:** conformados por rocas sedimentarias y metamórficas, de edad Cretácico, consolidadas, de ambiente continental y oceánico, como son el Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, Complejo Quebradagrande - Unidad sedimentaria (Ksc); el Complejo Arquía - esquistos anfibólicos (Kiea) y el Complejo Arquía - esquistos anfibólicos y cuarzoséricitos (Kiea+Kies), Formación Barroso (Kvb), Stock Gabrónico de Pereira (Kgp). Las características hidráulicas de las capas acuíferas y de sus captaciones permiten agruparlas como de baja productividad (B4).

El sector distal del abanico define zonas con mejores posibilidades acuíferas para la explotación sostenible de las aguas subterráneas provenientes principalmente del acuífero multicapa, el cual registra las mayores transmissividades. Cabe destacar que en los sectores intermedio y distal se registran localmente estas transmissividades que requieren ser evaluadas espacialmente.

**Hidroquímica e isotopía (1)(5)**

**Clasificación hidrogeoquímica**

- Abanico Quindío distal** Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas y sódicas
- Abanico Quindío inte.** Bicarbonatadas cálcicas y sódicas
- Abanico Quindío prox.** Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas y sódicas.
- Fm Pereira** Bicarbonatada magnésica-sódica
- Fm Zarzal** Bicarbonatada magnésica-cálcica

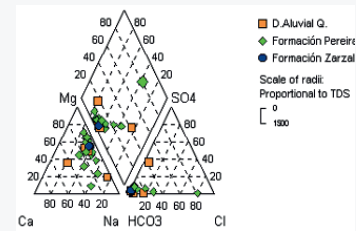
**Hidroquímica regional**

Conductividad eléctrica pH

42,9-421 µs/cm 4,6 - 7,35

Edad del agua

>50 años - Form. Pereira



**Parámetros hidráulicos**

Abanico Quindío distal	B 22-180 m	T 0,99-1454 m <sup>2</sup> /día	K 0,07-40,41 m/d
Abanico Quindío inte.	B 60 m	T 25,78-580 m <sup>2</sup> /día	K 0,24-5,16 m/d

**Redes de monitoreo (2)**

Calidad (Nro. pozos)	27
Piezometría (Nro. pozos)	30

**Parámetros monitoreados (2)**

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.

Frecuencia:

Calidad	Semestral
Piezometría	Bimensual

**Usos del agua (6)**

Abastecimiento público, uso doméstico, agrícola.

Fuentes: (1) Carder, 2007. (2) Carder, 2013. (3) Otálvaro et.al, 2009 (4) Carder, 2014. (5) MHC Dpto. Quindío (SGC, 2016)

NRI: No registra información

T: Transmisividad hidráulica

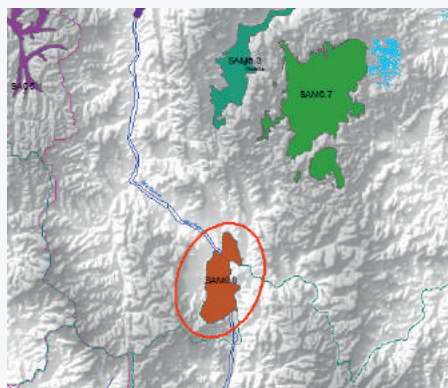
K: Conductividad hidráulica

B: Espesor saturado

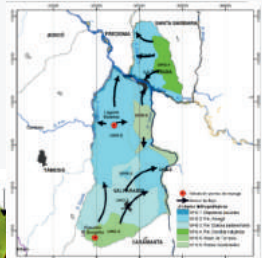
• **Figura 70.** Fichas de los sistemas acuíferos SAM 6.1 Glacis del Quindío.

**SAM6.8 SISTEMA ACUÍFERO LA PINTADA-VALPARAÍSO**

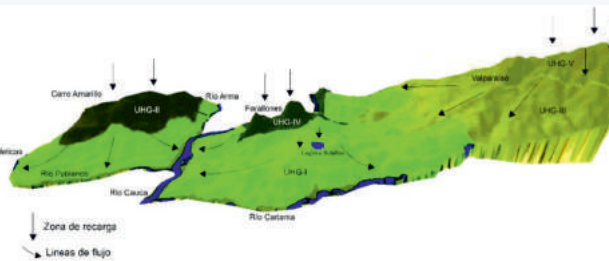
<b>Datos básicos</b>		<b>Características hidrologicas (1)(3)</b>	
Área hidrográfica	AH2 Magdalena Cauca	<b>Fuente/Zona de recarga</b>	Estas constituyen las zonas topográficamente más elevadas de litología ígnea: Formación Amagá: el agua se recarga en la parte alta de la cuenca y viaja en el medio fracturado y lo hace paulatinamente hasta las partes bajas donde aflora la UHGI. Formación Combia: en la UHII el agua se infiltra y recarga el macizo pero esta permanece en él por un tiempo hasta que es conducida a la UHGI de manera lenta. Rocas hipoabisales: zona de recarga en las zonas de afloramiento más altas. Stock de Tamesis: muestra que esta unidad funciona como una zona de recarga donde el agua se infiltra y rápidamente fluye hacia las zonas de descarga. Las zonas de descarga estan relacionadas en el eje principal del río Cauca.
Zona hidrográfica	ZH26 Cauca		
Provincia hidrogeológica	PM6 Otros sistemas acuiferos en region Cordillera Occidental-Central	<b>Recarga estimada (1)</b>	150 mm/año, correspondiente al 6,5% de la precipitación mm/año
Superficie	893 km2 (aprox) (1)	<b>Reservas estimada</b>	118,8 km <sup>3</sup> Millones de m <sup>3</sup>
Nro. de municipios que abarca	4	<b>Reservas explotables</b>	Millones de m <sup>3</sup>
Nro. pozos inventariados(1)	1	<b>Demanda calculada (4)</b>	Millones de m <sup>3</sup> /año
Nro. aljibes inventariados(1)	37	<b>Oferta:</b>	0,001 km3/año.
Nro. manantiales inventariados(1)	49		
Nro. piezómetros inventariados(4)	NRI		
CAR de gestión	Corantioquia		



Mapa de las unidades hidrogeológicas y líneas de flujo en el sistema acuifero La Pintada-Valparaíso (1)



Modelo hidrogeológico conceptual en 3D (2)



**Características hidrogeológicas (1)**

**Tipo de agua**

El sistema acuifero está compuesto de:

**Acuífero Formación Amagá (UHI):** compuesto por areniscas de grano medio con cementantes arcillosos, ferruginosos y calcáreos. Suelos poco frecuentes arenolimosos; presenta un espesor de hasta 1000 m.

**Acuífero de la Formación Combia-La Pintada (UHII):** conformado por intercalaciones de basaltos, aglomerados, areniscas tobáceas y conglomerados hacia la base de la formación; presenta un espesor de aproximadamente 600 m hasta el contacto discordante con la Formación Amagá.

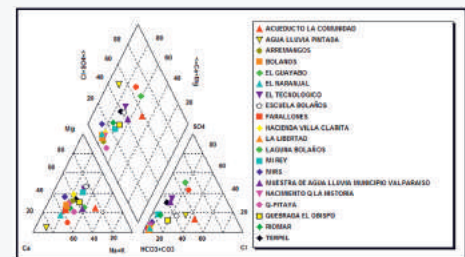
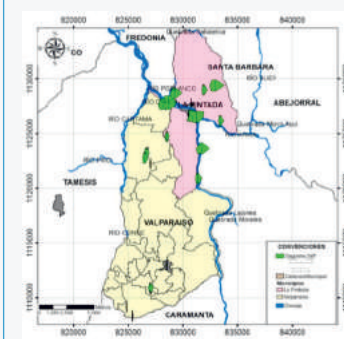
**Acuífero de la Formación Combia-Valparaíso (UHIII):** conformado por areniscas de grano fino y lodolitas fracturadas y algunos afloramientos de basaltos. El espesor de esta secuencia en esta zona se infiere de 1000 m.

**Acuífero de Rocas Hipoabisales (UHIV):** compuesto de andesitas porfídicas, presentando un espesor de unos 600 m.

**Acuífero Stock de Tamesis (UHV):** compuesto de dioritas con horizontes limoarenoso, húmedo, poco plástico. El espesor inferido es mayor a 1000 m. De permeabilidad secundaria.

**Acuíferos de depósitos cuaternarios (UHVI):** conformado por depósitos asociados a los ríos Cauca, Arma, Poblano y Cartama, sin consolidar, incluyendo terrazas y llanuras de inundación. Están compuestos en general por gravas y matrices arenosas o lodosas, variando la relación matriz/clastos según el río y su dinámica; presenta un espesor de hasta 60 m. Existe una conexión directa con el río Cauca.

Es bicarbonatada cálcica en mayor medida y bicarbonatada magnésica; también se confirma la tendencia clorurada sódica del acueducto del que se abastece la comunidad. En las estaciones laguna Bolaños y el Guayabo, ubicadas en posibles zonas de recarga, el tipo de agua es predominantemente sulfatada cálcica.



**Redes de monitoreo**

Calidad (Nro. pozos) 17

Piezometría (Nro. pozos)

**Parámetros monitoreados (2)**

*In situ:* temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), pH  
 En laboratorio: alcalinidad total, bicarbonatos, calcio total, carbonatos, cloruros, color verdadero, conductividad, DQO, dureza total, hierro ferroso, magnesio total, nitratos, oxígeno disuelto, potasio total, sodio total, sólidos disueltos totales, sólidos totales, sulfatos y turbiedad.

Frecuencia:

Calidad Semestral

Piezometría

Fuente: (1) Corantioquia, 2014; (2) SHI, 2014  
 NRI: No registra información

• **Figura 71.** Ficha de información del sistema acuifero SAM 6.8 Pintada-Valparaíso.



Con esta nueva información, se vuelven a aplicar los criterios para presentar el nivel de conocimiento de los sistemas acuíferos identificados. De acuerdo con los nuevos *Modelos hidrogeológicos conceptuales* presentados por el SGC, se ha podido pasar de 16 a 20 sistemas acuíferos con altos y muy altos niveles de conocimiento, entre los que se encuentran SAC1.1 Morroa, SAC1.2 golfo de Morrosquillo, SAC1.3 arroyo Grande, SAC3.1 Media Guajira, SAC3.2 Alta Guajira, SAC4.2 Cesar–Ranchería, SAC4.1 Cesar, SAC5.1 golfo de Urabá, SAC8.1 San Andrés, SAC1.6 Ciénaga–Fundación, SAM4.6 sabana de Bogotá, SAM6.2 Santagueda, SAM6.3 valle de Aburrá, SAM6.5 Bajo Cauca Antioqueño, SAM3.2 Patía, SAM3.1 Valle del Cauca, SAM6.1 Glacis del Quindío, SAM4.4 Duitama–Sogamoso, y el nuevo presentado en esta publicación como es SAM6.8 La Pintada–Valparaíso (**Figura 72**).

Esto corresponde a que solo el 30,8 % del total identificado tiene un nivel de conocimiento suficiente para la gestión de las aguas subterráneas, mientras que los restantes 45 sistemas acuíferos (69,2 % del total) no cuentan con un nivel adecuado de conocimiento.

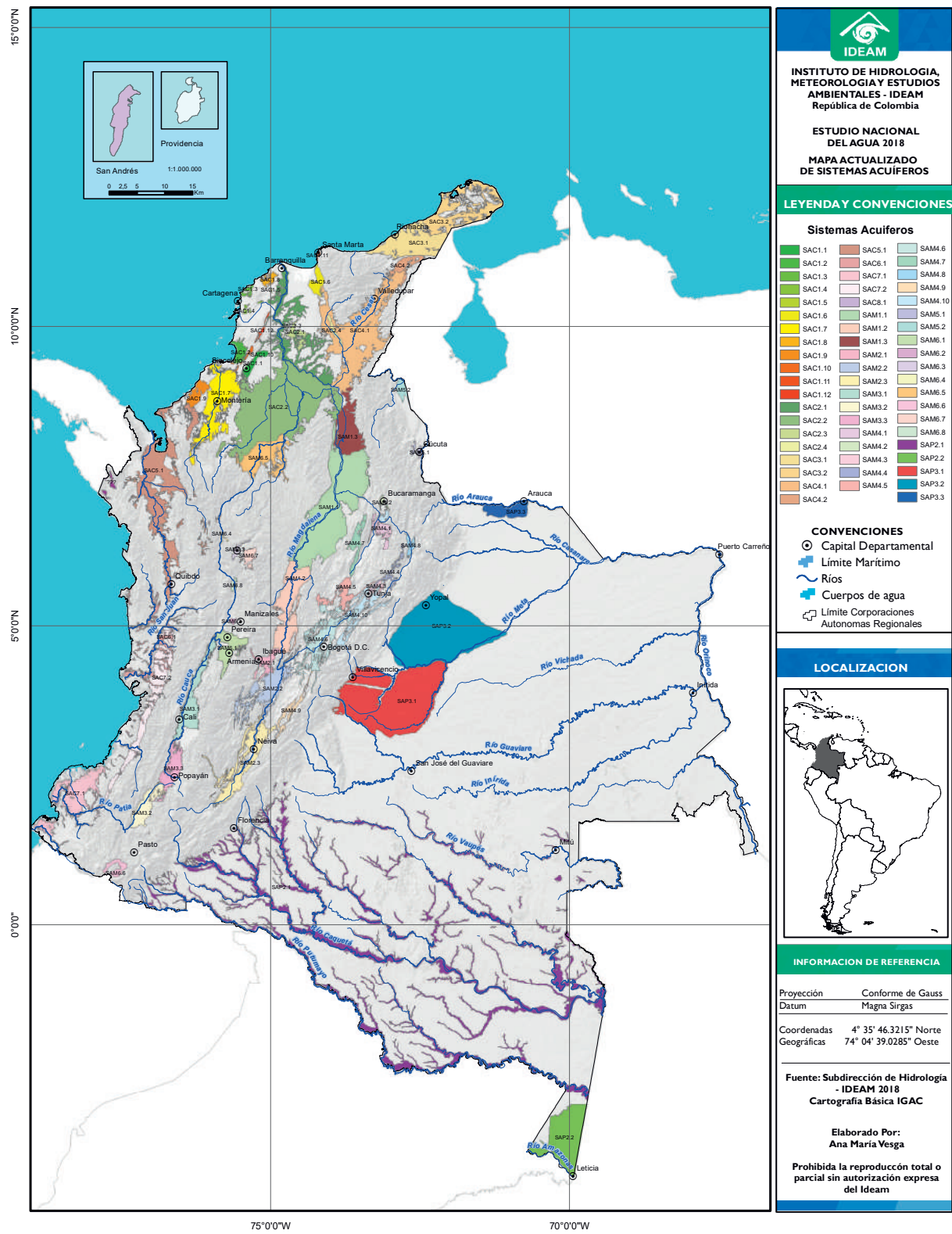
### 4.3.3 Actualización del inventario nacional de puntos de agua subterránea

La información reportada constituye una base preliminar del inventario nacional. De acuerdo con la metodología planteada para la actualización del inventario nacional de puntos de agua, fueron consolidados un total de 64 196 puntos de agua por las autoridades ambientales (**Tabla 26**).

La base de datos de puntos de agua se actualizó con información adicional, como localización y características de la captación, entre otros, para aquellos puntos donde fue posible contar con dicha información. En total, se tiene un banco de datos con 39 060 que permite la consulta y visualización de la información de puntos de agua subterránea.

Al realizar un análisis de los reportes a nivel nacional, se encontró que el mayor número de puntos registrados se encuentra localizado en el área hidrográfica de Magdalena–Cauca y del Caribe, correspondiente al 54,27 % y el 31,84 % respectivamente; el área del Orinoco se encuentra en tercer lugar con un 10,04 %. Estos puntos de agua son en su mayoría aljibes, siendo el 43,41 % para el área hidrográfica de Magdalena–Cauca, el 81,50 % para el Caribe y el 40,14 % para el área hidrográfica del Orinoco (**Figura 73**). Los departamentos con mayor uso de agua subterráneas por aljibes son San Andrés, Quindío, Magdalena, La Guajira, Cauca, Caldas, Bolívar y Atlántico (**Figura 74**).

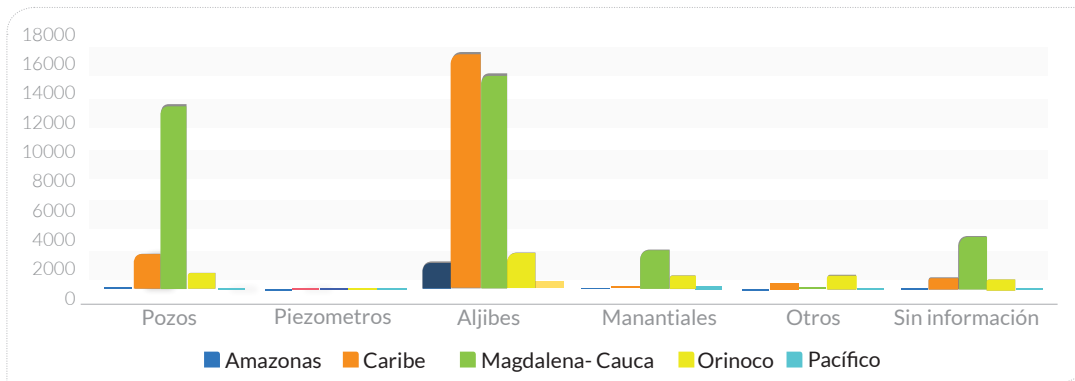
En la cuenca del Magdalena–Cauca, los pozos ocupan el segundo lugar de registro, correspondiendo al 37,35 %, seguido de los manantiales con el 8 %. Los departamentos con mayor uso de pozos son Tolima, Santander, Huila y Valle del Cauca (**Figura 74**). Para el caso del área hidrográfica del Caribe, se reporta el 12,42 % de pozos, con una mayor distribución en los departamentos de Sucre, Magdalena y algunos representativos en el departamento de La Guajira (**Figura 74**). El área hidrográfica del Orinoco cuenta con un porcentaje del 19,50 % para pozos, ubicados principalmente en el Guaviare y la Guainía.



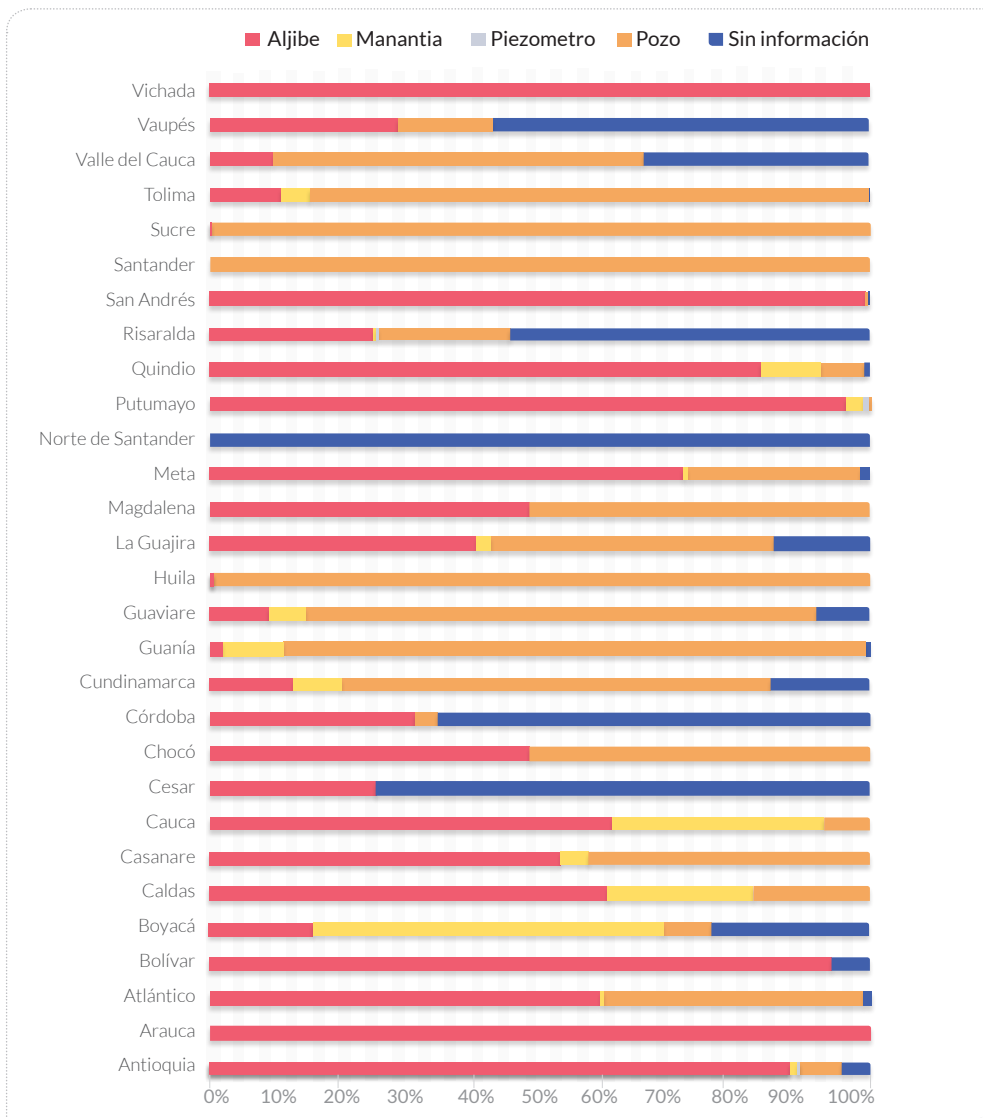
● **Figura 72.** Mapa actualizado de sistemas acuíferos.

Corporación	TIPO					CONDICIÓN										Fuente bibliográfica
	Pozos	Piezo-metros	Aljibes	Manantiales	Otros (galería filtrante)	Sin información	Productivo	Reserva	Abandonado	Inactivo	Monitoreo	Sellado	Otro	Sin información	Total	
AMVA	47	0	696	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	759	759	(AMVA, 2013); (SIRH 2018); (AMVA, 2017)
BARR VERDE	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	(IDEAM, 2018)
CAM	187	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188	188	(CAM, 2018) (IDEAM, 2018)
CAR	4702	0	953	559	0	1165	2491	635	1257	443	113	26	305	2109	7379	(CAR, 2018); (CAR, 2008)
CARDER	136	2	357	2	4	370	264	139	10	23	39	0	0	396	871	(Moncada, 2014); (CARDER & UTP, 2012); (CARDER & UTP, 2014); (CARDER, 2018) (IDEAM, 2018)
CARDIQUE	49	0	44	18	0	0	19	0	2	0	10	0	0	80	111	(CARDIQUE, 1999); (CARDIQUE, 2006a); (CARDIQUE, 2006b)
CARSUCRE	1713	0	0	0	0	0	1653	0	9	4	47	0	0	0	1713	(CARSUCRE, 2005); (CARSUCRE, 2011) (IDEAM, 2018)
CAS	103	0	167	320	0	126	0	0	0	0	0	0	0	716	716	(INGEOMINAS, 2009b); (INGEOMINAS & Universidad Industrial de Santander, 2010); (CAS, 2018)
CDA	352	0	31	30	0	28	126	5	6	1	303	0	0	0	441	(CDA, 2018); (SGC, 2015); (SGC, 2016)
CODECHOCÓ	16	0	15	0	0	0	18	0	0	9	0	0	0	4	31	(IDEAM, 2018); (CODECHOCO, 2014)
CORALINA	33	0	6002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6035	6035	(CORALINA & Universidad Nacional de Colombia, 2010)
CORANTIOQUIA	167	0	2358	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2557	2557	(CORANTIOQUIA & Universidad Nacional de Colombia, 2004); (Mejía, 2008)
CORMACARENA	360	0	1717	922	984	585	280	163	94	340	0	0	0	3691	4568	(Ortiz, C., 2014); (IDEAM, 2018); (IDEAM, SIAM, & CORMACARENA, 2016)
CORNARE	306	0	144	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	451	451	(CORNARE, 2014); (IDEAM, 2018); (CORNARE, 2018)
CORPAMAG	344	0	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	549	549	(INGEOMINAS, 1998); (IDEAM, 2018)
CORPOAMAZONIA	5	14	1796	45	0	1	1305	93	30	135	8	11	0	279	1861	(CORPOAMAZONIA, 2018)
CORPOBOYACA	202	0	423	1402	0	352	671	14	4	5	0	0	0	1685	2379	(SGC, 2016); (CORPOBOYACA, 2018); (IDEAM, 2018)
CORPOCALDAS	112	0	229	83	4	0	213	27	73	0	1	0	0	114	428	(CORPOCALDAS & PROAGUAS, 2006); (CORPOCALDAS & GEOSUB, 2009); (CORPOCALDAS, 2010); (CORPOCALDAS, 2011); (CORPOCALDAS, 2018)
CORPOCESAR	1117	0	3658	78	1	2	2942	568	343	30	0	0	0	973	4856	(CORPOCESAR, 2014)
CORPOCHIVOR	1	0	65	225	0	385	0	0	0	0	0	0	0	676	676	(CORPOCHIVOR, 2014); (CORPOCHIVOR, 2017)
CORPOGUAJIRA	1148	0	1170	4	309	0	257	0	160	4	0	0	0	2210	2631	(Molinares, 2007); (CORPOGUAJIRA - Universidad de Antioquia, 2011); (CORPOGUAJIRA, 2011); (SGC, 2016)
CORPOGUAVIO	17	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	17	(CORPOGUAVIO, 2014)
CORPOMOJANA	539	4	0	0	0	0	245	5	4	13	0	0	0	276	543	(CORPOMOJANA, 2018a); (CORPOMOJANA, 2018b); (IDEAM, 2018)
CORPONARINO	8	0	307	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	353	353	(INGEOMINAS, 2009a)
CORPONOR	14	0	642	5	0	539	510	30	15	1	0	0	0	644	1200	(IDEAM y CORPONOR, 2007); (INGEOMINAS & Universidad Industrial de Santander, 2010)
CORPORINOQUIA	529	0	841	52	0	1	720	97	24	0	0	0	4	578	1423	(IDEAM, 2018); (SGC, 2018)
CORPOURABA	488	0	8354	17	0	286	5056	1359	93	1202	3	25	11	1396	9145	(IDEAM, 2018); (CORPOURABA, 2018)
CORTOLIMA	213	0	3600	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3830	3830	(INGEOMINAS, 2003f); (Camargo & Atehortua, 2010); (CORTOLIMA, 2016)
GRA	124	0	178	0	0	114	114	0	0	0	0	0	0	302	416	(GRA, 2011); (GRA, 2018); (IDEAM, 2018)
GRC	17	0	153	80	0	0	109	0	0	12	0	0	0	129	250	(GRC - Universidad del Valle, 2014); (INGEOMINAS, 2010)
CRQ	106	158	1416	0	0	15	351	371	118	478	0	146	3	228	1695	(CRQ, 2016); (SGC, 2016); (IDEAM, 2018)
CVC	2791	1	255	0	0	1158	2477	205	593	283	0	225	8	414	4205	(CVC, 2018)
CVS	253	0	375	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	686	686	(INGEOMINAS, 2004c)
DADMA	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	51	(IDEAM, 2018)
DAGMA	293	0	373	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	700	700	(Vélez, 2014)
SDA	351	0	47	62	0	13	56	0	2	40	0	228	1	146	473	(SDA, 2013); (IDEAM, 2018)
TOTAL	16843	179	36632	4061	1323	5158	19894	3711	2837	3023	524	661	332	33214	64196	

• **Tabla 26.** Inventario preliminar de puntos de agua subterránea por área de jurisdicción de las autoridades ambientales.



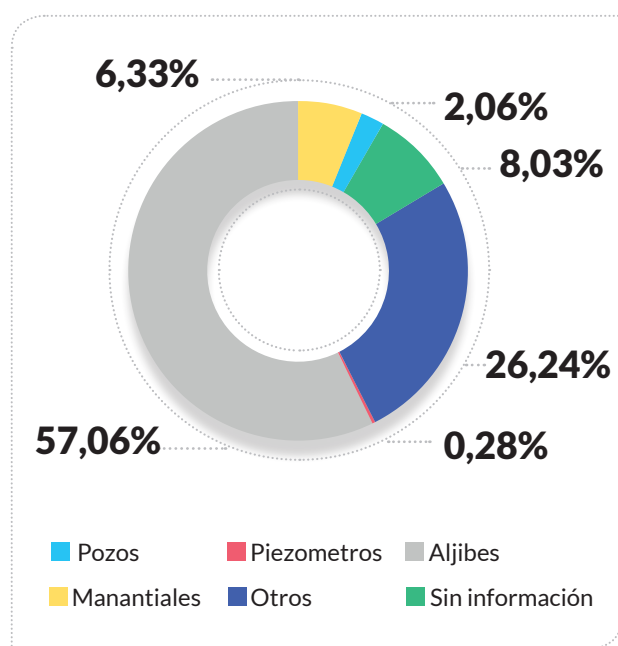
• **Figura 73.** Distribución de tipos de punto de agua subterránea por área hidrográfica.



• **Figura 74.** Distribución de tipo de punto de agua subterránea por departamento.

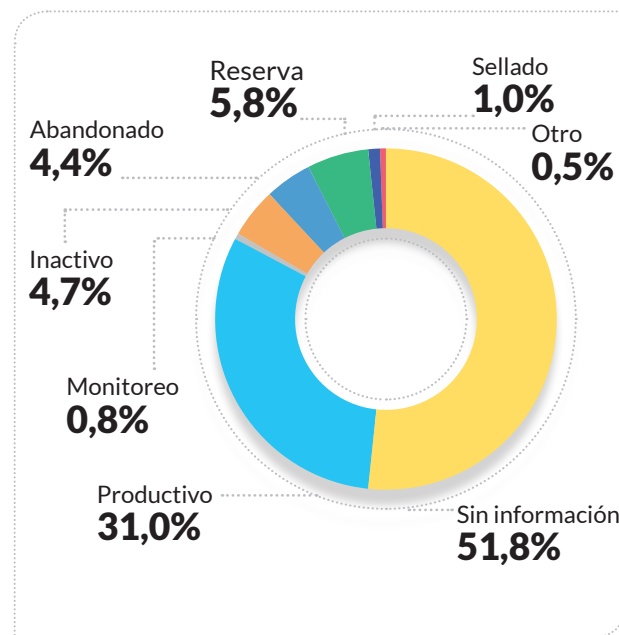
También se puede evidenciar que varios registros no cuentan con la información del tipo de punto (8%), lo que evidencia una deficiencia en el uso del formulario Funias para capturar la información.

Con respecto a la captación más común a nivel nacional, los aljibes representan el 57,06% del total reportado, generalmente con profundidades no mayores a los 40 m (**Figura 75**); le siguen los pozos profundos (26,24%), los cuales alcanzan profundidades de 1 a 300 m generalmente, sin embargo en sistemas acuíferos como el de la Sabana de Bogotá (SAM 4.6), Neiva-Tatacoa-Garzón (SAM 2.3), Media Guajira (SAC 3.1), Duitama-Sogamoso (SAM 4.4) y Valle del Cauca (SAM 3.1), las profundidades registradas están entre 300 y 930 m.



• **Figura 75.** Distribución de tipos de punto de agua subterránea a nivel nacional.

La **Figura 76** muestra la distribución de la condición de los puntos de agua a nivel nacional; se reconoce que el 31,0% de los puntos es productivo, el 5,8% se encuentra en reserva y sólo el 0,8% son utilizados para monitoreo. Estos puntos han sido reportados por la CAR, Carder, Cardique, Carsucre, CDA, Codechocó, Cormacarena, Corpoamazonia, Corpoboyacá, Corpocaldas, Corpocesar, Corpoguajira, Corpoguavio, Corpomojana, Corponor, Corporinoquia, Corpouraba, CRA, CRC, CRQ y CVC. Una gran mayoría de estos puntos está distribuida en regiones como Cundinamarca, Sucre, Turbo, Boyacá, Norte de Santander y Valle del Cauca. En jurisdicción de Corpouraba un gran porcentaje de puntos se encuentra en regiones como Turbo, Apartadó, Carepa y Chirogodó.



• **Figura 76.** Distribución de tipos de condición de puntos de agua subterránea a nivel nacional.

## 4.4 Evolución del conocimiento de las aguas subterráneas 2010–2018

Si se tiene en cuenta el enfoque que en este momento maneja el país en el tema de gestión integrada de los recursos hídricos, es de interés realizar un diagnóstico de lo que se ha alcanzado a la fecha en el tema de aguas subterráneas. Se parte de lo que ha sido la formulación de la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico PNGIRH en el año 2010, cuyo objetivo general es garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.

En la PNGIRH se establecieron estrategias y líneas de acción que han llevado a la generación de programas y proyectos específicos que permiten un avance en el conocimiento y la gestión de las aguas subterráneas durante estos últimos años. A partir del Plan Hídrico Nacional (PHN) (2010–2022), se han podido materializar dichos programas y proyectos. En el 2012, se incluye en este PHN el tema de la gestión de las aguas subterráneas, ya que se consideró como un recurso alternativo para el abastecimiento de algunos municipios que resultaron afectados por los fenómenos de El Niño y La Niña del año 2010 y 2011.

En el año 2010, se incluye información de aguas subterráneas en el Estudio Nacional del Agua 2010 (Ideam, 2010), trabajadas a partir de la división del país en provincias hidrogeológicas, las cuales son caracterizadas desde el punto de vista geológico e hidrogeológico, se calculan reservas permanentes de un volumen total de  $5.848 \times 10^9$  metros cúbicos ( $5.848 \text{ km}^3$ ); además de estadísticas de uso del agua

subterránea, con información reportada por diferentes autoridades ambientales. Esta información permitió generalizar que el sector agrícola es el que hace más uso del agua subterránea con el 75 %, seguido por el sector doméstico con el 9 % y el industrial con el 7 %. Las estadísticas presentadas sitúan al Valle del Cauca como los mayores consumidores de agua subterránea en el sector agrícola con el 58 % del total consumido por el sector en todo el país, mientras que el uso en sectores pecuarios y de servicios apenas alcanza el 6 % en total.

El SGC (anterior Ingeominas), como entidad líder en la exploración hidrogeológica, desarrolló en el 2010 nuevo conocimiento en el Alto Patía (Ingeominas, 2010), además de estudios en Santander (Ingeominas, 2010) (**Figura 77**). También desarrolló el Mapa litoestratigráfico con permeabilidades de Colombia, escala 1:500.000 planchas 5-07, 5-08, 5-09, 5-10, 5-11, 5-12, 5-13, 5-14, 5-15, 5-16, 5-18, 5-18, 5-19, 5-20, 5-21, 5-22, 5-23, 5-25, 5-26 que abarcan la mayor parte del país. Para el 2011, elaboró el Modelo Hidrogeológico de la Alta Guajira (Ingeominas, 2011). Para ese mismo año, buscando un acompañamiento de las entidades regionales en la ejecución de sus proyectos, publica en el 2011 el documento *Las Aguas Subterráneas*, un enfoque práctico que facilita la comprensión de los principales aspectos técnicos que se aplican en los estudios de aguas subterráneas (Ingeominas, 2011).

En el 2012, con un convenio celebrado entre el MinAmbiente y el Ideam (con la participación del SGC, MinMinas, ANLA, otras autoridades ambientales, la ACH y el sector académico), se formuló el Programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB), con el fin de formular acciones y estrategias en los niveles

nacional y regional para la gestión y evaluación integrada de las aguas subterráneas en Colombia, en cuatro líneas estratégicas: (i) Conocimiento; (ii) Investigación y formación; (iii) Redes de monitoreo y sistemas de información, y (iv) Manejo y aprovechamiento del recurso. Este programa contiene subprogramas, proyectos, actividades, dentro de los cuales el Ideam y las autoridades ambientales tienen competencia.

Luego de poner en marcha el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) en el 2013, se ha venido mejorando el aplicativo en los instrumentos de captura de información en la plataforma del inventario de puntos de agua subterránea (a través de pozos, aljibes o manantiales), para las cuales se requiere registrar datos sobre la oferta, usuarios que demandan el recurso, sus condiciones de calidad y riesgos asociados a desabastecimiento y a inundaciones. Las autoridades ambientales han venido realizando el registro de usuarios de agua subterránea, registro de puntos de agua subterránea y datos de calidad en puntos de monitoreo.

Por otra parte, las autoridades ambientales cuentan con la Guía metodológica para la formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, elaborada por el MinAmbiente en el 2014 que les permitirá establecer a partir del diagnóstico del recurso hídrico subterráneo, las medidas de manejo ambiental que conlleven un aprovechamiento sostenible, ya sea como fuente principal o alternativa de abastecimiento para las diferentes necesidades de la comunidad (MinAmbiente, 2014). Algunas autoridades ambientales han venido adelantando sus planes de manejo, entre las que se encuentran Corantioquia, Corpoguajira, CAR, Corpoboyacá, Cortolima, Corpocesar, Corpouraba, entre otros.

Para ese mismo año se publica el Estudio Nacional del Agua 2014, en el cual se avanza en el conocimiento de las aguas subterráneas, presentando la información a partir de sistemas Acuíferos de Colombia,

con la identificación de 61 sistemas acuíferos. Se entrega también un consolidado de la información de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), la cual constituye una base preliminar del inventario nacional que debe ser mejorada a futuro. Presenta datos de volúmenes de agua concesionada a nivel nacional de 1.032 millones de m<sup>3</sup> para 4 346 usuarios distribuidos por las cinco áreas hidrográficas. 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. Con respecto a la distribución de usos del agua, se reporta que el sector agrícola concesiona el 73,2 % del volumen total reportado, mientras que el consumo humano y doméstico representa el 17,8 %. Se estima el volumen nacional del uso de agua subterránea de 4.000 millones de metros cúbicos que corresponde al 12 % de la demanda sectorial total de recurso hídrico en Colombia (Ideam, 2015).

En la materialización de varios de los resultados esperados en el Programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB), se ha implementado un Programa de Monitoreo del Aguas Subterráneas por parte del Ideam, como parte del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (en adopción), el cual se configura como un sistema de monitoreo primario multipropósito que busca coleccionar información sobre el sistema natural, el estado y las tendencias a largo plazo de las aguas subterráneas, en cantidad y calidad de los sistemas acuíferos priorizados. En este sentido, se definió la implementación de dos redes de monitoreo para el recurso hídrico: la Red Básica Nacional de Monitoreo del Aguas Subterráneas y la Red Básica Nacional de Isotopía.

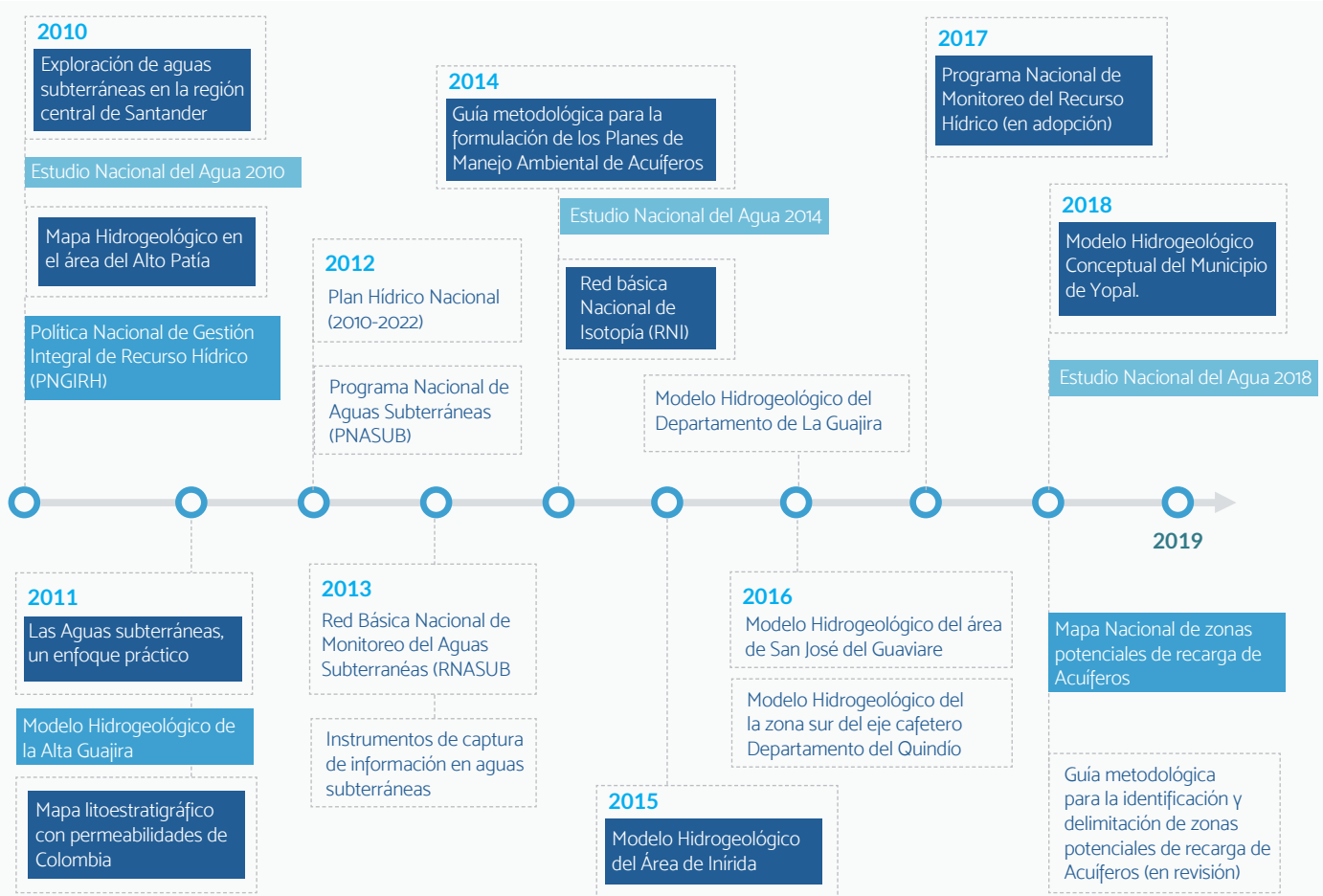
La Red Básica Nacional de Monitoreo del Aguas Subterráneas (RNASUB) inició como un proyecto convenido desde el año 2013, con el objetivo de articular acciones con las Corporaciones Autónomas Regionales en áreas prioritarias seleccionadas con base en criterios de uso y aprovechamiento del recurso.

Por otro lado, la Red Básica Nacional de Isotopía inició en el 2014 como un programa cuyo objetivo es tomar datos de forma sistemática de los isótopos que contiene la precipitación y las aguas subterráneas en una escala nacional para determinar las variaciones temporales y espaciales de los isótopos ambientales en la precipitación y, en consecuencia, proveer datos básicos para ser usados en estudios hidrológicos, además de proveer los datos de entrada para verificar y mejorar los modelos de circulación atmosférica y los estudios sobre cambio climático.

Para 2015, el SGC continúa con su plan de exploración desarrollando nuevos estudios hidrogeológicos en el área de Inírida (SGC, 2015). En el 2016, el SGC

elabora los modelos hidrogeológicos del departamento de La Guajira (SGC, 2016), de la zona sur del eje cafetero el departamento del Quindío (SGC, 2016) y del área de San José del Guaviare (SGC, 2016). En el año 2018, se elabora el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Municipio de Yopal (SGC, 2018).

Finalmente, para este mismo año, el Ideam presenta en el Estudio Nacional del Agua, el Mapa Nacional de Zonas Potenciales de Recarga de Acuíferos, el cual será complemento al documento *Guía Metodológica para la Identificación y Delimitación de Zonas Potenciales de Recarga de Acuíferos* (elaborada por el MinAmbiente, el SGC y el Ideam), la cual se encuentra en su revisión final.



• **Figura 77.** Evolución del conocimiento de las aguas subterráneas 2010-2018.



## 4.5 Conclusiones agua subterránea

- El Mapa nacional de zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas es un producto dinámico y pionero a nivel nacional. Su actualización es importante cuando se genere nuevo conocimiento geocientífico en el ámbito de las aguas subterráneas en Colombia y cuando se produzcan cambios o actualizaciones en los mapas nacionales que se usaron como insumos (suelos y coberturas especialmente). Todo cambio debe ser vinculado a la metodología establecida.
- Hay un gran potencial de investigación para estudiar las relaciones entre las variables y factores que determinan la recarga. Esto favorecerá la gestión adecuada del recurso hídrico y la mirada integral de estos procesos con diferentes disciplinas del conocimiento.
- En los últimos cuatro años, se han venido adelantando varios estudios regionales y locales de los sistemas acuíferos identificados en la publicación anterior; sin embargo, el nivel de conocimiento tan solo ha alcanzado un incremento del 14,07 %. Esto se ve reflejado en que solo se tiene identificado el 30,8 % de sistemas acuíferos con un nivel de conocimiento suficiente para la gestión de las aguas subterráneas, y del restante, que corresponde al 69,2 % del total, en los últimos años no se ha logrado generar información hidrogeológica detallada que permita la caracterización de estos sistemas acuíferos.
- Se considera que el número total de puntos de agua subterránea reportados en este estudio se encuentra muy por debajo de la cantidad de puntos existentes a nivel nacional. Es evidente que existe una dispersión de la información y una débil implementación del Funias, para la recolección de información de captaciones de agua subterráneas.
- El SIRH es la herramienta principal para la recolección y procesamiento de la información de recurso hídrico en Colombia. Sin embargo, el número de registros ingresados por las autoridades ambientales en aguas subterráneas es bajo, lo que evidencia, por un lado, el poco esfuerzo en el cargue de la información a la plataforma y, por otro, las dificultades en la evaluación y monitoreo de los sistemas acuíferos de las áreas de jurisdicción de las autoridades ambientales competentes.
- Se consideró información extraída del reporte de la información de la Tasa por Utilización de Agua (TUA), para los años 2012 al 2016, reportada por las autoridades ambientales al MinAmbiente, del cobro que se realiza a un usuario por la utilización del agua de una fuente natural, en virtud de una concesión de aguas (MinAmbiente, 2012–2016), para poder comparar con la información reportada en el Estudio Nacional del Agua 2014, del año 2011. Sin embargo, dicha información no se consideró en esta publicación, ya que los reportes no son consistentes en cada uno de los años reportados.



Río Guaitara  
Claudia Tetay

---

# USOS DEL AGUA

---

**Autores**

**Ideam**

Consuelo Helena Onofre Encinales

**CTA/GSI-LAC**

Diego Arévalo Uribe

Andrea Guzmán Cabrera

Carolina Rodríguez Ortiz

Gabriela Parada Puig

Juan Esteban González Valencia

Andrés Estrada

Fernando Flórez

CAPÍTULO

05

El capítulo del uso del agua en Colombia, en el marco del Estudio Nacional del Agua 2018, integra los conceptos y metodologías que describen el uso antrópico estimado, desde la extracción del agua del sistema natural, incluyendo los usos consuntivos y no consuntivos, hasta los volúmenes de agua retornados a la cuenca. El capítulo se centra en la identificación, caracterización y cuantificación de procesos sectoriales y su relación directa con el agua de ríos, lagos y acuíferos, complementado por el análisis del uso ecosistémico del agua, en torno a la sostenibilidad ambiental de las cuencas, frente a la expansión de la frontera agropecuaria. Para esto se desarrollan, de manera complementaria e integrada, los conceptos de *demanda hídrica* y *huella hídrica*, únicamente en sus componentes verde y

azul, haciendo referencia exclusiva al requerimiento de agua sectorial y multisectorial al nivel de subzona hidrográfica, desde el punto de vista del impacto sobre la cantidad del agua.

De manera coherente con los estudios nacionales del agua previos, ENA 2010 y ENA 2014, se mantiene la filosofía de utilizar la información estadística más actualizada disponible, que presente condiciones de origen reconocido y verificable, validación y homogeneidad, lo que conduce a un plazo de dos años entre el año de publicación del estudio y el año base de información estadística utilizada para el cálculo de la demanda y huella hídrica. De esta forma, para el ENA 2018 fue utilizada información correspondiente al año 2016.

## 5.1 Aspectos conceptuales y metodológicos de la demanda y la huella hídrica

La *demanda hídrica* en el contexto de la hidrología se entiende como la estimación de la extracción de agua del sistema para ser usado como parte de las actividades productivas, desde el punto de vista económico, y para el uso doméstico. También se entiende a partir de la competencia por el uso que hacen los sectores y, por lo tanto, se asume como la no disponibilidad de agua para otras actividades antrópicas y los ecosistemas en un territorio y por un periodo de tiempo.

El agua se usa como insumo o como materia prima en los procesos productivos y toda o una parte de esta retorna al sistema. Los retornos de agua incluyen las pérdidas, los vertimientos y las descargas de agua turbinada.

Las pérdidas están asociadas al uso del agua desde la captación hasta la entrega nuevamente a la fuente, por las actividades antrópicas, sean estas económicas o no. Las pérdidas de agua, una vez se extrae de los sistemas hídricos para uso en los procesos productivos, se pueden aducir a uso ineficiente y a la falta de mantenimiento de infraestructura, entre otros. Por lo tanto, las pérdidas se asumen como el agua que habiendo entrado al proceso productivo no se usa en este, sino que sale del mismo por exceso o por fuga. Los vertimientos no se consideran pérdidas.

El concepto de *retorno*, definido en el ENA 2014, incluye las pérdidas como una parte. No obstante, no incluyó su definición explícitamente. Para avanzar en

el cálculo de las pérdidas se requiere identificar las fuentes de información por cada uno de los sectores, particularizar el concepto a cada uno de ellos y establecer la metodología de cálculo.

La *huella hídrica* es un concepto que permite determinar los impactos de un proceso antrópico sobre el agua, respecto a la cantidad o la calidad, para lo cual se definen tres componentes del concepto: las huellas hídricas verde, azul y gris. Los dos primeros se relacionan con el impacto en la cantidad de agua y la huella hídrica gris se relaciona con el impacto sobre la calidad del agua.

La huella hídrica se basa en el desarrollo integrado de tres conceptos: agua verde (agua de la humedad del suelo o agua ecosistémica), agua azul (agua de ríos, lagos o acuíferos) y agua virtual (agua usada, directa o indirectamente, para la producción de un bien o servicio en su proceso productivo y cadena de suministro), los cuales proveen la base conceptual y metodológica de la aplicación del concepto en el marco de los estudios nacionales del agua.

La huella hídrica se desarrolla en el ENA 2018, en concordancia con el ENA 2014, únicamente en las componentes relacionadas con la cantidad del agua (huella hídrica verde y azul), y se define como el agua que responde exclusivamente al requerimiento hídrico consuntivo del proceso productivo, por lo que es una parte del agua extraída y tras el proceso antrópico no retorna a la cuenca. La relación entre la extracción (demanda) y la porción que no retorna (huella hídrica azul y verde) está asociada con la eficiencia en el uso del agua. La huella hídrica gris continúa siendo objeto de análisis para complementar la información de calidad del agua y no se encuentra incluida en el ENA 2018.

El concepto de huella hídrica azul es complementario a la demanda hídrica y las pérdidas, siendo el

volumen de agua extraído de ríos, lagos o acuíferos (agua azul), y que no es retornado a la fuente, por lo tanto, en el proceso antrópico fue incorporado, evaporado o trasvasado. Por su parte, la huella hídrica verde solo aplica para el sector agropecuario y se basa en el uso natural del agua de la humedad del suelo que proviene de la lluvia (agua verde), fenómeno natural asociado a la vegetación, entendiéndose que la agricultura genera una apropiación indirecta de agua, asociada a un proceso antrópico.

### 5.1.1 Sectores analizados sin variación metodológica frente a ENA 2014

La demanda hídrica y huellas hídricas azul y verde para el **sector agropecuario** tienen como base la cuantificación del requerimiento hídrico de cultivos, separando la parte que debió ser satisfecha con agua de lluvia y el déficit, que debió ser cubierto por agua de riego, según la condición de oferta hídrica del año de análisis, que para el caso de ENA 2018 es el año 2016. Para la separación del agua según su origen, se utilizaron los conceptos de huella hídrica verde y azul, haciendo referencia al requerimiento hídrico de los cultivos, en comparación con las fuentes de agua disponibles en cada territorio y época, agua de lluvia o de ríos, lagos o acuíferos.

La metodología se aplicó para los cultivos agrícolas y los pastos ganaderos. La metodología para la cuantificación de los requerimientos hídricos se basa en la estimación de la cantidad de agua que cada cultivo debe tener disponible, la cual se estima mediante el análisis de sus necesidades de evapotranspiración, según sus características fenológicas, las condiciones climáticas y el tipo de suelos. El requerimiento hídrico del cultivo hace referencia, en la mayoría de cultivos, al agua necesaria para evitar estrés hídrico; no obstante, algunos cultivos

se producen bajo práctica agrícola de secano (no riego), por lo que estos cultivos sufrirán eventualmente de estrés hídrico, dependiendo de la condición climática, lo cual es en algunos casos deseable desde el punto de vista de producción (floración del café y su relación con el déficit hídrico (Cenicafé, 2010), parte de la práctica agrícola asociada a la condición climática de la zona de cultivo (arroz de secano) o cultivos en cuya práctica agrícola tradicional no reciben riego (coco, fique).

Para la *demanda hídrica agrícola* se estima como la porción del requerimiento hídrico de cultivos que debió ser satisfecha por agua de riego, entendiendo que este volumen cubre el déficit que supera la oferta natural de lluvia; el cual es afectado por la eficiencia del sistema en sus diferentes componentes, desde la aducción, distribución primaria y distribución secundaria en aplicación. El resultado final de la demanda corresponde a la estimación del volumen total de agua extraído de una fuente superficial o subterránea, con el fin de abastecer el déficit de requerimiento hídrico de un cultivo.

También se incluye la demanda hídrica y huella hídrica azul para las *actividades poscosecha agrícolas*. Hace referencia a la estimación del consumo de agua (superficial y subterránea) en las etapas posteriores a la recolección de la cosecha para cultivos de palma, banano, café y coca.

Para el **sector pecuario** se incluye la estimación para producción bovina, porcícola y avícola, y para cada uno se analizan tres variables: requerimiento de agua del animal, agua empleada en actividades de aseo de alojamiento y sacrificio. La fuente de datos proviene de la concertación realizada con el Dane para estos cultivos y basada en la información de los gremios.

La demanda hídrica y huella hídrica azul para el **sector doméstico** hacen referencia a la estimación del

uso de agua para satisfacer las necesidades básicas de las personas en cuanto a sus actividades cotidianas ya sea para uso vital y para el uso del aseo de la vivienda. En el proceso de aducción, conducción y suministro de agua potable registra pérdidas. Estas se estiman en aproximadamente el 45 %. Se tomó como base la información de uso de agua por municipio registrada en el SUI.

La demanda hídrica y huella hídrica azul para el **sector de generación de energía**, tanto hidráulica (grandes centrales, embalses y PCH) como térmica (a carbón, gas y otros combustibles), emplean información secundaria disponible en fuentes oficiales (UPME), como volúmenes útiles almacenados de los embalses que hacen parte del sistema interconectado y datos de generación de las centrales térmicas.

La demanda hídrica y huella hídrica azul para el **sector petrolero** se estimaron con información de la ACP, relativa a indicadores hídricos anuales para evaluación del uso del agua en las diferentes etapas: exploración, producción, transporte y refinación.

La demanda hídrica y huella hídrica azul del **sector minero** se basaron en la información del sector, tomada mediante el Formato Básico Minero para toda la minería, discriminando la minería de oro y carbón, la cual fue mejorada en su estructura para recopilación de información sobre agua con la metodología para estimar la huella hídrica azul del sector minero, desarrollada por UPME en 2016.

## 5.1.2 Sectores analizados con variación metodológica frente a ENA 2014

El cálculo de la demanda de agua en industria y en piscicultura tiene variaciones en relación con el año 2010 y 2014. Con respecto a la primera, si bien utili-

zaron las mismas fuentes que las usadas en 2014, se simplifica la metodología. Por el contrario, en la piscicultura, la metodología se amplía. Esta se desarrolla de acuerdo con el uso de agua estructurada en el proceso productivo (flujos de agua, agua que permanece en el estanque durante el proceso de crecimiento de las especies, el agua usada en el proceso de beneficio) y diferencia entre la piscicultura de estanque y la de jaula. En esta última solo se incluye el agua que se transforma en biomasa, pues es necesario establecer una metodología explícitamente para este uso.

La demanda hídrica y huella hídrica azul para el **sector industrial** se concentra en las principales ciudades donde el sector industrial manufacturero es un actor relevante en la economía, en la generación de empleo y en su relación con el recurso hídrico. Las estimaciones se realizaron a partir del análisis de las fuentes disponibles como RUA, SIRH EAM y EAI. Estas fuentes de información registran una parte de los establecimientos y tienen establecimientos comunes. Dadas las características de las fuentes, se hizo una combinación de las mismas en donde se hallaron los establecimientos comunes a cada par de fuentes de información y a todas. Se hizo el análisis de los establecimientos registrados una o más veces en las diferentes fuentes para depurarlas y encontrar diferencias en los registros. Como criterio para el cálculo, se tomó la decisión de recoger el dato de uso de agua mayor para el mismo establecimiento registrado en dos o más fuentes. Como EAM y EAI registran grandes establecimientos, y RUA y SIRH todos los establecimientos grandes y pequeños que requieran un trámite ambiental o que tengan un permiso de uso de agua, se tiene una variable de control que fue el número de empleados para establecer si es grande o *mipyme*. De esta combinación se obtienen 4 515 registros que muestran un uso de agua de 897,5 millones de m<sup>3</sup>. Las pérdidas se calculan solo sobre los datos de las encuestas de EAM y EAI, pues el registro de RUA y SUA se toma desde la captación.

No se pudo hacer el ejercicio de recálculo de la demanda de agua en industria para los años de los Estudios Nacionales de Agua anteriores, porque se encontró que para 2008 la EAI y el RUA estaban comenzando su implementación y no existía el SIRH.

La demanda hídrica y huella hídrica azul para el **sector piscícola** del país no cuenta con un sistema de información que permita hacer cálculos confiables de su uso de agua. Como no se tienen registros de uso de agua, fue necesario acordar algunos parámetros de cálculo de flujos de agua para la trucha, tilapia, cachama y otras especies, así como del agua que permanece en los estanques, y el agua usada en el beneficio. Los procesos acordados con el Ministerio de Agricultura, Aunap y Fedecua para el cálculo del agua usada en piscicultura fueron los siguientes:

- El uso de agua de la producción piscícola en estanques. Para aquella producción que se hace en jaulas solo se calcula el agua que se convierte en biomasa. Se estima en el 70 % del peso del animal.
- El agua que permanece en los estanques durante el periodo de tiempo necesario para obtener la cosecha.
- El flujo de agua o recambio tanto para trucha como para la tilapia, cachama y otras especies
- El uso de agua en el beneficio de la piscicultura, esto es, el volumen usado en el eviscerado y limpieza y corte del animal. Los factores usados fueron los siguientes: 2 l/kg para las toneladas destinadas al mercado nacional en todas las especies, 8 l/kg para trucha de exportación y 2,6 l/kg en el beneficio de cachama tilapia y las demás especies.
- Para la producción en estanque no se calcula el agua que se convierte en biomasa pues se estaría duplicando el volumen. El agua es el medio en el que crecen y se alimentan.

- Para el cálculo del flujo de agua o recambio en trucha se utiliza el parámetro de 900 l/min, tomado de la literatura (Incoder, 2006) El flujo de agua para tilapia, cachama y otros depende del tipo de piscicultura, el tipo de suelo, la temperatura, la densidad de siembra y su cambio en cada etapa de crecimiento, etc. Estos flujos pueden oscilar desde el 5 % hasta el 50 % del recambio, de acuerdo con la literatura (Agrinal y Solla, s.f.). Los factores para Colombia y utilizados en este ENA se ajustaron<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estos factores fueron tema de discusión de varias sesiones. Estos deben ser evaluados con mayor profundidad a futuro, por cuanto, según la experiencia de Fedeaqua y Aunap, los recambios en especies como tilapia son muy escasos, incluso los estiman en 5 % o menos.

en reuniones de trabajo con los representantes del sector en el 15 %.

- No obstante, al hacer los cálculos con estos parámetros y revisando adicionalmente las bases de datos del SIRH sobre las concesiones de agua de las piscícolas y consulta con otros expertos, se consensuó con los técnicos del MinAgricultura, Aunap y Fedeaqua que, en las condiciones actuales de tecnología y las características de la mayoría de los productores, una cifra por debajo de 2.000 millones de m<sup>3</sup>, subestimaría el uso de agua del sector.

## 5.2 Demanda hídrica y huella hídrica sectorial y multisectorial

En este punto se incluyen los resultados de demanda y huella hídrica azul agregada sectorial a nivel nacional, complementado con el análisis para el sector agrícola de huella hídrica verde. Los resultados sectoriales y su distribución se presentan para cada las cinco áreas hidrográficas y 316 subzonas hidrográficas que cubren el país.

Para complementar y facilitar el análisis del comportamiento histórico de la demanda hídrica agrícola, se incluye el análisis de la variación multianual, utilizando información continua desde 2008 hasta 2016. Este análisis multianual se presenta con el fin de evidenciar la singularidad del sector frente a otros sectores en torno a su dependencia, no solo de la variación de unidades de uso de agua (áreas sembradas, por cultivo, localización y prácticas agrícolas asociadas a los sistemas de riego por cultivo y zona), sino de la variabilidad climática que determina

la oferta hídrica y el déficit de requerimiento hídrico que debió ser cubierto por agua de riego.

### 5.2.1 Demanda de agua y huella hídrica nacional multisectorial

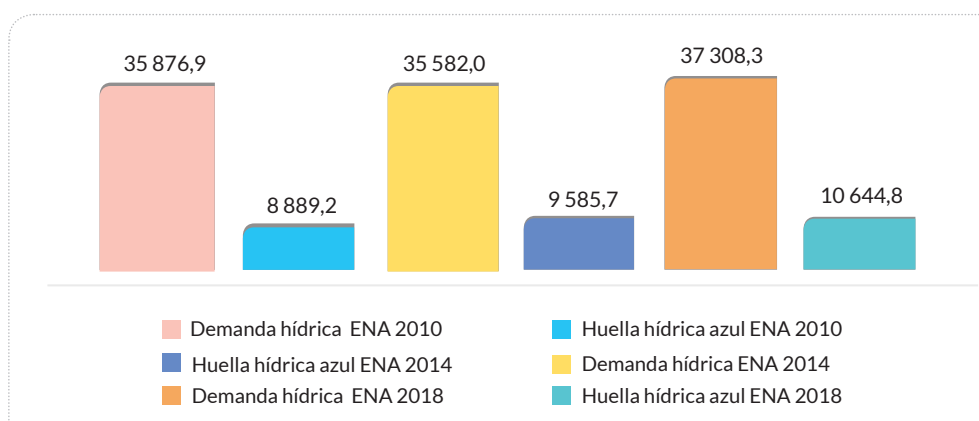
Se presentan a continuación los resultados de la demanda y su complemento con la huella hídrica azul en el nivel nacional, sectorial, por área hidrográfica y por subzona hidrográficas (**Figura 78**). La componente verde de la huella hídrica, que hace referencia exclusivamente al sector agropecuario, se presenta y analiza de manera independiente a la demanda hídrica.

La demanda total del agua en Colombia para el año 2016 ascendió a 37 308 millones de m<sup>3</sup>, el incremento estimado con relación a 2012 fue del 5 %. La huella hídrica azul presenta un incremento del 11 % respec-



to al valor estimado del ENA 2014. Tanto la demanda hídrica como la huella hídrica azul muestran un comportamiento histórico creciente en los años de análisis. Adicional a esto, la relación porcentual entre la demanda hídrica y la huella hídrica azul<sup>2</sup> demuestra un

aumento en la eficiencia del uso del agua por parte de los sectores económicos, que va desde 24,8 % en 2008 (ENA 2010\*), pasando por 26,9 % en 2012 (ENA 2014) y llegando a 28,5 % en 2016 (ENA 2018).



• **Figura 78.** Demanda hídrica y huella hídrica azul. Comparación ENA 2010, 2014 y 2018.

\*El valor de huella hídrica se estimó para el año 2008, pues en el Estudio Nacional del Agua 2010 no estuvo incluido el concepto de *huella hídrica*.

Estos valores se interpretan como un aumento en la eficiencia en el uso del agua, dado que, aunque el aumento en la demanda evidencia que se extrae un mayor volumen de agua en cada periodo de análisis, esta extracción mayor también ha respondido a un porcentaje creciente de agua usada que no ha retornado a la cuenca<sup>3</sup>, por lo tanto, se ha reducido la proporción de los flujos de retorno que responden a la sumatoria de pérdidas, vertimientos y descargas. La reducción porcentual de flujos de retorno abre la posibilidad de una reducción en las pérdidas físicas

desde el punto de extracción al punto de uso de agua o una reducción en los vertimientos y descargas que hacen referencia directa a los usos no consuntivos de agua, que en muchos casos abren la posibilidad de implementar acciones de reúso y recirculación, con el propósito de optimizar la demanda hídrica.

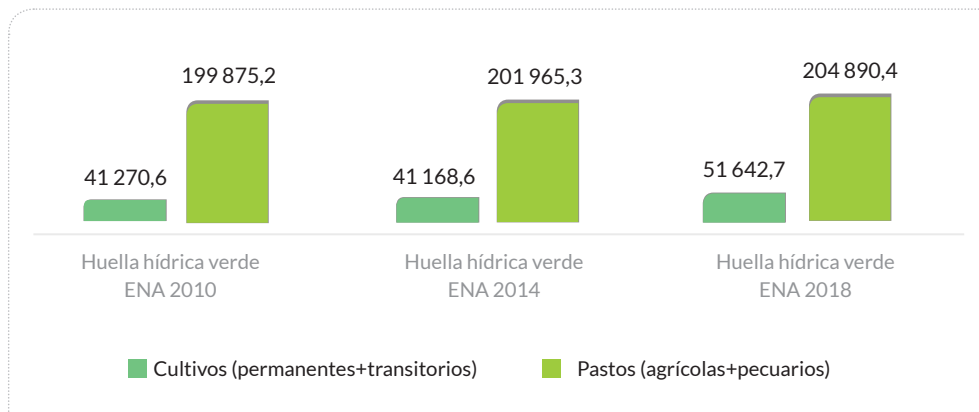
La huella hídrica verde presenta un orden de magnitud mayor que la demanda hídrica y la huella hídrica azul, asociado a la evidencia de que la agricultura en Colombia se encuentra soportada principalmente por la humedad del suelo proveniente de la lluvia, aproximadamente el 90 %, y el déficit, que se satisface con riego, se encuentra en cerca del 10 % del requerimiento hídrico agrícola total. Los valores evidencian un comportamiento creciente consistente con el aumento de áreas agrícolas a nivel nacional (**Figura 79**). Los valores se separan en uso agrícola y uso ganadero, prevaleciendo el segundo de manera

<sup>2</sup> La relación entre la huella hídrica azul y la demanda hídrica responde al indicador Índice de Eficiencia en el Uso del Agua - IEUA, el cual fue introducido en ENA 2014, y se desarrolla y actualiza desde lo conceptual y metodológico en este capítulo.

<sup>3</sup> El agua extraída que no retorna a la cuenca queda cuantificada en la huella hídrica azul, y este fenómeno se presenta porque el agua se ha incorporado a un producto, evaporado o trasvasado a otra cuenca vecina.

coherente con la distribución de áreas para cada uso en el territorio nacional. Los resultados de la huella hídrica verde se presentan a nivel nacional, por área

hidrográfica y principales subzonas hidrográficas, en el apartado específico del sector agrícola (numeral 5.2.2.1).

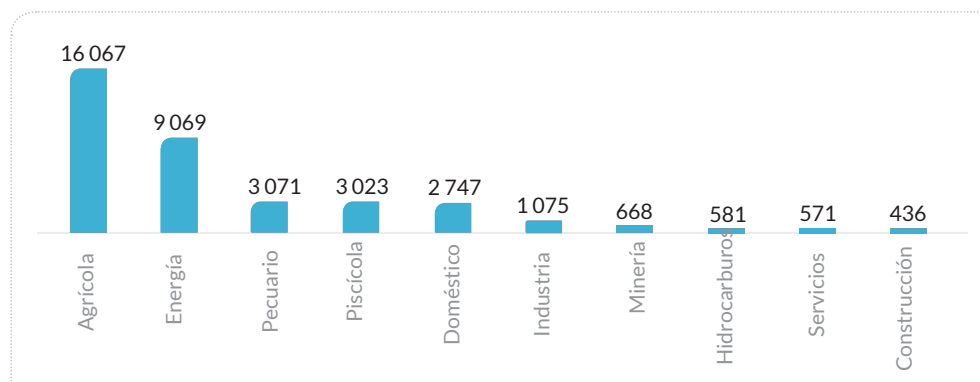


• **Figura 79.** Huella hídrica verde. Comparación entre ENA 2010, 2014 y 2018.

\*El valor de huella hídrica se estimó para al año 2008, pues en el Estudio Nacional del Agua 2010 no estuvo incluido el concepto de *huella hídrica*.

La demanda hídrica sectorial se distribuye en los sectores económicos como se muestra a continuación (**Figura 80** y **Figura 81**); los sectores con mayor

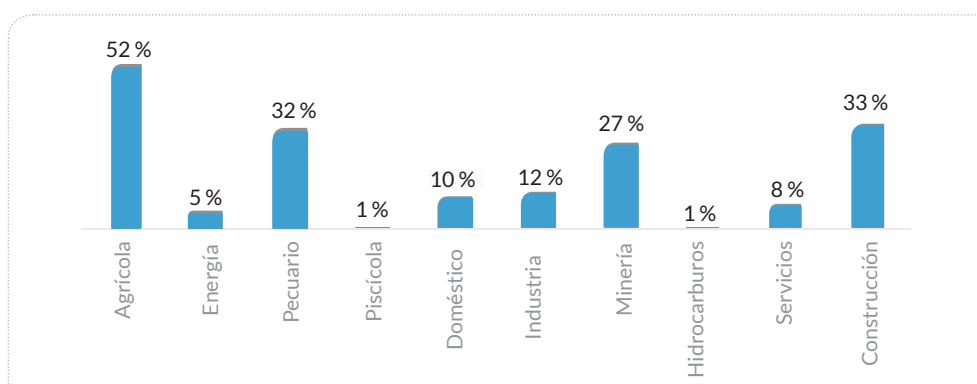
participación son agrícola con el 43,1 %, energía con el 24,3 % y pecuario con el 8,2 %, concentrando el 76 % de la demanda hídrica nacional.



• **Figura 80.** Demanda hídrica sectorial ENA 2018 (millones de m³/año).

De manera complementaria a la demanda, la huella hídrica azul permite identificar a *grandes usuarios del agua*, donde el agua no retornada es un bajo porcentaje,

y *grandes consumidores de agua*, donde el porcentaje que no retorna es alto, porque se evapora, incorpora o trasvasa.



• **Figura 81.** Huella hídrica azul como porcentaje de la demanda hídrica.

Adicional a los conceptos de demanda hídrica y huella hídrica azul, también se analizan *los flujos de retorno*, calculados como la diferencia entre el volumen usado

y el que no retorna. Dichos flujos de retorno se distribuyen entre pérdidas, vertimientos y descargas por generación de energía del sector eléctrico (**Tabla 27**).

• **Tabla 27.** Demanda de agua, huella hídrica azul y flujos de retorno en millones de m<sup>3</sup>.

Sectores	Demanda hídrica	Huella hídrica azul	Flujos de retorno	Pérdidas	Vertimientos	Descargas
▶ Agrícola	16 066,9	8 327,7	7 739,2	7 732,9		
▶ Energía	9 069,45	453,3	59 400,0			59 400
▶ Pecuario	3 071,4	1 013,1	2 058,3	891,0	1 167,3	
▶ Piscícola	3 023,2	27,4	2 913,4			
▶ Doméstico	2 747,2	285,0	2 462,3	852,6	1 609,7	
▶ Industria	1 074,6	125,0	949,7	39,5	910,2	
▶ Minería	668,2	180,1	488,1			
▶ Hidrocarburos	581,3	6,1	575,1			
▶ Servicios	570,9	43,1	527,8	129,3	398,4	
▶ Construcción	435,8	143,8	292,0			

Para el año 2016, el volumen de la huella hídrica azul representa el 28,4 % de la demanda y los flujos de retorno alcanzan el 71,6 % del agua usada. En particular el sector de energía incluye en la demanda los millones de metros cúbicos usados en hidroenergía y termoenergía (9.069,4 millones de m<sup>3</sup>). La generación eléctrica retorna 59 400 millones de m<sup>3</sup>, valor

que es el cálculo del agua turbinada y corresponde a las descargas que hacen las hidroeléctricas y las PCH al sistema.

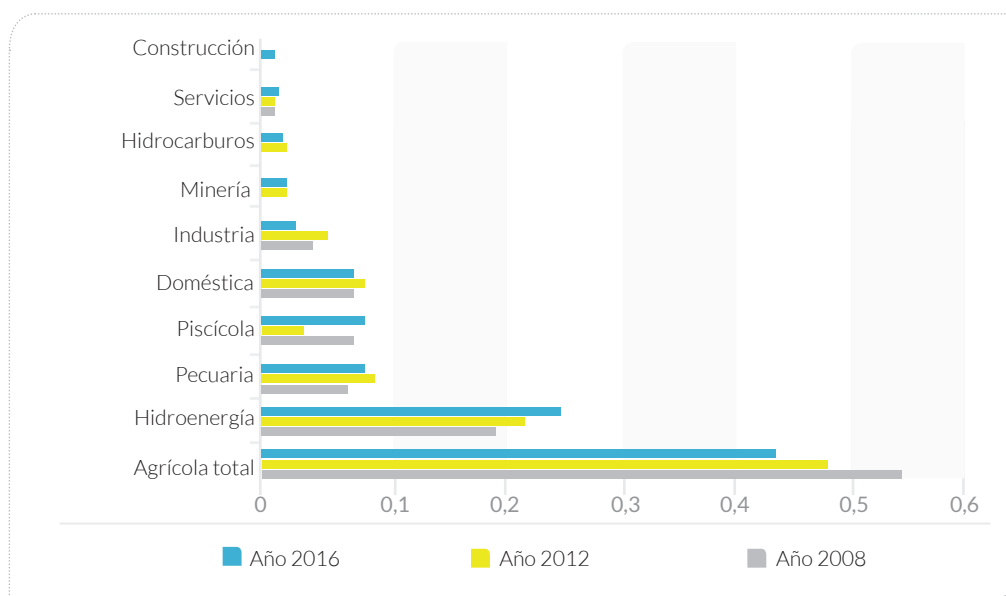
Los flujos de retorno se calculan como la diferencia entre la demanda y la huella hídrica y oscilan entre el 20 % y el 99 % del agua usada. Estos se distribuyen

entre pérdidas y vertimientos, cuyos volúmenes se recogen en la **Tabla 27**.

Para el sector agrícola se considera como flujo de retorno la diferencia entre la demanda hídrica agrícola (extracción) y la huella hídrica azul (consumo por evapotranspiración asociado exclusivamente a agua de riego), es decir, son las pérdidas, que para el caso de la agricultura se equiparan a los flujos de retorno

difusos. Para el sector pecuario se asume pérdidas cercanas al 40 %, lo mismo que para la industria, mientras que en el sector doméstico y servicios se asume cerca del 45 %. Se asumen vertimientos entre el 57 % en el sector pecuario hasta el 95 % en industria.

El comportamiento de la demanda hídrica de los sectores para los años 2008, 2012 y 2016 se ilustra en la **Figura 82**:



• **Figura 82.** Participación porcentual de la demanda hídrica con respecto al valor total de los sectores usuarios por año. Comparación ENA 2010, 2014 y 2018.

Para 2016 se identifica el aumento del 9 % con respecto a 2012 en la demanda del sector de generación eléctrica que corresponde con la entrada en operación de los embalses de El Quimbo y Sogamoso y con el efecto del fenómeno de El Niño en 2016 que obligó a un uso más intenso de las centrales de generación térmicas.

La cifra del uso de agua en industria presenta una variación que corresponde a la discriminación en industria y construcción, pues son dos actividades clasificadas en códigos diferentes del CIU y

se pudo registrar un uso de agua en construcción cercano a los 500 millones de m<sup>3</sup>. La variación en el comportamiento de la industria se debe a cambios en la metodología, situación que permitió revisar fuentes y aumentar la confiabilidad en cada estudio. De la misma manera, el uso de agua en el sector piscícola muestra variaciones a causa de los ajustes metodológicos y de fuentes de información que se exponen en el punto 5.2.1 de este documento.

Los resultados de la demanda hídrica por sectores y por área hidrográfica evidencian que el agua usada en

la agricultura tiene los mayores volúmenes en cuatro de las cinco áreas hidrográficas, y la participación de este sector oscila desde el menor porcentaje en el Amazonas con el 12 % hasta el mayor 57 % en el Pacífico

(Tabla 28). Amazonas es la única área hidrográfica que presenta un mayor porcentaje en el sector pecuario, doméstico y piscícola; no obstante, esta área hidrográfica solo representa el 1,4 % del uso nacional.

• **Tabla 28.** Distribución de la demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.

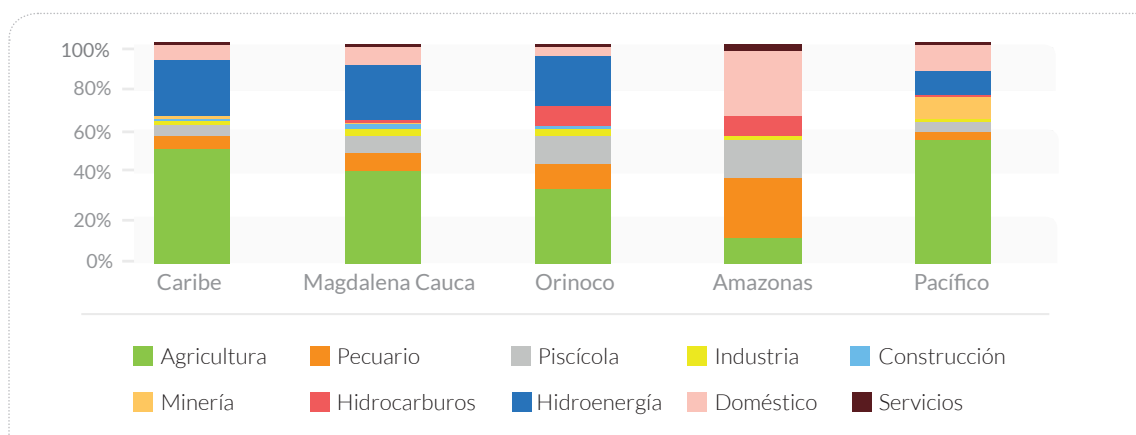
	Caribe	Magdalena Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico
▶ Agricultura	52,28 %	42,51 %	34,77 %	11,99 %	57,00 %
▶ Pecuario	5,75 %	8,25 %	10,30 %	27,71 %	4,01 %
▶ Piscícola	5,48 %	7,76 %	13,35 %	17,00 %	3,54 %
▶ Industria	1,69 %	3,24 %	2,73 %	2,03 %	1,23 %
▶ Construcción	0,43 %	1,36 %	1,27 %	0,02 %	0,05 %
▶ Minería	1,76 %	1,70 %	0,08 %	0,19 %	11,10 %
▶ Hidrocarburos	0,05 %	0,47 %	8,93 %	8,25 %	0,00 %
▶ Energía	24,75 %	25,43 %	22,93 %	0,00 %	10,68 %
▶ Doméstico	7,07 %	7,56 %	4,20 %	29,65 %	11,58 %
▶ Servicios	0,75 %	1,72 %	1,43 %	3,16 %	0,80 %
	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

El uso del agua en la generación de energía se presenta en cuatro de las áreas hidrográficas, concentrando entre Magdalena–Cauca, Caribe y Orinoco que en cada una alcanzan cerca de la cuarta parte de la demanda hídrica total de estas áreas, se excluye el área del Amazonas que no utiliza el agua para generación de energía. Los hidrocarburos concentran su demanda hídrica en las áreas hidrográficas del Orinoco y Amazonas, cada una representa el 9,4 % de su demanda total.

El área Magdalena–Cauca demanda 25 766,5 millones de m<sup>3</sup>, es decir el 70 % del total nacional. De esta, el 42,5 % se usa en agricultura y el 25,4 % en hidroenergía, el 8,2 % en relación a lo pecuario, el 7,5 % para uso doméstico y el 7,7 % en la piscicultura. Los demás

sectores abarcan el porcentaje restante (**Figura 83**).

En la **Figura 83** se evidencia que la agricultura es el uso con mayor porcentaje en todas las áreas, a excepción del Amazonas. Si bien en el Pacífico los porcentajes de uso de agua en agricultura son mayores que en las demás áreas (57 %), el volumen absoluto tan solo corresponde a 697,9 millones de m<sup>3</sup>. El total del agua usada en esta área asciende a 1 224,5 millones de m<sup>3</sup>. De otra parte, los menores porcentajes corresponden al uso de agua en actividades de servicios, cuyo mayor porcentaje está en el área de Amazonas con 3,2 % y 9,6 millones de m<sup>3</sup>. El área del Caribe alcanza el 0,75 % con 38 millones de m<sup>3</sup>. El área con mayor uso es Magdalena–Cauca con 443,8 millones de m<sup>3</sup> que tan solo representa el 1,72 %.



• **Figura 83.** Distribución de la demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.

El uso en hidroenergía está presente en cuatro de las cinco áreas, tres de ellas con porcentajes superiores al 20 % (Caribe, Magdalena-Cauca, y Orinoco) y una alcanza el 10,6 % (Pacífico).

El uso del sector piscícola está presente en todas las áreas con mayor intensidad en Magdalena-Cauca (7,76 %), Orinoco (13,3 %) y Amazonas (17 %) del total del agua usada en cada área. En valores absolutos, el área Magdalena-Cauca con 2 000,8 millones de m<sup>3</sup> representa  $\frac{2}{3}$  del uso total en esta actividad.

El uso doméstico representa el 3,16 % del uso total del área del Amazonas con 89,7 millones de m<sup>3</sup>. Le sigue el sector pecuario con 27,7 % y 83,8 millones de m<sup>3</sup>.

Los demás sectores representados en cada área no superan el 10 %. Los datos completos se encuentran en la **Tabla 36** e ítem 5.2.3 de este estudio.

## 5.2.2 Distribución sectorial de demanda y huella hídrica para año 2016

En este apartado se presentan los resultados integrados de demanda hídrica y huella hídrica azul para

cada uno de los sectores, adicionando la huella hídrica verde que aplica exclusivamente para el sector agropecuario. Los resultados se presentan de manera separada por sector, bajo una perspectiva nacional y posteriormente para las unidades de análisis geográfica principales de ENA, las subzonas hidrográficas.

### 5.2.2.1 Demanda hídrica y huella hídrica del sector agrícola

La demanda hídrica del sector agrícola se enfoca en el análisis de los requerimientos hídricos de los cultivos y su relación con la oferta hídrica natural, asociada a la variabilidad temporal y espacial de la precipitación y a las características del suelo, lo que genera un superávit o déficit de agua, geográfica y temporalmente localizado.

El déficit hídrico generado por escasas de lluvia normalmente es satisfecho con riego, siempre que existen fuentes de agua superficial o subterránea con disponibilidad. El requerimiento hídrico asociado es el volumen de agua que debió ser extraído para suministrar riego a cultivos y se denomina *demanda hídrica del sector agrícola*. La metodología para la estimación del requerimiento hídrico de los cultivos se

basa en el balance de agua en el suelo y en los conceptos de agua verde y agua azul, los cuales fueron ampliamente explorados en el ENA 2014.

### Áreas sembradas: sector agropecuario

La cuantificación de uso de agua agrícola se realizó para los principales cultivos del país, agrupados en 23 permanentes<sup>4</sup> y 18 transitorios, dentro de los cuales se consideran las categorías *otros permanentes* y *otros transitorios* con el fin de incluir la totalidad de los cultivos reportados en las bases de datos oficiales de agricultura a nivel nacional. Para los cultivos permanentes se asume un área constante a lo largo del año, mientras que para los cultivos transitorios se consideran los calendarios de siembra y cosecha mensuales, incluyendo las dinámicas de rotación interanual de cultivos transitorios.

La metodología se plantea para un contexto nacional, por lo que las bases de datos empleadas para el cálculo agrícola se basaron en la información más actualizada y con mayor nivel de detalle disponibles, homogeneizadas para todo el país, con el respectivo análisis de calidad y concertación de cifras finales con las entidades que son fuente de la estadística agrícola nacional: Dane, MinAgricultura y agremiaciones de productores.

La información utilizada permite determinar que el área total agrícola aumento cerca del 21 %, respecto a la considerada en ENA 2104. De los cultivos permanentes sobresalen los cultivos de café, palma, caña y plátano, que representan 26 %, 14 %, 13 % y 13 %, respectivamente, del total de área sembrada. Estos cuatro cultivos concentran casi 2,4 millones de hectáreas, es decir, el 67 % del área total de cultivos permanentes.

<sup>4</sup> A diferencia de la estadística utilizada para ENA 2014, para ENA 2018 se consideró la yuca como cultivo permanente por presentar áreas sembradas reportadas anual y no semestralmente.

En el semestre A, los cultivos transitorios aumentaron el 52 % en área sembrada, respecto a la considerada en ENA 2014. Sobresalen los cultivos de maíz y arroz, de secano mecanizado y riego, que representan el 29 %, 24 % y 13 % respectivamente del total de área sembrada. Estos tres cultivos concentran cerca de 710.000 has, representando el 65 % del área total de cultivos transitorios para el primer semestre.

En el semestre B, los cultivos transitorios aumentaron el 25 % en área sembrada, respecto a la considerada en ENA 2014. Sobresalen los cultivos de maíz, papa y arroz de riego, que representan el 40 %, 18 % y 10 % respectivamente del total de área sembrada. Estos tres cultivos concentran casi 530.000 has, es decir, el 68 % del área total de cultivos transitorios para el segundo semestre.

Los cultivos permanentes que presentan un crecimiento resaltable en área sembrada son el cacao y aguacate, que aumentaron en 88% y 127 % respectivamente. Igualmente, cultivo de hoja de coca presentó un crecimiento del 206 % para el periodo analizado de 2012 a 2016.

La información de los pastos a nivel nacional se clasifica a escala municipal en cinco categorías: pastos de corte, forrajeros, pastos naturales, pastos mejorados y sistemas silvopastoriles; información que es consistente con la información utilizada en ENA 2014. Los pastos de corte y forrajeros son cultivados y cosechados para servir como alimento para el ganado y presentan una dinámica agrícola, por lo cual se consideran como cultivo agrícola con propósito ganadero, y se asume que su requerimiento hídrico puede presentar déficit, el cual puede ser satisfecho con agua de riego, con el fin de sostener una producción agrícola. Las otras tres categorías de pastos son asociadas a la ganadería extensiva y se asume que su requerimiento hídrico es, total o parcialmente satisfecho, únicamente contando con la disponibilidad

natural de la lluvia. Los cinco tipos de pasto se consideran como parte del sector agrícola.

Para obtener la distribución espacial de las áreas sembradas de los cultivos y pastos, se siguió la metodología definida en ENA 2014, con base en la delimitación de polígonos agroclimáticamente homogéneos y en la mayor probabilidad de presencia de cada cultivo, según condiciones climáticas y de suelo. Para ENA 2018, el territorio agrícola nacional fue dividido en 57 265 polígonos homogéneos, 22 529 de ellos son cultivos agrícolas, 33 883 corresponden a pastos empleados en ganadería extensiva, 798 corresponden a plantaciones forestales y 55 a cultivos confinados.

La demanda hídrica se estima con base en el balance de agua en el suelo y con base en el requerimiento hídrico del cultivo y la disponibilidad hídrica, ambas variables geográfica y temporalmente distribuidas, se determina el volumen de riego requerido, el cual se relaciona con la extracción de agua de la fuente hídrica por la eficiencia del sistema de riego considerado. Para la asignación de eficiencia en sistemas de riego identificados, se siguió la metodología utilizada en el ENA2014, por lo que cada polígono agrícola con déficit hídrico identificado fue clasificado según el tipo de riego común en la zona, ubicación y cultivo (**Tabla 29**).

• **Tabla 29.** Eficiencias para 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).

## Resultados del sector agrícola: demanda hídrica y huella hídrica azul y verde

A continuación, se presentan los resultados de la demanda hídrica y huella hídrica azul y verde por cultivos.

**Los cultivos permanentes** representan el 57 % del total de la demanda hídrica agrícola, el 60 % del total de la huella hídrica azul agrícola y el 15 % del total de la huella hídrica verde agrícola. La demanda hídrica y la huella hídrica azul agrícola están concentradas en cinco cultivos principales: plátano, palma, caña, yuca y cacao, que representan el 77 % del total estimado para el componente azul de la huella hídrica y la demanda hídrica. La huella hídrica verde está concentrada en cinco cultivos principales: café, plátano, palma, caña y cacao, que representan el 76 % del componente verde de la huella hídrica (**Tabla 30**).

Los cultivos transitorios representan el 18 % del total de la demanda hídrica agrícola, el 13 % del total de la huella hídrica azul agrícola y el 3 % del total de la huella hídrica verde agrícola. La demanda hídrica y la huella hídrica azul agrícola están concentradas en dos cultivos principales (**Tabla 31**): arroz de riego y maíz, que representan más del 80 % del total estimado para el componente azul de la huella hídrica y la demanda hídrica. La huella hídrica verde se concentra en tres cultivos principales: arroz de riego, arroz seco mecanizado y maíz, que representan el 79 % del componente verde de la huella hídrica (**Figura 86** y **Figura 88**).

Los pastos representan el 25 % del total de la demanda hídrica agrícola, el 27 % del total de la huella hídrica azul agrícola y el 82 % del total de la huella hídrica verde agrícola (**Tabla 32**). La demanda hídrica y la huella hídrica azul agrícola están concentradas en pastos de corte y cultivos forrajeros, que son las dos categorías para las cuales se considera la posibilidad de riego. La huella hídrica verde está concentrada en pastos naturales y mejorados, que representan el 89 % del total estimado para esta componente.



• **Tabla 30.** Demanda hídrica y huella hídrica azul y verde para cultivos permanentes.

Cultivo	Demanda hídrica Cultivos permanentes (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica azul Cultivos permanentes (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica verde Cultivos permanentes (millones de m <sup>3</sup> /año)	
▶ Plátano	2 399,3	26,2 %	1 279,6	25,7 %	6 488,7	15,3 %
▶ Palma*	1 768,0	19,3 %	1 000,6	20,1 %	6 280,3	14,8 %
▶ Caña	1 128,8	12,3 %	639,6	12,8 %	6 206,2	14,7 %
▶ Yuca	1 077,8	11,8 %	574,8	11,5 %	2 211,2	5,2 %
▶ Cacao	628,2	6,9 %	335,1	6,7 %	2 554,1	6,0 %
▶ Banano**	553,9	6,1 %	291,5	5,9 %	1 168,6	2,8 %
▶ Ñame	434,0	4,7 %	231,5	4,6 %	453,6	1,1 %
▶ Otros permanentes	330,3	3,6 %	176,2	3,5 %	1 328,2	3,1 %
▶ Mango	302,7	3,3 %	161,4	3,2 %	447,3	1,1 %
▶ Cítricos	153,6	1,7 %	81,9	1,6 %	805,4	1,9 %
▶ Piña	81,8	0,9 %	43,7	0,9 %	261,7	0,6 %
▶ Aguacate	81,1	0,9 %	43,3	0,9 %	719,1	1,7 %
▶ Naranja	61,0	0,7 %	32,5	0,7 %	266,1	0,6 %
▶ Flores	46,8	0,5 %	30,2	0,6 %	18,3	0,0 %
▶ Mora	36,0	0,4 %	24,9	0,5 %	161,1	0,4 %
▶ Tomate de árbol	35,5	0,4 %	19,2	0,4 %	135,8	0,3 %
▶ Guayaba	30,0	0,3 %	16,0	0,3 %	180,3	0,4 %
▶ Café***	5,5	0,1 %	0,6	0,0 %	10 786,5	25,5 %
▶ Caucho	-	0,0 %	-	0,0 %	485,7	1,1 %
▶ Coca****	0,1	0,0 %	-	0,0 %	1 001,8	2,4 %
▶ Coco	-	0,0 %	-	0,0 %	226,4	0,5 %
▶ Fique	-	0,0 %	-	0,0 %	109,2	0,3 %
	<b>9 154,2</b>	<b>100,0 %</b>	<b>4 982,5</b>	<b>100,0 %</b>	<b>42 295,5</b>	<b>100,0 %</b>

\* Al cultivo de palma se adiciona la demanda hídrica y la huella hídrica azul de poscosecha, las cuales se estiman en 30,4 y 15,9 millones de m<sup>3</sup>/año, respectivamente.

\*\* Al cultivo de banano se adiciona la demanda hídrica y la huella hídrica azul de poscosecha, las cuales se estiman en 13,3 y 3,2 millones de m<sup>3</sup>/año, respectivamente.

\*\*\* Al cultivo de café solo se contabiliza la demanda hídrica y la huella hídrica azul de poscosecha, las cuales se estiman en 5,5 y 0,6 millones de m<sup>3</sup>/año, respectivamente.

\*\*\*\* Al cultivo de coca solo se contabiliza la demanda hídrica de poscosecha, la cual se estima en 0,1 millones de m<sup>3</sup>/año.

• **Tabla 31.** Demanda hídrica y huella hídrica azul y verde para cultivos transitorios.

Cultivo	Demanda hídrica Cultivos transitorios (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica azul Cultivos transitorios (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica verde Cultivos transitorios (millones de m <sup>3</sup> /año)	
▶ Arroz de riego	1 881,0	64,7 %	564,3	50,8 %	1 772,8	19,0 %
▶ Maíz	628,0	21,6 %	334,9	30,2 %	3 463,7	37,1 %
▶ Papa	144,3	5,0 %	77,0	6,9 %	390,4	4,2 %
▶ Otros transitorios	66,8	2,3 %	35,6	3,2 %	169,2	1,8 %
▶ Algodón	44,6	1,5 %	23,8	2,1 %	45,3	0,5 %
▶ Frijol	40,4	1,4 %	21,5	1,9 %	252,0	2,7 %
▶ Hortalizas	33,0	1,1 %	17,6	1,6 %	120,0	1,3 %
▶ Cebolla de bulbo	15,9	0,5 %	8,5	0,8 %	34,6	0,4 %
▶ Zanahoria	13,8	0,5 %	7,4	0,7 %	41,6	0,4 %
▶ Cebolla de rama	9,5	0,3 %	5,1	0,5 %	49,9	0,5 %
▶ Arveja	9,1	0,3 %	4,8	0,4 %	64,4	0,7 %
▶ Tomate	8,1	0,3 %	4,3	0,4 %	37,5	0,4 %
▶ Tabaco	7,0	0,2 %	3,7	0,3 %	27,1	0,3 %
▶ Trigo	2,6	0,1 %	1,4	0,1 %	24,5	0,3 %
▶ Sorgo	1,0	0,0 %	0,5	0,0 %	8,6	0,1 %
▶ Soya	0,1	0,0 %	0,1	0,0 %	82,4	0,9 %
▶ Arroz secano manual	-	0,0 %	-	0,0 %	644,3	6,9 %
▶ Arroz secano mecanizado	-	0,0 %	-	0,0 %	2 118,9	22,7 %
	<b>2 905,3</b>	<b>100,0 %</b>	<b>1 110,6</b>	<b>100,0 %</b>	<b>9 347,1</b>	<b>100,0 %</b>

• **Tabla 32.** Demanda hídrica y huella hídrica para pastos.

Pastos	Demanda hídrica Pastos agropecuarios (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica azul Pastos agropecuarios (millones de m <sup>3</sup> /año)		Huella hídrica verde Pastos agropecuarios (millones de m <sup>3</sup> /año)	
▶ Corte	3 003,1	75 %	1 674,5	75 %	8 630,5	4 %
▶ Forraje	1 004,5	25 %	560,1	25 %	2 994,0	1 %
▶ Mejorado	-	0 %	-	0 %	68 624,2	30 %
▶ Natural	-	0 %	-	0 %	143 594,0	62 %
▶ Silvopastoril	-	0 %	-	0 %	6 288,7	3 %
	<b>4 007,6</b>	<b>100,0 %</b>	<b>2 234,6</b>	<b>100 %</b>	<b>230 131,4</b>	<b>100 %</b>

Se debe resaltar que los pastos naturales, mejorados y sistemas silvopastoriles, solo consideran para la estimación final de la huella hídrica verde, el consumo efectivo de materia seca estimado para el inventario bovino nacional a nivel municipal, como función de la edad y propósito, que posteriormente se transforma en carne y leche y que por lo tanto permite determinar la porción de los pastos que aporta efectivamente al cumplimiento del propósito ganadero.

### 5.2.2.2 Demanda y huella hídrica azul del sector pecuario

La demanda hídrica del sector pecuario asciende a 3 071,4 millones de m<sup>3</sup>, distribuido en bovinos, porcinos y aves. La demanda de los bovinos constituye el 70,4 %, mientras que la de los porcinos el 22,3 % y las de aves 7,2 %. El uso total de agua se distribuye entre la que beben los animales, el uso que se hace en actividades de aseo de los sitios de alojamiento y el agua utilizada en sacrificios. El agua utilizada en sacrificio representa el 50 % del agua usada en el sector con 1 546,1 millones de m<sup>3</sup>.

La huella hídrica azul incluye la estimación de las tres actividades y variables. El volumen de agua estimado como huella hídrica azul pecuaria alcanza 1 013,1 millones de m<sup>3</sup>/año, asociada a tales actividades.

### 5.2.2.3 Demanda y huella hídrica del sector piscícola

Para realizar el cálculo final del sector se distribuyó la producción de trucha, tilapia, cachama y otros de acuerdo con la estimación<sup>5</sup> de la producción del MinAgricultura (Tabla 33).

<sup>5</sup> Se ajustó de acuerdo con la experiencia de Fedecua (Según el porcentaje de MinAgricultura para el Meta, la producción de trucha se incrementaba en volúmenes que la experiencia de Fedecua dice que no es lógico, por el clima).

- **Tabla 33.** Distribución de la producción de pescado por tipo de especie.

Producción por especie	Participación tipo de producción
▶ Tilapia	61.25%
▶ Cachama	20.15%
▶ Trucha	15.35%
▶ Otras Especies	3.25%

Fuente: tomada de (MinAgricultura, 2018).

El cálculo realizado para la producción en estanques resta de la producción total de trucha, la producción que se hace en la laguna de La Cocha, en Nariño y en la laguna de Tota en Boyacá. De la misma manera, la producción de tilapia que se hace en el embalse de Betania en el Huila se resta del total de la producción de esta especie. Por lo tanto, para el cálculo de uso de agua en piscicultura de estanques se reduce en 29 177 toneladas. De este volumen solo se calcula el agua que se transforma en biomasa.

La demanda de agua del sector se estima en 3 023 millones de m<sup>3</sup> distribuida en flujos de agua por 2 979,2 millones de m<sup>3</sup>, 43,6 millones de m<sup>3</sup> el agua que permanece en los estanques, 21 000 m<sup>3</sup> el agua que se transforma en biomasa y 249 000 m<sup>3</sup> en el procesamiento.

Para la huella hídrica azul del sector piscícola se tomó como base la metodología desarrollada por el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara, 2015) y se estima un valor de 27,4 millones de m<sup>3</sup>/año, lo que representa un 0,9 % de la demanda hídrica sectorial.

### 5.2.2.4 Demanda y huella hídrica del sector doméstico

La demanda hídrica para las actividades domésticas alcanzó un valor de 2 747,2 millones de m<sup>3</sup>, incluidas las pérdidas, y representa una disminución del 7 % en relación con la cifra estimada para ENA 2014. La huella hídrica azul de las actividades domésticas reporta 284,9 millones de m<sup>3</sup>/año, que corresponde al 10,4 % de la demanda hídrica doméstica nacional estimada e incluye la huella generada por los consumos de la población y por la proporción de evaporación en los embalses asociados al abastecimiento de poblaciones. Este valor representa una reducción del 26,1 % respecto al valor reportado en el ENA 2014.

La reducción se explica por razones como la implementación de los programas de *Uso eficiente* y *Ahorro de agua* en los sistemas de acueducto e implementación de instrumentos económicos asociados a tarifas escalonadas, que penalizan a quienes superen un estimativo de uso razonable de agua. Particularmente, para la huella hídrica, la reducción en el área superficial de los embalses por efectos del fenómeno de El Niño (primer periodo del año 2016) y por variaciones en la información reportada en el SUI que también influyen.

### 5.2.2.5 Demanda y huella hídrica del sector industria

Aunque Colombia no es un país que soporta su desarrollo económico en el sector industrial manufacturero, existen algunos núcleos ubicados en las principales ciudades donde el uso de agua es relevante. Dada la variación metodológica, referida más arriba, la demanda hídrica se estima para ENA 2018 en un valor de 1 074,6 millones de m<sup>3</sup>/año, que incluye uni-

dades grandes, medianas y pequeñas, y significa un 4,4 % de la demanda total de agua.

La huella hídrica azul alcanza 124,9 millones de m<sup>3</sup>/año, valor que corresponde al 11,6 % de la demanda hídrica sectorial y que resulta superior en un 90 % al reportado para la industria manufacturera en el ENA 2014. La diferencia entre los resultados se debe principalmente al aumento en los registros de la base de datos, que pasó de 1 674 registros para 2012 a 3 072 registros para 2016. Sin embargo, la demanda decrece con relación al año 2014 en casi el 50 % pues la metodología de cálculo se ha depurado y además se separa el uso de agua en construcción que alcanza 435,7 millones de m<sup>3</sup>. Si se sumara industria y construcción la reducción alcanza el 28 %.

### 5.2.2.6 Demanda y huella hídrica del sector energía

Para el año 2016 los embalses retuvieron 6 984,6 millones de m<sup>3</sup> en promedio y las térmicas usaron 2084,8 millones de m<sup>3</sup>. El sector aumentó su uso en 9 % en relación con el ENA 2014 por la entrada en funcionamiento del embalse de Topocoro (Hidrosogamoso), el embalse del Quimbo y por los efectos en la hidrología del fenómeno de El Niño en 2016 que hizo que las térmicas tuvieran una intensidad de uso mayor. La huella hídrica azul estimada fue de 453,3 millones de m<sup>3</sup>, corresponde al 5 % de la demanda hídrica total del sector.

### 5.2.2.7 Demanda y huella hídrica del sector hidrocarburos

La demanda hídrica del sector comprende el uso que se hace en la exploración, producción, transporte

y refinación del petróleo. Para el año 2016 se estimó una demanda hídrica de 581,3 millones de m<sup>3</sup> y la huella hídrica azul de 6,2 millones de m<sup>3</sup>, que corresponde al 1,1 % de la demanda de agua en este sector. Los volúmenes de 2016 representan casi el 2 % menos del volumen estimado para el año 2012. Las razones que justifican el porcentaje de reducción estimado de usos de agua se encuentran en la desaceleración de la actividad de exploración en el país (se redujo de 124 pozos en 2012 a 21 en 2016), y a la baja en la intensidad de la producción de barriles diarios, en cerca del 20 % entre estos dos años.

### 5.2.2.8 Demanda y huella hídrica del sector minero

La demanda hídrica sectorial incluye la explotación de carbón, oro y otros minerales. En total, el volumen de agua demandado en el sector fue de 668,2 millones de m<sup>3</sup>. El oro representa el 68,3 % del total, el carbón el 28,5 % y los otros minerales el 3 %. En relación con el ENA 2014, la explotación de oro redujo la demanda hídrica en 7 % y el carbón la aumentó en 26 %, con volúmenes de 456,7 y 190,9 millones de m<sup>3</sup> respectivamente.

La huella hídrica azul de la extracción y beneficio del oro y carbón se estimó en un volumen de 180,1 millones de m<sup>3</sup>, volumen que es el 27 % de la demanda hídrica sectorial.

### 5.2.2.9 Demanda y huella hídrica del sector servicios

La demanda hídrica de esta actividad se estima en 570,9 millones de m<sup>3</sup>. Corresponde al 1,47 % de la demanda total de agua de Colombia y comprende el agua que usan las actividades de comercio, los

servicios oficiales y los privados. Esta se incrementa en 18 % en relación con el ENA 2014.

La huella hídrica azul se estima en 43,1 millones de m<sup>3</sup> siendo esta el 7,55 % de la demanda y el 0,41 % del total de la huella hídrica del país.

### 5.2.2.10 Demanda y huella hídrica del sector de la construcción

Es la primera vez que se presenta separadamente el sector. En los ENA de 2010 y 2014 se incluyó el valor en la demanda de agua en industria. Para esta versión se alcanza a contabilizar 435,8 millones de m<sup>3</sup> de acuerdo con los registros del SIRH. De este se calcula una huella hídrica azul de 143,8 millones de m<sup>3</sup>. La primera representa el 1,17 % de total de la demanda y la segunda el 1,36 % de la huella hídrica.

## 5.2.3 Distribución de la demanda de agua sectorial y huella hídrica azul por área hidrográfica

La demanda de agua y la huella hídrica azul sectorial se distribuyen de manera diferente en las áreas hidrográficas, dependiendo de la presencia de actividades económicas y de su intensidad. La distribución de la demanda y la huella hídrica azul por áreas hidrográficas se concentra en el Magdalena-Cauca con el 69,7 % y 65,1 % respectivamente, el Caribe representa el 12,5 % y el Orinoco, el 18 %; las áreas hidrográficas restantes suman el 4,1 % en demanda y 3,8 % en huella hídrica azul.

La **Tabla 34** recoge la participación de la demanda y la huella hídrica azul por área hidrográfica.

• **Tabla 34.** Participación de demanda y huella hídrica azul por áreas hidrográficas.

Área hidrográfica	Participación % del área hidrográfica en la demanda de agua	Participación % del área hidrográfica en la huella hídrica azul	Relación Huella hídrica azul/Demanda
▶ Caribe	14,1 %	13,3 %	32,7 %
▶ Magdalena-Cauca	69,7 %	65,1 %	28,0 %
▶ Orinoco	12,3 %	18,2 %	24,4 %
▶ Amazonas	0,7 %	0,4 %	21,7 %
▶ Pacífico	2,9 %	3,4 %	35,7 %
<b>Total general</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>28,4 %</b>

La **Tabla 35** y la **Tabla 36** contienen la distribución de la demanda y de la huella hídrica sectorial en cada área hidrográfica en valores absolutos. El valor de la demanda geográficamente referenciado corresponde al 99,8 % del agua usada. Como lo recoge la **Tabla 35**, la demanda de todos los sectores se concentra en el área Magdalena-Cauca con

un volumen total de 25 766,5 millones de m<sup>3</sup>. El área Caribe representa  $\frac{1}{5}$  parte del volumen de la primera con un volumen total de 5 170 millones y Orinoco con 4 823,6 millones de m<sup>3</sup> son algo más de  $\frac{1}{6}$  parte. Las áreas de Pacífico y Amazonas con 1 224,5 y 302 millones de m<sup>3</sup>, es 17 veces menos que el uso de Magdalena-Cauca.

• **Tabla 35.** Demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.

Área hidrográfica (AH)	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Industria	Construcción	Minería	Hidrocarburos	Energía	Doméstico	Servicios	Total demanda
▶ 1 Caribe	2 702,9	297,4	283,5	87,3	22,3	90,9	2,3	1 279,4	365,5	38,5	5 170,0
▶ 2 Magdalena-Cauca	10 952,9	2 124,9	2 000,8	834,7	351,3	436,9	120,7	6 553,2	1 947,4	443,8	25 766,5
▶ 3 Orinoco	1 677,1	496,8	644,2	131,5	61,5	3,9	430,8	1 106,1	202,5	69,2	4 823,6
▶ 4 Amazonas	36,3	83,8	51,4	6,1	0,1	0,6	25,0	-	89,7	9,6	302,5
▶ 5 Pacífico	697,9	49,1	43,4	15,0	0,7	135,9	0,0	130,8	141,8	9,8	1 224,5
<b>Total general (millones m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>16 067,2</b>	<b>3 052,0</b>	<b>3 023,2</b>	<b>1 074,6</b>	<b>435,8</b>	<b>668,2</b>	<b>578,8</b>	<b>9 069,4</b>	<b>2 747,0</b>	<b>570,9</b>	<b>37 287,1</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>43,1 %</b>	<b>8,2 %</b>	<b>8,1 %</b>	<b>2,9 %</b>	<b>1,2 %</b>	<b>1,8 %</b>	<b>1,6 %</b>	<b>24,3 %</b>	<b>7,4 %</b>	<b>1,5 %</b>	

La **Tabla 36** recoge los valores absolutos de la huella hídrica. La mayor huella hídrica azul de todos los sectores, al igual que la demanda se concentra

en el área Magdalena-Cauca con un volumen total de 7 223 millones de m<sup>3</sup>. El área Caribe representa  $\frac{1}{5}$  parte del volumen de la primera con un volumen

total de 1 690,7 millones y el Orinoco con 1 175 millones de m<sup>3</sup>, es decir, más de la 1/6 parte. Las áreas de

Pacífico y Amazonas con 302 y 65,7 millones de m<sup>3</sup> es 16 veces menos que el uso de Magdalena-Cauca.

• **Tabla 36.** Huella hídrica azul sectorial por área hidrográfica.

	Área hidrográfica	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Industria	Construcción	Minería	Hidrocarburos	Energía	Doméstico	Servicios	Total huella hídrica
▶ 1	Caribe	1 423,6	110,0	-	11,7	7,3	17,8	0,0	80,7	36,6	2,9	1.690,7
▶ 2	Magdalena-Cauca	5 583,6	645,8	25,4	110,0	116,0	156,5	1,4	352,0	198,8	33,5	7.223,0
▶ 3	Orinoco	907,1	198,0	0,3	3,1	20,3	0,1	4,4	13,3	23,8	5,3	1.175,7
▶ 4	Amazonas	19,7	35,7	0,2	-	0,0	0,0	0,3	-	9,0	0,7	65,7
▶ 5	Pacífico	381,9	23,6	1,4	0,1	0,2	5,8	-	7,3	16,8	0,7	437,7
	<b>Total, general (millones m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>8 315,9</b>	<b>1 013,1</b>	<b>27,4</b>	<b>125,0</b>	<b>143,8</b>	<b>180,1</b>	<b>6,1</b>	<b>453,3</b>	<b>285,0</b>	<b>43,1</b>	<b>10 592,8</b>
	<b>Porcentaje</b>	<b>78,5 %</b>	<b>9,6 %</b>	<b>0,3 %</b>	<b>1,2 %</b>	<b>1,4 %</b>	<b>1,7 %</b>	<b>0,1 %</b>	<b>4,3 %</b>	<b>2,7 %</b>	<b>0,4 %</b>	

La **Tabla 37** y en la **Tabla 38** recogen la participación porcentual de la demanda de agua del área en el sector y la participación de la huella hídrica azul en la huella del sector, respectivamente. Este porcentaje se calcula dividiendo cada volumen de agua sectorial de cada área entre el total del sector, tanto para la huella hídrica como para la demanda. El área Magdalena-Cauca

es aquella en donde su participación supera el 60 del 100 % del agua usada en cada sector. Se exceptúa el uso en hidrocarburos en donde solo alcanza el 20 % del uso. En este sector, el mayor porcentaje se usa en el Orinoco con el 70 %. Las magnitudes sobre las que se obtienen estos porcentajes están contenidas en la **Tabla 35** y la **Tabla 36**, respectivamente.

• **Tabla 37.** Participación porcentual de la demanda sectorial por área hidrográfica.

	Área hidrográfica	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Industria	Construcción	Minería	Hidrocarburos	Energía	Doméstico	Servicios	Total % sector en demanda
▶ 1	Caribe	16,8 %	9,7 %	9,4 %	8,1 %	5,1 %	13,6 %	0,4 %	14,1 %	13,3 %	6,7 %	13,9 %
▶ 2	Magdalena-Cauca	68,2 %	69,6 %	66,2 %	77,7 %	80,6 %	65,4 %	20,8 %	72,3 %	70,9 %	77,7 %	69,1 %
▶ 3	Orinoco	10,4 %	16,3 %	21,3 %	12,2 %	14,1 %	0,6 %	74,4 %	12,2 %	7,4 %	12,1 %	12,9 %
▶ 4	Amazonas	0,2 %	2,7 %	1,7 %	0,6 %	0,0 %	0,1 %	4,3 %	0,0 %	3,3 %	1,7 %	0,8 %
▶ 5	Pacífico	4,3 %	1,6 %	1,4 %	1,4 %	0,2 %	20,3 %	0,0 %	1,4 %	5,2 %	1,7 %	3,3 %
	<b>Total general</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

En este sentido, del total del agua usada en los sectores de agricultura, generación de energía, uso doméstico y servicios, los mayores porcentajes se centran principalmente en el área Magdalena–Cauca. El sector pecuario y el piscícola distribuyen su uso en orden descendente en Magdalena–Cauca, Orinoco, Caribe, Amazonas y Pacífico. El uso de agua en construcción e industria se concentra (cerca del 85 % entre las dos áreas) en el Magdalena–Cauca con el mayor porcentaje que en el Caribe. A diferencia de la mayoría de los sectores usuarios del recurso hídrico, el uso de agua en el sector hidrocarburos se concentra en el área de la Orinoquía, con cerca del 75 %, y con el uso de agua en Magdalena–Cauca alcanzan el 94 % del total.

La **Tabla 38** para la huella hídrica muestra que se mantiene el mismo orden que para la demanda en cuanto a la participación del área en el total del sector.

La **Tabla 39** indica la razón entre la huella hídrica y la demanda de agua. Expresado en porcentaje,

significa que la huella hídrica total es el 28,4 % de la demanda. Es decir que es un poco más de un tercio de la demanda. En este sentido, la huella hídrica de la agricultura es un poco más de un medio de la demanda y los sectores pecuario, construcción y minería están cercanos a un tercio del agua demandada por los usuarios de estos sectores, respectivamente.

También la **Tabla 39** recoge el total de la huella hídrica como relación de la demanda por áreas hidrográficas. Así, en el área del Pacífico la huella hídrica es el 35,7 % del agua usada en la misma área. En Caribe representa el 32,7 % y en Magdalena–Cauca, el 28%; es decir, que la huella hídrica alcanza a ser un poco más de una tercera parte de la demanda en cada área. De la misma manera, en Orinoco el 24,4 % es casi una cuarta parte de la demanda hídrica de la misma área y en el Amazonas 21 % o lo que significa que la huella hídrica es una quinta parte de la demanda hídrica respectiva.

• **Tabla 38.** Participación porcentual de la huella hídrica azul sectorial por área hidrográfica.

	Área hidrográfica	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Industria	Construcción	Minería	Hidrocarburos	Energía	Doméstico	Servicios	Total huella hídrica
▶ 1	Caribe	17,1 %	10,9 %	0,0 %	9,4 %	5,1 %	9,9 %	0,3 %	17,8 %	12,8 %	6,7 %	16,0 %
▶ 2	Magdalena–Cauca	67,1 %	63,7 %	92,9 %	88,0 %	80,6 %	86,9 %	23,3 %	77,7 %	69,8 %	77,7 %	68,2 %
▶ 3	Orinoco	10,9 %	19,5 %	1,2 %	2,5 %	14,1 %	0,0 %	72,3 %	2,9 %	8,3 %	12,2 %	11,1 %
▶ 4	Amazonas	0,2 %	3,5 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,1 %	0,0 %	3,2 %	1,7 %	0,6 %
▶ 5	Pacífico	4,6 %	2,3 %	5,1 %	0,1 %	0,2 %	3,2 %	0,0 %	1,6 %	5,9 %	1,7 %	4,1 %
	<b>Total general</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>



• **Tabla 39.** Relación huella hídrica azul – demanda de agua.

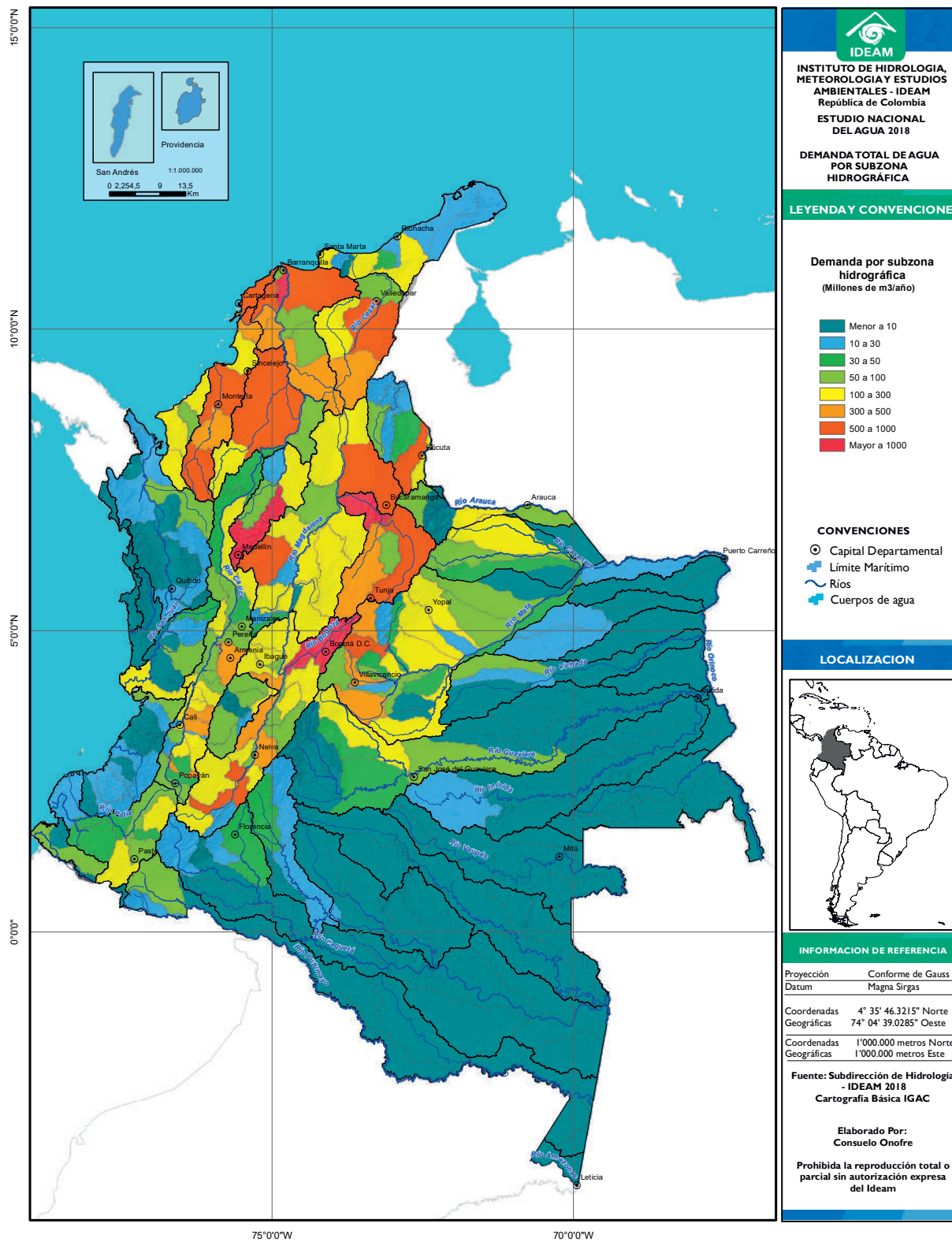
	Área hidrográfica	Agricultura	Pecuario	Piscícola	Industria	Construcción	Minería	Hidrocarburos	Energía	Doméstico	Servicios	Relación huella hídrica azul/demanda
▶ 1	Caribe	52,7 %	37,0 %	0,0 %	13,4 %	32,9 %	19,6 %	0,9 %	6,3 %	10,0 %	7,5 %	32,7 %
▶ 2	Magdalena-Cauca	51,0 %	30,4 %	1,3 %	13,2 %	33,0 %	35,8 %	1,2 %	5,4 %	10,2 %	7,5 %	28,0 %
▶ 3	Orinoco	54,1 %	39,8 %	0,1 %	2,4 %	33,0 %	1,3 %	1,0 %	1,2 %	11,7 %	7,6 %	24,4 %
▶ 4	Amazonas	54,4 %	42,6 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	1,0 %	0,0 %	10,0 %	7,5 %	21,7 %
▶ 5	Pacífico	54,7 %	48,0 %	3,2 %	0,7 %	33,6 %	4,2 %	0,0 %	5,6 %	11,8 %	7,6 %	35,7 %
	<b>Total</b>	<b>51,8 %</b>	<b>33,2 %</b>	<b>0,9 %</b>	<b>11,6 %</b>	<b>33,0 %</b>	<b>27,0 %</b>	<b>1,1 %</b>	<b>5,0 %</b>	<b>10,4 %</b>	<b>7,5 %</b>	<b>28,4 %</b>

## 5.2.4 Distribución de la demanda de agua sectorial y de la huella hídrica azul por subzona hidrográfica

Las siguientes figuras presentan la demanda hídrica distribuida por subzonas hidrográficas del país. La **Figura 84**, recoge la distribución por subzona hidrográfica de la demanda de agua total, las 20 subzonas con mayor participación en la demanda total de agua, y la

distribución del uso de agua sectorial por subzonas hidrográficas, respectivamente.

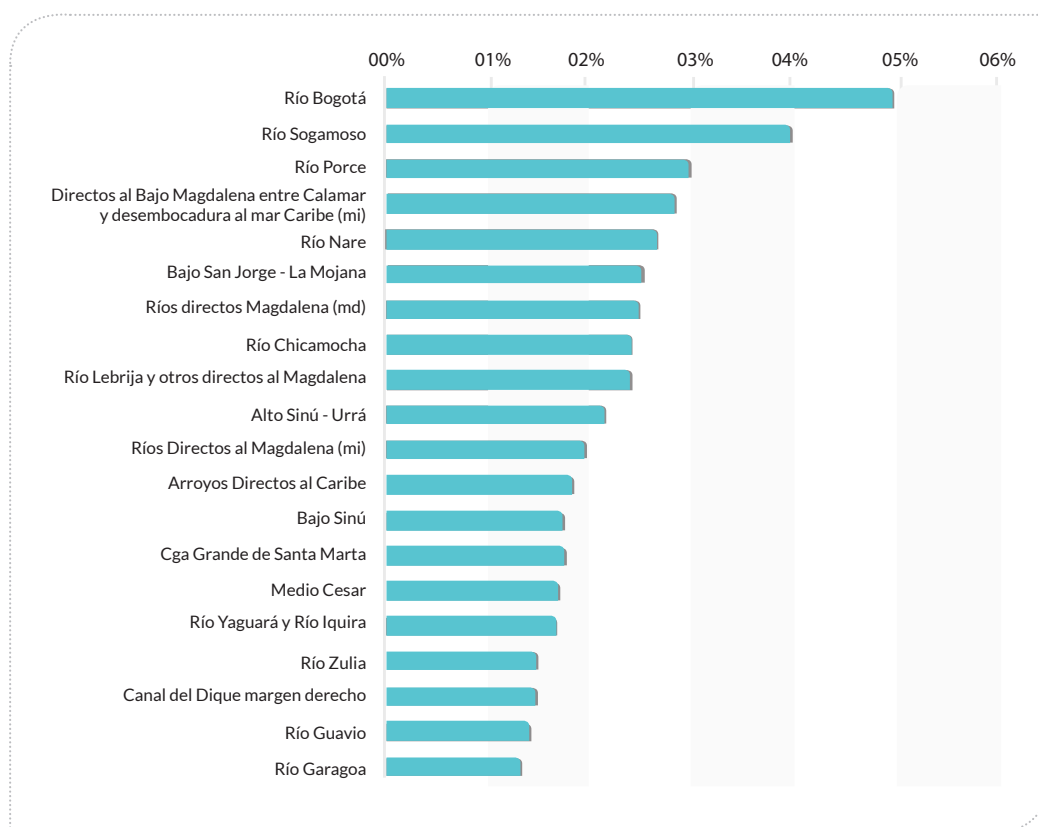
El mapa de la **Figura 84** muestra la distribución en ocho rangos del uso total de agua (demanda) que van desde las subzonas con los valores más altos, mayores a 1000 millones de m<sup>3</sup> por año, hasta las subzonas con un uso que no alcanza volúmenes de 10 millones de m<sup>3</sup> al año. Los valores de demanda de agua para cada subzona hidrográfica se pueden consultar en el **Anexo 1**.



• **Figura 84.** Demanda total de agua por subzona hidrográfica.

En los diagramas de barras de la **Figura 85** se resalta la distribución de porcentajes con respecto al total de la demanda para las 20 subzonas hidrográficas que presentan un mayor uso de agua. En el total de la demanda hídrica se destacan las subzonas del río Bogotá, río

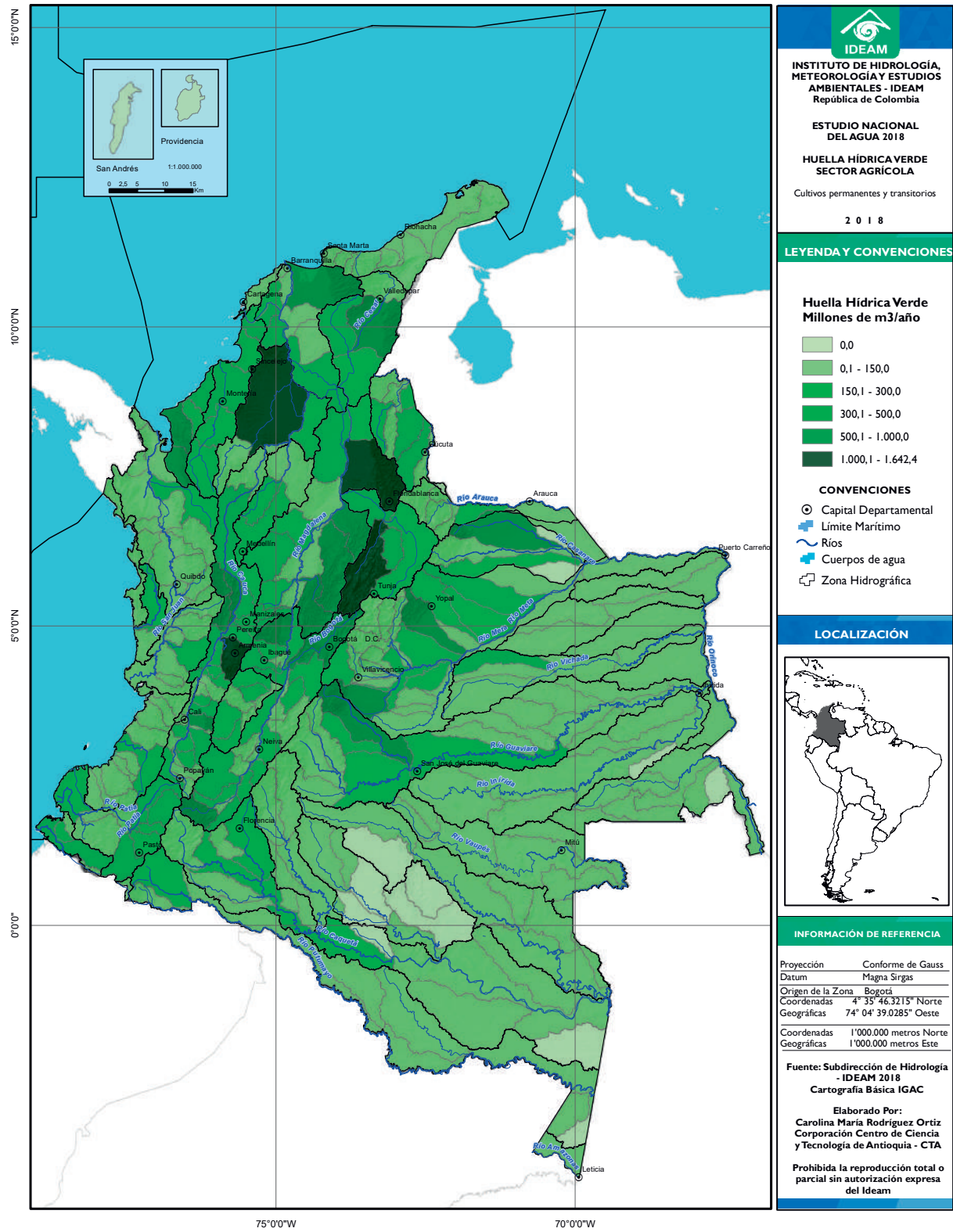
Sogamoso, río Porce y directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe como las de mayor uso de agua con porcentajes de 4,9 %, 3,9 %, 2,9 % y 2,8 %, respectivamente. Las 20 subzonas abarcan el 44,7 % de la demanda total de agua del país.



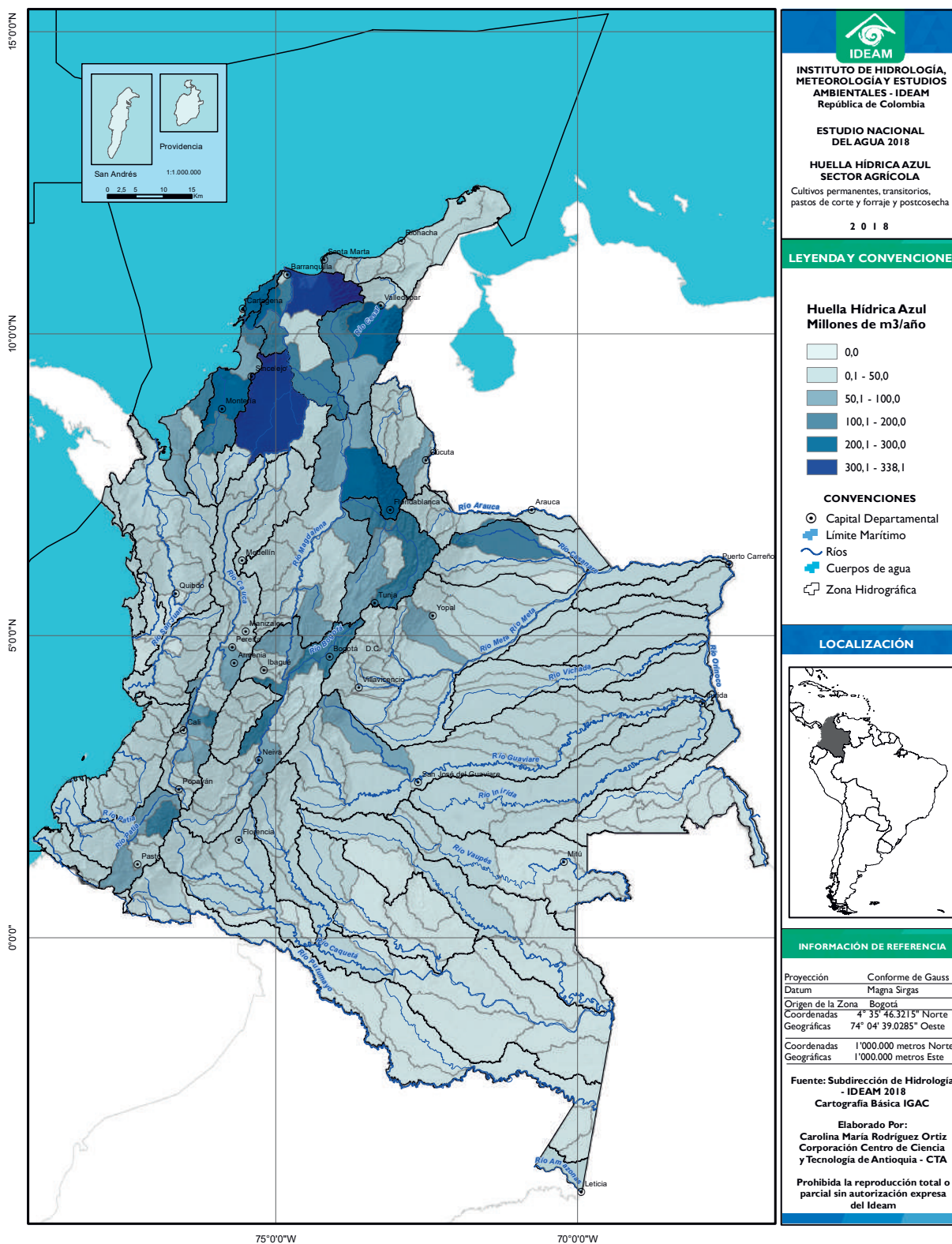
- **Figura 85.** Participación porcentual de la demanda por subzona hidrográfica con respecto a la demanda total (SZH con los valores más altos).

La **Figura 86** y la **Figura 87** muestran la distribución geográfica por subzona hidrográfica de la huella hídrica verde y azul del sector agrícola consolidado, a nivel anual, lo que permite identificar las unidades

hidrográficas con mayor presión agrícola sobre el uso de la tierra (huella hídrica verde) y sobre el requerimiento hídrico que debe ser satisfecho mediante riego (huella hídrica azul).



• **Figura 86.** Huella hídrica verde agrícola anual por subzonas hidrográficas.



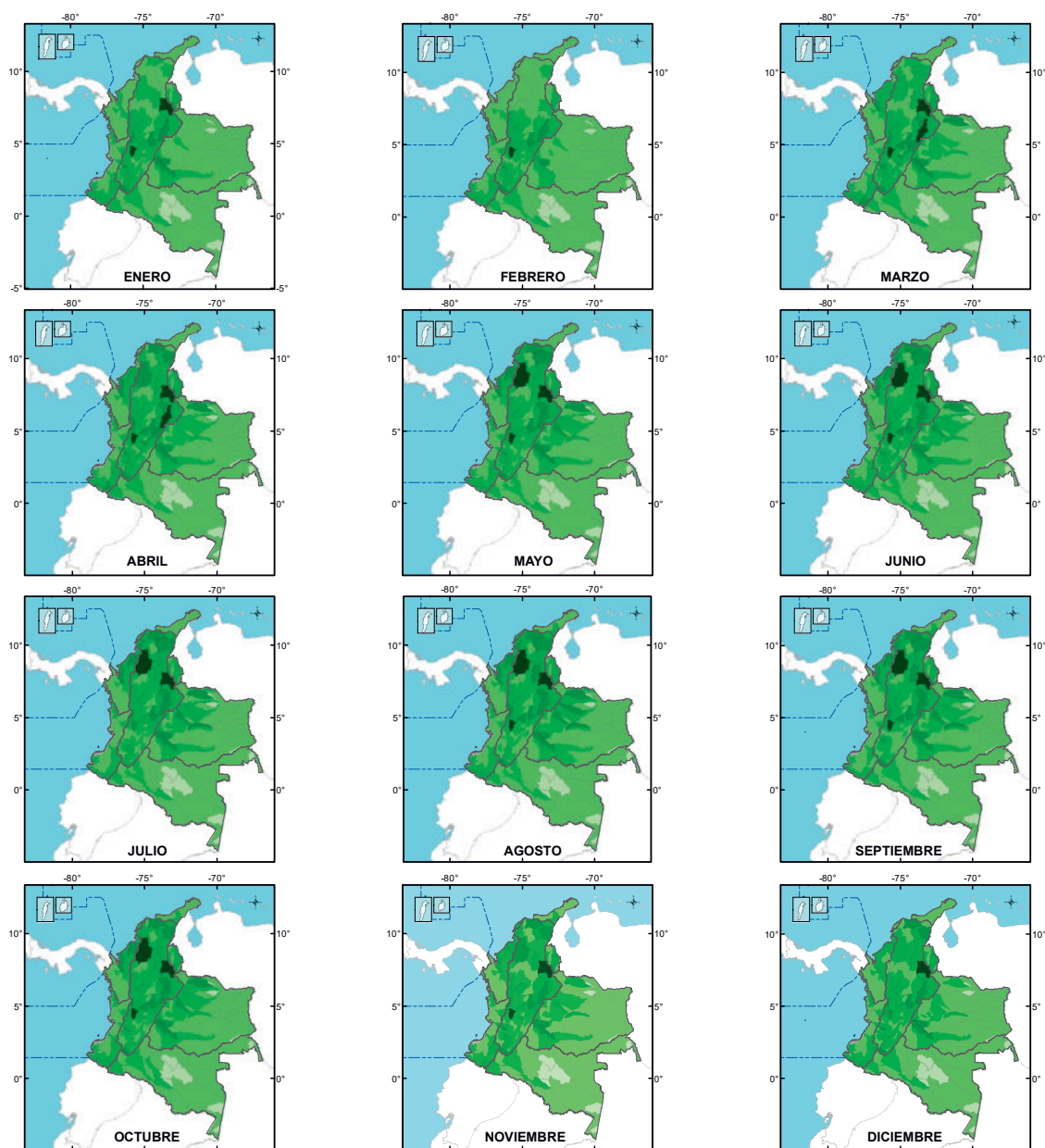
• **Figura 87.** Huella hídrica azul agrícola anual por subzonas hidrográficas.

Como ejemplo de lo anterior, se puede apreciar en la **Figura 87** cómo en la zona norte de Colombia existe una importante concentración del requerimiento hídrico que debe ser satisfecho mediante riego, a causa del déficit de lluvias durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril; lo cual coincide plenamente con la **Figura 89**, donde se evidencia, en estos mismo meses y subzonas hidrográficas, una reducción en la huella hídrica verde, asociada a reducción en la humedad del suelo disponible para satisfacer naturalmente el requerimiento hídrico de los cultivos.

La lectura e interpretación de las figuras en mención debe ser complementaria y evidencia la forma como se desplaza el déficit hídrico agrícola, geográfica y temporalmente, asociado a la variabilidad natural de las lluvias, las cuales también varían geográfica

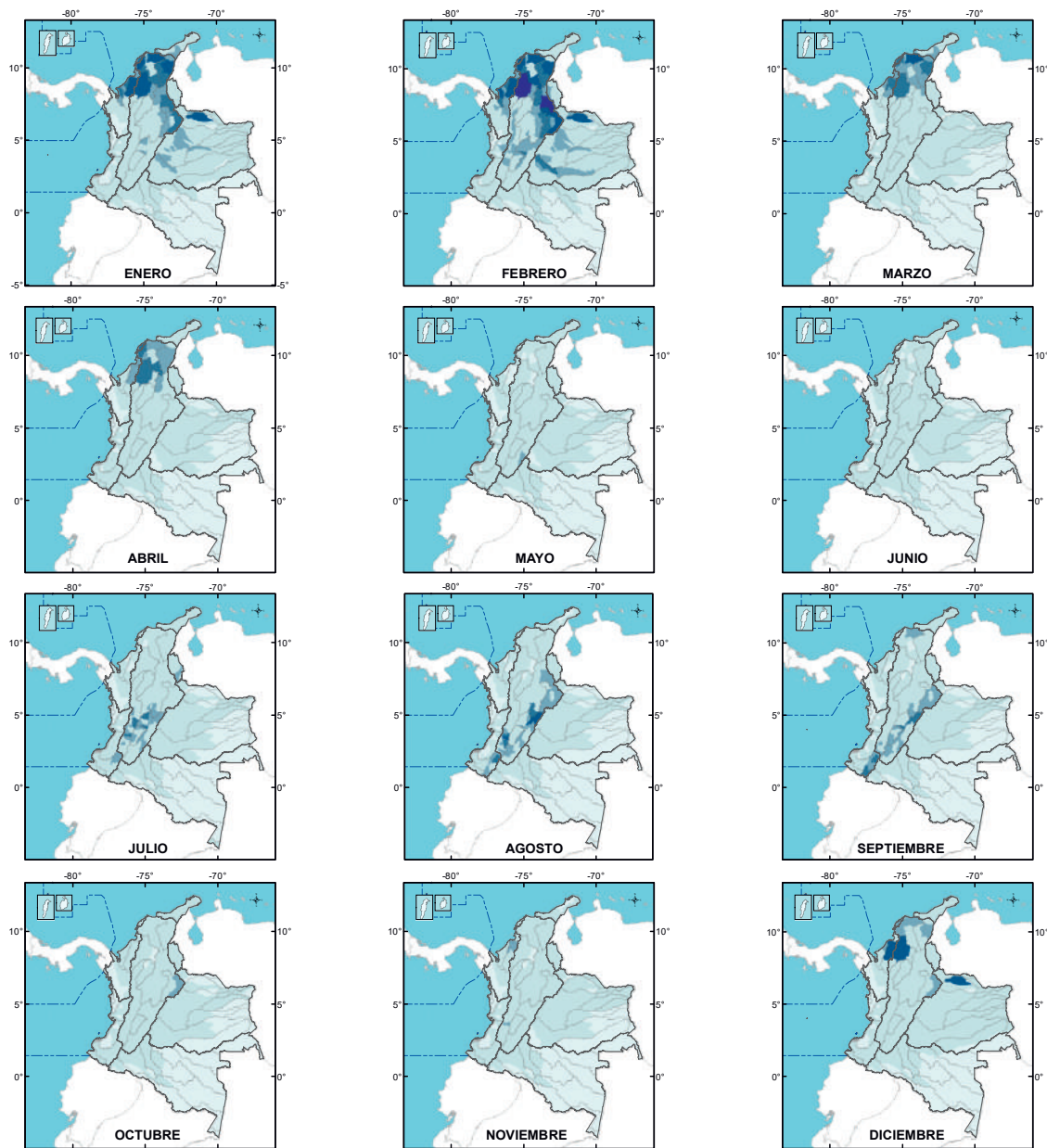
y temporalmente durante el año y condicionan el porcentaje del requerimiento hídrico que debe ser cubierto por agua de riego (agua azul) y, por tanto, condicionan la demanda agrícola.


La situación descrita anteriormente, que evidencia la singularidad del sector frente a otros sectores en torno a su dependencia, no solo de la variación de número de unidades agrícola, su área y ubicación, sino de la variabilidad climática que determina la oferta hídrica y el déficit de requerimiento hídrico que debe ser cubierto por riego, afecta también el comportamiento histórico multianual de la demanda hídrica agrícola, el cual se ve afectado por fenómenos de variabilidad climática extrema ENSO (El Niño y La Niña), este análisis se presenta en el apartado 5.2.5. de este capítulo.



 <p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia</p> <p><b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p>Huella hídrica verde sector agrícola</p> <p>Cultivos permanentes y transitorios 2 0 1 8</p>	<b>LEYENDA Y CONVENCIONES</b>		<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊙ Capital Departamental</li> <li>— Limite Marítimo</li> <li>~ Ríos</li> <li>☐ Cuerpos de agua</li> <li>☐ Zona Hidrográfica</li> </ul>		<b>LOCALIZACIÓN</b>									
	<p><b>Huella Hídrica verde (Millones de m<sup>3</sup>/mes)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0,0</li> <li>0,1 - 10,0</li> <li>10,1 - 30,0</li> <li>30,1 - 50,0</li> <li>50,1 - 100,0</li> <li>100,1 - 166,4</li> </ul>	<p><b>Información de Referencia</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Proyección</td> <td>Conforme de Gauss</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>Magna - Sirgas</td> </tr> <tr> <td>Origen de la zona</td> <td>Bogotá</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Geográficas</td> <td>4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Planas</td> <td>1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</td> </tr> </table> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018. Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Carolina María Rodríguez Ortiz Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>				Proyección	Conforme de Gauss	Datum	Magna - Sirgas	Origen de la zona	Bogotá	Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste	Coordenadas Planas
Proyección	Conforme de Gauss													
Datum	Magna - Sirgas													
Origen de la zona	Bogotá													
Coordenadas Geográficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste													
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este													

• **Figura 88.** Huella hídrica verde agrícola mensual por subzonas hidrográficas.



 <p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia</p> <p><b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p>Huello hídrica azul sector agrícola</p> <p>Cultivos permanentes, transitorios pastos de corte y forraje y postcosecha 2 0 1 8</p>	<p><b>LEYENDA Y CONVENCIONES</b></p>			<p><b>LOCALIZACIÓN</b></p> <p>Información de Referencia</p>
	<p><b>Huello Hídrica azul (Millones de m3/mes)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0,0</li> <li>0,1 - 10,0</li> <li>10,1 - 30,0</li> <li>30,1 - 50,0</li> <li>50,1 - 100,0</li> <li>100,1 - 156,9</li> </ul>	<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊙ Capital Departamental</li> <li>— Límite Marítimo</li> <li>~ Ríos</li> <li>■ Cuerpos de agua</li> <li>□ Zona Hidrográfica</li> </ul>		<p>Proyección: Conforme de Gauss Datum: Magna - Sirgas Origen de la zona: Bogotá Coordenadas Geográficas: 4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste Coordenadas Planas: 1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</p> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018. Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Carolina María Rodríguez Ortiz Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>

● **Figura 89.** Huello hídrica azul mensual por subzonas hidrográficas.

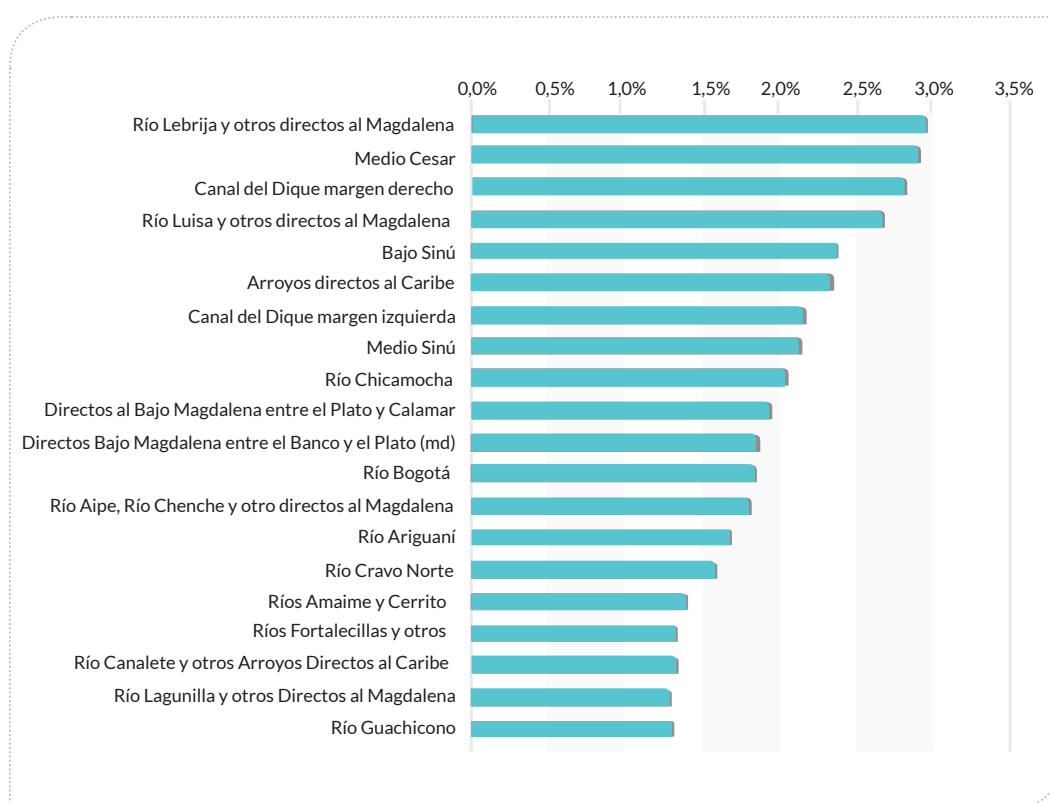


A continuación, se presentan resultados de demanda los cuales están relacionados de manera directa con la huella hídrica azul.

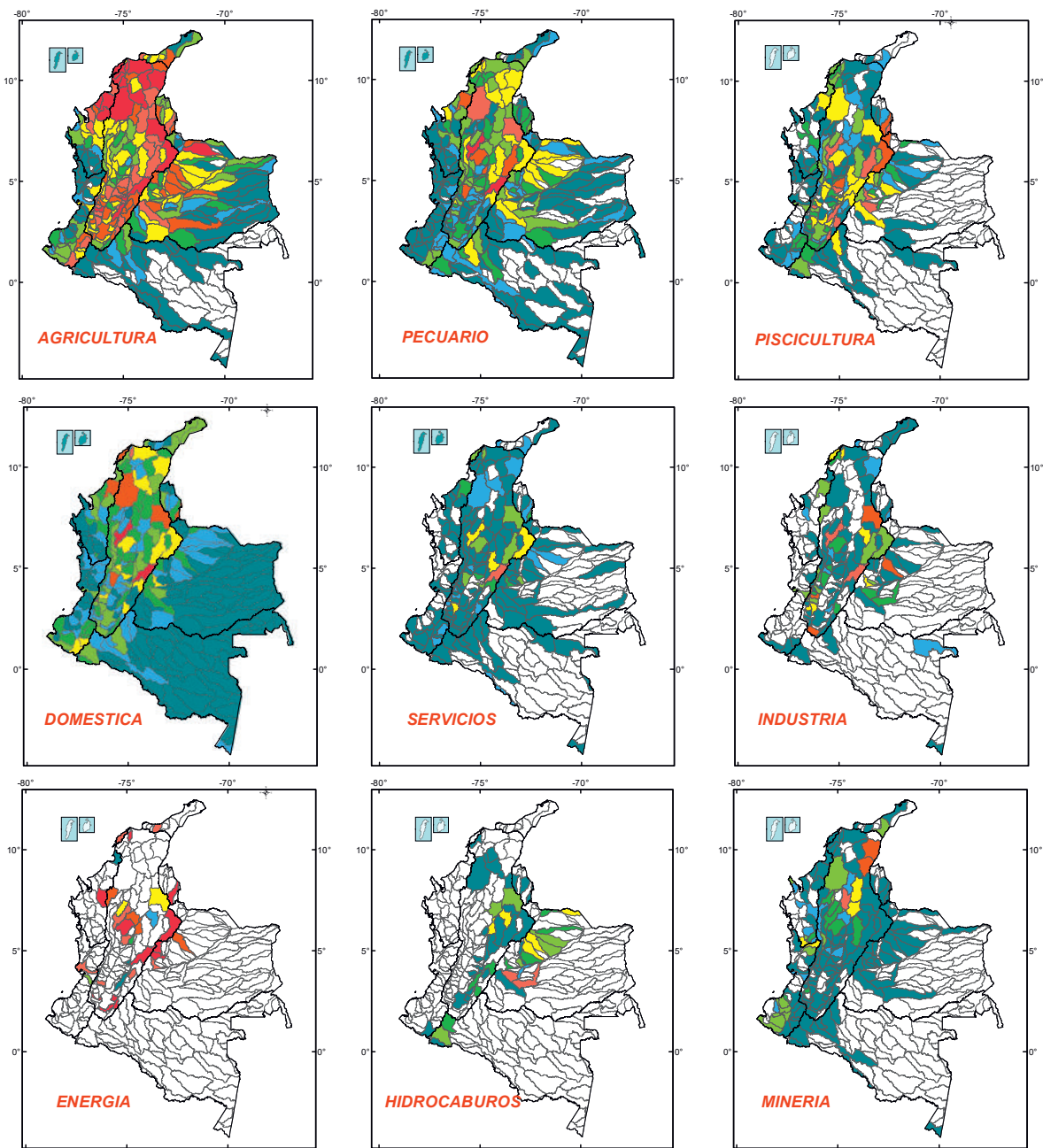
Para la agricultura, las 20 primeras subzonas demandan el 44,4 % del agua del sector (**Figura 90**). La mayor demanda hídrica (extracción asociada al requerimiento de riego) se presenta en la subzona de Bajo San Jorge y la Mojana, seguida de la Ciénaga Grande de Santa Marta y el río Lebrija y otros directos al Magdalena. Cada una de ellas alcanza el 4,1 %, 3,6 % y 2,9 % respectivamente de los 16 066,2 millones de m<sup>3</sup> de requerimiento de riego en agricultura del país. Las tres subzonas se encuentran ubicadas en el área hidrográfica de Magdalena–Cauca.

La **Figura 90** presenta un mosaico de mapas con la distribución del uso de agua en el año 2016 de los usos de agua en los sectores agricultura, pecuario, piscícola, industria, construcción, energía, hidrocarburos, minería, doméstico y servicios.

Los colores resaltan la presión por uso de agua que se ejerce en cada una de las 316 subzonas y que, igualmente, las de mayor uso corresponden con la jerarquización de las 20 subzonas que se muestran en los diagramas de barras desde la **Figura 91** a la **Figura 99**. Se presenta solo la demanda, ya que la huella hídrica azul tiene un comportamiento y distribución porcentual sin diferencias muy significativas.



• **Figura 90.** Demanda de agua agrícola, subzonas hidrográficas con mayor participación.



<p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b> República de Colombia <b>ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2018</b></p> <p><b>Demanda de agua sectorial</b></p>	<p><b>LEYENDA Y CONVENCIONES</b></p> <p><b>Demanda por subzona hidrográfica (Millones de m<sup>3</sup>/año)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Menor a 2</td> <td>20 a 50</td> </tr> <tr> <td>2 a 5</td> <td>50 a 100</td> </tr> <tr> <td>5 a 10</td> <td>100 a 200</td> </tr> <tr> <td>10 a 20</td> <td>Mayor a 200</td> </tr> <tr> <td>Sin Información</td> <td></td> </tr> </table>		Menor a 2	20 a 50	2 a 5	50 a 100	5 a 10	100 a 200	10 a 20	Mayor a 200	Sin Información		<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊙ Capital Departamental</li> <li>— Limite Marítimo</li> <li>— Ríos</li> <li>— Cuerpos de agua</li> <li>⊞ Zona Hidrográfica</li> </ul>	<p><b>LOCALIZACIÓN</b> Información de Referencia</p> <table border="1"> <tr> <td>Proyección</td> <td>Conforme de Gauss</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>Magna - Sirgas</td> </tr> <tr> <td>Origen de la zona</td> <td>Bogotá</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Geograficas</td> <td>4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste</td> </tr> <tr> <td>Coordenadas Planas</td> <td>1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</td> </tr> </table> <p>Fuente: Subdirección de Hidrología - IDEAM 2018. Cartografía Básica IGAC Elaborado Por: Consuelo Onofre Omar Jaramillo Rodríguez Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa del Ideam</p>	Proyección	Conforme de Gauss	Datum	Magna - Sirgas	Origen de la zona	Bogotá	Coordenadas Geograficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste	Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este
	Menor a 2	20 a 50																						
2 a 5	50 a 100																							
5 a 10	100 a 200																							
10 a 20	Mayor a 200																							
Sin Información																								
Proyección	Conforme de Gauss																							
Datum	Magna - Sirgas																							
Origen de la zona	Bogotá																							
Coordenadas Geograficas	4° 35' 46.3215" Lat. Norte 74° 04' 39.0285" Long Oeste																							
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este																							

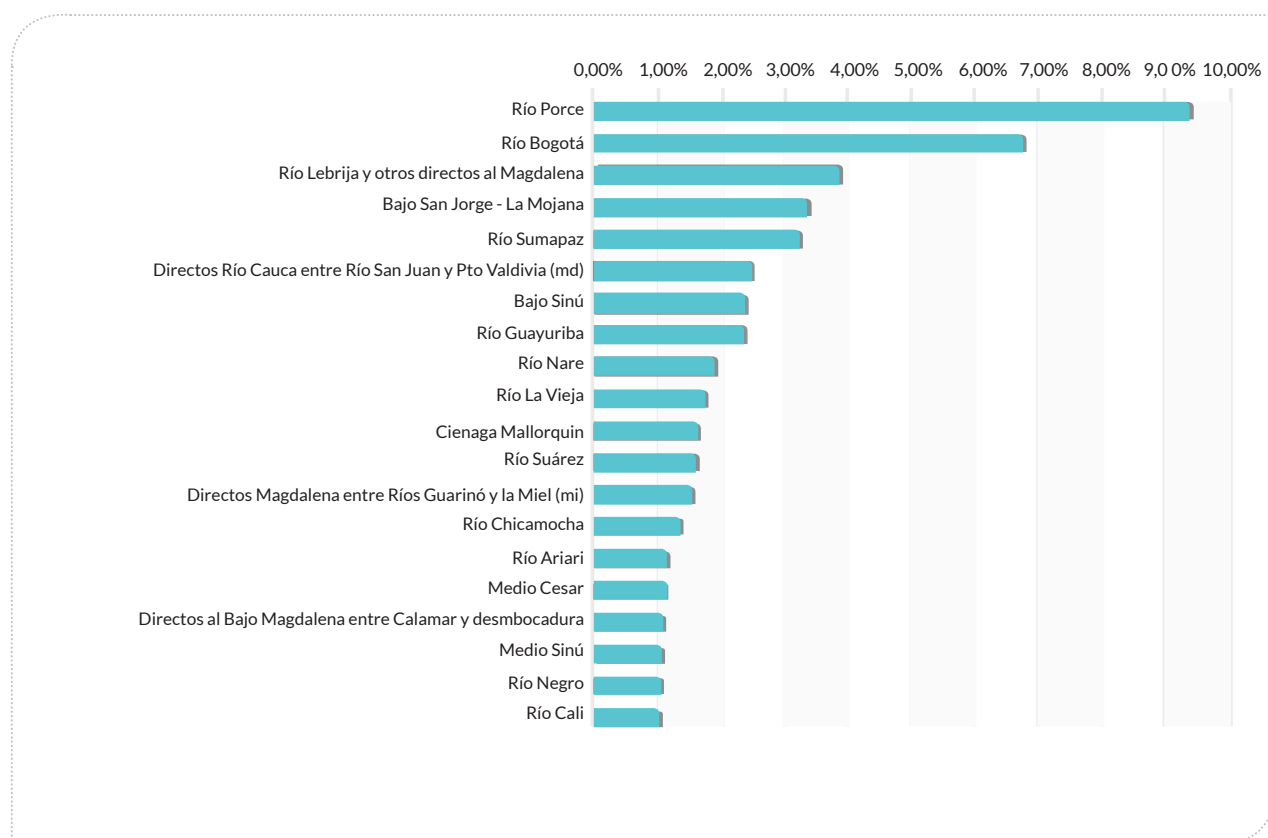
• **Figura 91.** Demanda de agua sectorial.

Los diagramas de barras ilustran sobre las subzonas hidrográficas con mayor participación de uso de agua en 2016 para los sectores: pecuario (**Figura 92**), piscícola (**Figura 93**), energía (**Figura 94**), industria (**Figura 95**), construcción (**Figura 96**), minería (**Figura 97**), hidrocarburos (**Figura 98**), servicios (**Figura 99**) y doméstico (**Figura 100**).

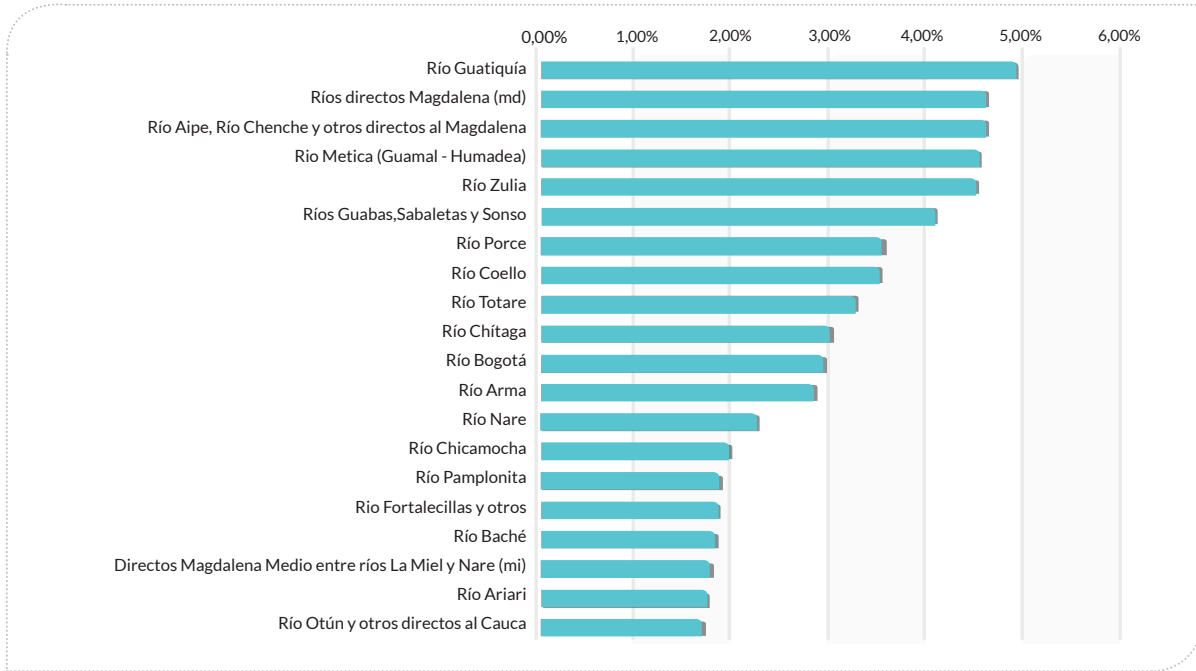
Respecto al sector pecuario, las 20 subzonas hidrográficas con mayor participación y que representan el 50 % de la demanda total de agua del sector se muestran en el diagrama de la **Figura 87**. Se identifican las subzonas del río Porce, río Bogotá y río Lebrija y otros directos al Magdalena. La primera con porcentaje de 9,36 %, la segunda con 6,74 % y

la tercera, con 3,85 % de 3 021,7 millones de m<sup>3</sup> de uso de agua en este sector. Las siguientes 17 subzonas no superan el 4 % y 14 de ellas no alcanzan el 2 %.

Las subzonas con mayor uso de agua en actividades piscícolas abarcan el 60,3 % del uso total del sector. La demanda hídrica piscícola permite ver que la subzona con mayor uso de agua no supera el 5 % de los 3 023 millones de m<sup>3</sup> de agua usada por el sector en el país y corresponde a la SZH del río Guatiquía. Le siguen las de los ríos directos Magdalena con el 4,56 % y del río Aipe con el 4,55 %. Los siguientes 17 hacen un uso de agua en piscicultura entre el 4,5 % y 1,6 % del agua total usada por el sector.



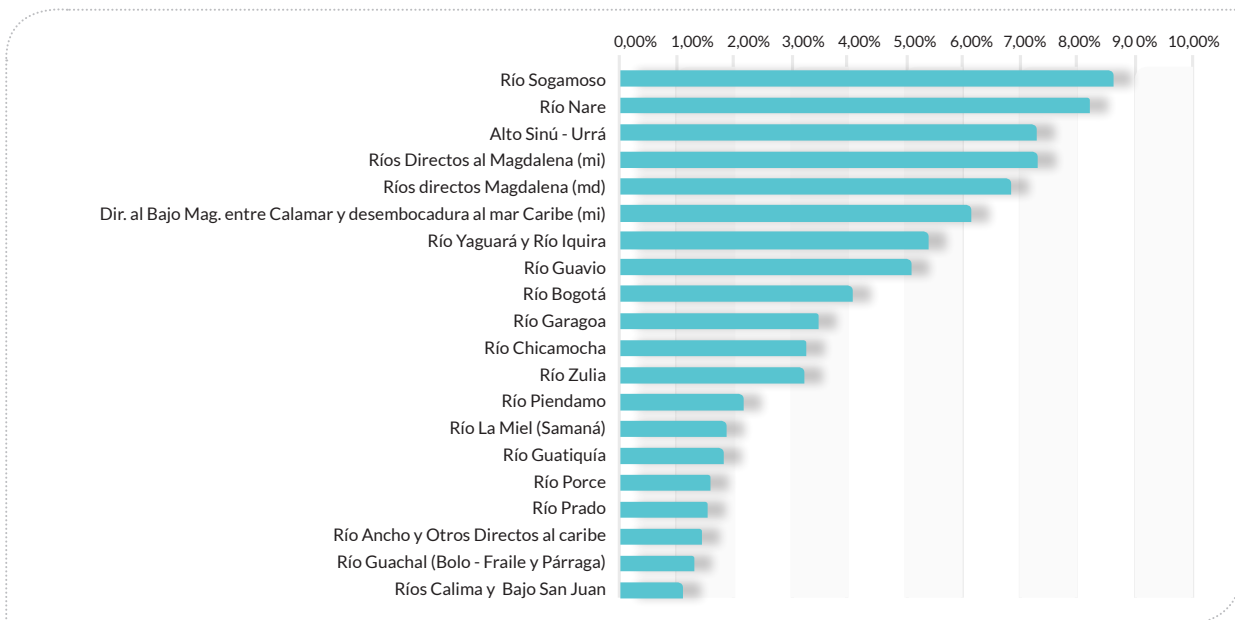
• **Figura 92.** Demanda de agua sector pecuario, subzonas hidrográficas con mayor participación.



• **Figura 93.** Demanda de agua sector piscícola, subzonas hidrográficas con mayor participación.

De la demanda hídrica para la generación de energía, las 20 subzonas hidrográficas con mayor participación alcanzan el 94 % del uso del agua del sector. El uso se encuentra principalmente en las SZH de los

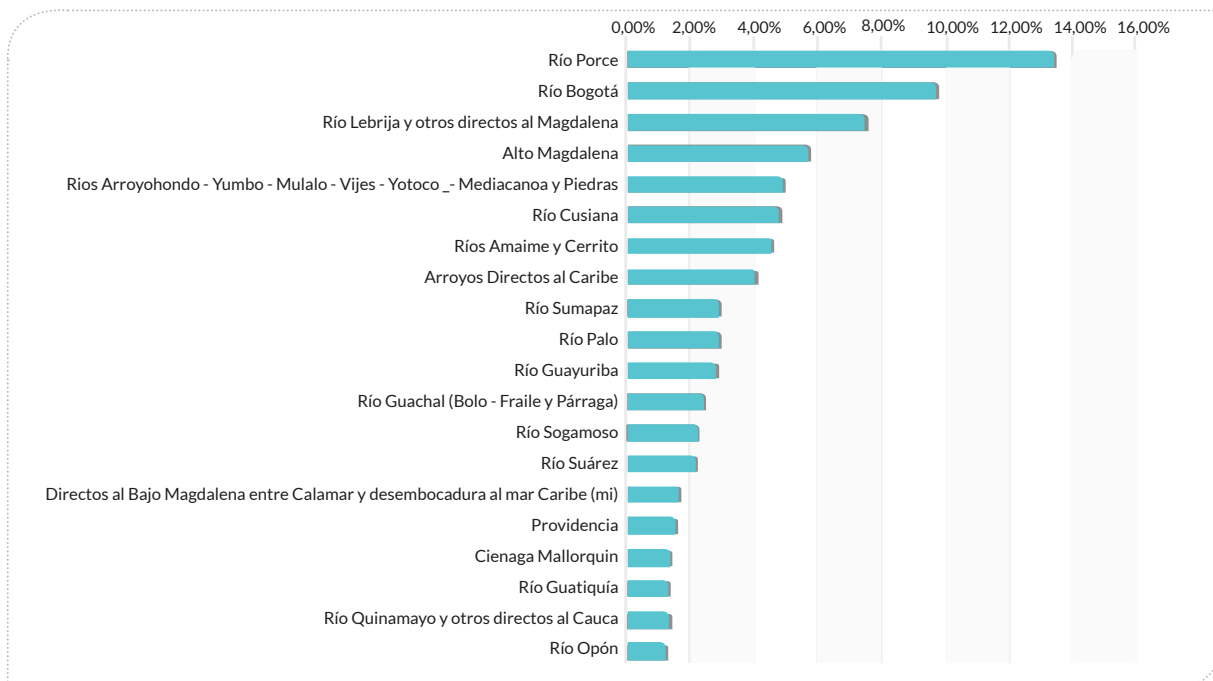
ríos Sogamoso, Nare, Alto Sinú y los ríos directos al Magdalena. Estas cuatro subzonas concentran el 37,7 % del uso y las siguientes 16 subzonas se distribuye el 56,3 %.



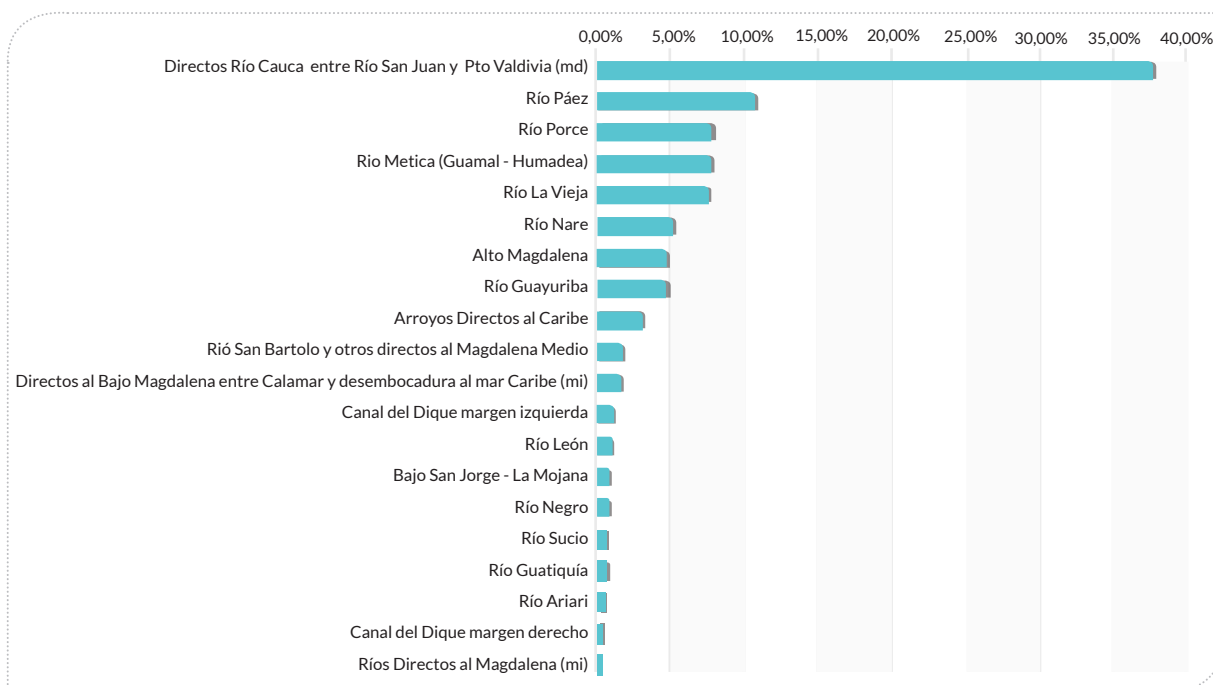
• **Figura 94.** Demanda de agua sector energía, subzonas hidrográficas con mayor participación.

El uso de agua en industria también se concentra en las subzonas de los ríos Porce, Bogotá y Lebrija. Estas tres representan el 30,4 % del total del agua usada por el

sector. Las siguientes subzonas hidrográficas no superan el 6 %. Las primeras 20 subzonas concentran el 77,5 % de los 1074,6 millones de m<sup>3</sup> usados por el sector.



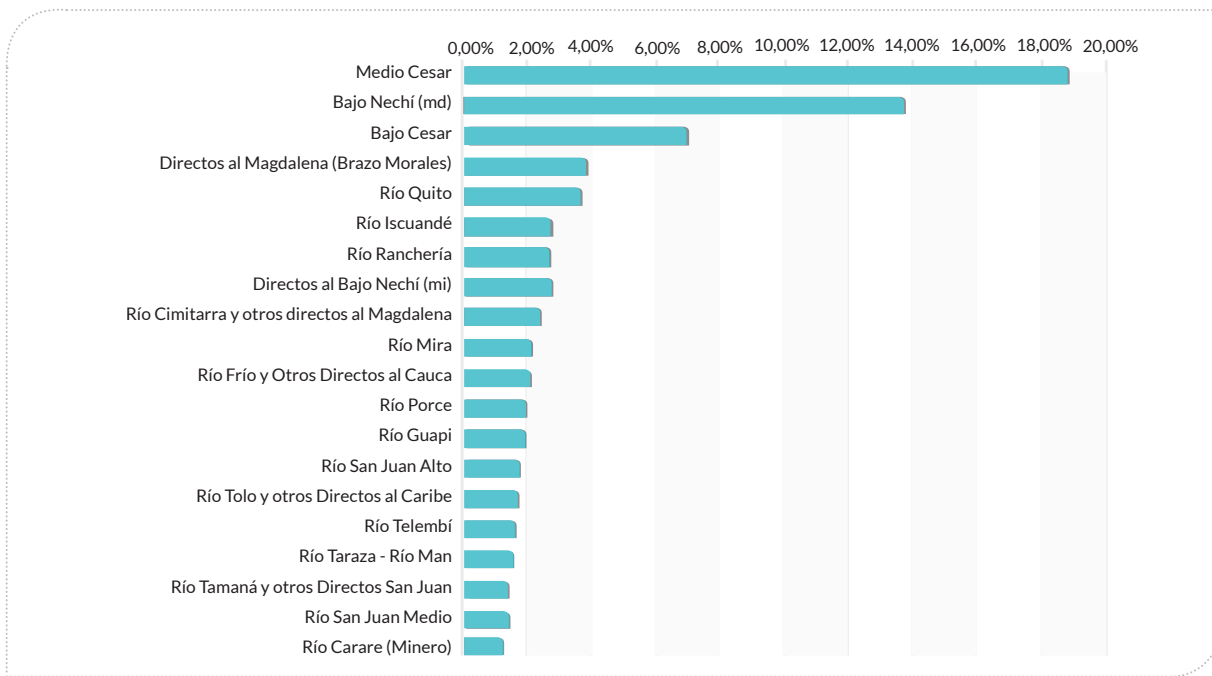
• **Figura 95.** Demanda de agua sector industria, subzonas hidrográficas con mayor participación.



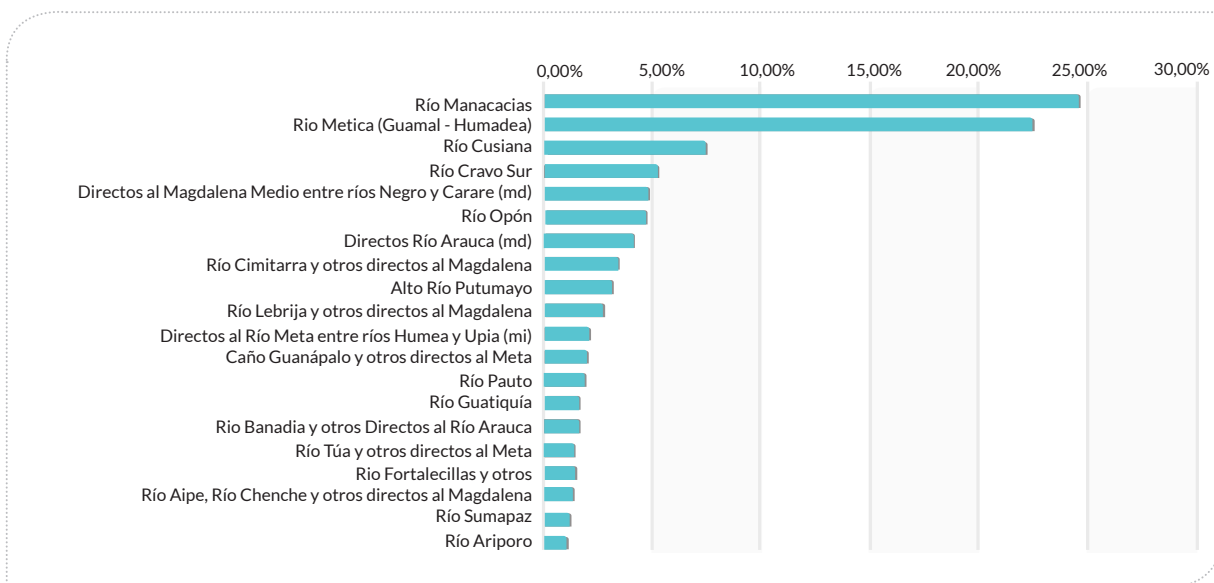
• **Figura 96.** Demanda de agua sector construcción, subzonas hidrográficas con mayor participación.

Aunque la información de uso de agua en la construcción no está completa, pues solo se toma las concesiones registradas en el SIRH, estas muestran que las subzonas con mayor uso de agua son las correspondientes a los ríos Directos río Cauca entre río San Juan y Pto. Valdivia (md) con el

37 %, río Páez con el 10,7 % y río Porce con casi el 8 %. La SZH del río Metica alcanza el 7,7 % y del río La Vieja el 7,5 %. Los siguientes 15 alcanzan el 26,4 %. Las primeras 20 alcanzan un uso del 97,8 % del uso de agua, cuyo volumen total es de 435,76 millones de m<sup>3</sup>.



• **Figura 97.** Demanda de agua sector minería, subzonas hidrográficas con mayor participación.



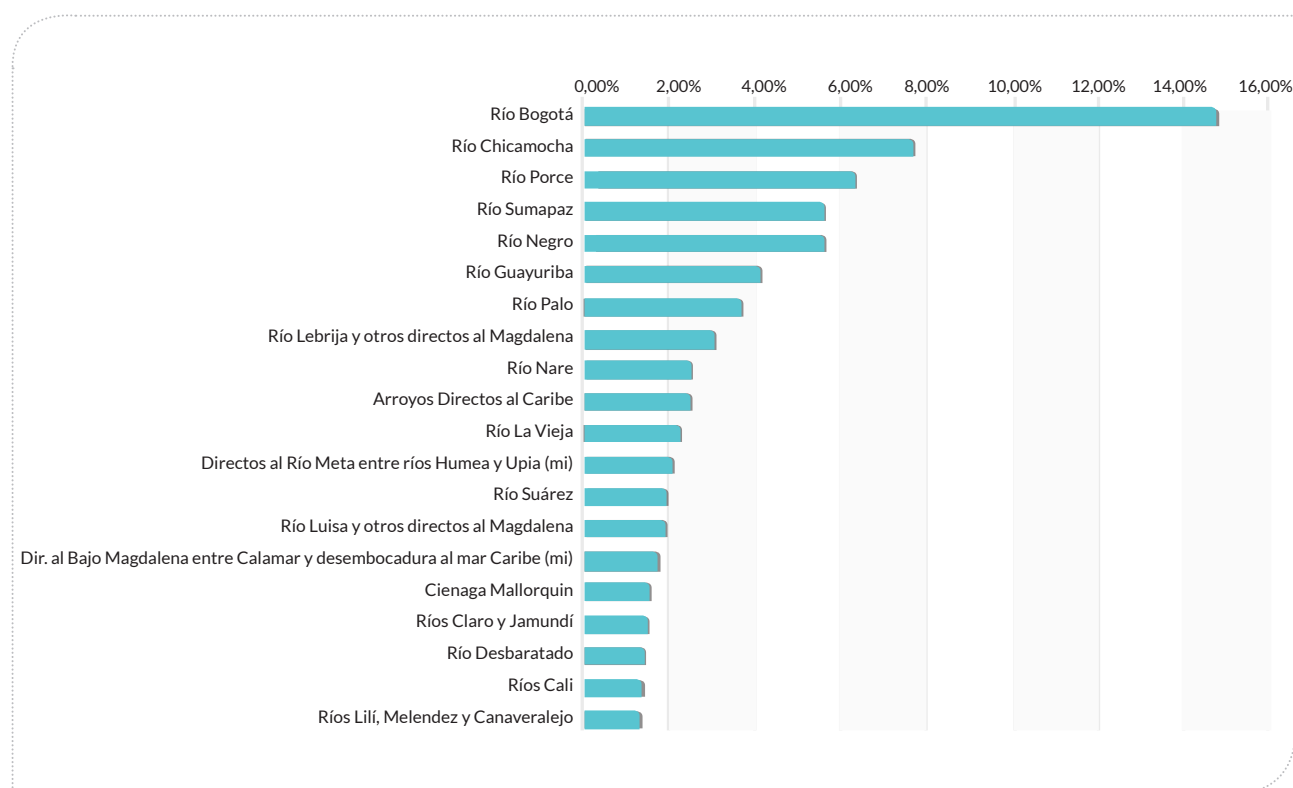
• **Figura 98.** Demanda de agua sector hidrocarburos, subzonas hidrográficas con mayor participación.

El agua usada en minería se concentra en la subzona del Medio Cesar con el 18,7 % seguida por la del Bajo Nechí y Bajo Cesar, con el 13,68 % y el 6,89 % respectivamente. Las siguientes 17 subzonas usan el 35,8 % del agua del sector. Las primeras 20 subzonas alcanzan el 75,1 % del uso total del sector que alcanza los 668,2 millones de m<sup>3</sup>.

La producción de hidrocarburos se concentra en las subzonas de los ríos Manacacias, Metica (Guamal –

Humadea) y Cusiana con el 24,3 %, 22,2 % y 7,35 % respectivamente.

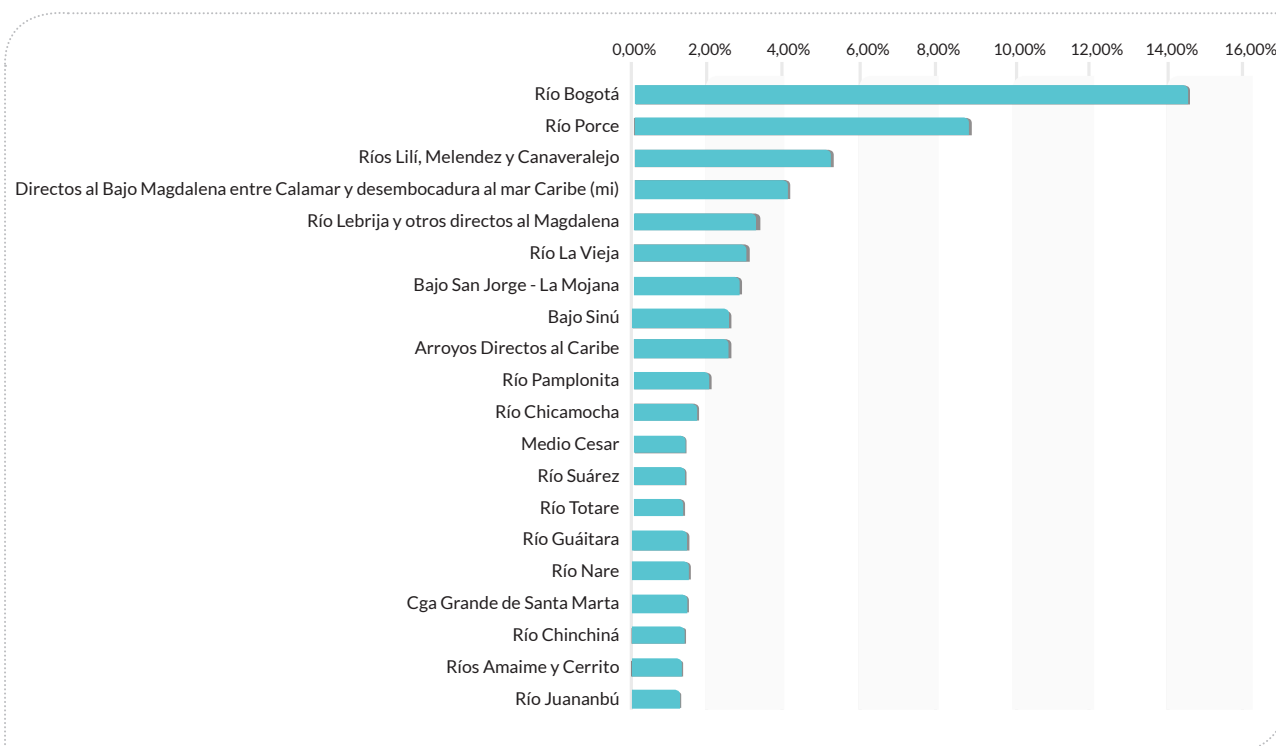
El uso de agua en servicios se concentra principalmente en la subzona del río Bogotá con el 14,74 % del agua que usa el sector. Las subzonas: río Chicamocha, Porce, Sumapaz y Río Negro suman el 25,1 % y las siguientes 14, el 31,06 %. En total, las 20 primeras concentran el 80 % de los 570,8 millones de m<sup>3</sup>.



• **Figura 99.** Demanda de agua sector servicios, subzonas hidrográficas con mayor participación.

Las subzonas de los ríos Bogotá, Porce y Lili–Meléndez y Cañaverelejo son las mayores usuarias de agua doméstica, las 3 suman el 28 % de los 2 746,7 millones de m<sup>3</sup> de agua usada en este sector en el país

durante 2016, con el 14,3 %, 8,6 % y 5,1 %, respectivamente. Allí se localizan las ciudades más grandes del país. El uso de agua en las siguientes 17 subzonas alcanza el 32,3 %.



• **Figura 100.** Demanda de agua sector doméstico, subzonas hidrográficas con mayor participación.

Como conclusión general del uso de agua sectorial, respecto al sector agrícola, los resultados estimados para la demanda y la huella hídrica azul agrícola permiten identificar que el 50 % del requerimiento hídrico del sector agrícola de cultivos nacional (permanentes y transitorios), asociado a uso potencial de riego, se encuentra concentrado en solo 26 subzonas hidrográficas, entre las que se destacan las subzonas hidrográficas de Cga. Grande de Santa Marta, río Lebrija y otros directos al Magdalena y Bajo San Jorge-La Mojana, concentran más del 11,4 % del requerimiento hídrico asociado a agua de riego a nivel nacional. En lo correspondiente al sector agrícola-pecuario (pastos de corte y forrajes producidos bajo practica agrícola, con propósito ganadero), el requerimiento hídrico estimado no cuenta con oferta natural suficiente, por lo que se estima un requerimiento no satisfecho que debió ser potencialmente

soportado con agua de riego, y de este, el 50 % del total se encuentra concentrado en solo 12 subzonas hidrográficas, donde se debe añadir al grupo citado anteriormente: la subzona hidrográfica del Canal del Dique (margen derecho).

Respecto a la mirada multisectorial, en general las subzonas de los ríos Sogamoso, Bogotá y Páez, presentan una mayor presión por uso de agua. La primera por el inicio de funcionamiento del embalse de Topocoro (Hidrosogamoso), la segunda porque en ella se concentra la mayor cantidad de población y actividades económicas industriales y la tercera, por la entrada en operación hidroeléctrica de El Quimbo. Se mantiene la presión en las subzonas donde se localizan las grandes ciudades y se han intensificado los usos de agua en subzonas de la periferia.



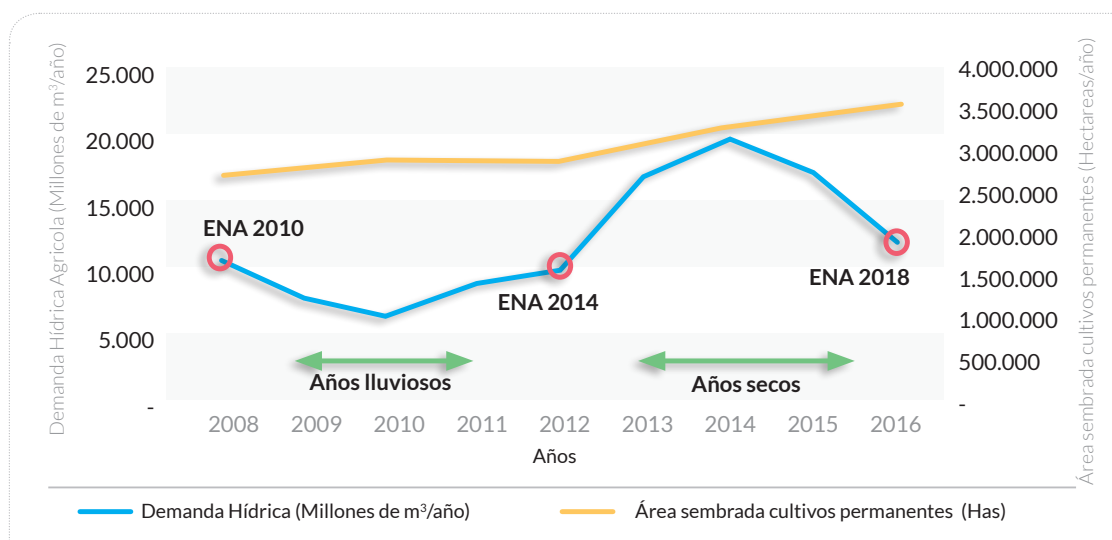
## 5.2.5 Análisis multianual de la demanda hídrica del sector agrícola

La demanda hídrica se basa en la acción física asociada a la extracción de agua del sistema para satisfacer la necesidad de un conjunto de actividades antrópicas durante un periodo de tiempo. La extracción de agua se realiza en la mayoría de los casos por parte de sectores económicos, para satisfacer una necesidad que requiere el control absoluto de su disponibilidad, por lo tanto, estos procesos no pueden ser abastecidos por la lluvia, que depende de la variabilidad geográfica y temporal. Dado lo anterior, la relación entre el crecimiento de un sector determinado y el crecimiento de la demanda hídrica es una relación que se ve alterado principalmente por las prácticas productivas, en cantidad (número de unidades productivas que demandan agua) y calidad (tipo de procesos relacionados con el uso eficiente del agua), pero sin depender de manera directa del clima.

El concepto de demanda hídrica aplicado al sector agrícola responde a una lógica diferente, la extracción de

agua asociada a la estimación de necesidad de riego se hace, en la mayoría de los casos, para conseguir cubrir un déficit asociado a un requerimiento hídrico mayor que la disponibilidad de agua natural de la interface suelo-vegetación, para una condición de disponibilidad de lluvia determinada por la ubicación, la temporalidad y la variabilidad climática. Por lo anterior, la relación entre el sector agrícola y la demanda hídrica no depende exclusivamente del crecimiento del sector ni de las prácticas, sino que para la agricultura la demanda hídrica depende también de un déficit hídrico que es una función de la ubicación geográfica, la variabilidad del clima y en el largo plazo del cambio climático.

Se presenta en la **Figura 101** el análisis de la serie continúa estimada para la demanda agrícola de cultivos (solamente incluyendo cultivos permanentes y transitorios), para el periodo 2008-2016, donde, pese a que se tiene una tendencia creciente constante en áreas sembradas por parte de la agricultura, se evidencia una demanda variable en función del clima, de manera coincidente con los fenómenos de El Niño y La Niña, que impactan de manera directa en la variación del déficit del requerimiento hídrico de la agricultura asociado al riego y a la demanda hídrica.



\* Datos estimados con metodología estándar y series agrícolas de Agronet y el Ministerio de Agricultura de Desarrollo Rural.

- **Figura 101.** Serie de demanda hídrica agrícola anual (cultivos permanentes y transitorios).

La **Figura 101** permite identificar como los años base de los tres estudios nacionales de agua de análisis, ENA 2010, ENA 2014 y ENA 2018, han coincidido con años de información base correspondiente con años de comportamiento promedio, lo cual corrobora que los resultados presentados permiten comparaciones consistentes, no alteradas sectorialmente por un fenómeno climático extremo. Así mismo, permite identificar y cuantificar las diferencias significativas asociadas a la variabilidad climática que afectan al sector agrícola, pero también alteran

toda la demanda multisectorial a nivel nacional. Cabe resaltar que la perspectiva del riego, como necesidad asociado a cubrir el déficit de requerimiento hídrico, se encuentra cambiando por parte del sector agrícola, que actualmente identifica el riego como un factor de control determinante para la productividad y calidad de producto, lo que permitirá una evolución del sector agrícola con posicionamiento de mercado y posibilidades de competencia comercial que trascienden al mercado local y orientar al sector agrícola colombiano hacia el mercado global.

## 5.3 Flujos de agua virtual

El objetivo del análisis de flujo de agua virtual es hacer una aproximación a las exportaciones de agua del país por concepto de comercio internacional en el año 2016, identificando cuánta agua fue requerida para la producción nacional de productos de exportación, entendiendo este requerimiento hídrico como agua indirectamente exportada, a que países llegó y de qué área hidrográfica salió. Las exportaciones del país están compuestas por gran cantidad de bienes, pero en términos de agua virtual, el gran impacto está en el sector agrícola, razón por la cual este análisis se limita a los flujos de agua virtual de los ocho principales cultivos de exportación del país: aguacate, banano, cacao, café, caña de azúcar, flores y follajes, palma de aceite y plátano. Los pasos para la estimación del agua virtual son:

1. Caracterización de las exportaciones del Colombia: con información del Dane, para el año 2016 se parte de una estadística descriptiva de las exportaciones del país por sectores económicos: I) Agropecuario, II) Minería, III) Industrial, IV) Otros.

2. Distribución de exportaciones de los ocho cultivos priorizados por lugar de origen y lugar de destino: se toma información sobre exportaciones en toneladas de los ocho productos agrícolas priorizados para el año 2016.
3. Cálculo de las dos componentes de la huella hídrica, verde y azul, por tonelada para cada cultivo.
4. Cálculo de agua virtual azul y agua virtual verde para cada cultivo y distribución por lugar de origen y lugar de destino.

En la **Tabla 40** se presenta el clasificación de los diez países con mayor flujo de agua virtual desde Colombia por concepto de exportación de los ocho productos agrícolas priorizados. El país con mayor cantidad de agua virtual es Estados Unidos, dado que es el principal socio comercial de Colombia y el principal consumidor de productos como banano, café, flores y plátano. El volumen de agua virtual exportado a Estados Unidos llega a cerca de 4 400 millones de m<sup>3</sup> de agua por exportación de los ocho productos

agrícolas priorizados. Otros países con volúmenes importantes de agua virtual procedente de Colombia son los Países Bajos y Alemania, con valores de aproximadamente 2 500 millones de m<sup>3</sup> de agua colombiana en 2016.

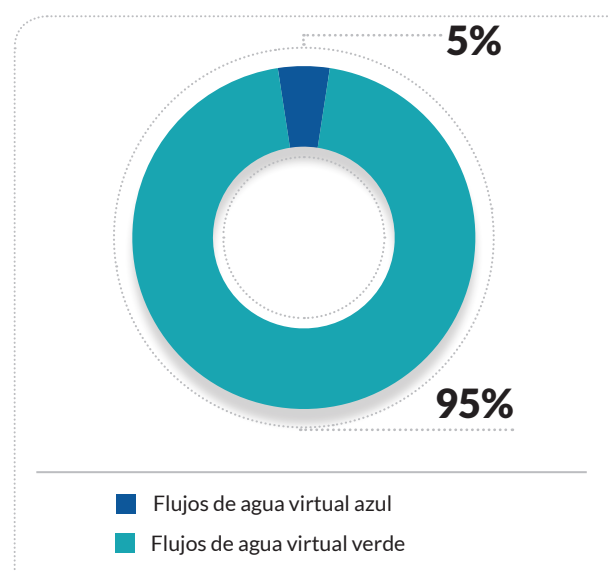
Los ocho productos agrícolas priorizados para el análisis de flujo de agua virtual se exportaron a 117 países en 2016, los diez países de la **Tabla 40** corresponden al 79 % de los flujos de agua virtual desde Colombia en el año 2016.

• **Tabla 40.** Colombia. Clasificación de flujos de agua virtual por países de destino 2016.

País importador	Agua virtual total (millones de m <sup>3</sup> )	Agua virtual azul (millones de m <sup>3</sup> )	Agua virtual verde (millones de m <sup>3</sup> )
▶ Estados Unidos	4 389	97	4 292
▶ Países Bajos	1 391	176	1 215
▶ Alemania	1 108	33	1 075
▶ Japón	917	1	916
▶ Bélgica	880	56	824
▶ Canadá	750	6	745
▶ España	563	40	524
▶ Reino Unido	511	47	464
▶ Italia	483	33	450
▶ México	439	51	387
▶ Otros	2 923	157	2 766
<b>Total Global</b>	<b>14 355</b>	<b>698</b>	<b>13 657</b>

El flujo de agua del país en el año 2016 por concepto de exportaciones de los ocho productos priorizados fue superior a los 14 500 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales el 95 % corresponden a agua virtual verde y solo el 5 % corresponden a agua virtual azul (**Figura 102**).

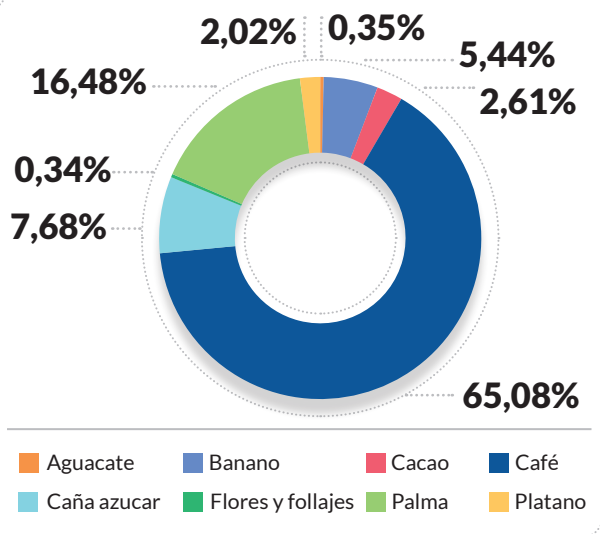
Por productos agrícolas, el que más aporta a los flujos de agua virtual del año 2016 es el café, el cual, aunque no cuenta con huella hídrica azul y por tanto agua virtual azul, reporta más del 65 % del flujo de agua virtual total contabilizada para los ocho productos analizados, seguido por la palma con más del 16 % de los flujos de agua virtual (**Tabla 41**) y (**Figura 103**).



• **Figura 102.** Colombia. Distribución de flujos de agua virtual 2016.

• **Tabla 41.** Colombia. Clasificación de flujos de agua virtual por cultivo de origen.

Cultivo	Agua virtual total (millones de m <sup>3</sup> )	Agua virtual azul (millones de m <sup>3</sup> )	Agua virtual verde (millones de m <sup>3</sup> )
▶ Café	9 342	0	9 342
▶ Palma	2 366	321	2 046
▶ Caña de azúcar	1 103	103	1 000
▶ Banano	781	155	627
▶ Cacao	375	39	336
▶ Plátano	290	48	242
▶ Aguacate	51	3	48
▶ Flores y follajes	48	30	18
<b>Total</b>	<b>14 355</b>	<b>698</b>	<b>13 657</b>



• **Figura 103.** Distribución de flujos de agua virtual total Colombia 2016 por cultivos de origen.

En relación con el origen de agua virtual, se hace referencia al lugar geográfico donde tiene origen la producción y por tanto proviene el agua, azul o verde, contenida en los productos exportados. En la **Tabla 42** se presenta la cantidad de agua virtual extraída de cada área hidrográfica del país, en la **Tabla 43** y la **Tabla 44** se presentan la cantidad de agua virtual azul y verde respectivamente extraída en cada área hidrográfica por cada cultivo priorizado.

Lo que se encuentra es que el área hidrográfica Magdalena–Cauca concentra más del 74 % del origen de agua virtual. La excepción se presenta en el banano que toma la mayor cantidad de agua virtual del área hidrográfica Caribe y la palma que lo hace en el área hidrográfica Orinoco.

• **Tabla 42.** Colombia. Flujos de agua virtual por área hidrográfica de origen 2016 (millones de m<sup>3</sup>).

Área hidrográfica	Agua virtual total (m <sup>3</sup> )	Agua virtual azul (m <sup>3</sup> )	Agua virtual verde (m <sup>3</sup> )
▶ Magdalena–Cauca	10 623	365	10 258
▶ Orinoco	1 486	175	1 311
▶ Pacífico	1 153	43	1 110
▶ Caribe	990	107	883
▶ Amazonas	103	8	95
<b>Total</b>	<b>14 355</b>	<b>698</b>	<b>13 657</b>

• **Tabla 43.** Colombia. Flujos de agua virtual azul por cultivo y área hidrográfica de origen 2016.

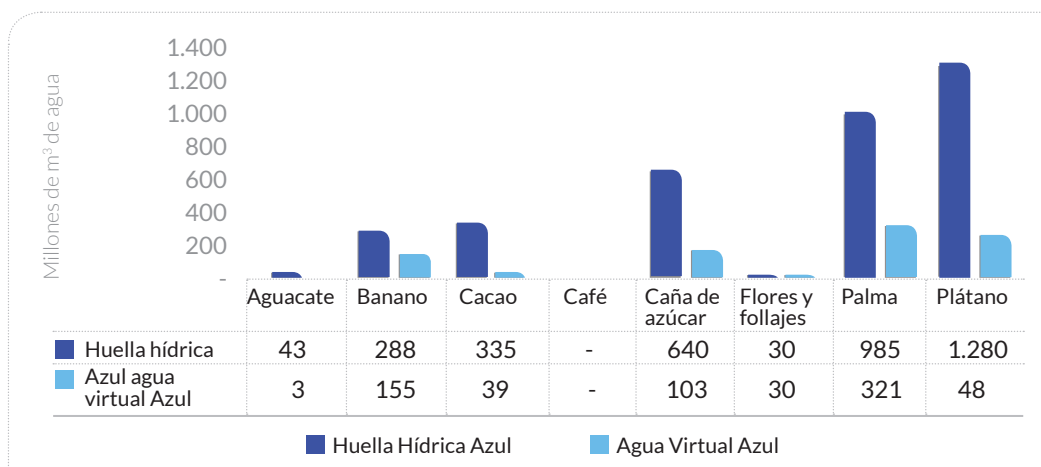
Cultivo	Caribe	Magdalena-Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico
▶ Aguacate	0,2	2,3	0,1	0,0	0,1
▶ Banano	70,5	67,6	0,7	1,1	14,8
▶ Cacao	4,8	21,6	6,0	1,8	4,7
▶ Caña de Azúcar	3,0	86,5	5,0	1,7	6,8
▶ Flores y Follajes	0,0	29,6	0,1		0,3
▶ Palma	18,8	135,2	156,7	0,2	9,7
▶ Plátano	9,8	22,5	6,5	2,8	6,2
<b>Total/AH</b>	<b>107,0</b>	<b>365,2</b>	<b>175,1</b>	<b>7,6</b>	<b>42,6</b>

• **Tabla 44.** Colombia. Flujos de agua virtual verde por cultivo y área hidrográfica de origen 2016.

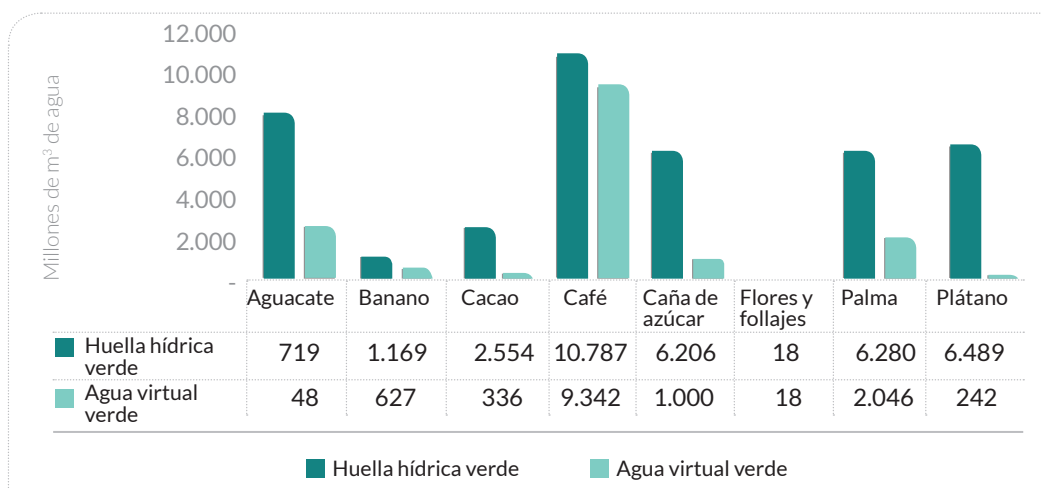
Cultivo	Caribe	Magdalena-Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico
▶ Aguacate	3,3	40,8	2,2	0,1	1,5
▶ Banano	285,6	274,1	2,8	4,3	59,9
▶ Cacao	41,1	185,9	52,1	15,6	40,9
▶ Café	353,9	7.923,7	172,8	42,8	848,4
▶ Caña de Azúcar	29,0	839,2	48,6	17,0	65,9
▶ Flores y Follajes	0,0	18,0	0,1		0,2
▶ Palma	120,2	862,5	999,5	1,1	62,2
▶ Plátano	49,4	113,9	32,8	14,3	31,6
<b>Total/AH</b>	<b>882,5</b>	<b>10 258,1</b>	<b>1 310,9</b>	<b>95,1</b>	<b>1 110,4</b>

Finalmente se presenta en la **Figura 104** y **Figura 105** la comparación entre la huella hídrica y los flujos de agua virtual del año 2016 de cada uno de los ocho cultivos priorizados, como forma de estimar la proporción del impacto del cultivo sobre el recurso

hídrico asociada a la demanda externa. De este modo, los cultivos con mayor peso relativo de los flujos de agua virtual sobre su huella hídrica son las flores, el banano y el café, que son los principales cultivos tipo exportación del país.



• **Figura 104.** Colombia. Huella hídrica azul frente al agua virtual azul 2016.



• **Figura 105.** Colombia. Huella hídrica verde frente al agua virtual verde 2018.

Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica a nivel mundial, su indicador de huella hídrica es en gran medida huella hídrica verde, gracias a un alto nivel de pluviosidad, esto permite inferir que el costo de producción asociado al uso del agua para la agricultura en Colombia es más bajo que en muchos otros países, donde se debe establecer infraestructuras e implementar tecnologías para la captación de agua de fuentes superficiales y subterráneas para el riego de cultivos, lo que le permite al país tener una ventaja competitiva en los mercados internacionales

de alimentos, fundamental para el objetivo del Gobierno Nacional de convertir a Colombia en una gran despensa de alimentos a nivel mundial.

Aun así, es necesario que el país proyecte la demanda de agua al momento de generar planes de expansión y exportación en los diferentes sectores económicos; para ello, debe tener en cuenta los flujos de agua de virtual, ya que no debe expandir las exportaciones de bienes, principalmente del sector agrícola, más allá de donde la oferta hídrica del país lo permita.

## 5.4 Indicadores desarrollados a partir del uso del agua

Se actualizan los dos indicadores relacionados con el uso de agua el que relaciona la de demanda y huella hídrica azul como índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA), y el que relaciona el agua verde disponible para actividades productivas y los consumos de agua verde en una cuenca como el índice de presión hídrica a los Ecosistemas (IPHE).

### 5.4.1 Relación entre la demanda hídrica y la huella hídrica azul (IEUA)

La relación entre la huella hídrica azul y la demanda hídrica responde al índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA), el cual fue introducido en ENA 2014 y se desarrolla desde lo conceptual y metodológico en este capítulo.

La huella hídrica azul se cuantifica mediante la estimación del agua extraída que no retorna a la cuenca, fenómeno asociado a que el agua se ha incorporado a un producto, evaporado o trasvasado a otra cuenca vecina. Por su parte, la demanda hídrica se cuantifica mediante la estimación de la extracción del volumen de agua necesario para satisfacer el requerimiento hídrico total de un proceso, incluidos los usos consuntivos, no consuntivos (retornados posteriormente como vertimientos y descargas) y las pérdidas del sistema<sup>6</sup>. La estimación del IEUA se realiza mediante la aplicación de la siguiente ecuación, que relaciona

los conceptos de la huella hídrica azul y la demanda hídrica para una unidad hidrográfica determinada, para el caso del ENA 2018, las unidades de análisis son las subzonas hidrográficas:

$$IEUA = \frac{\sum HH_{Azul}}{\sum DH}$$

Para el análisis e interpretación del resultado del IEUA se establecieron cinco categorías, que resultan coherentes con las categorías utilizadas para la valoración del índice de agua no retornada a la cuenca (IARC), que está directamente relacionado con la huella hídrica azul, y del índice de uso de agua (IUA) que está relacionado con la demanda hídrica. El valor “Muy alto” denota que el valor de huella hídrica azul, que es agua que no retorna a la cuenca pues fue efectivamente consumida, se encuentra más cerca del valor extraído para suplir las necesidades asociadas a la demanda, lo que significa una mayor eficiencia en el uso consuntivo y una reducción en el margen asociado a los flujos de retorno, lo que implica la posibilidad de una reducción en las pérdidas y una clara identificación del volumen de uso no consuntivo que puede ser susceptible a acciones de reusó y recirculación en el sistema productivo. Los valores “Bajos” y “Muy bajos” indican una situación de distanciamiento entre los valores de huella hídrica azul y el valor extraído asociado a la demanda, lo que significa un volumen importante que se extrae y retorna, lo cual implica que con un aumento en el uso eficiente del agua se puede reducir la demanda hídrica de la unidad territorial de análisis (Tabla 45).

<sup>6</sup> Es de resaltar que las pérdidas del sistema no son consideradas en la huella hídrica azul, puesto que hace referencia a fugas o ineficiencia en uso, por lo que el agua se mantiene en la cuenca y se reincorpora al sistema, aunque de forma no controlada.

• **Tabla 45.** Rangos de calificación del IEUA.

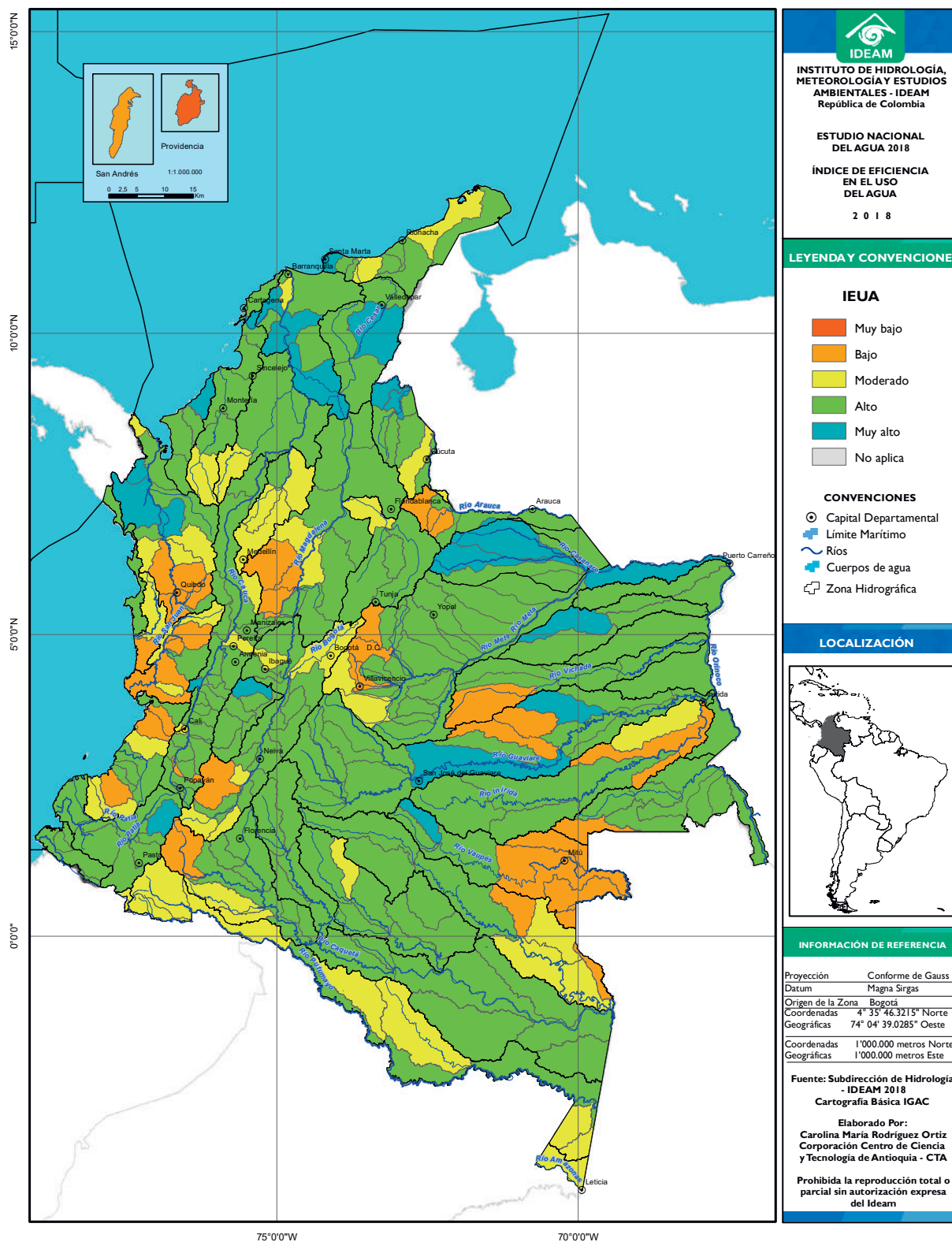
Rango IEUA	Descripción	
Menor a 0,01	Muy bajo	Más del 99 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso y recirculación, y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción).
0,01 - 0,1	Bajo	Entre el 99 % y el 90 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso y recirculación, y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción).
0,1 - 0,2	Moderado	Entre el 90 % y el 80 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso y recirculación, y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción).
0,2 - 0,5	Alto	Entre el 80 % y el 50 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso y recirculación, y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción).
0,5 - 1,0	Muy alto	Menos del 50 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso y recirculación, y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción).

Estos valores se interpretan como un aumento en la eficiencia en el uso del agua, dado que, aunque se extrae un mayor volumen de agua en cada periodo de análisis, esta extracción ha respondido a un porcentaje creciente de agua usada que no ha retornado a la cuenca y que, por lo tanto, se ha reducido la proporción de los flujos de retorno que responden a la sumatoria de pérdidas, vertimientos y descargas. La reducción porcentual de flujos de retorno abre la posibilidad de una reducción en las pérdidas físicas desde el punto de extracción al punto de uso de agua o una reducción en los vertimientos y descargas que hacen referencia directa a los usos no consuntivos de agua, que en muchos casos abren la posibilidad de implementar acciones de reúso y recirculación, con el propósito de optimizar la demanda hídrica.

La estimación del IEUA obtenido para las subzonas hidrográficas y la determinación de categoría correspondiente se muestra en el mapa de la **Figura 106** y en el anexo 2.

Se identifican 37 subzonas hidrográficas en categoría de IEUA Bajo, y 50 subzonas hidrográficas en categoría Moderada. Se identifican condiciones de IEUA Moderado y Bajo en subzonas hidrográficas coincidentes con zonas de embalses, donde existe una retención del agua y procesos de retorno de grandes volúmenes de agua por turbinado (por ejemplo, subzonas hidrográficas de río Páez, río Sogamoso y río Nare), y grandes ciudades, donde existen grandes usuarios multisectoriales e importantes volúmenes de vertimiento, asociados a usos no consuntivos del agua (por ejemplo, subzonas hidrográficas de río Bogotá, río Porce y río Zulia).





• **Figura 106.** Índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA).

## 5.4.2 Evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica verde (IPHE)

El agua verde, considerada como el recurso que proviene de la lluvia y que se almacena en el suelo como humedad para luego ser aprovechado por la vegetación, es un factor de producción importante especialmente en países como Colombia en donde el 90 % de la agricultura se sostiene con este recurso. No obstante, este también es un recurso limitado, debido a que no toda el agua verde presente en una cuenca se encuentra disponible para usos productivos, pues una parte es empleada por los ecosistemas estratégicos y otra no se puede hacer productiva por razones físicas, como la topografía o los asentamientos urbanos.

El agua verde disponible para actividades productivas (DAV) relacionada con los consumos de agua verde en una cuenca (huella hídrica verde, HH verde) constituyen el índice de presión hídrica a los ecosistemas (IPHE). Este índice fue evaluado para las 316 subzonas hidrográficas continentales en Colombia a través de la siguiente relación. La metodología de cálculo y datos empleados se encuentran en la hoja metodológica de este indicador disponible en la memoria técnica del Estudio Nacional del Agua 2018.

$$IPHE = \frac{\sum HH_{verde}}{DA_{verde}}$$

La HH verde corresponde a los consumos de agua verde por parte de las actividades agropecuarias y

forestales; por su parte, la DAV se basa en las evapotranspiraciones (ET) de las diferentes coberturas en las cuencas hidrográficas, tal como lo muestra la ecuación, en donde a la ET total de la cuenca se le resta la ET de las zonas con ecosistemas estratégicos y la ET de las zonas que no pueden hacerse productivas.

Para el caso del ENA 2018, la DAV se calculó siguiendo la metodología empleada en el ENA 2014, en donde la ET natural corresponde a la que se da en las áreas protegidas legalmente establecidas, los páramos y las reservas forestales nacionales de Ley 2.<sup>a</sup> categoría A, entre las cuales suman 27 486 878,29 ha. Por su parte, la ET no productiva se da en las áreas que no pueden hacerse productivas, en este caso corresponde a las reclasificadas como “áreas intervenidas” por fuera de las áreas protegidas en el mapa de Corine Land Cover, según la metodología expuesta en (CTA, Ideam, Cosude & GSI-LAC, 2015).

Para la comprensión del resultado del IPHE se establecieron seis categorías (**Tabla 46**); los valores “Críticos” denotan que existe clara competencia por agua verde entre el uso del suelo vinculado al sector agropecuario y forestal y las áreas de protección asociadas a ecosistemas estratégicos; mientras que valores “Bajos” y “Muy bajos” indican una situación favorable para los ecosistemas estratégicos.

Es de reconocer que esta metodología cuenta con gran potencial en la gestión de recursos hídricos pero, a su vez, está asociada a una alta incertidumbre dado que su base de cálculo es la evapotranspiración, uno de los componentes con mayor incertidumbre en el balance hidrológico y con mayor diversidad de métodos disponibles para su estimación (Rodríguez, 2016).

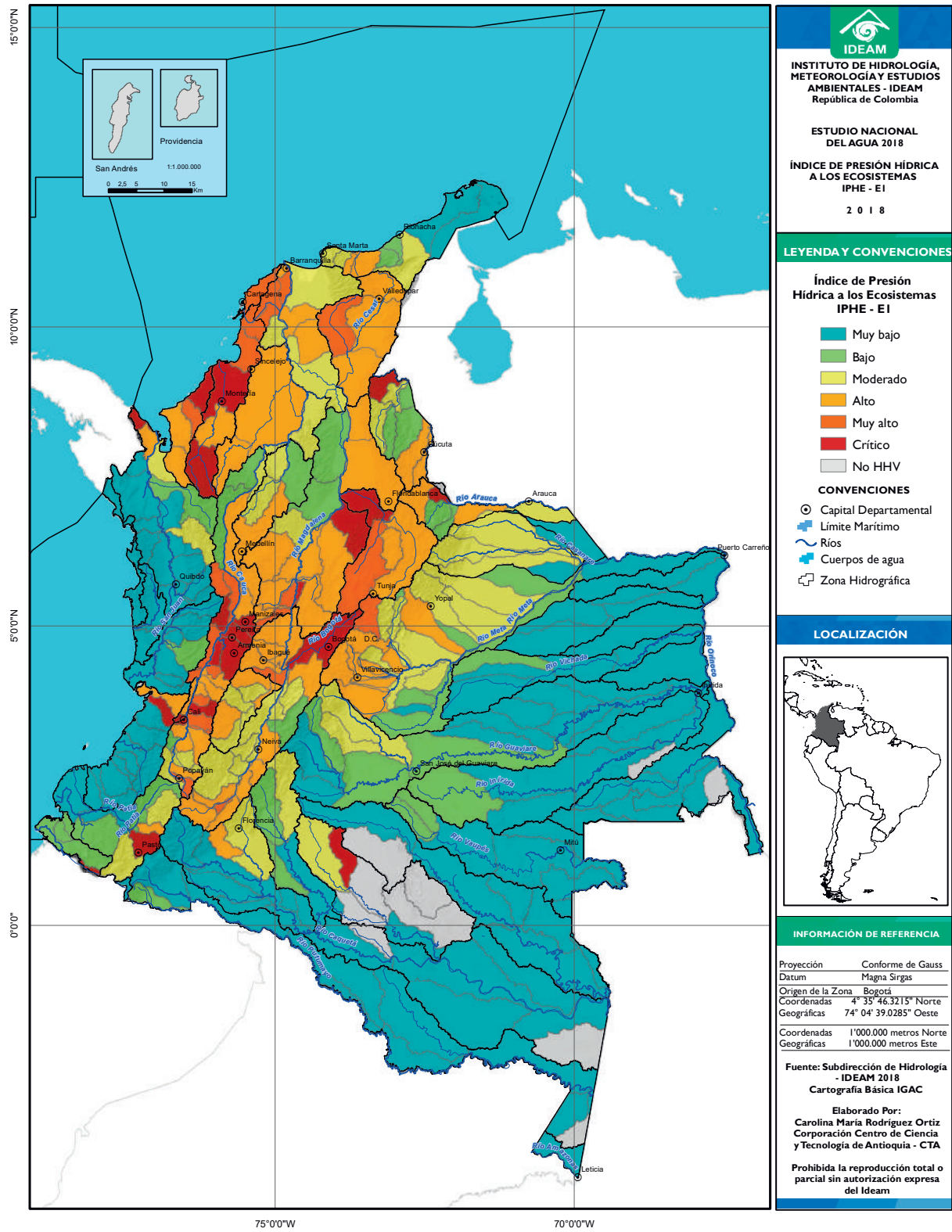
• **Tabla 46.** Rangos de calificación del IPHE.

Rango IPHE	Descripción	
Menor a 0,1	Muy bajo	Se interpreta como una señal que resalta alta disponibilidad de agua verde para el sector productivo y posibilidades de ampliación de la frontera agrícola, sin impactar a ecosistemas de protección.
0,1 – 0,3	Bajo	Se interpreta como una señal que resalta disponibilidad de agua verde para el sector productivo y posibilidades de ampliación de la frontera agrícola, sin impactar a ecosistemas de protección.
0,3 – 0,5	Moderado	Se interpreta como una señal sobre la ampliación de la frontera agrícola, la cual se encuentra a una distancia aceptable del límite de ecosistemas de protección.
0,5 – 0,8	Alto	Se interpreta como una señal de alerta sobre la ampliación de la frontera agrícola, la cual se encuentra cerca del límite de ecosistemas de protección.
0,8 – 1,0	Muy alto	Se interpreta como una señal de alerta sobre la ampliación de la frontera agrícola, la cual se encuentra muy cerca del límite de ecosistemas de protección.
Mayor a 1,0	Crítico	Se interpreta como una señal que de la frontera agrícola superó el límite de zonas de protección y se puede encontrar en riesgo la integridad ecológica de la cuenca, para la provisión de servicios ecosistémicos.

Como resultado, se obtuvo que la disponibilidad de agua verde en Colombia es de 1 008 965,7 millones de m<sup>3</sup>/año. Este valor es interesante si se compara con la precipitación total a escala nacional, la cual, en volumen de agua es de 3 293 750,8 millones de m<sup>3</sup>/año, lo cual indica que solo el 31 % de la precipitación media anual está disponible para fines productivos como agua verde. La mayor DAV se encontró para el área hidrográfica Orinoco, mientras que la menor DAV se encuentra en el Pacífico.

La estimación del IPHE obtenido para las subzonas hidrográficas y la determinación de la categoría correspondiente para cada una de las SZH se muestra en el mapa de la **Figura 107** y en el anexo 2.

En cuanto al IPHE, se encontraron subzonas hidrográficas con valores desde “cero” hasta 4,62. Las consideradas críticas son 22 (**Tabla 47**), situación que corresponde con lo encontrado en el ENA 2014. En estas subzonas hidrográficas que se encuentran en estado crítico convergen una o varias de las siguientes situaciones: (1) no hay disponibilidad de agua verde (DAV = 0), lo que significa que la SZH está totalmente contenida en una zona de protección, pero que presenta una huella hídrica verde agropecuaria mayor que cero, es decir, que existe reporte de producción agrícola, de pastos ganaderos o forestal en una zona de protección donde no debería existir actividad productiva; (2) disponibilidad limitada de agua verde (DAV > 0), con huella hídrica verde agropecuaria mayor que cero y superior a la DAV, por lo que existen zonas de protección en competencia por el agua verde.



• **Figura 107.** IPHE por subzona hidrográfica, bajo el escenario de áreas protegidas legales.

• **Tabla 47.** Subzonas hidrográficas con IPHE crítico.

Área hidrográfica	SZH	Subzona hidrográfica	IPHE
▶ Caribe	1116	Río Tolo y otros directos al Caribe	1,04
	1204	Río Canalete y otros arroyos directos al Caribe	1,1
	1301	Alto Sinú - Urrá	1,35
	1303	Bajo Sinú	1,06
	1608	Río del Suroeste y directos río de Oro	1,56
▶ Magdalena Cauca	2120	Río Bogotá	1,13
	2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	1,04
	2314	Río Opón	1,16
	2405	Río Sogamoso	1,2
	2609	Ríos Amaine y Cerrito	1,12
	2612	Río La Vieja	1,29
	2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1,1
	2614	Río Risaralda	1,04
	2615	Río Chinchiná	1,43
	2630	Ríos Lilí, Meléndez y Cañaveralejo	1,04
	2634	Ríos Cali	2,73
	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	1,05
▶ Orinoco	3702	Río Margua	1,32
▶ Amazonas	4502	Río Camuya	2,94
▶ Pacífico	5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	1,62
	5204	Río Juananbú	1,14
	5310	Río Anchicayá	4,62

El valor de IPHE más alto encontrado fue de 4,62, en la SZH del río Anchicayá, en el AH Pacífico. En esta subzona hidrográfica, la importancia de las reservas forestales nacionales del río Anchicayá y Farallones de Cali determinan una DAV para usos productivos de tan solo 38,11 millones de m<sup>3</sup>/año, en comparación con la huella hídrica verde que es de 176,09 millones de m<sup>3</sup>/año, asociada en 88 % a pastos para ganadería.

Además, se encontraron 22 SZH en categoría Muy alto, 67 en estado Alto, 49 en categoría Moderado,

37 en estado Bajo y 103 en estado Muy bajo (Anexo 2). Las 11 SZH restantes se encuentran en el Orinoco y el Amazonas y son consideradas cuencas “no agropecuarias”, no presentan DAV debido a que se encuentran en áreas con áreas protegidas o reservas forestales legalmente constituidas, por lo cual son subzonas que se deben conservar y en donde se debe restringir el establecimiento de usos agropecuarios o forestales.

Es de resaltar que para ENA 2018 se ha mantenido la metodología aplicada para ENA 2014, no obstante,

se consideró la posibilidad de utilizar como insumo principal el mapa de frontera agrícola (UPRA, 2018), el cual ha presentado una evolución considerable que lo consolida como información oficial durante los últimos 4 años. Esta posibilidad fue descartada pues el resultado no se consideró confiable para la escala geográfica que maneja en ENA 2018, para el

cual se consolidan todos los resultados a escala de unidad de análisis de subzona hidrográfica. Se recomienda utilizar este insumo oficial para estudios a menor escala en los que las unidades de análisis permitan identificar áreas de protección específicas y consolidado de resultados a nivel de detalle mayor que el ENA.

## 5.5 Reflexión final sobre usos del agua en Colombia

El Estudio Nacional del Agua 2018 realiza un análisis de los usos del agua desde la integración de los conceptos de la demanda hídrica y la huella hídrica, lo que permite unir de manera complementaria la demanda con la huella hídrica azul e integrar la huella hídrica verde, aunque manteniendo un análisis independiente asociado al sector agropecuario exclusivamente.

Asimismo, el indicador de presión por el uso del agua IUA se utiliza en el análisis integrado para relacionar los resultados con los fenómenos físicos representados, como la extracción, el uso consuntivo en términos de volumen de agua no retornado y la eficiencia en el uso como función del volumen de agua con potencial de reúso y recirculación.

Desde el punto de vista sectorial, se actualizaron y mejoraron, en definición y escala, las bases de datos de información de sectores asociada al año base. En lo relativo al sector agrícola, se incluyó adicionalmente un análisis multianual de la variación de la demanda y la huella hídrica azul, lo que evidenció que el comportamiento del uso del agua por parte del sector depende no solo de la tendencia creciente en las áreas sembradas, sino del comportamiento del clima, asociado a la variabilidad climática y en el medio y largo plazo al cambio climático (**Figura 101**).

Los cambios en la demanda hídrica se pueden identificar principalmente a partir de los cambios en el comportamiento del índice de uso del agua 2018 con respecto al calculado en el ENA 2014. Teniendo en cuenta que el IUA refleja la relación porcentual de la demanda hídrica con respecto a la oferta hídrica superficial disponible en una subzona hidrográfica, se puede inferir que se han intensificado las presiones por uso en determinadas SZH, en gran medida, por el incremento en el uso de agua. El análisis detallado del IUA y de los cambios respectivos se muestran en el Capítulo 8, numeral 8.1.2, donde se evalúan en su conjunto los indicadores de relación entre los sistemas hídricos y los de intervención antrópica.

La relación de la huella hídrica azul con la oferta disponible de agua azul (ríos, lagos y acuíferos) permite determinar que 27 subzonas hidrográficas se encuentran con una valoración de Muy alto o Alto para el indicador IARC, 24 de ellas en el área hidrográfica Magdalena–Cauca y 3 en el área hidrográfica Caribe. Lo anterior representa un cambio frente a las 8 subzonas hidrográficas identificadas con esta condición en ENA 2014, 4 en estado Crítico y 4 con valoración de IARC Alto. Las 4 subzonas hidrográficas que se identificaron en estado Crítico en ENA 2014 coinciden plenamente con las cuatro identificadas

en ENA 2018; no obstante, la información actualizada ha permitido afinar el cálculo pasando de una situación de Crítico, que significaba que había fuentes de agua que estaban fuera de la cuantificación, a una situación de Muy alto en ENA 2018, donde existe una clara mejora en la información, que permite un resultado más consistente y coherente. Se incluyen 19 subzonas hidrográficas adicionales que se encuentran en la misma categoría, de las cuales 17 se hallan en la zona cercana al límite de la categoría Moderado, por lo que no se considera un cambio significativo y se asocia a una mejor resolución en la información sectorial.

Con respecto a la relación de la huella hídrica verde con el agua verde disponible (AVD), se identifican un total de 22 subzonas hidrográficas en condición crítica. En este análisis hay 14 coincidencias, 7 pasaron a la lista de subzonas con valoración de Muy alto y una fue afectada por un cambio metodológico por el cual se excluyó, además, a 11 subzonas del cálculo, dado que no cuentan con AVD al estar completamente contenidas en un área de protección. En total,

la actualización de IPHE identifica 113 subzonas que se encuentran en situación Crítico, Muy alto o Alto, frente a las 105 identificadas en el ENA 2014, de las cuales existe coincidencia con 94. Las diferencias se centran en 11 subzonas que mejoraron su condición de Alto a Moderado y 19 que pasaron de la condición Moderada a una condición de IPHE Alto. Esto implica que en el 89 % de las subzonas identificadas en el ENA 2014, la situación se mantiene en alerta en el ENA 2018; y existen 19 subzonas que ingresan a la misma zona, lo cual implica un aumento en la presión por parte de la ampliación de la frontera agrícola en torno a las zonas de conservación.

Por último, en lo referente a la relación entre la demanda hídrica y la huella hídrica azul, se identifican 87 subzonas hidrográficas en categoría de IEUA Bajo y Moderado, que implica una importante cercanía entre el volumen de agua extraído y el que finalmente retorna, lo que implica que hay un porcentaje mayoritario de usos no consuntivos o pérdidas, con lo cual se evidencian oportunidades asociadas a acciones de uso eficiente del agua.



Río Orinoco  
Martha García

---



# CALIDAD DEL AGUA

---

## Autores

Claudia Nicol Tetay Botia  
Martha García Herrán

### Instituto Amazónico de Investigación Científica

El aparte de este capítulo sobre “Avances en el estudio de mercurio en ecosistemas amazónicos afectados por minería de oro y otras localidades” fue desarrollado por Gladys Cardona, Marcela Núñez Avellaneda, María Camila Escobar y Edwin Agudelo Córdoba, del Instituto Sinchi.

Con la colaboración de Tatiana Osorio Rendón,  
pasante de Ingeniería Química de la  
Universidad Nacional de Colombia

CAPÍTULO

06

Este capítulo comprende la evaluación del estado de la calidad del agua y las presiones ejercidas sobre las condiciones de calidad por cargas contaminantes puntuales. Se presenta una evaluación con los estimativos tanto de las cargas generadas de materia orgánica, de sólidos y de nutrientes, durante 2016, como las que se tratan y las que finalmente son vertidas a las fuentes hídricas superficiales de Colombia. El análisis se hace con: la actualización de los índices de alteración potencial de la calidad del agua local, y de calidad de agua ICA, obtenida de las variables medidas en la red de referencia del Ideam y los puntos de monitoreo de la campaña Ideam – Cormagdalena 2016, que, además, incluyen las mediciones de metales pesados en agua y sedimentos.

Para estimar cargas o emisiones contaminantes que afectan la calidad del agua por contaminación se tiene como fuente base la información secundaria proveniente de los sectores productivos agrícola (beneficio del café), industrial (manufacturerera de 41 actividades económicas), minería (oro, plata), sacrificio de ganado y uso de agroquímicos en la agricultura y de sustancias químicas en el procesamiento de coca como uso ilícito. El año base para la actualización es el 2016 y las unidades espaciales de análisis son el municipio, subzona y área hidrográfica.

Los resultados dan cuenta de la presión que ejercen los sectores analizados, usuarios del recurso, sobre la calidad en los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas).

## 6.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

Para la actualización del componente de calidad del agua se aplican los mismos conceptos y metodologías del ENA 2014. En este punto se hace énfasis en algunos de estos conceptos y se presentan detalles metodológicos de los sectores usuarios, en particular, sobre las fuentes de información y limitaciones que repercuten en los estimativos y para análisis.

### 6.1.1 Elementos conceptuales

El concepto de *calidad del agua* que se planteó para el Estudio Nacional del Agua apropia la definición de la Directiva Europea Marco del Agua, que asume que es necesario proteger un cuerpo de agua más como un bien ambiental que como un recurso para ser explotado y que su caracterización se hace no solo en función del uso.

Uno de los principales factores que afectan la calidad del agua son los vertimientos a los cuerpos de agua lénticos y lóticos provenientes de fuentes puntuales o difusas con o sin tratamiento generados por diferentes actividades antrópicas, por el uso de agua para abastecimiento a la población, la industria, el beneficio de ganado, la agricultura, la minería, el sector pecuario, entre otros, como se ilustra en la **Figura 108**.

Algunas actividades económicas de origen puntual vierten al alcantarillado, el cual traslada el agua residual directamente a la fuente o a la planta de tratamiento para realizar algún tipo de procedimiento, en mayor o menor grado en función del sistema que se encuentre instalado (primario, secundario, terciario) para remover la carga generada y luego verter a la fuente.



• **Figura 108.** Presiones sobre la calidad de agua a los sistemas hídricos superficiales.

Los vertimientos de origen difuso, en su mayoría, van por escorrentía y se vierten directamente a los cuerpos de agua sin punto fijo, lo cual hace que su contabilidad en el aporte de carga contaminante tenga mayor restricción.

Las condiciones de la calidad del agua están dadas por sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales se ven afectadas por los procesos de alteración relacionados con actividades antrópicas o naturales en las que se ven involucrados agentes contaminantes que son aportados al recurso hídrico. En el ENA 2018 se evalúan las condiciones de calidad a través de características fisicoquímicas y procesos de alteración, únicamente en cuerpos de agua superficial.

Se mantienen los conceptos de las Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua (Riea), utilizados en el ENA 2014, (Ideam, 2015) y conceptos de presión ambiental, afectación potencial, sustancias peligrosas, definidos en el ENA 2010 (Ideam, 2010).

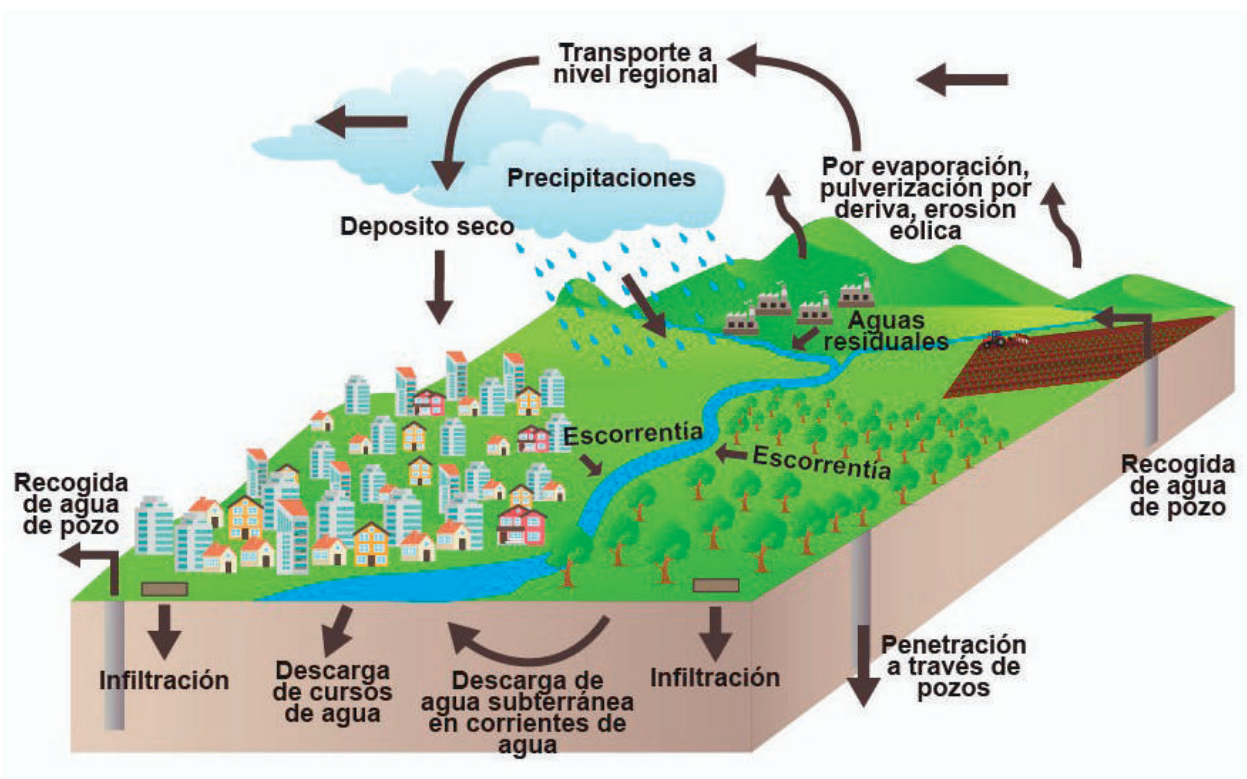
Se actualiza el concepto de carga contaminante definido en el Decreto Nro. 050 de 2018, y se presentan los modos de penetración de agroquímicos en el medio ambiente.

**Carga contaminante:** es el producto de la concentración másica de una sustancia por el caudal volumétrico del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio. Se expresa en unidades de masa sobre tiempo (MinAgricultura, 2018).

La carga contaminante en el ENA se calcula en los puntos de monitoreo, a partir de mediciones de concentración de variables y de caudal. Mientras que la carga contaminante por subzona hidrográfica se estima a partir de información secundaria de estadísticas de los sectores y factores. Esta se representa en unidades de área, porque no se cuenta con la ubicación y georreferenciación de los puntos de vertimiento.

**Agroquímicos:** el uso de agroquímicos en el sector agrícola aporta plaguicidas, entre los que existen algunas sustancias con un alto nivel de toxicidad, can-

cerígenas y teratogénicas, que afectan la salud pública y ecosistémica, lo cual ocasiona inhibiciones en el crecimiento y en la reproducción de los organismos e, incluso, malformaciones (Ideam, 2010). Las alteraciones referidas afectan ecosistemas hasta distancias muy lejanas del origen de la contaminación, producen deterioro de la calidad de vida de la población y limitan los usos potenciales de los sistemas hídricos, *aguas abajo de las descargas, tal como se observa en el esquema de la Figura 109, donde se aprecia la forma en que pueden los plaguicidas llegar al medio ambiente* (Marín Zambrana, 2009).



• **Figura 109.** Modos de penetración de los plaguicidas al medio ambiente. Fuente: tomada de (Marín Zambrana, 2009).

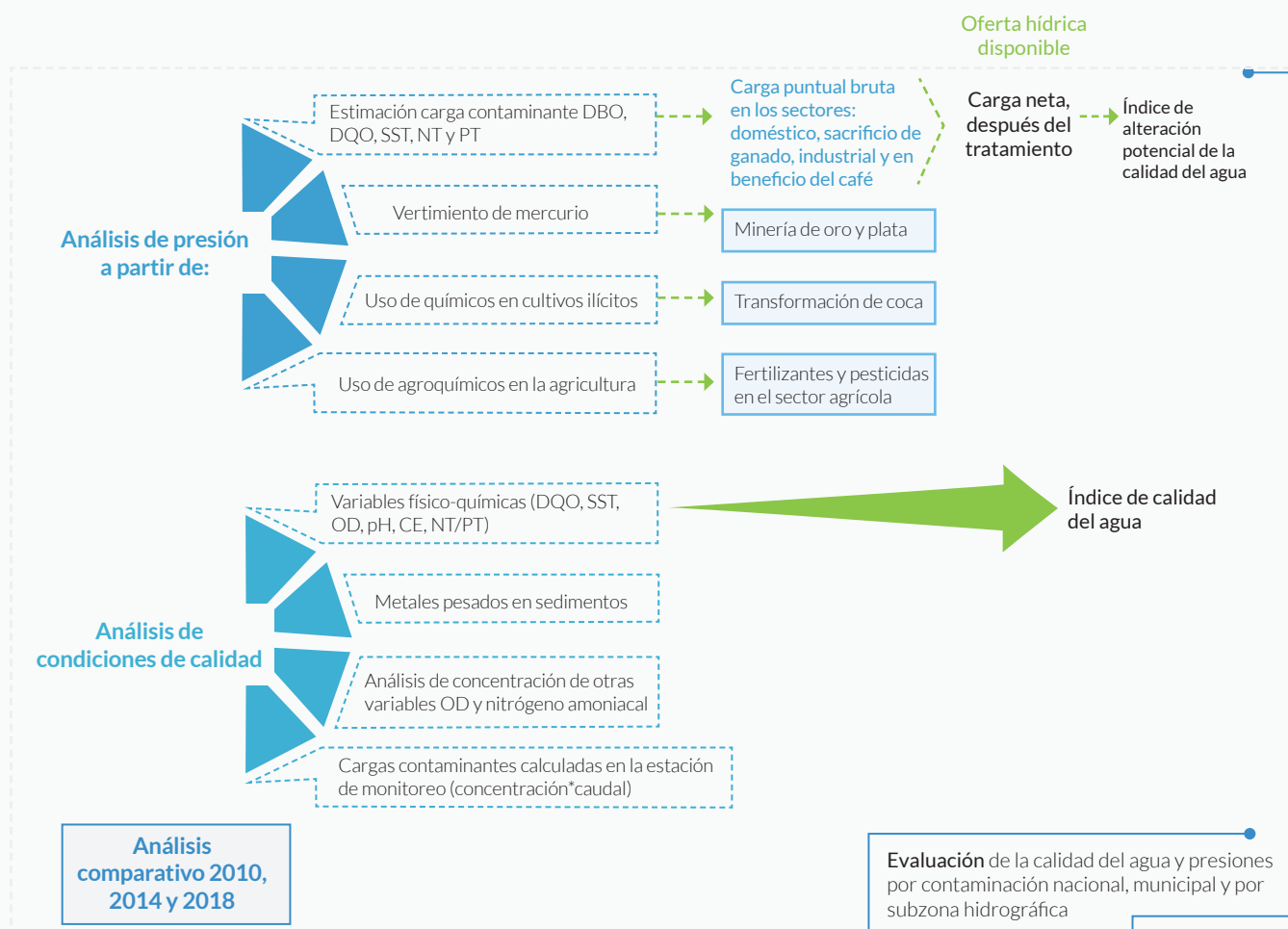
Cuando los agroquímicos llegan a las corrientes de agua, pueden ser absorbidos por sedimentos en suspensión, plantas e invertebrados acuáticos, lo que puede provocar mortalidad en peces.

Por disponibilidad de información, en el presente estudio solo se da cuenta de la cantidad de agroquímicos que se usan potencialmente en Colombia, pero no en dónde y cuánto se aplica.

## 6.1.2 Procedimiento metodológico general

Para la actualización del capítulo de calidad, se tiene como referente base la metodología establecida en

los Estudio Nacionales del Agua ENA 2010, (Ideam, 2010) y 2014 (Ideam, 2015) con modificaciones en función de la información y en sectores industrial y doméstico como se observa la estructura metodológica de la **Figura 110**.



- **Figura 110.** Procedimiento metodológico, componente calidad del agua. Fuente: modificada de (Ideam, 2015).

En la evaluación de las condiciones de la calidad del agua, además del análisis de concentración, se calculan las cargas contaminantes con mediciones de concentración y caudal para materia orgánica y nutrientes a la altura de las estaciones de monitoreo

ubicadas en corrientes superficiales. Asimismo, se analiza la concentración de otras variables.

En los siguientes puntos 6.1.3 y 6.1.4 se presentan las fuentes de información y sus limitaciones,

así como, los factores para los estimativos de carga contaminante en los sectores usuarios del recurso hídrico que se consideran en la evaluación de las condiciones de calidad, presiones y comparación de los resultados en los últimos tres estudios del agua (2010, 2014 y 2018).

### 6.1.3 Condiciones de la calidad del agua

El análisis del estado de la calidad del agua en las corrientes superficiales, para el presente estudio, se realiza a partir de la información generada en la red de referencia nacional de calidad del agua, monitoreo 2016, en 134 estaciones y 67 puntos de monitoreo del convenio con Cormagdalena, ubicados en el río Magdalena 18 puntos en cauce y 22 afluentes, y en el río Cauca 6 en cauce y 21 afluentes, a través de variables fisicoquímicas, cargas contaminantes y el índice de calidad del agua.

El ICA representa la calidad de agua en un punto específico de monitoreo y en el momento de la medición, a partir de la ponderación de seis variables: oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales en suspensión (SST), pH y la relación entre nitrógeno total y fósforo total (NT/PT). El resultado se analiza con las categorías de Buena, Aceptable, Regular, Mala o Muy mala calidad.

El comportamiento del indicador se evalúa para tres corrientes hídricas, ríos Magdalena, Cauca y Bogotá, incluyendo información desde el punto de monitoreo más alto hasta el punto más bajo, de acuerdo con el perfil altitudinal de estos ríos principales de las cuencas correspondientes.

Por otro lado, se evalúan metales pesados en sedimentos (aluminio (Al), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo

(Pb), mercurio (Hg), zinc (Zn)), de muestras tomadas en las campañas de monitoreo de calidad del agua, teniendo en cuenta el instructivo para la toma de muestra de aguas superficiales, para la red de referencia de calidad del agua del Ideam (Ideam, 2017).

Adicionalmente, se calculan cargas contaminantes que transportan los ríos a partir de datos de concentración y caudal, medidos en las estaciones y puntos de monitoreo en 2016 para DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrato y nitrógeno amoniacal PT. Se analizan las concentraciones de otras variables de calidad tales como: DBO<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, y su afectación a las corrientes por condiciones de calidad.

### 6.1.4 Presión sobre la calidad del agua

El seguimiento a la generación (cargas brutas) de carga contaminante se hace a partir de la actualización de cifras a 2016 para los sectores doméstico (Dane, 2018), sacrificio de ganado (Dane, 2018) y (MinAgricultura, 2018) e industria, con base en la consulta generada a los capítulos de producto y materia prima de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) en la sala de procesamiento especializado externo del Dane. Para la estimación de la carga, se utilizan los mismos factores de vertimiento propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1993), para los tres sectores, expresados en kg/unidad de producto/año.

Como resultado, se obtiene la carga estimada como valor indicativo de la presión que se ejerce sobre los sistemas hídricos a nivel de subzona hidrográfica. Esta estimación se constituye en un referente básico que da señales de donde es necesario profundizar en el análisis y mejorar los estimativos para una mejor resolución con información de mayor cobertura, más detallada, en lo posible georreferenciada

y actualizada para focalizar acciones para la gestión en los ámbitos regional y local.

## Sector doméstico

Se estimó la carga generada para el total de los municipios de Colombia. Para la estimación de la carga que vierte el sector doméstico, se contó con el apoyo de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), quien realizó la actualización para 2016 del SUI, con información de las empresas prestadoras de servicio a nivel nacional. Esta actualización incluye la medición antes y después de tratamiento de las concentraciones de DBO, DQO y SST. A partir de esta información, se obtienen las eficiencias y remoción de carga contaminante para el 36 % (126) del total de 352 municipios con información

reportados con PTAR a 2016. En 2014 se incluyeron 321 municipios lo que implica que hay 31 municipios nuevos con información de PTAR. Para los municipios que no tienen información de eficiencia actualizada, se aplicó los mismos porcentajes de remoción trabajados para el ENA 2014.

Para estimar la carga vertida proveniente de las ciudades de Cartagena, Santa Marta y San Andrés, se descontó del total de carga generada por la ciudad el vertimiento asociado con sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con emisarios submarinos que no vierten a aguas continentales. En la **Tabla 48** se presenta información sobre los sistemas de tratamiento de las ciudades anteriormente mencionadas, suministrada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

• **Tabla 48.** Información emisarios submarino para tratamiento de aguas residuales domésticas.

Departamento	Ciudad o municipio	Proyecto	Soporte de la autoridad ambiental
▶ Magdalena	Santa Marta	Caudal medio de operación: 2.500 LPS Disposición: 428 metros de longitud con un metro de diámetro y una profundidad de 56 metros Puesta en funcionamiento: abril de 2000	Resolución 242 de 1999, Ministerio de Ambiente otorga la licencia ambiental al proyecto "Emisario submarino para tratamiento por dilución y disposición final de las aguas servidas de la ciudad de Santa Marta" y permiso de vertimiento hasta por 2500 lps
▶ Bolívar	Cartagena	Caudal de operación: de 4160 LPS Tratamiento: planta de pretratamiento con millamices y desarenadores Disposición: efluente en un emisario submarino de 2 m de diámetro y 4,3 km de largo en el mar Caribe, a una profundidad de 21 m	Resolución 345 de 2001, Cardique otorga licencia ambiental para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Cartagena de Indias y para la disposición final del efluente al mar adyacente a través de emisario submarino
▶ San Andrés	San Andrés	Caudal medio de operación 140 y 240 LPS Disposición: efluente en un emisario submarino de 0,5 m a una profundidad aproximada de 21 m	Resolución 507 del 20 de noviembre de 1997, la corporación Ambiental Coralina otorgó la licencia ambiental para la construcción del Emisario Submarino de Carácter Oceánico

Para Barranquilla, del total generado por la ciudad se descontó el vertimiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) El Pueblo, aproximadamente el 29 % de lo generado en esta ciudad, según proporción obtenida a partir de caudales tratados en 2016. Este vertimiento va al sistema lagunar costero, según la Resolución 000580 de 2017 de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) que aprueba el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento para el sistema de alcantarillado sanitario del Distrito de Barranquilla correspondiente al periodo 2016–2026. Para el 71 % de las cargas generadas por Barranquilla se obtuvo la carga vertida aplicando la eficiencia de remoción de la EDAR Barranquillita.

## Sector industrial

Para el sector industrial, se utiliza la información de la Encuesta Anual Manufacturera del año 2016 (Dane, 2018), a partir de la consulta por la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), revisión 4, adaptada para Colombia, CIIU Rev. 4 A.C. y código del producto CPC. Por reserva estadística no tiene acceso a datos a nivel municipio y se acuerda con los temáticos de la encuesta trabajar la información agregada por subzona hidrográfica. Para el 2016, se cuenta con información de 6 184 establecimientos, 41 actividades económicas y 1 085 productos como producción de alimentos y bebidas; fabricación de textiles; curtido y preparado de cueros; transformación y fabricación de productos de madera; fabricación de papel, cartón y sus derivados; fabricación de productos de la refinación del petróleo; fabricación de sustancias y productos químicos, y 199 materias primas, que aportan carga contaminante a nivel de subzona hidrográfica.

A diferencia de la información consultada para el estudio en 2010 y 2014, este año se consideran 2 actividades menos, debido al cambio de nomenclatura, ya que en el 2010 y 2014 se trabajó con CIIU Revisión 3, adaptada para Colombia, CIIU Rev. 3.1 A.C.

Para la estimación de tratamiento de agua industrial, se mantiene la metodología establecida en el ENA 2010 (p. 236), aplicada también en el ENA 2014, actualizando la información con la Encuesta Ambiental Industrial a 2016.

## Beneficio de café

Para la estimación de cargas contaminantes vertidas por beneficio de café y actualizar los factores de vertimiento que se venían utilizando en los dos anteriores estudios, se consultan nuevas investigaciones que corroboran los factores utilizados en los ENA anteriores (Rodríguez Valencia, Sanz Uribe, Oliveros Tascón & Ramírez Gómez, 2015). La información de producción de café por municipio para el año 2016 se tomó de la red de información y comunicación del sector agropecuario de Colombia (Agronet), del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Agronet, 2018).

## Vertimiento de mercurio por beneficio de oro y plata

La estimación de vertimiento de mercurio al suelo y al agua se cuenta con información de producción de oro para 154 municipios ubicados en 17 departamentos, obtenida de lo registrado en el Sistema de Información Minero Colombiano (Simco) de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Para ENA 2014 se contó con registro de producción de oro en 163 los municipios, utilizando la misma metodología y los mismos reportes.

## Cargas vertidas por subzona hidrográfica

Teniendo en cuenta que la información consultada sobre industria en el Dane se hace por subzona hidrográfica para no afectar la reserva estadística, el análisis para 2016 de cargas vertidas no se tiene por



municipio como en los ENA anteriores sino por SZH. Por esta razón se ajustan las categorías y los rangos

asociados para la espacialización por subzona. Estas nuevas categorías se muestran en la **Tabla 49**.

• **Tabla 49.** Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año).

Categoría	Descriptor de presión	Percentiles ajustados	Percentiles DBO	Percentiles DQO	Percentiles SST	Percentiles NT	Percentiles PT
			t/año	t/año	t/año	t/año	t/año
▶ 1	Baja	65	753	1 748	1 685	127	37
▶ 2	Moderada	75	1 468	3 529	2 736	214	59
▶ 3	Media alta	85	4 218	8 567	5 914	440	115
▶ 4	Alta	95	12 205	27 346	17 935	1 977	437
▶ 5	Muy alta	>95	> 12 204	>27 346	>17 935	>1 977	>437

Para la categorización por subzona hidrográfica, se utilizó como referencia la misma metodología que se aplicó desde el 2010 para las categorías por municipio. Se refiere a que, una vez obtenido el valor para la sumatoria de las cargas vertidas estimadas por subzona en toneladas/año, se calcula para cada variable la distribución de frecuencias a nivel nacional correspondientes a los percentiles 65, 75, 85 y 95, respectivamente. A cada rango se le asigna una categoría de presión de uno (1) a cinco (5) para obtener una escala cualitativa de presión: baja (1), moderada

(2), media (3), alta (4) y muy alta (5). En la **Tabla 49** se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de presión para las cargas estimadas<sup>1</sup> agregadas por subzona hidrográfica.

En el caso de materia orgánica, se analiza los resultados teniendo en cuenta las variables DBO y DQO.

<sup>1</sup> Estimadas como la sumatoria proveniente de los sectores doméstico, cafetero, industrial y sacrificio de ganado.

## 6.2 Análisis de las condiciones de calidad del agua en Colombia

Para el análisis de las condiciones de calidad del agua, aunque se cuenta con información, esta es aún muy limitada y se requiere fortalecer el monitoreo y estructurar un sistema donde se amplíe la cobertura temática y geográfica que se oriente a generar datos suficientes y adecuados para los diferentes niveles

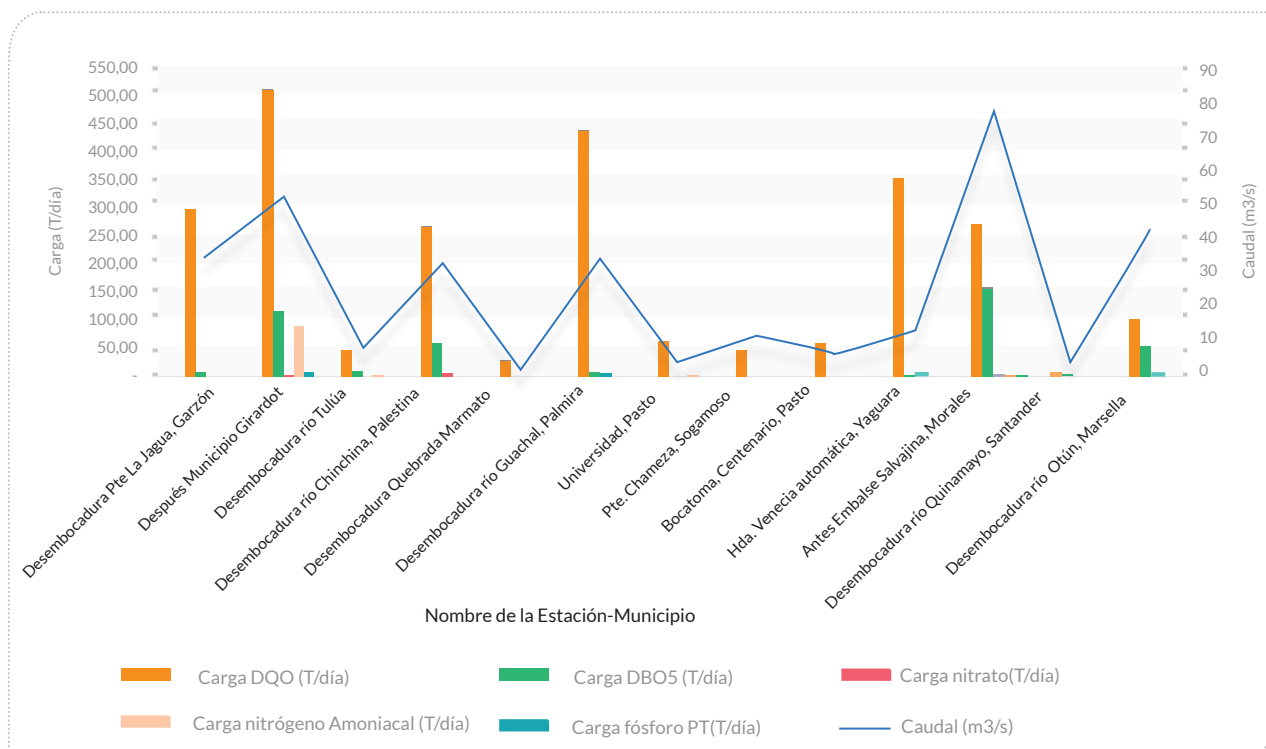
de planificación, gestión y toma de decisiones sobre el recurso hídrico.

Los resultados que se muestran a continuación son valores indicativos que dan cuenta de lo que puede estar ocurriendo en la corriente donde se encuentra ubicada la estación de monitoreo.

## 6.2.1 Cargas contaminantes medidas en estaciones de monitoreo

A partir de los resultados de concentración y caudal, se calcularon las cargas de DBO<sub>5</sub>, DQO,

nitrito, nitrógeno amoniacal y PT. En la **Figura 111**, se observa la variación de valores de cargas entre 5 y 500 t/día de DQO, 1 y 115 t/día de DBO<sub>5</sub>, 0,1 y 9 t/día de fósforo total, 0,1 y 7 t/día de nitrito, 0,1 y 89 T/día de nitrógeno amoniacal y de caudal entre 0,11 y 77 m<sup>3</sup>/s.



• **Figura 111.** Cargas contaminantes de DQO, DBO<sub>5</sub>, nitrato, nitrógeno amoniacal y fósforo total. Calculada por estación de monitoreo.

En la **Figura 111** se identifican estaciones con valores de cargas contaminantes altas que coinciden con puntos de monitoreo después de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales de zonas urbanas. Es el caso de las estaciones: *después Municipio Girardot* a la altura del municipio de Girardot, sobre la corriente del río Magdalena; *desembocadura del río Guachal* a la altura del municipio de Palmira sobre la corriente del río Cauca; *antes embalse Salvajina*, a la altura del municipio de Morales, sobre el río Cauca y *desembocadura del río Otún*, a la altura del municipio de Marsella.

## 6.2.2 Análisis de la calidad de agua a partir de la concentración medida de materia orgánica, oxígeno disuelto, sólidos y nutrientes

En la **Figura 112** se observan los puntos monitoreados en 2016 y se resalta con cuatro colores diferentes las concentraciones de las variables DBO<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales que permiten evidenciar afec-

tación de la calidad del agua en cada estación. En la siguiente **Tabla 50** se presentan las concentraciones como referentes de análisis de las variables mencionadas.

• **Tabla 50.** Concentraciones de referencia para evaluar la posible afectación de las condiciones de calidad del agua.

DBO <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /l	Nitrógeno amoniaco mg N-NH <sub>3</sub> L mg/l	Oxígeno disuelto mg O <sub>2</sub> /l	Sólidos suspendidos totales mg/l
> 18 mg O <sub>2</sub> /l	<3,3 mg N-NH <sub>3</sub> L mg/l	> 3,0 mg O <sub>2</sub> /l	< 1000 mg/l

Con base en el análisis del comportamiento de las variables en mención, se elaboró el mapa que ilustra las mediciones realizadas durante el año 2016 y las concentraciones de las variables DBO<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales cuyas concentraciones que sobrepasan de una 1 hasta 4 veces los niveles de referencia afectaciones de condiciones de calidad del agua.

En el área hidrográfica del Caribe, de las 11 estaciones con monitoreo 2016, se identificaron concentraciones que superan los niveles de referencia en 3 estaciones sobre el río Ranchería, encontrándose oxígeno disuelto de 2,5 mg/l y sólidos suspendidos totales de 1 340 mg/l.

En el área hidrográfica Magdalena-Cauca, en 2016 se monitorearon 87 estaciones, de las cuales 35 presentan concentraciones que superan los niveles de referencia establecidos para el análisis. La estación La Campiña ubicada en el municipio de Girardot, sobre el río Bogotá, es la única que presenta las cuatro variables superando los niveles de referencia resultantes del análisis de la base de datos de los años 2009-2016, expresando esto una po-

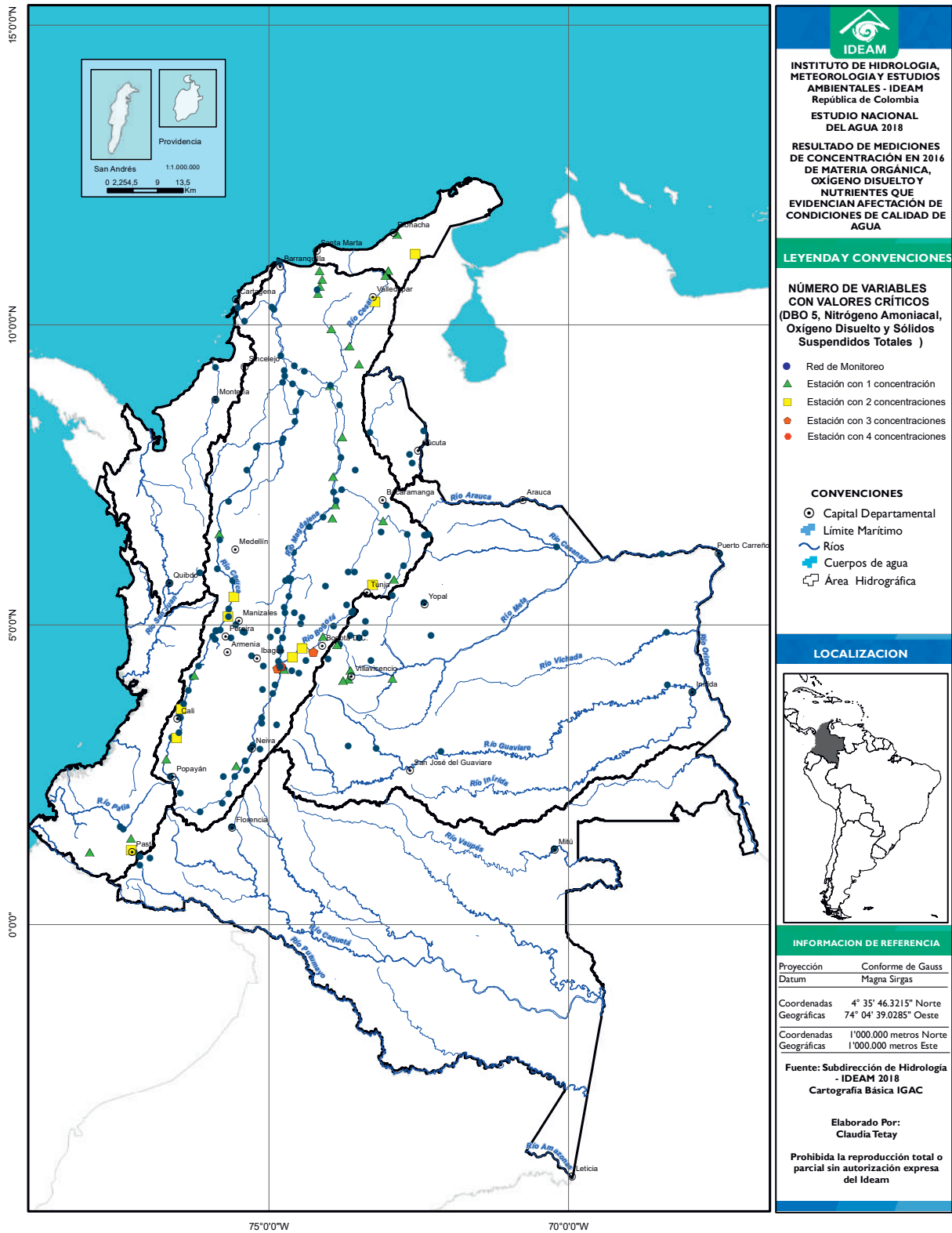
sible afectación en las condiciones de calidad de agua, con una DBO<sub>5</sub> de 44,30 mg O<sub>2</sub>/l, nitrógeno amoniacal de 16,67 N-NH<sub>3</sub>L mg/l, oxígeno disuelto de 1,87 mg O<sub>2</sub>/l y sólidos suspendidos totales de 1 073 mg/l.

En las estaciones *Alicachin el Salto* ubicada en el municipio de Soacha, sobre el río Bogotá y la estación *después de municipio de Girardot*, ubicada sobre el río Magdalena en el municipio de Girardot, los monitoreos realizados muestran concentraciones que superan los niveles de referencia determinados para el análisis en tres variables DBO<sub>5</sub> 74,50 y 26,00 mg O<sub>2</sub>/l, nitrógeno amoniacal 26,33 y 20,00 N-NH<sub>3</sub>L mg/l y oxígeno disuelto 0,00 y 1,60 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente.

En la estación *Las Pilas*, ubicada sobre el río Chicomocha a la altura del municipio de Tuta, Boyacá, registró concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 0,00 mg O<sub>2</sub>/l en el momento de la medición y nitrógeno amoniacal de 49,00 N-NH<sub>3</sub>L mg/l.

En el área hidrográfica Orinoco, de 24 estaciones monitoreadas, las concentraciones que generan una posible afectación de las condiciones de la calidad del agua frente a la variable sólidos suspendidos totales sobre las corrientes: Meta a la altura del municipio de Puerto López, Guatiquía y Guayuriba a la altura de la ciudad de Villavicencio, con valores de 1 575, 1 055 y 1 195 mg/l respectivamente, atribuible a los aportes por aguas residuales domésticas o degradación natural en la cuenca.

En el área hidrográfica del Pacífico, se monitorea la calidad de agua en 6 estaciones. En la estación Universidad, ubicada a la altura del municipio de Pasto, sobre la corriente Pasto, el nitrógeno amoniacal registra concentraciones de 17,23 N-NH<sub>3</sub>L mg/l y oxígeno disuelto de 2,9 mg O<sub>2</sub>/l, atribuibles a las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas.

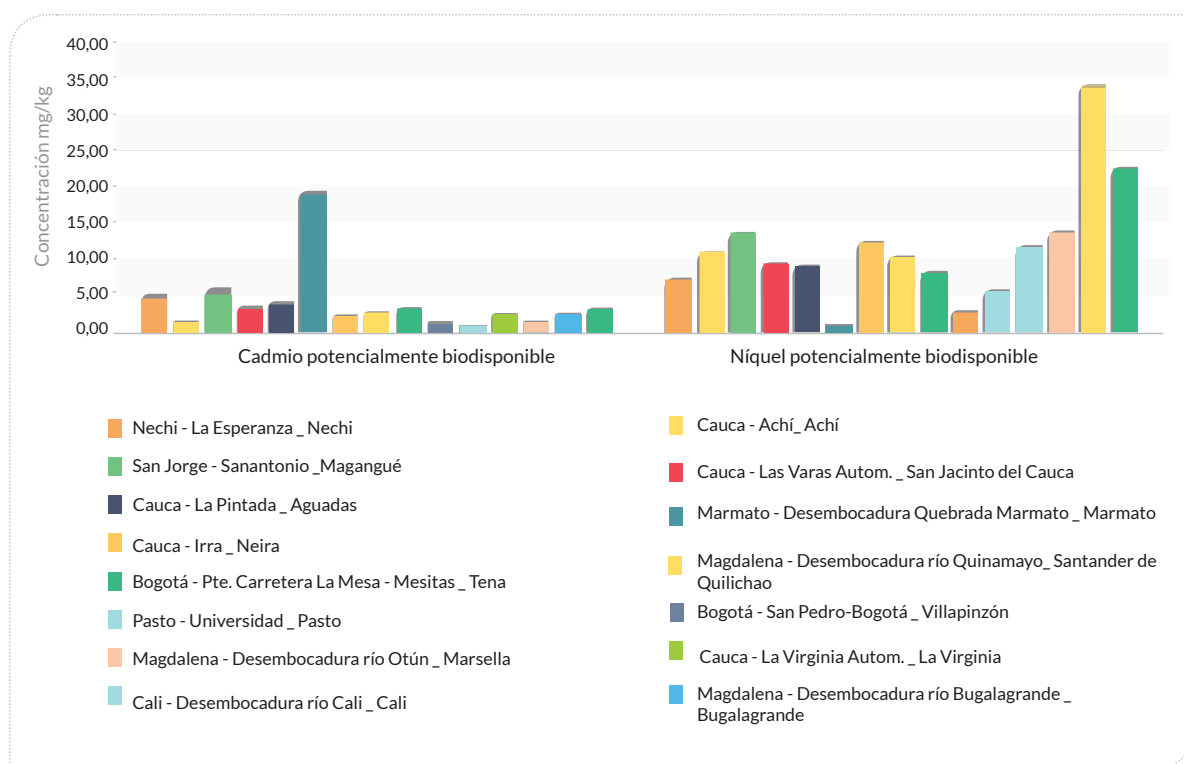


• **Figura 112.** Resultado de mediciones de concentración en 2016 de materia orgánica, oxígeno disuelto y nutrientes que evidencian afectación de condiciones de calidad de agua.

## 6.2.3 Concentración de metales pesados en sedimentos

En 2016 se tomaron muestras de metales pesados en sedimentos en 106 estaciones. Para realizar el análisis se identificaron las estaciones con concentraciones altas en el total de estaciones monitoreadas. De la revisión se seleccionaron 15 que presentan esta condición en más de 5 metales de los 10 analizados.

A continuación, se presentan los resultados de las 15 estaciones con estas condiciones de valores altos en concentración de metales pesados en sedimentos. Los valores altos de cada uno de los metales analizados pueden ser debido a la afectación por origen antrópico (industria, minería, aguas residuales domésticas, agricultura) u origen natural, como zonas volcánicas o ríos de alta montaña. En el diagrama de la **Figura 113**, se muestra estaciones y valores de concentración de cadmio y níquel potencialmente biodisponible resultado de las mediciones en las 15 estaciones mencionadas.



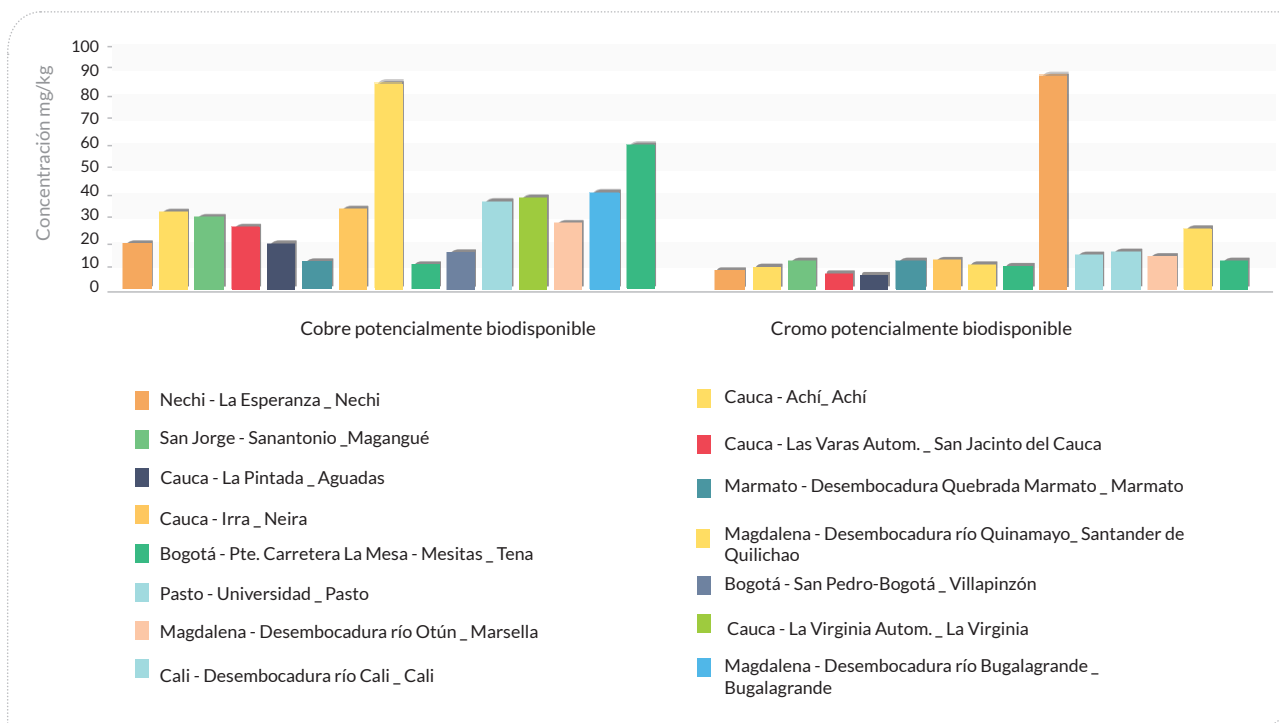
• **Figura 113.** Concentración de cadmio y níquel potencialmente biodisponible.  
Fuente: tomada de (Ideam, 2018).

En la gráfica se observa que el Cd varía entre 1 y 19 mg/kg, registrando el mayor valor en la estación Desembocadura quebrada de Marmato, ubicada sobre la quebrada Marmato. Por otro lado, la concentración de Ni, varían entre 1 y 34 mg/kg, con el mayor valor en la estación Desembocadura del río Buga la Grande, sobre la corriente del río Magdalena,

seguida de la estación Desembocadura del río Cali, registrando un valor de 23 mg/kg, estas concentraciones de Ni puede darse por residuos sólidos que llegan a la corriente y que en su composición contiene níquel. (Herrera Núñez, Rodríguez Corrales, Coto Campos, Salgado Silva & Borbón Alpizar, 2013).

Los valores de concentración de Cu y Cr potencialmente disponibles se muestran en la gráfica de la **Figura 114**. Se puede observar que el Cu varía entre 9 y 84 mg/kg, registrando el mayor valor en la estación

desembocadura río Quinamayo, a la altura del municipio de Santander de Quilichao; y el menor valor, en la estación Puente Carretera La Mesa-Mesitas, en el municipio de Tena, sobre la corriente del río Bogotá.

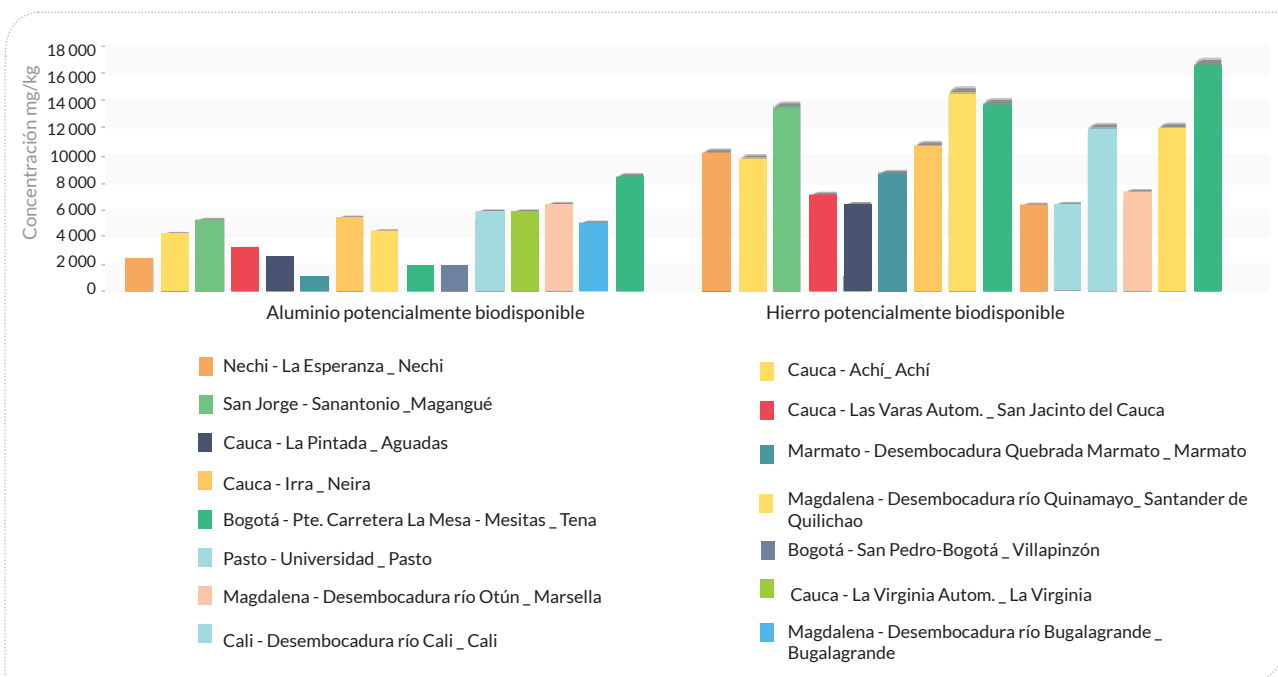


• **Figura 114.** Concentración de cobre (Cu) y cromo (Cr) potencialmente biodisponible.

En la estación San Pedro sobre la corriente del río Bogotá a la altura del municipio de Villapinzón, la concentración de Cr es de 86,80 mg/kg y de 6 mg/kg en la estación La Pintada sobre el río Cauca a la altura del municipio de Aguadas. Las concentraciones de Cr pueden darse por la agrupación de compuestos de cromo derivados de la minería del carbón que por medio de la precipitación llega a las corrientes (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2000), o de la industria manufacturera que usa diferentes tipos de colorantes que en su residuo son veriticos igualmente a las corrientes de agua (Herrera Núñez, Rodríguez Corrales, Coto Campos, Salgado Silva, & Borbón Alpizar, 2013).

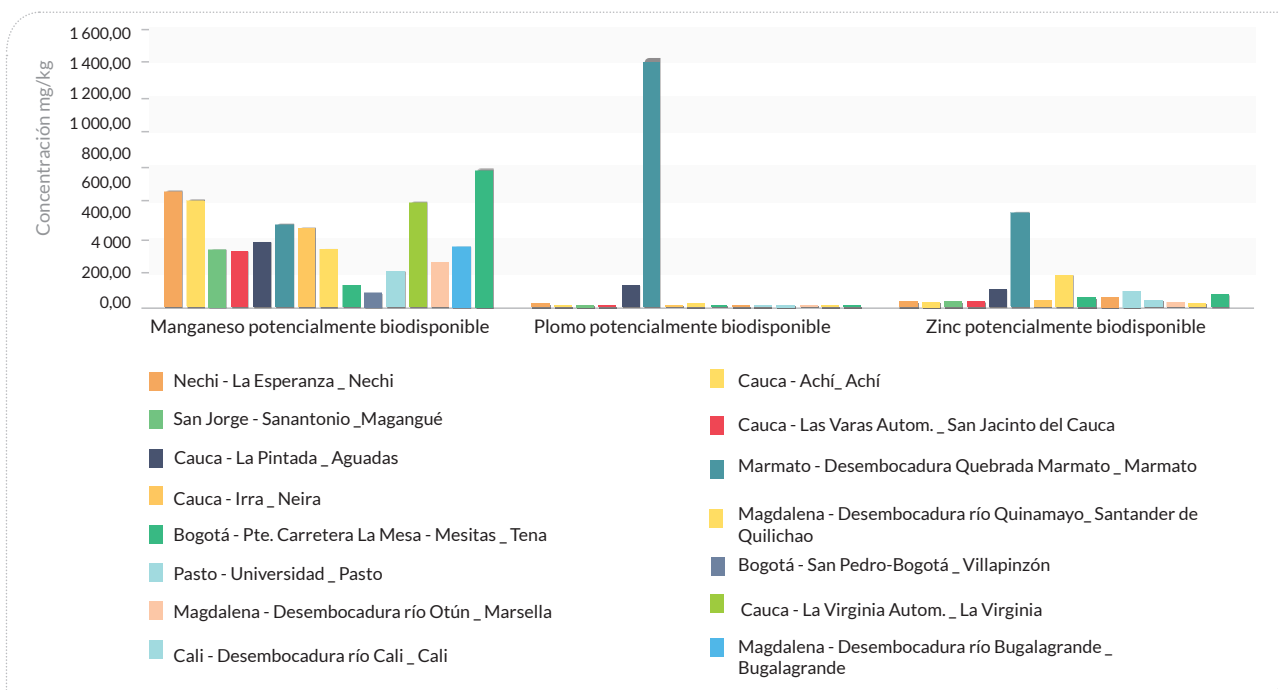
La **Figura 115** muestra los resultados de concentraciones de aluminio (Al) y hierro (Fe) potencialmente biodisponible.

El valor más alto en Al supera los 8 000 mg/kg, y se presenta en la estación Desembocadura del río Cali, al igual que el Fe que supera los 16 000 mg/kg, en la misma estación, y el valor más bajo medido entre el grupo de estaciones analizadas es de 6 309 mg/kg en la estación San Pedro sobre la corriente del río Bogotá en el municipio de Villapinzón. Los valores altos en Fe pueden darse por la geomorfología de los ríos o por aportes de derivados industriales.



• **Figura 115.** Concentración de aluminio (Al) y hierro (Fe) potencialmente biodisponible.  
Fuente: tomada de (Ideam, 2018).

La **Figura 116** presenta las concentraciones medidas de manganeso, plomo y zinc para estas mismas 15 estaciones.

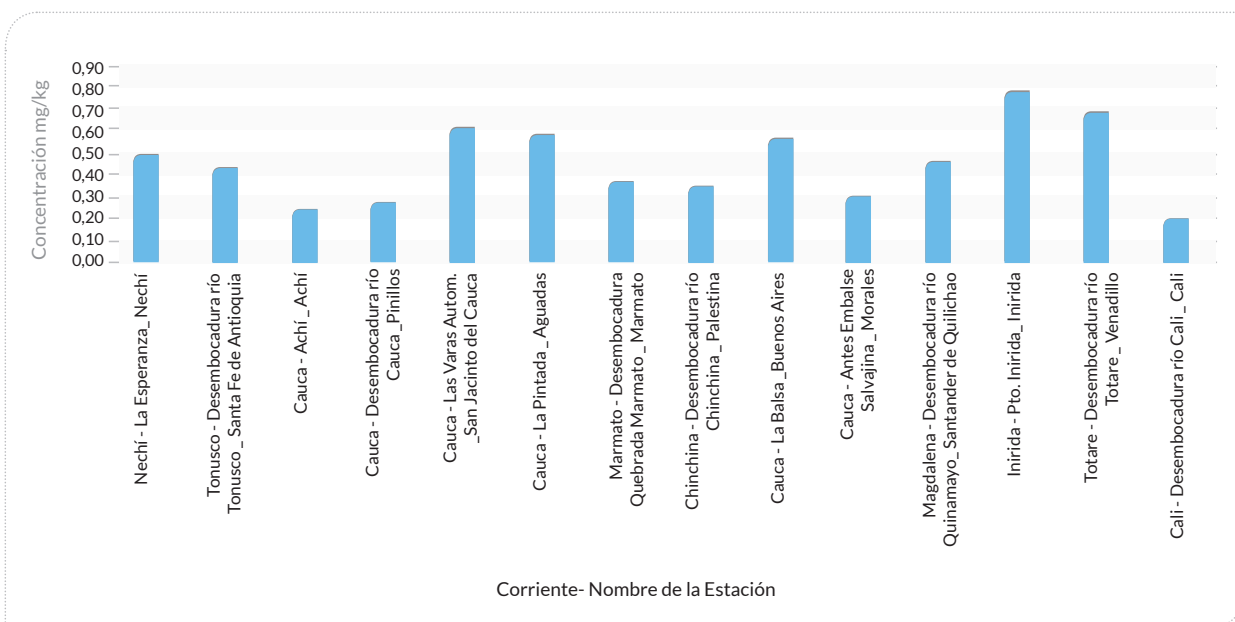


• **Figura 116.** Concentración de manganeso (Mg), plomo (Pb) y zinc (Zn) potencialmente biodisponible.

El mayor valor registrado en Mg es de 787 mg/kg y es el resultado de la medición en la estación Desembocadura del río Cali, a diferencia del Pb, que su mayor registro se encuentra en la estación Desembocadura del río Marmato en una concentración de 1 409 mg/kg, al igual que el Zn con un valor de 541 mg/kg. El aporte de Mg y Zn se puede dar por la influencia minera, residuos industriales o domésticos y uso de agroquímicos.

La concentración de mercurio en sedimentos para el año 2016 en las 15 estaciones se presenta en la gráfica de la **Figura 117**.

La concentración de mercurio no superó los 0,80 mg/kg. El mayor registro se presentó en la estación de Puerto Inírida sobre el río Inírida, seguida de la estación Desembocadura del río Totare, sobre la corriente del río Totare con 0,69 mg/kg, a la altura del municipio de Venadillo, y la estación Las Varas (0,61 mg/kg), sobre la corriente Cauca, a la altura del municipio de San Jacinto del Cauca. La concentración de mercurio se puede dar por origen natural u origen antropogénico.



• **Figura 117.** Concentración de mercurio total en sedimentos.

## 6.2.4 Estudio de mercurio en ecosistemas amazónicos afectados por minería de oro y otras localidades

En estudios desarrollados por investigadores del Sinchi y aportados para este ENA 2018, se evalúa

la presencia de mercurio en aguas y sedimentos en ecosistemas de la Amazonía colombiana con intervención por minería de oro de tipo aluvión y de socavón en Tarapacá (departamento de Amazonas) y en Taraira (departamento de Vaupés) y en otras localidades de la Amazonía colombiana.



La explotación minera en la Amazonía colombiana ha aumentado considerablemente, debido a la riqueza en minerales como oro, cadmio, cobalto, cobre, estaño, hierro, molibdeno, petróleo, carbón, asfaltita, arcilla, mármol, entre otros. En la región, las áreas con oro de aluvión se localizan sobre tramos de los ríos Caquetá, Putumayo y Cotuhé (Rubiano & Rodríguez, 2015).

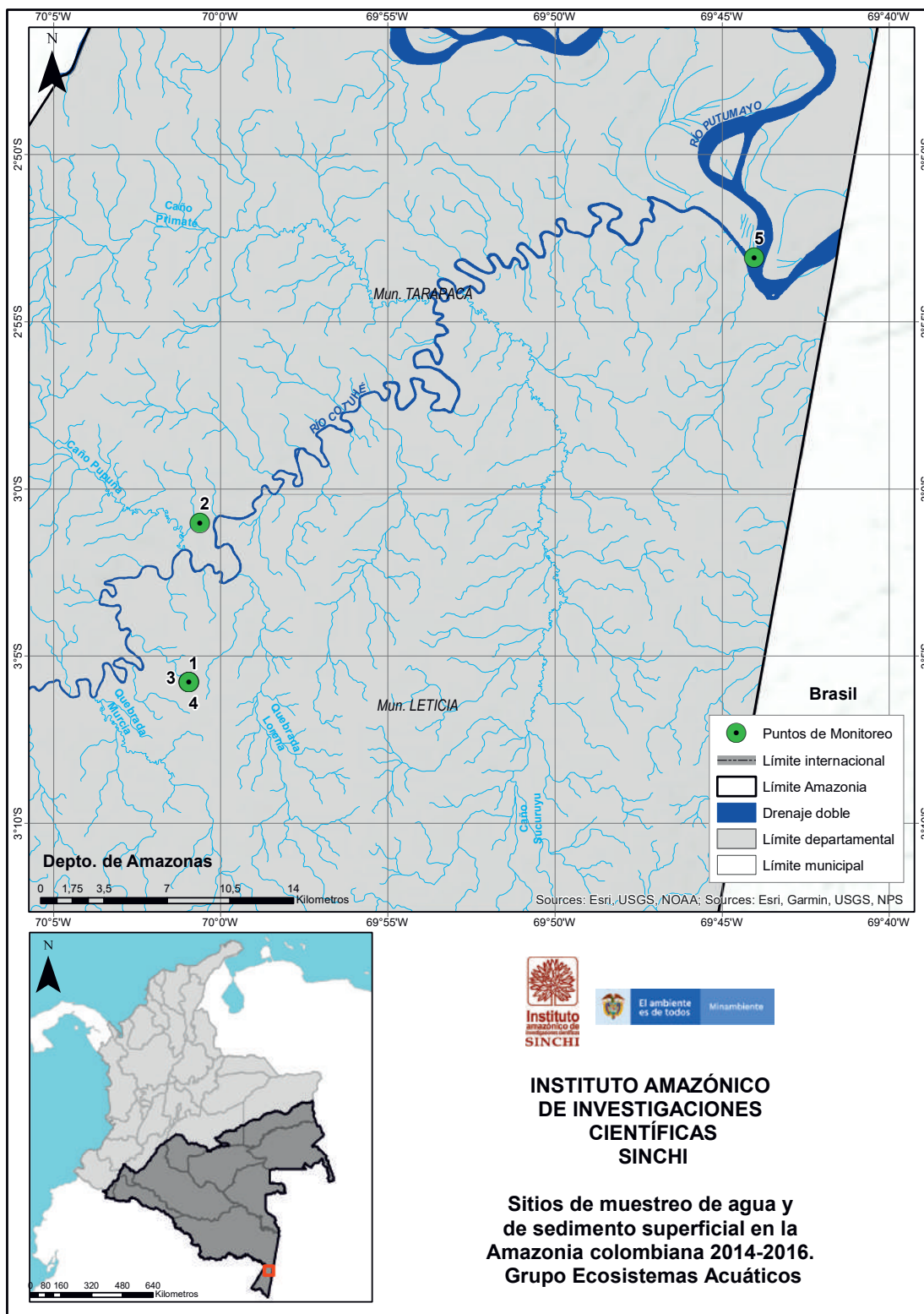
Recientemente se demostró que el impacto de la minería en comunidades indígenas y territorios amazónicos afectaba no solo la salud de los pobladores, sino también a la de los ecosistemas acuáticos (Rubiano & Rodríguez, 2015). Uno de los procesos de perturbación que más afecta la región es el uso de mercurio (Hg) en la minería aurífera, que se utiliza en el proceso de amalgamación para recuperar oro de las rocas por medio de una aleación. Una vez formada la amalgama oro-mercurio, esta se calienta, evaporándose el mercurio y quedando una mezcla de oro y otros metales en menor proporción. Solo el 10 % del Hg se combina con el oro, y el 90 % restante se vierte a los sistemas acuáticos cercanos (Rubiano & Rodríguez, 2015). El mercurio evaporado es inhalado por los mineros y llega a la atmósfera; igualmente se deposita en los ecosistemas acuáticos y se transforma por la actividad bacteriana a metilmercurio (MeHg, ver más adelante), especie química que es soluble en agua y forma moléculas muy estables por la naturaleza covalente de sus enlaces, y que se bioacumula y se biomagnifica a través de la cadena trófica (González, Marrugo, & Martínez, 2015), (Nuñez Avellaneda, Agudelo Córdoba, & Gil Manrique, 2015).

En este estudio se presentan únicamente los resultados de la medición de las concentraciones de mercurio total (THg) y metilmercurio (MeHg) en muestras de agua y sedimentos tomadas en Tarapacá y Leticia, en el departamento de Amazonas; Mitú y Taraira, en Vaupés; Puerto Leguizamo, en Putumayo; y en San José del Guaviare, en Guaviare, de la Amazonía colombiana.

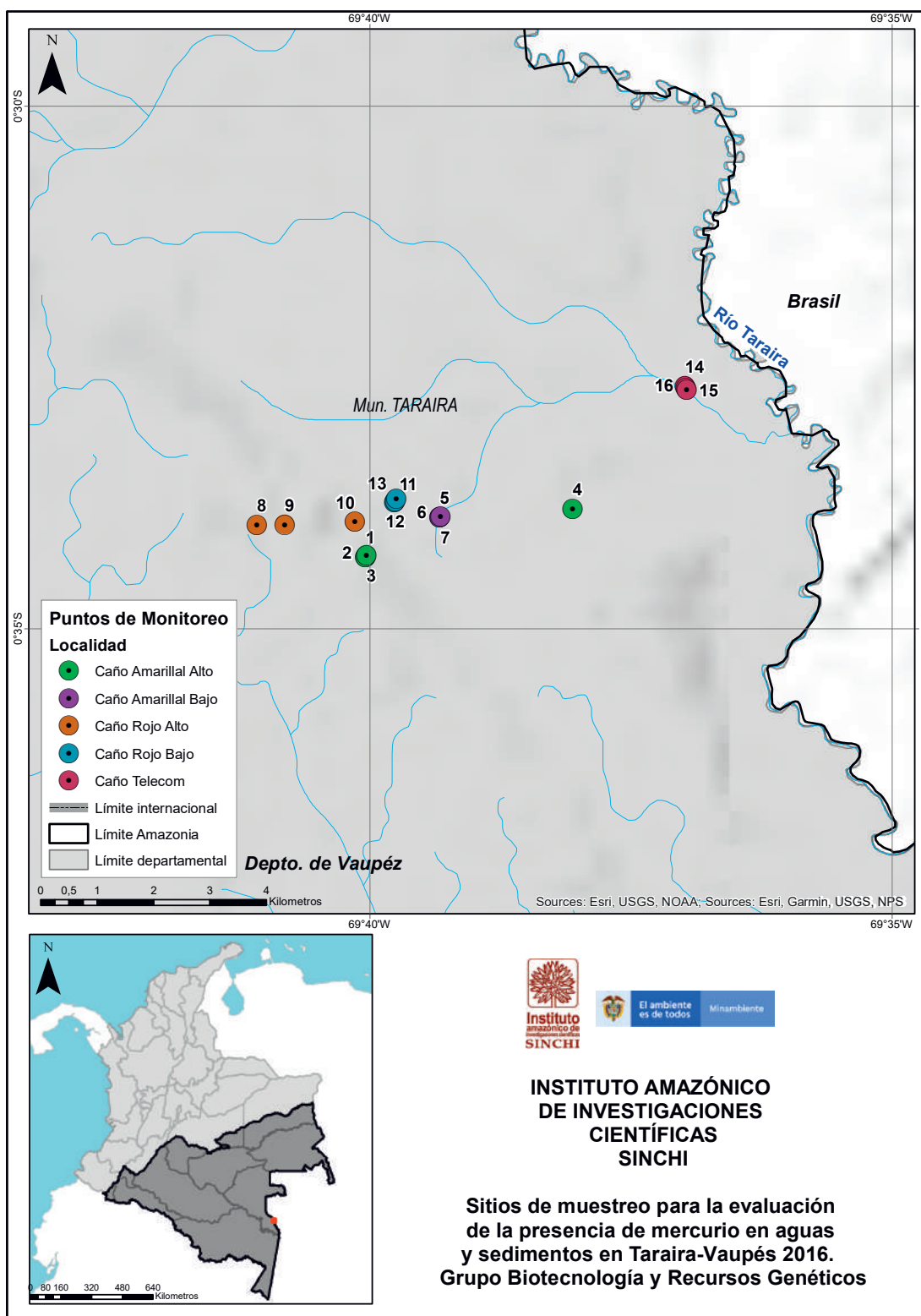
## Muestreo de agua y sedimento de mercurio total y metilmercurio en Tarapacá y Taraira

- Tarapacá: Se tomaron muestras en cuatro sitios interconectados por una red hídrica: en los ríos Putumayo y Cotuhé, en un afluente del río Cotuhé de menor caudal llamado caño Pupuña y en un lago llamado Tipisca. En cada uno de estos cuatro sitios se tomaron muestras de agua superficial, de sedimento de la columna de agua (sedimento superficial), de sedimentos intersticiales (agua y suelo) y en sedimentos profundos. Para un total de ocho muestras de agua y de 22 muestras de sedimentos superficiales, intersticiales y profundos en esta localidad (**Figura 118**).
- Taraira es una región con amplia tradición minera, con predominio de la minería de socavón (minería de túnel) en el departamento de Vaupés. Aquí se seleccionaron tres sitios de muestreo en la serranía de Taraira: dos ríos llamados caño Amarillal parte alta y baja; caño Rojo parte alta y baja, y el caño Telecom de mayor caudal que los anteriores, porque recibe las aguas de los caños Amarillal y Rojo. En esta localidad, se tomaron en los tres ríos muestras de agua superficial, sedimento de la columna de agua (sedimento superficial), sedimentos intersticiales y solamente en el caño Rojo bajo se tomaron muestras de sedimento profundo. En esta localidad se tomaron 13 muestras de agua y 26 muestras de sedimento, entre superficial, intersticial y profundo (**Figura 119**).

En la localidad de Tarapacá se tomaron muestras de agua y sedimentos superficiales distribuidas a lo ancho de la lámina de agua del lago Tipisca y del caño Pupuña, en porcentajes de distribución del 25, 50 y 75. Adicionalmente, se tomaron muestras de agua y sedimento en la desembocadura del río Cotuhé sobre el río Putumayo (una réplica biológica) y en la orilla del margen izquierdo del río Putumayo en la localidad de Tarapacá.



• **Figura 118.** Ubicación de los sitios de muestreo para la evaluación de la presencia de mercurio en aguas y sedimentos en la localidad de Tarapacá, Amazonas.



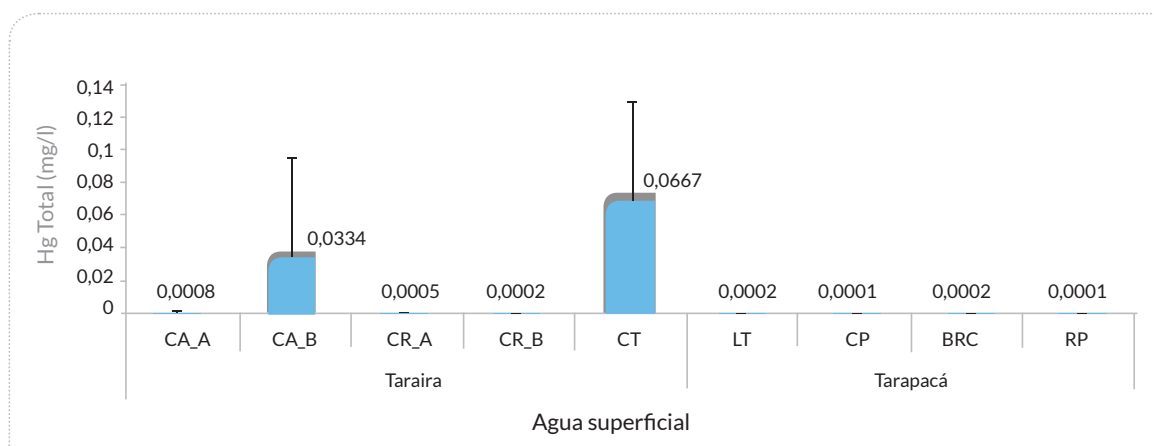
• **Figura 119.** Ubicación sitios de muestreo para la evaluación de la presencia de mercurio en aguas y sedimentos en la localidad de Taraira, Vaupés.

Para el caso de la localidad de Taraira, Vaupés, las muestras de agua y sedimentos superficiales se tomaron a lo largo de los caños Amarillal y Rojo. En cada uno de los sitios se realizaron mediciones en el agua de pH, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y temperatura del agua con equipo portátil multiparamétrico HACH Modelo HQ40d. En las muestras de sedimentos su-

perficiales se evaluaron parámetros fisicoquímicos como: textura, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, capacidad de intercambio catiónica, cobre, zinc, sulfatos y nitratos, con el fin de evaluar que variables estarían influenciando la movilidad del metal en estos ecosistemas. Los resultados se ilustran en la **Tabla 51** y en la **Figura 120**.

• **Tabla 51.** Concentraciones de THg (mercurio total) y MeHg (metilmercurio) en muestras de agua tomadas en las localidades de Tarapacá y Taraira.

Código Sinchi	Departamento	Localidad	Ubicación	Unidad de muestreo	THg mg Hg/l	MeHg mg Hg/l		
▶ CA_A_A_P0	Vaupés	Taraira	Caño Amarillal alto punto 0	Agua superficial	0,00027	0,001		
▶ CA_A_A_P1			Caño Amarillal alto punto 1		0,00175	0,001		
▶ CA_A_A_P2			Caño Amarillal alto punto 2		0,00027	0,001		
▶ CA_B_A_P0			Caño Amarillal bajo punto 0		*0,10000	0,001		
▶ CA_B_A_P1			Caño Amarillal bajo punto 1		0,00017	0,001		
▶ CA_B_A_P2			Caño Amarillal bajo punto 2		0,00014	0,001		
▶ CR_A_A_P0			Caño Rojo alto punto 0		0,0002	0,001		
▶ CR_A_A_P1			Caño Rojo alto punto 1		0,00087	0,001		
▶ CR_A_A_P2			Caño Rojo alto punto 2		0,0003	0,001		
▶ CR_B_A_P0			Caño Rojo bajo punto 0		0,0002	0,001		
▶ CR_B_A_P1			Caño Rojo bajo punto 1		0,00017	0,001		
▶ CR_B_A_P2			Caño Rojo bajo punto 2		0,00017	0,001		
▶ CT_A_P0			Caño Telecom punto 0		0,0002	0,001		
▶ CT_A_P1			Caño Telecom punto 1		*0,1000	0,001		
▶ CT_A_P2			Caño Telecom punto 2		*0,1000	0,001		
▶ P1.LT.A.MI			Amazonas		Tarapacá	Lago Tipisca muestra I	0,00017	0
▶ P1.LT.A.MII						Lago Tipisca muestra II	0,00015	0
▶ P1.LT.A.MIII						Lago Tipisca muestra III	0,00017	0
▶ P2.CPA.MI	Caño Pupuña muestra I	0,00014		0				
▶ P2.CPA.MII	Caño Pupuña muestra II	0,00014		0				
▶ P2.CPA.MIII	Caño Pupuña muestra III	0,00014		0				
▶ P3.BRC.A.MI	Desembocadura Río Cotuhé	0,00017		0				
▶ P4.RPA.MI	Río Putumayo	0,00014		0				



• **Figura 120.** Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de agua por punto de muestreo en las localidades de Tarapacá y Taraira.

En general, se observa que las concentraciones de mercurio total y metilmercurio son más altas en los puntos muestreados en la localidad de Taraira (Vaupés) que en Tarapacá (Amazonas). En agua, los valores más altos de mercurio, que superaron los valores de referencia (0,001 ppm–MinAgricultura), se en-

contraron en Taraira en las muestras tomadas en el caño Amarillal bajo y en el caño Telecom.

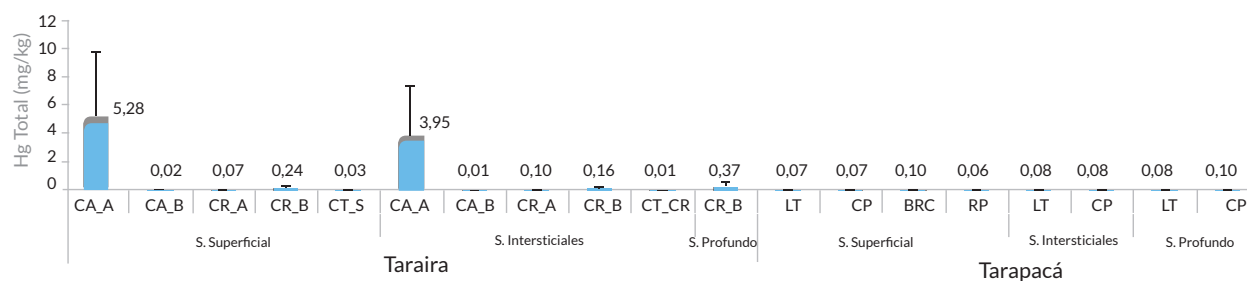
Respecto a la presencia de mercurio en las muestras de sedimento superficial, intersticial y profundo los resultados se muestran en la **Tabla 52** y **Figura 121**.

• **Tabla 52.** Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimentos tomadas en la localidad de Taraira.

Código	Departamento	Localidad	Ubicación	Unidad de muestreo	THg mg Hg/l	MeHg mg Hg/l
▶ CA_A_S_P0	Vaupés	Taraira	Caño Amarillal alto punto 0	Sedimento superficial	1,8851	0,02707
▶ CA_A_S_P1			Caño Amarillal alto punto 1		10,4753	0,03396
▶ CA_A_S_P2			Caño Amarillal alto punto 2		3,4903	0,01499
▶ CA_B_S_P0			Caño Amarillal bajo punto 0		0,03872	0
▶ CA_B_S_P1			Caño Amarillal bajo punto 1		0,01218	0
▶ CA_B_S_P2			Caño Amarillal bajo punto 2		0,01239	0
▶ CR_A_S_P0			Caño Rojo alto punto 0		0,06	0
▶ CR_A_S_P1			Caño Rojo alto punto 1		0,09097	0
▶ CR_A_S_P2			Caño Rojo alto punto 2		0,06356	0
▶ CR_B_S_P0			Caño Rojo bajo punto 0		0,1208	0
▶ CR_B_S_P1			Caño Rojo bajo punto 1		0,4668	0,00301
▶ CR_B_S_P2			Caño Rojo bajo punto 2		0,1212	0
▶ CT_S_P0			Caño Telecom punto 0		0,01868	0

Continuación Tabla 52.

Código	Departamento	Localidad	Ubicación	Unidad de muestreo	THg mg Hg/l	MeHg mg Hg/l
▶ CT_S_P1	Vaupés	Taraira	Caño Telecom punto 1	Sedimento intersticial	0,02689	0
▶ CT_S_P2			Caño Telecom punto 2		0,03895	0
▶ CA_A_CR_P0			Caño Amarillal alto punto 0		1,42	No se determinó
▶ CA_A_CR_P1			Caño Amarillal alto punto 1		6,47	
▶ CA_B_CR_P1			Caño Amarillal bajo punto 0		0,0096	
▶ CR_A_CR_P0			Caño Rojo alto punto 0		0,099	
▶ CR_A_CR_P2			Caño Rojo alto punto 2		0,094	
▶ CR_B_CR_P0			Caño Rojo bajo punto 0		0,076	
▶ CR_B_CR_P1			Caño Rojo bajo punto 1		0,2446	
▶ CT_CR_P1			Caño Telecom punto 1		0,0054	
▶ CR_B_N_M			Caño Rojo bajo núcleo M		0,5608	
▶ CR_B_N_P			Caño Rojo bajo núcleo P		0,1162	
▶ CR_B_N_S			Caño Rojo bajo núcleo S		0,4187	



• **Figura 121.** Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimento por punto de muestreo en las localidades de Tarapacá y Taraira.

Se observa que las concentraciones más altas de mercurio las presentaron las muestras de sedimento superficial e intersticial en el caño Amarillal alto y en los sedimentos profundos en el caño Rojo bajo, ambos puntos en la localidad de Taraira.

Las muestras de sedimento superficial y profundo tomadas en los puntos Bocana del río Cotuhé y caño Pupuña en la localidad de Tarapacá, registraron concentraciones por encima de los valores de referencia de mercurio en sedimentos (0,094 ppm–ECMDEQ) (Tabla 53).

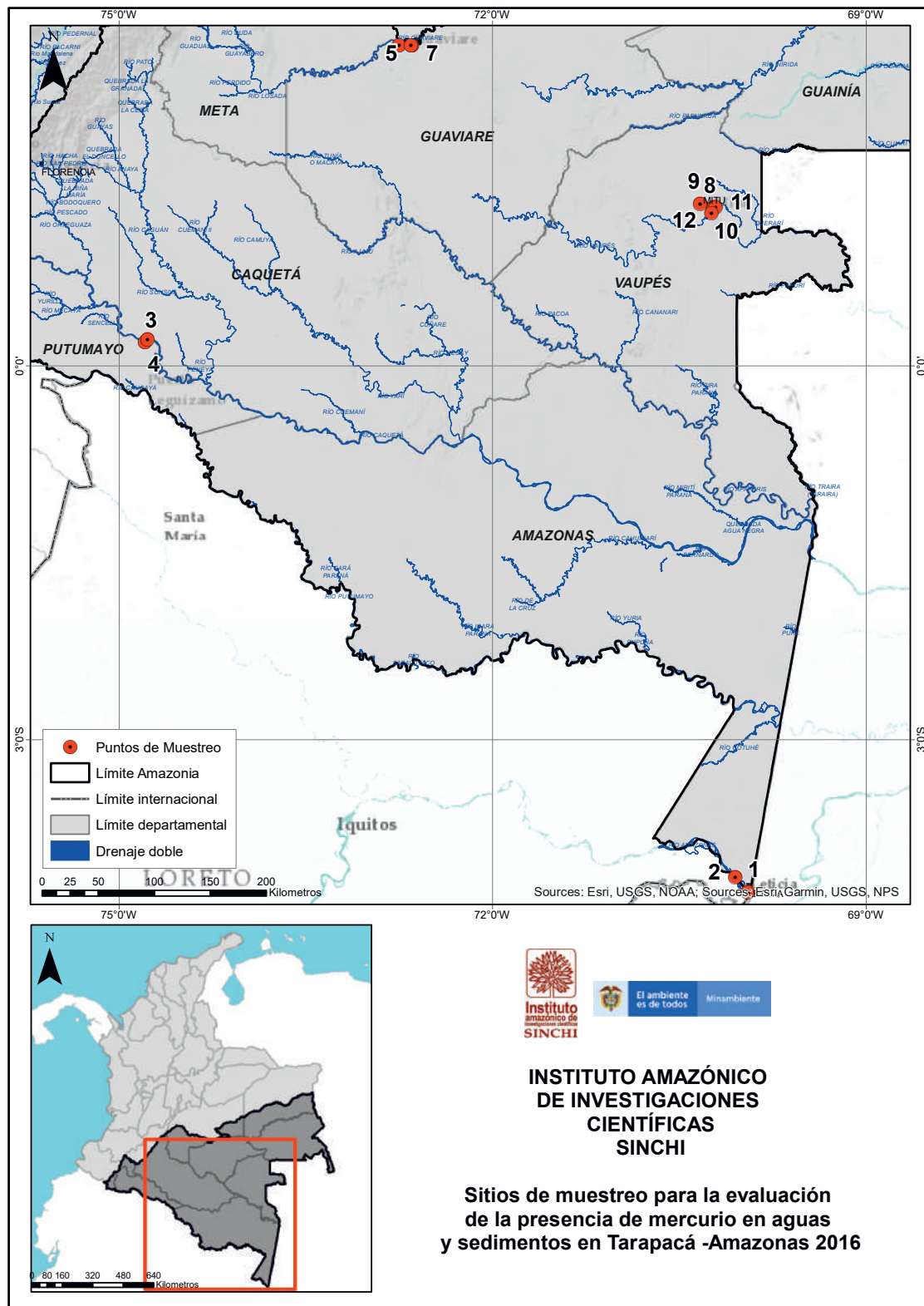
• **Tabla 53.** Concentraciones de THg (mercurio total) en muestras de sedimentos tomadas en la localidad de Tarapacá.

Código	Departamento	Localidad	Ubicación	Unidad muestreo	THg mg Hg/l	MeHg mg Hg/l
▶ P1.LT.S.MI	Amazonas	Tarapacá	Lago Tipisca muestra I	Sedimento superficial	0,0969	0,015
▶ P1.LT.S.MII			Lago Tipisca muestra II		0,033	0,007
▶ P1.LT.S.MIII			Lago Tipisca muestra III		0,0857	0,003
▶ P2.CP.S.MI			Caño Pupuña muestra I		0,0783	0,002
▶ P2.CP.S.MII			Caño Pupuña muestra II		0,0644	0,002
▶ P2.CP.S.MIII			Caño Pupuña muestra III		0,0677	0,003
▶ P3.BRC.S.MI			Desembocadura río Cotuhé		0,1013	0,004
▶ P4.RP.S.MI			Río Putumayo		0,0618	0,003
▶ P1.LT.CR.MI			Lago Tipisca muestra I		0,085	No se determinó
▶ P1.LT.CR.MII			Lago Tipisca muestra II	0,076	No se determinó	
▶ P1.LT.N1.M			Lago Tipisca núcleo medio	0,081	No se determinó	
▶ P1.LT.N1.P			Lago Tipisca núcleo profundo	0,074		
▶ P1.LT.N1.S			Lago Tipisca núcleo superficial	0,088		
▶ P2.CP.CR.MI			Caño Pupuña muestra I	0,079	Sedimento intersticial	No se determinó
▶ P2.CP.CR.MII			Caño Pupuña muestra II	0,087		
▶ P2.CP.MC.C.RI			Caño Pupuña microcontrol R I	0,079		
▶ P2.CP.MC.C.RII			Caño Pupuña microcontrol R II	0,087		
▶ P2.CP.MC.Hg.RI			Caño Pupuña micro Hg R I	0,079		
▶ P2.CP.MC.Hg.RII			Caño Pupuña micro Hg R II	0,087		
▶ P2.CP.N2.M			Caño Pupuña núcleo M	0,101	Sedimento profundo	
▶ P2.CP.N2.P			Caño Pupuña núcleo P	0,093		
▶ P2.CP.N2.S			Caño Pupuña núcleo S	0,095		

## Muestreo de agua y sedimento Sí hay que incluirlo la Bibliografía en otras localidades de la Amazonía colombiana

Durante el 2014 y 2016, el Instituto Sinchi tomó muestras compuestas (dos riberas y centro de los ríos) de agua y sedimento para el análisis de mercurio total en las localidades de Leticia, Mitú, Puerto Leguizamo y San José del Guaviare; para el 2016 se consideró, además, analizar mercurio total y metilmercurio, como se muestra en la **Figura 122**.

Los análisis de laboratorio obtenidos para cada muestra se compararon con los valores de referencia establecidos en la normatividad nacional e internacional, según sea el caso. Para agua: consumo humano 0,001 mg Hg/l (Resolución 2115 de 2007), en aguas crudas 0,002 mg Hg/l (Decreto 1594 de 1984). Para sedimento: 0,15 mg/kg Hg (EPA, Estados Unidos), 0,094 mg/kg Hg (ECMDEPQ, Canadá). En términos generales, en los sectores muestreados se evidencia que los resultados obtenidos hasta la fecha no reflejan trazas de mercurio en columna de agua, como tampoco concentraciones de mercurio en sedimentos.



• **Figura 122.** Localidades muestreadas en otros sitios de la Amazonía.



En general, existe una carencia de estudios y evaluaciones sobre los niveles de mercurio en la mayor parte de la Amazonía, tanto en lugares donde existe alto riesgo de contaminación, como Taraira y Cotuhé, como en aquellas zonas donde no está ocurriendo minería. Los ejercicios de cuantificación por mercurio son estudios exploratorios que requieren de continuidad en las mediciones de mercurio tanto en áreas informadas como en las no informadas. En tal sentido, las necesidades para generar conocimiento son:

- Inventario de transferencia de Hg para lograr una estimación más precisa de las fuentes y cuantías de emisión y el destino del mercurio en el medio ambiente.
- Estudios piloto de ensayos realizados por el Instituto Sinchi con bacterias reductoras previamente identificadas para evaluar su posible biorremediación.
- Estudios para establecer rutas de contaminación y la evolución de las concentraciones de mercurio según régimen hidrológico y subcuenca en toda la región.

## 6.2.5 Índice de calidad del agua

El índice de calidad de agua permite el análisis de condiciones de calidad en puntos específicos de una corriente en el momento que se realiza la medición. El ICA en 2016 se calcula con las mediciones de las seis variables (OD, DQO, SST, CE, pH, relación NT/PT), representativas de los principales contaminantes, teniendo en cuenta información registrada en

354 muestreos, en 192 estaciones ubicadas en 111 corrientes.

La mayoría de los puntos de monitoreo se concentra en el área hidrográfica Magdalena-Cauca con el 76 %, en los ríos del área Caribe se alcanza el 6 % y entre las áreas hidrográficas del Pacífico, Amazonas y Orinoquía solo 19 % de las 192 estaciones.

En el mapa de la **Figura 123** se observan los resultados de ICA para los 192 puntos de monitoreo y la calidad de agua, según los valores del índice que van desde *Bueno* hasta *Muy malo*.

De acuerdo con los resultados del monitoreo en 2016, el descriptor del indicador va de *Aceptable* a *Muy malo*, sin encontrarse ninguna estación con categoría *Buena*.

Con descriptor *Muy malo* se encuentran las corrientes Ranchería y Magdalena a la altura de las estaciones Cuestecita, ubicada en el municipio de Albania Guajira, y Después Municipio Girardot, ubicada en el municipio de Girardot, asociados en ambos casos producto de vertimientos domésticos, industriales y posiblemente mineros.

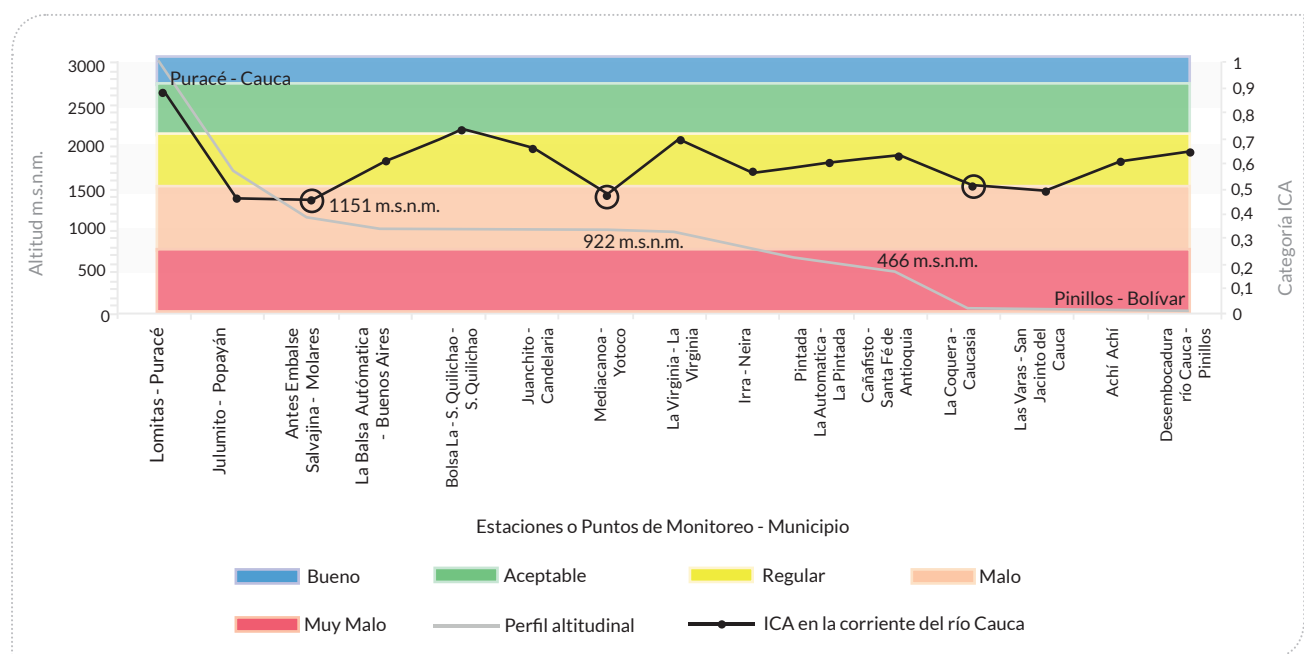
Las figuras de la 123 a la 125 ilustran sobre las variaciones en las condiciones de calidad a partir de los valores de ICA calculados con las mediciones en las estaciones a lo largo de los ríos Cauca, Magdalena y Bogotá, respectivamente. Se puede observar además estos cambios de comportamiento siguiendo el perfil altitudinal de estos tres ríos.



● **Figura 123.** Índice de calidad del agua 2016.

Sobre la corriente del río Cauca se ubican 15 estaciones con monitoreo en 2016. La línea de puntos **Figura 124** se muestran las condiciones de calidad del agua desde el punto de monitoreo lomitas, que se encuentra a 2 991 m.s.n.m. hasta el punto desembocadura del río Cauca a 17 m.s.n.m., según el perfil altitudinal en la gráfica. El comportamiento a lo largo de su recorrido varía entre condiciones de calidad categoría *Aceptable* y *Regular*, presentando condiciones de calidad *Mala* con valores altos en nutrientes

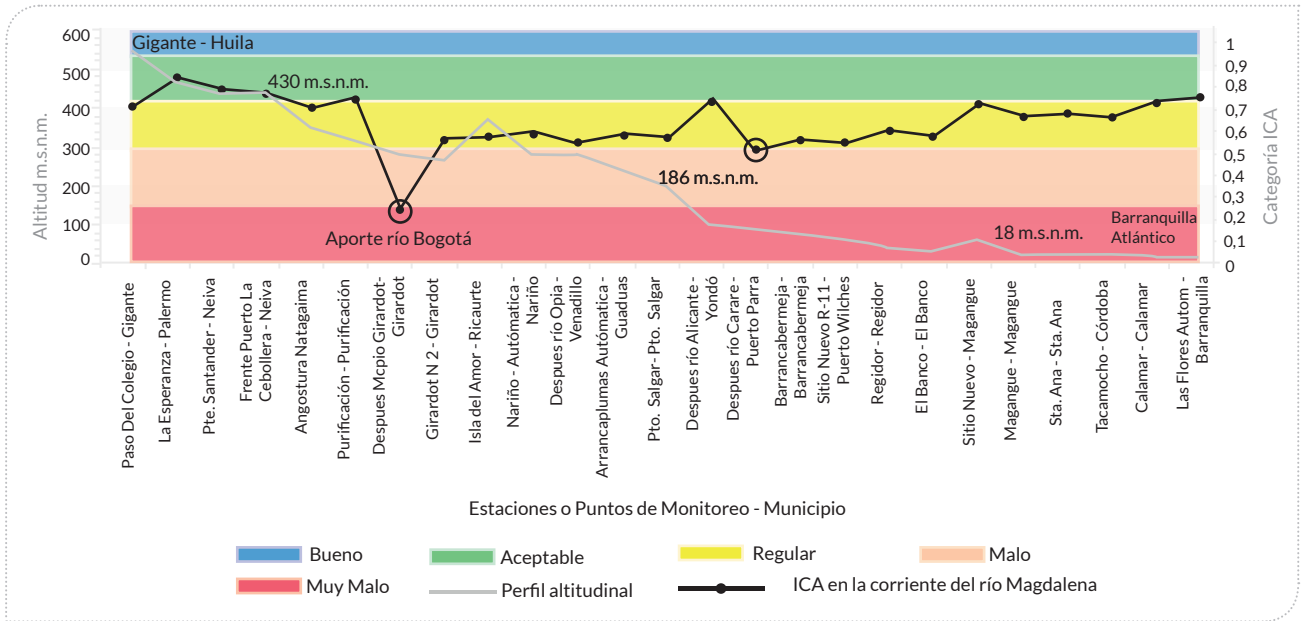
y conductividad, posiblemente por el vertimiento de residuos de agroquímicos, o aguas residuales domésticas. Esto se refleja en las estaciones Julumito, Embalse Salvajina y Mediacanoa ubicadas en la jurisdicción de los municipios de Popayán, Morales y Yotoco, respectivamente. La mejora en la categoría después de las tres estaciones mencionadas puede estar relacionada con el aumento de caudal, ya que aguas abajo en los tres casos, el caudal incrementa por la entrada de los afluentes.



• **Figura 124.** Comportamiento del ICA en el río Cauca en 2016. Fuente: tomada de (Ideam, 2017).

En la corriente del río Magdalena se ubican 25 estaciones de monitoreo con mediciones para 2016. La línea de puntos que se encuentra en la **Figura 125**, muestra las condiciones de calidad del agua, desde el punto de monitoreo Paso del Colegio a 536 m.s.n.m. hasta el punto Las Flores a 8 m.s.n.m., según el perfil altitudinal de la gráfica. El comportamiento a lo largo del recorrido de la corriente indica condiciones de calidad de categoría *Regular*, a diferencia de la estación

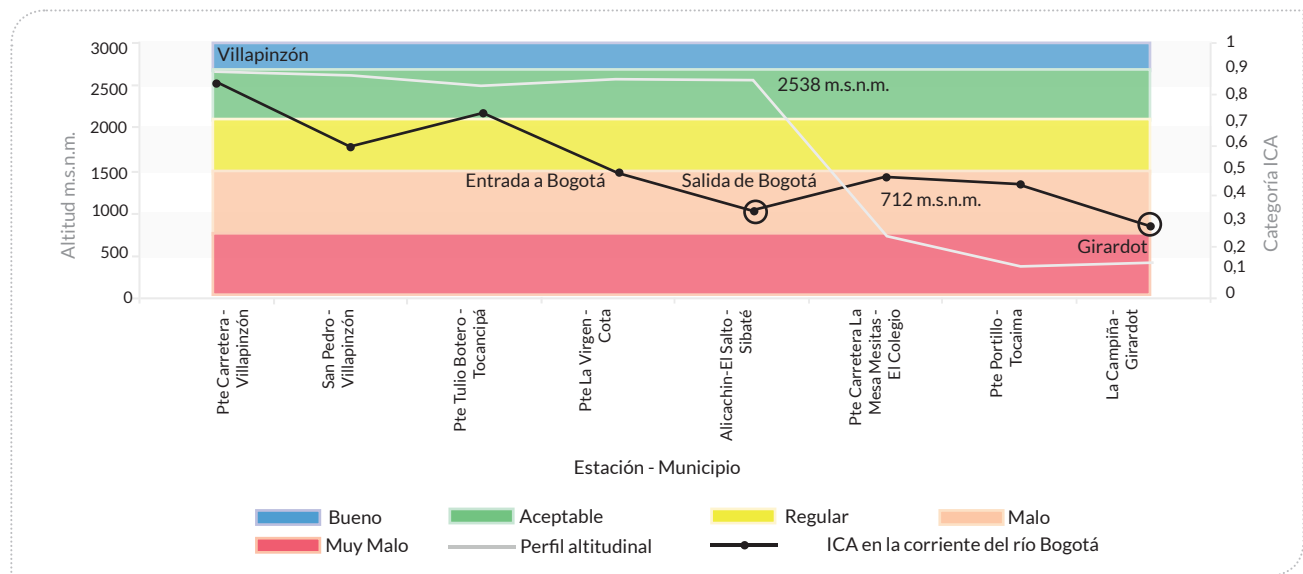
*Después de río Carare* ubicada en la jurisdicción del municipio Puerto Parra, departamento de Santander, donde las condiciones de calidad muestran una categoría *Mala* por alto contenido en sólidos y en la estación llamada *Después de Girardot* ubicada en la jurisdicción del municipio de Girardot, con condiciones de calidad de agua con una categoría *Muy mala*, debido a vertimiento de aguas residuales domésticas luego de recibir el afluente de la corriente del río Bogotá.



• **Figura 125.** Comportamiento del ICA en el río Magdalena en 2016.

En la corriente del río Bogotá se encuentran ubicadas 8 estaciones de la red de monitoreo, como se observa en la **Figura 126**, que muestra las condiciones de calidad del agua desde el punto de monitoreo Puente Carretera, a 2 648 m.s.n.m. hasta el punto La Campiña a 425 m.s.n.m., según el perfil altitudinal en la gráfica. El comportamiento a lo largo de la corriente indica condiciones de calidad

con categoría *Regular* hasta el municipio de Tocancipá, y *Mala*, del municipio de Cota, hasta el municipio de Girardot, presentando los valores más bajos en la estación Alicachí, a la salida del municipio de Soacha y estación La Campiña en el municipio de Girardot, antes de llegar al río Magdalena, debido a vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales.



• **Figura 126.** Comportamiento del ICA en el río Bogotá en 2016. Fuente: tomada de (Ideam, 2017).

En el área hidrográfica Caribe, como lo muestran los puntos en el mapa de la **Figura 123**, en el río Ranchería la condición de calidad está en categoría *Muy mala*, según mediciones en la estación ubicada a la altura del municipio de Albania en el departamento de La Guajira, debido a valores altos en sólidos suspendidos y conductividad eléctrica, condición asociada posiblemente a la minería y a vertimientos de aguas residuales domésticas. En esta misma corriente, en la estación Puente Carretera (automática), ubicada a la altura del municipio de Riohacha en La Guajira la condición de calidad, según el ICA, es *Mala*, por valores altos en conductividad y nutrientes.

En las áreas hidrográficas Pacífico y Amazonas, en el río Pasto a la altura de la ciudad de Pasto, en la estación Universidad, la condición de calidad es de

categoría *Mala*, esta condición se asocia principalmente a vertimientos domésticos.

Las subzonas hidrográficas que, según mediciones del ICA calculado para 2016, muestran condiciones de calidad *Muy mala* fueron: río Seco y otros directos al Magdalena y río Ranchería; con categoría *Mala* las subzonas: directos río Cauca entre río San Juan y Pto. Valdivia (mi), río Chicamocha, Río Negro, río Carare (Minero), río Tapias y otros directos al Cauca, río Otún y otros directos al Cauca, río Salado y otros directos al Cauca, Alto Río Cauca, río Quinamayo y otros directos al Cauca, río Bogotá, directos al Magdalena entre los ríos Seco y Negro (md), río Ariguaní, río Opón, río Carare (Minero), río Guachal (Bolo-Fraile y Párraga), ríos Tulua y Morales, ríos Arroyo-hondo, Yumbo, Mulalo, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras, río Cusiana y río Juananbú.

## 6.3 Presión sobre la calidad del agua

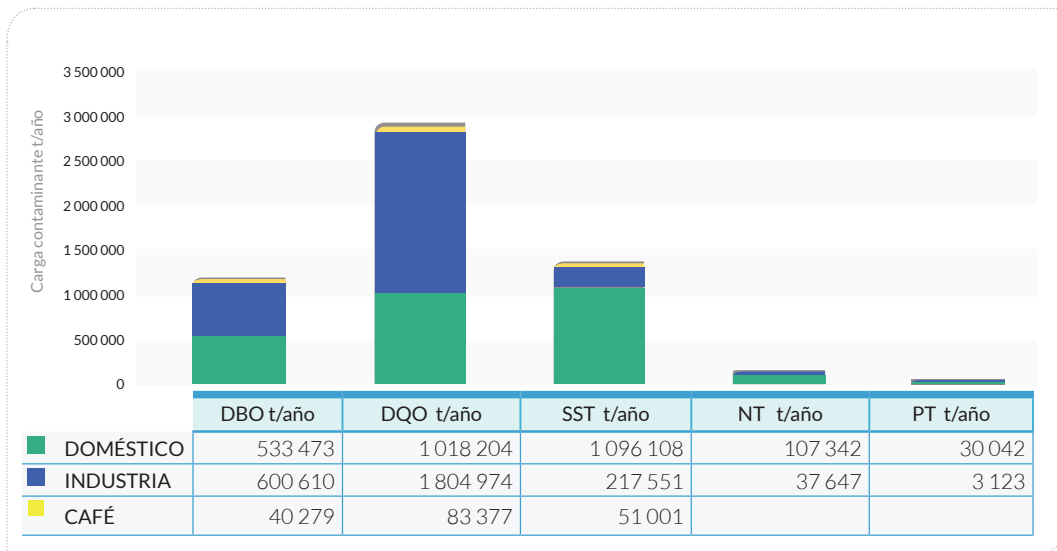
En este punto se presenta la actualización de los estimativos de cargas contaminantes puntuales generadas, removidas y las que finalmente son vertidas a los sistemas hídricos del país tanto a nivel de municipio como de subzona hidrográfica. Se hace el análisis de presiones por contaminación a partir de estas estimaciones y del índice de alteración potencial de calidad de agua (Iacal).

### 6.3.1 Carga contaminante puntual

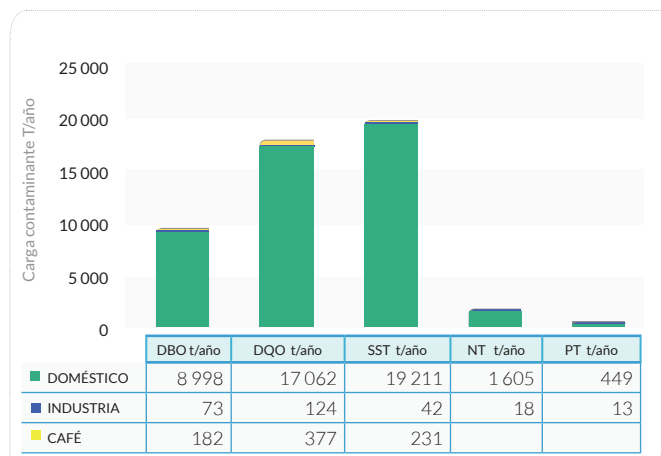
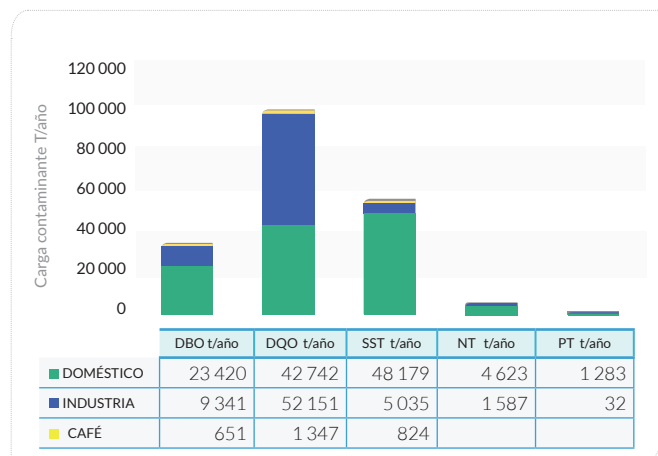
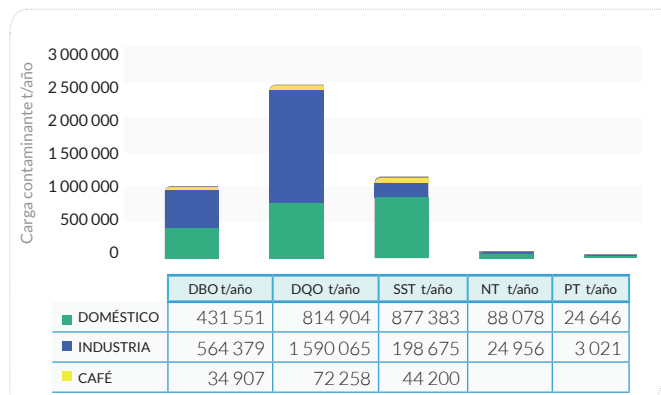
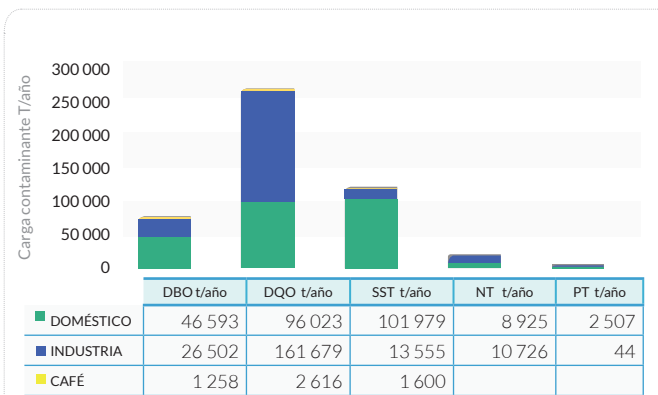
De los sectores usuarios del recurso hídrico considerados para la evaluación de la calidad de agua

(doméstico, industrial y del café) a nivel nacional, el sector industrial es el mayor aportante de carga orgánica neta que se vierte a las corrientes hídricas, estimado en el 51 % en DBO, 62 % en DQO, con respecto a la carga total sumados los tres sectores. En el sector doméstico el mayor aporte lo hacen los sólidos suspendidos totales con el 80 %, nutrientes en PT 91 % y NT 74 %, tal como se aprecia en la **Figura 127**.

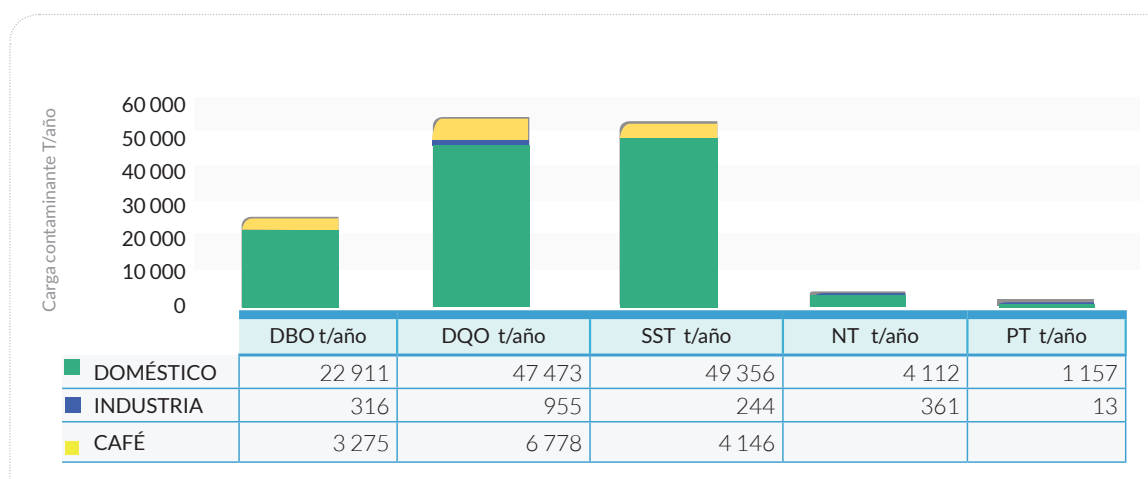
Las cargas contaminantes vertidas por los sectores industria, doméstico y café, discriminando los aportes por área hidrográfica, se ilustran con los diagramas de la **Figura 128**.



• **Figura 127.** Carga contaminante potencialmente vertida a las corrientes hídricas (t/año) 2016.



• **Figura 128.** Carga contaminante estimada por área hidrográfica. 2016.



• **Figura 128.** Carga contaminante estimada por área hidrográfica. 2016.

En el área hidrográfica Magdalena–Cauca, la mayor carga contaminante de materia orgánica representada por la DQO y DBO vertida la aporta la industria con 55 % y 48 %, respectivamente, del total. En relación con los sólidos suspendidos, el sector doméstico vierte el 64 % y en nutrientes representado por el NT el 61 % y PT el 74 % del total. En las áreas hidrográficas de Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacífico, el mayor aportante de materia orgánica representada por la DBO es el sector doméstico con 4 %, 2 %, 2 % y 1 % del total nacional, respectivamente. Los resultados reflejan que el área Magdalena–Cauca es el mayor aportante de vertimientos y determina el comportamiento nacional, porque tiene la mayor concentración de industria y población en Colombia.

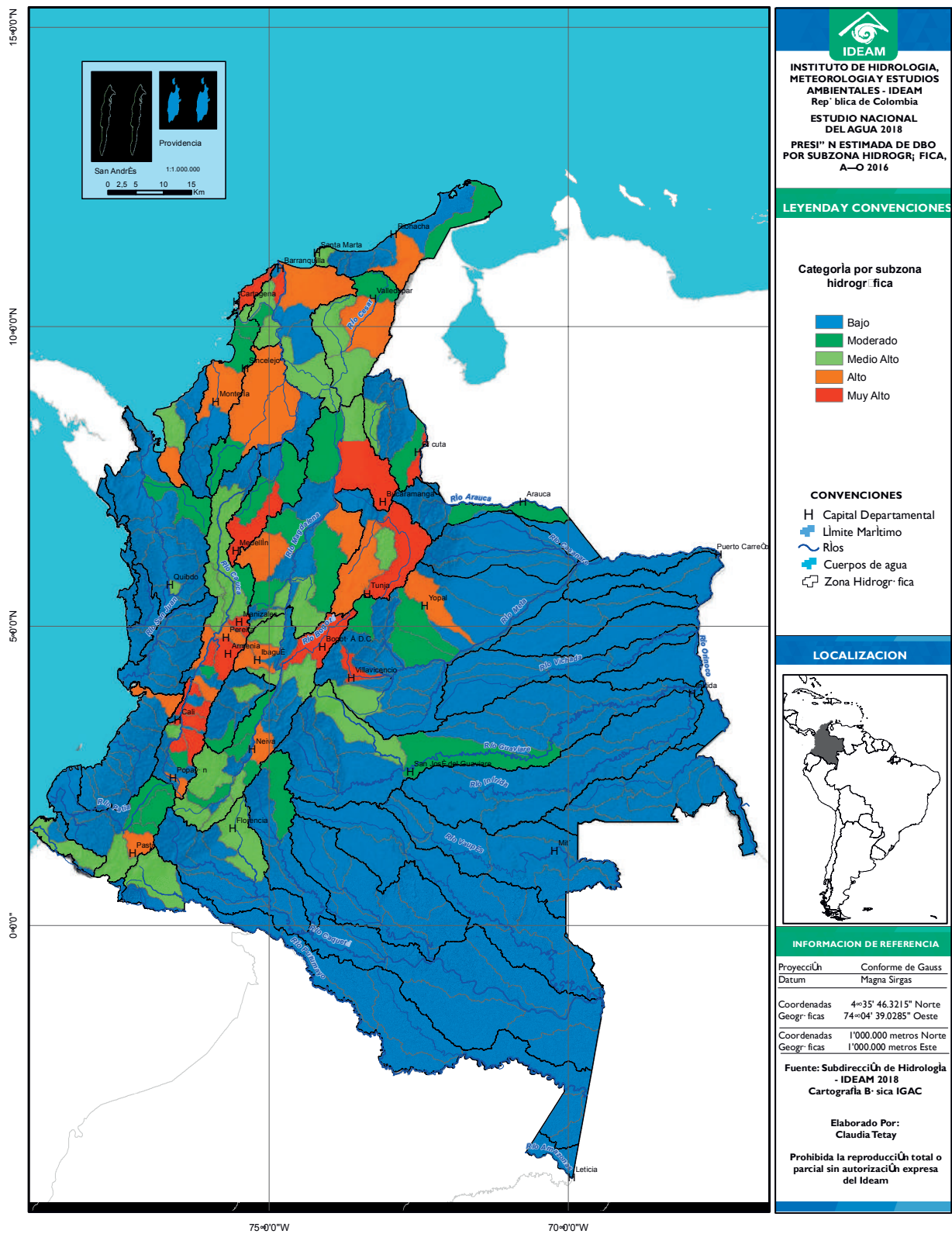
### Carga: demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La carga orgánica biodegradable neta vertida a las corrientes hídricas superficiales en Colombia en el año 2016 fue de 1 174 362 t/año, DBO equivalente a

3 262 t/día. Del total de carga de materia orgánica biodegradable neta vertida, la industria aportó el 51 %, el sector doméstico el 45 % y el sector cafetero el 3 %.

El mapa de la **Figura 129** muestra las subzonas hidrográficas y el grado de aporte de carga contaminante en términos de DBO. El 62 % de la carga de DBO se concentra en ocho subzonas hidrográficas, con aportes de 115 municipios. Estas subzonas son: río Bogotá, río Guachal (Bolo–Fraile y Párraga), río Porce, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, ríos Amaimé y Cerrito, río Lebrija y otros directos al Magdalena, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura, río La Vieja, en los departamentos de Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Cesar, Norte de Santander, Quindío, Risaralda y Santander.

Las cargas vertidas de las subzonas registradas en la **Tabla 54** provienen de principales ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Cúcuta, Manizales, Villavicencio y sus poblaciones aledañas, donde se concentra el mayor porcentaje de población e industria.



• **Figura 129.** Presión estimada de DBO por subzona hidrográfica, año 2016.



- **Tabla 54.** Subzonas hidrográficas con aportes de carga de DBO en nueve subzonas, donde se encuentran las principales ciudades del país.

Subzonas hidrográficas	Aporte doméstico DBO t/año	Aporte industrial DBO t/año
▶ Río Bogotá	149 756	98 128
▶ Río Porce	50 189	45 979
▶ Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	34 060	21 890
▶ Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	17 049	15 544
▶ Río Lebrija y otros directos al Magdalena	16 729	15 800
▶ Río Pamplonita	15 339	720
▶ Río Guatiquia	8 899	3 443
▶ Río Chinchiná	8 624	4 632
▶ Arroyos directos al Caribe	1 501	24 023

En la anterior tabla se observa la cantidad de carga contaminante que reciben las corrientes hídricas de nueve subzonas hidrográficas donde se concentra el 57 % de la DBO en doméstico y el 38 % de la DBO en industria, con respecto al total neto vertido por cada sector.

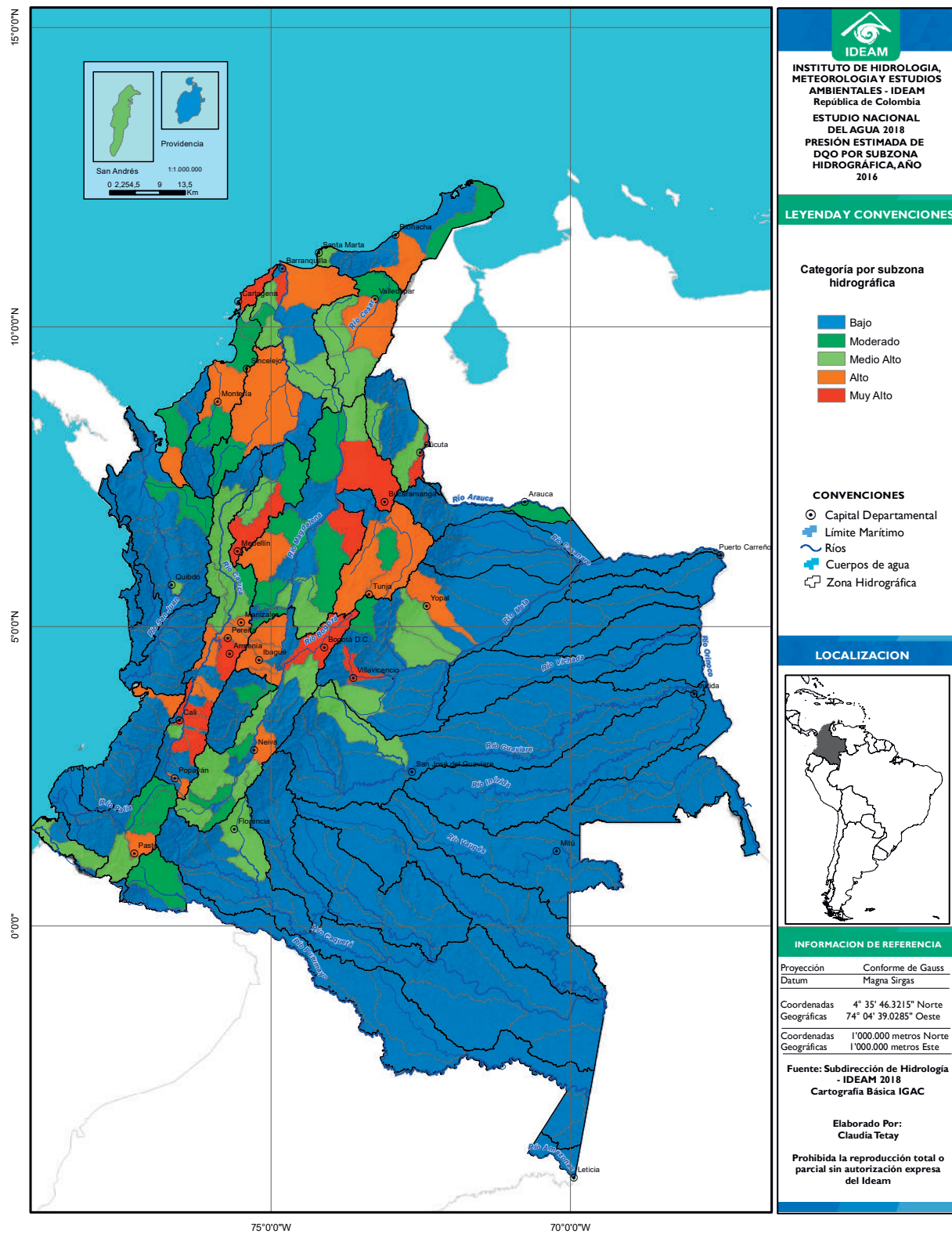
## Carga: demanda química de oxígeno (DQO)

El total de carga neta de demanda química de oxígeno, según estimaciones para 2016, vertida a los sistemas hídricos es de 2 906 555 t/año, correspondiente a 8 074 t/día. Del total de DQO neta vertida, la industria aportó el 62 %, el sector doméstico el 35 % y el café el 3 %. En el mapa de la **Figura 130**, el 65 % de la carga de DQO fue aportada por ocho subzonas hidrográficas: río Bogotá, río Porce, río Guachal (Bolo-Fraile y Párraga), ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, arroyos directos al Caribe, directos

al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura, río Lebrija y otros directos al Magdalena. Estos aportes están relacionados con los vertimientos de 108 municipios del país, que se encuentran en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Cundinamarca, Bolívar, Bogotá D.C., Cesar, Norte de Santander, Valle del Cauca y Santander.

En la Tabla 55 se observa la carga contaminante que se vierte en nueve subzonas hidrográficas donde se encuentran ubicadas ciudades capitales como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Cúcuta, Manizales y Villavicencio, en las cuales se concentra la mayor población e industria del país.

El vertiendo el sector doméstico de estas SZH asociadas con las principales ciudades alcanza el 55% y 58% en Industria, de carga de materia orgánica representada por la DQO, con respecto al total vertido por cada sector.



● **Figura 130.** Presión estimada de DQO por subzona hidrográfica, año 2016.

• **Tabla 55.** Subzonas hidrográficas con mayores aportes de carga de DQO.

Subzonas hidrográficas	Aporte doméstico DQO t/año	Aporte industrial DQO t/año
▶ Río Bogotá	267 402	338 882
▶ Río Porce	97 437	212 528
▶ Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	63 669	243 942
▶ Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	34 493	36 937
▶ Río Lebrija y otros directos al Magdalena	31 394	27 621
▶ Río Pamplonita	28 129	6 075
▶ Río Guatiquia	16 139	16 234
▶ Río Chinchiná	15 450	7 652
▶ Arroyos directos al Caribe	3 259	148 832

## Carga: sólidos suspendidos totales (SST)

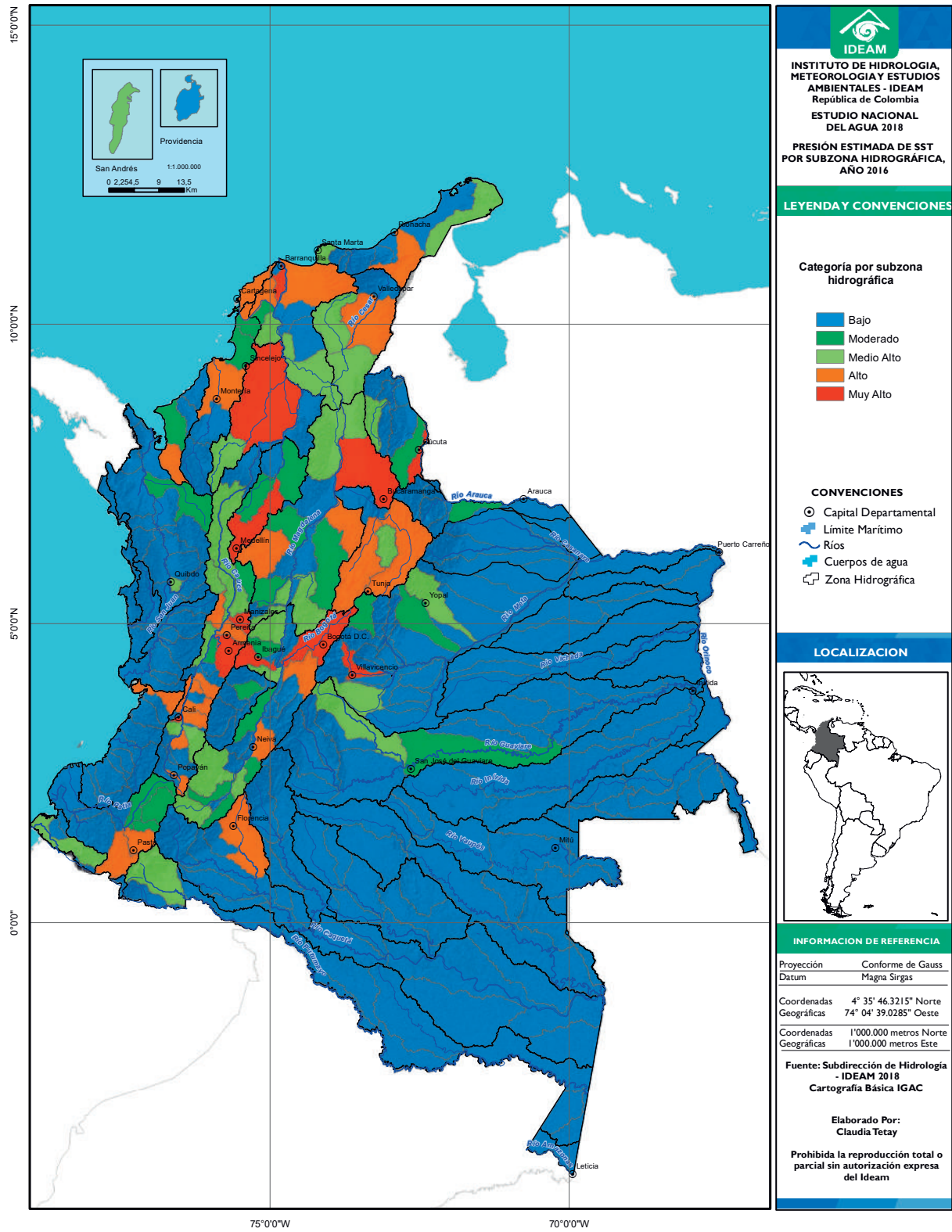
La carga de sólidos neta vertida a las corrientes hídricas superficiales, por los tres sectores, en el año 2016 fue de 1 364 660 t/año, correspondiente a 3 791 t/día. Del total de carga de SST vertida, la industria aportó el 16 %, el sector doméstico el 80 % y el sector cafetero el 4 %.

La diferencia de aportes de carga de SST por subzona hidrográfica, año 2016, se muestra en el mapa (**Figura 131**), esta presión por contaminación de sólidos suspendidos va desde 5 t/año en la subzona hidrográfica de directos del río Taraira, en el departamento del Amazonas, donde se registra solo vertimientos domésticos, hasta 348 476 t/año en la subzona del río Bogotá, donde los tres sectores analizados realizan vertimiento a los sistemas hídricos

de los municipios que hacen parte de la SZH, departamento de Cundinamarca.

El 52 % de la carga de SST fue aportada por seis subzonas hidrográficas: río Bogotá, río Porce, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, río Lebrija y otros directos al Magdalena, río La Vieja, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura, río Pamplonita, Bajo San Jorge–La Mojana. En la **Tabla 56** se observa la cantidad de aporte que hacen nueve subzonas hidrográficas.

En estas subzonas se encuentra ubicadas las ciudades capitales de ocho departamentos como Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Bolívar, Santander, Norte de Santander, Caldas y Meta aportando el 55 % en doméstico y 73 % en industria de SST, con respecto al total vertido por cada sector.



• **Figura 131.** Presión estimada de SST por subzona hidrográfica, año 2016.

• **Tabla 56.** Aporte de SST de subzonas donde se encuentra las principales ciudades del país en 2016.

Subzonas hidrográficas	Aporte doméstico SST t/año	Aporte industrial SST t/año
▶ Río Bogotá	288 136	59 875
▶ Río Porce	103 187	34 839
▶ Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo	61 674	30 752
▶ Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	36 699	8 605
▶ Río Lebrija y otros directos al Magdalena	36 002	10 229
▶ Río Pamplonita	33 180	80
▶ Río Guatiquia	18 892	1 965
▶ Río Chinchiná	18 554	359
▶ Arroyos directos al Caribe	3 232	12 068

## Carga de nitrógeno total (NT)

La carga nitrógeno total neta vertida a las corrientes hídricas superficiales, por los tres sectores, en el año 2016 fue de 144 989 t/año. Del total de carga de NT neta vertida, la industria aportó el 74 % y el sector doméstico el 26 %.

El 58 % de la carga de NT se concentró en ocho subzonas hidrográficas con aportes de 129 municipios, en las subzonas: río Bogotá, río Porce, arroyos directos al Caribe, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura, río Pamplonita, río La Vieja, río Lebrija y otros directos al Magdalena, en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Cundinamarca, Bogotá D.C., Bolívar, Valle del Cauca, Cesar, Norte de Santander, Quindío, Risaralda y Santander.

## Carga de fósforo total (PT)

La carga de PT, neta vertida a las corrientes hídricas superficiales, por los tres sectores, en el año 2016 fue de 33 165 t/año. Del total de carga de PT vertida, la industria aportó el 9 % y el sector doméstico el 91 %.

El 62 % de la carga de PT se concentró en ocho subzonas hidrográficas, con aportes de 151 municipios en las subzonas: río Bogotá, río Porce, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura, río Lebrija y otros directos al Magdalena, río La Vieja, en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Cundinamarca, Bogotá D.C., Bolívar, Valle del Cauca, Cesar, Córdoba, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander y Sucre.

## 6.3.2 Cargas contaminantes generadas por los sectores usuarios del agua y removidas por sistemas de tratamiento de agua residuales

De acuerdo con la consulta y análisis hecha para los sectores industrial y doméstico, y teniendo en cuenta las limitaciones en la información, y la metodología que se encuentre en el numeral 6.1.2. a continuación se presenta los estimativos de carga contaminante generada por estos sectores, removida por los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y vertida en las corrientes hídricas (**Tabla 57**).

- **Tabla 57.** Carga contaminante generada por los sectores usuarios y removida en sistemas de tratamiento de aguas residuales en 2016.

Parámetro	Carga generada por doméstico e industria (t/año)	Carga vertida por doméstico e industria (t/año)	Cantidad removida (t/año)	% de remoción
▶ DBO	1 952 814	1 134 084	818 731	42%
▶ DQO	5 179 808	2 823 179	2 356 629	45%
▶ SST	1 971 159	1 313 659	657 500	33%
▶ NT	154 008	144 989	9 019	6%
▶ PT	35 327	33 165	2 162	6%

Para el ENA 2014 se contó con información de 321 municipios con Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Para el ENA 2018, se cuenta con información

de PTAR para 352 municipios, incluyendo los 31 municipios con nuevos reportes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales se relacionan en la **Tabla 58**.

- **Tabla 58.** Municipios con nuevos reportes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en 2016.

Departamento	Código Divipola	Municipio	Departamento	Código Divipola	Municipio
▶ Antioquia	5030	Amagá	Cesar	20710	San Alberto
▶ Antioquia	5051	Arboletes	Córdoba	23182	Chinú
▶ Antioquia	5237	Don Matías	Córdoba	23672	San Antero
▶ Antioquia	5250	El Bagre	Córdoba	23815	Tuchín
▶ Antioquia	5284	Frontino	Huila	41016	Aipe
▶ Antioquia	5658	San José de la Montaña	Huila	41132	Campoalegre
▶ Antioquia	5789	Támesis	Nariño	52399	La Unión
▶ Antioquia	5809	Titiribí	Norte de Santander	54405	Los Patios
▶ Antioquia	5847	Urrao			
▶ Antioquia	5861	Venecia	Quindío	63001	Armenia
▶ Atlántico	8078	Baranoa	Quindío	63111	Buenavista
▶ Atlántico	8558	Polonuevo	Sucre	70001	Sincelejo
▶ Atlántico	8832	Tubará	Valle del Cauca	76122	Caicedonia
▶ Atlántico	8849	Usuiacurí	Valle del Cauca	76126	Calima (El Darién)
▶ Boyacá	15176	Chiquinquirá	Valle del Cauca	76520	Palmira
▶ Cauca	19548	Piendamó	Valle del Cauca	76823	Toro

La carga tratada en el sector doméstico incrementó de acuerdo con lo estimado para este estudio con respecto a los de 2014 para materia orgánica (DBO) en 27 756 t/año que corresponde al 29 %, en DQO de 66 422 t/año que representa un aumento del 40 % y en SST 22 957 t/año con el 8 %.

En la **Tabla 59**, se muestran los porcentajes de remoción por parámetro en los sectores industrial y doméstico a nivel nacional.

- **Tabla 59.** Porcentajes de remoción de carga contaminante a nivel nacional, en sectores industrial y doméstico en 2016.

Parámetro	Remoción industria (%)	Remoción doméstico (%)
▶ DBO	54%	19%
▶ DQO	54%	18%
▶ SST	62%	22%
▶ NT	3%	7%
▶ PT	1%	7%

De acuerdo con la información reportada por la Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en 2016 el caudal tratado por las Plantas de tratamiento de aguas residuales fue de 26,6 m<sup>3</sup>/s, caudal vertido estimado 62,9 m<sup>3</sup>/s y el porcentaje de aguas residuales tratadas en términos de caudal es del 42,2 %.

### 6.3.3 Vertimiento de mercurio al suelo y al agua en la minería (oro y plata)

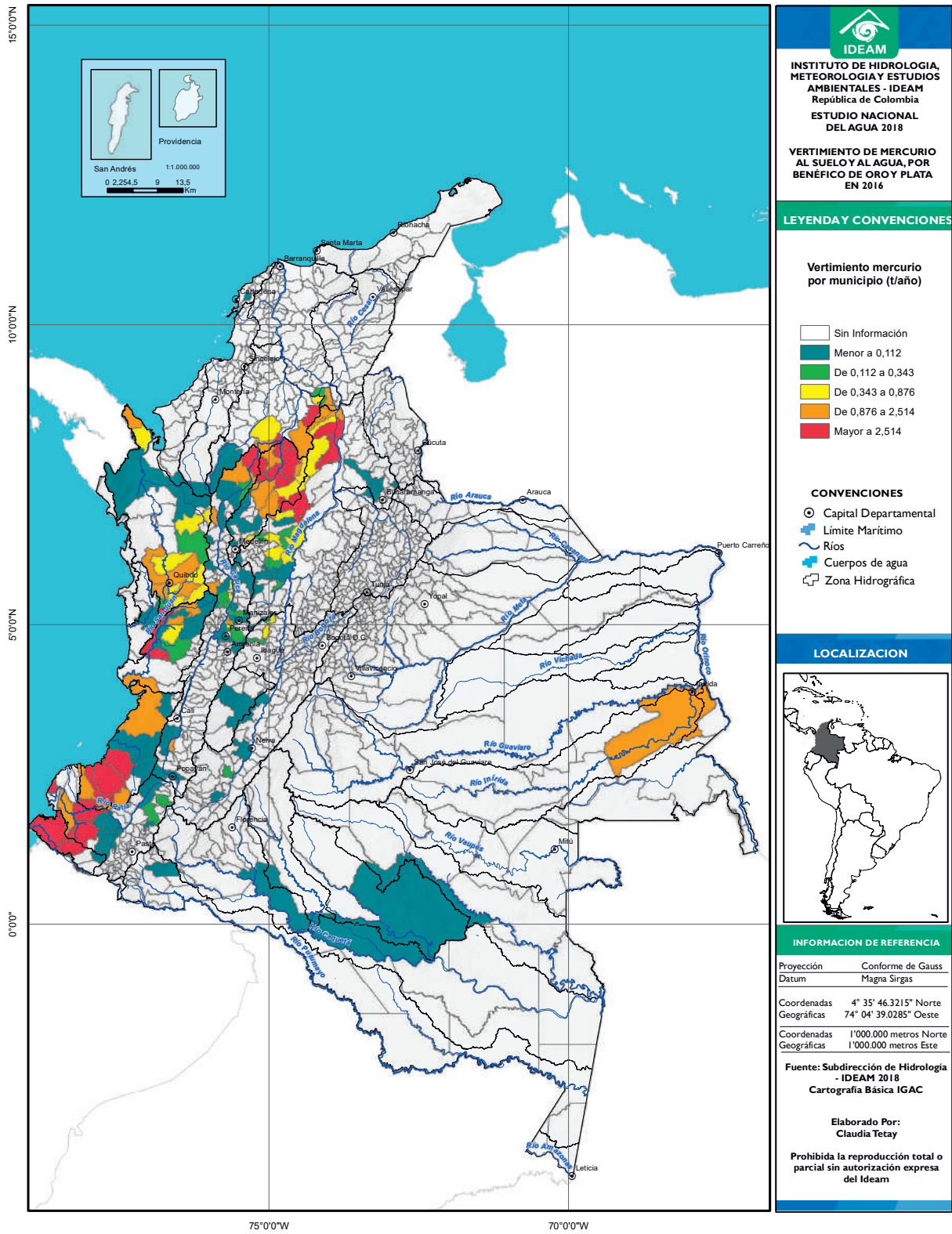
Con la metodología y fuentes de información mencionadas en el punto 6.2.2.1. de este estudio, en 2016 se estimó un vertimiento de 183 toneladas de mercurio al

suelo y al agua<sup>2</sup>, por beneficio de oro y plata, con información de 154 municipios ubicados en 17 departamentos como se muestra en la (**Figura 132**). Del total de toneladas vertidas, el 85 % corresponde al vertimiento por beneficio de oro y el 15 % por beneficio de plata.

El mapa presenta una clasificación de cinco rangos de vertimiento de mercurio en toneladas por año (t/año) con los que se puede identificar los municipios que ejercen mayores presiones por contaminación relacionada con este elemento y los sistemas hídricos que pueden ser más afectados.

Los departamentos con mayor producción de oro son Antioquia (41 %), Chocó (24 %), Nariño (15 %), Bolívar (7 %) y Caldas (4 %) (Simco, 2018).

<sup>2</sup> Para el cálculo de la estimación de mercurio por beneficio de oro, de la producción registrada por Simco para el año 2016, se descuenta la producción publicada en la página web de las compañías Mineros S.A. <http://www.mineros.com.co/es/noticias-mineros/518-resultados-de-2016-en-asamblea-de-accionistas> y gran Colombia Gold <http://www.grancolombiagold.com/operations-and-projects/colombia/default.aspx#marmato>, <http://www.grancolombiagold.com/operations-and-projects/colombia/default.aspx#segovia>, información recuperada en octubre de 2018.



• **Figura 132.** Vertimiento de mercurio al suelo y al agua, por beneficio de oro y plata en 2016.



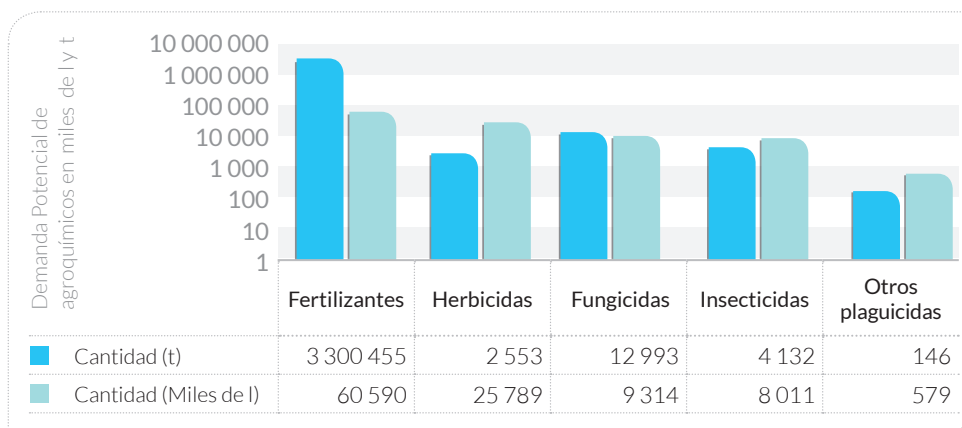
Con respecto a las Evidencias de explotación de oro de aluvión (EVOA), con uso en tierra en Colombia, investigación realizada por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), en 2016 se identificaron 83 620 hectáreas de las EVOA en el país, concentrada en los departamentos de Chocó (39 %) y Antioquía (37 %) (UNODC, 2018).

El mayor uso de mercurio por beneficio se encuentra en los departamentos de Bolívar (304 toneladas), Chocó (195 toneladas) y Antioquia (170 toneladas) (MinAgricultura, 2012). Las subzonas con mayor afectación de vertimiento de mercurio al suelo y al agua son: directos al Magdalena (Brazo Morales), río Guáitara, río Mira, Bajo Nechí (md), río Cimitarra y otros directos al Magdalena, río Iscuandé, río Telembí.

Con respecto a los estimativos del estudio en 2014, el total de vertimiento de mercurio disminuyó ligeramente, pero solo a que el número de municipios que reportaron con producción de oro y plata fue menor en 2016 que en 2012 (año de referencia).

### 6.3.4 Uso de agroquímicos en la agricultura

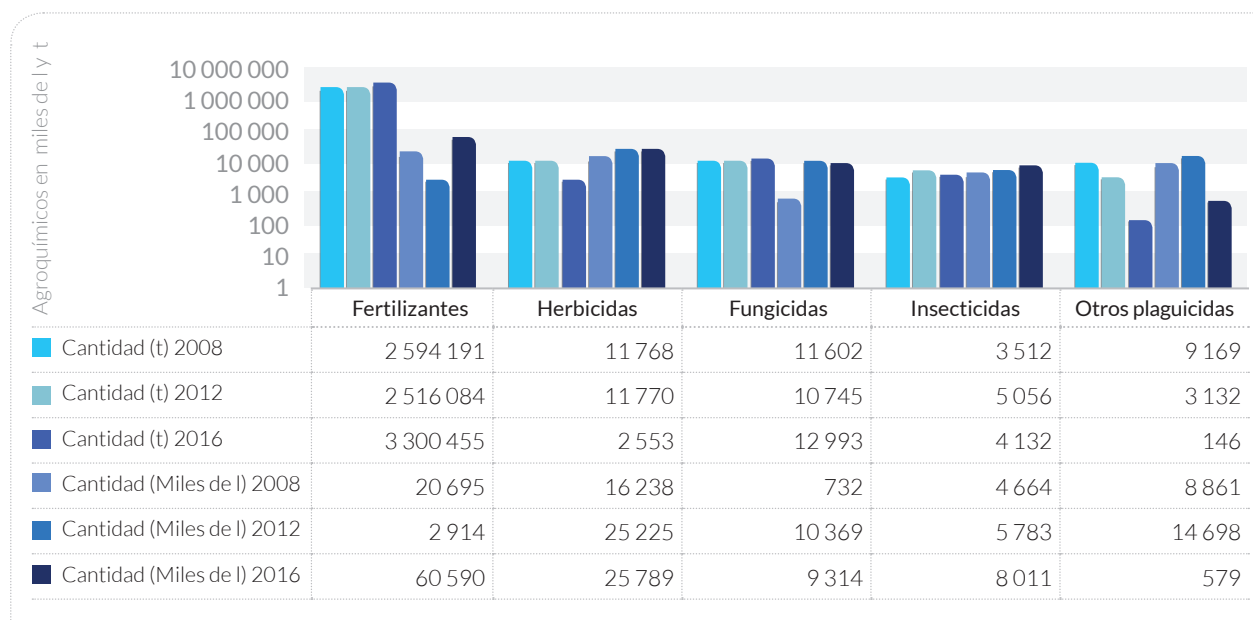
La información de uso de agroquímicos para la agricultura por municipio en Colombia ha sido muy limitada. En la **Figura 133** se observa la demanda potencial nacional de acuerdo con los datos reportados en las estadísticas de comercialización de fertilizantes (ICA, 2017) y plaguicidas (ICA, 2017) del Instituto Colombiano Agropecuario.



- **Figura 133.** Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola.  
Fuente: Tomado de (ICA, 2018).

En el 2016, la demanda potencial estimada en fertilizantes fue de 3 300 455 toneladas, en presentación sólida y de 60 590 miles de litros en formulaciones líquidas. Con respecto a los dos estudios anteriores en 2016, se presenta un incremento considerable en la demanda potencial de agroquímicos

en Colombia: 24 % de fertilizantes en litros y 95 % de fertilizantes en toneladas, herbicidas en 2 % en litros, a diferencia de los fungicidas, que han disminuido en 11 % la cantidad en litros en 2016, al igual que la cantidad de insecticidas en 22 % en toneladas (**Figura 134**).



• **Figura 134.** Demanda nacional potencial de agroquímicos en el sector agrícola en 2008, 2012 y 2016.

Las llegadas de los agroquímicos a las corrientes hídricas pueden provocar mortandad en peces, intoxicación en seres humanos, bioacumulación en los sedimentos, eutrofización en cuerpos lenticos, entre otras afectaciones.

### 6.3.5 Usos de sustancias químicas para la transformación de coca, como uso ilícito

El uso de sustancias químicas para la transformación de la coca es consultado en la oficina de las naciones unidas contra la droga y el delito, en el grupo Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (Simci).

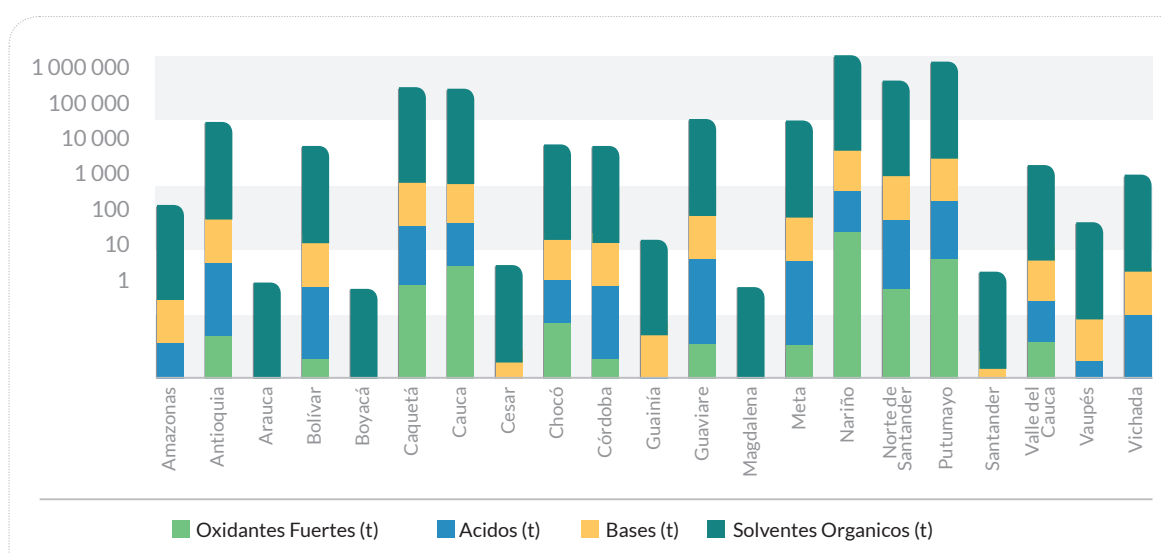
En 2016, para un total de 125 271 hectáreas (UNODC, 2017) se estimó el uso de 54 004 (litros/kilos) de productos de agroquímicos para el control de ma-

lezas, 779 097 (litros/kilos) productos fertilizantes y 54 330 (litros/kilos) de productos fungicidas.

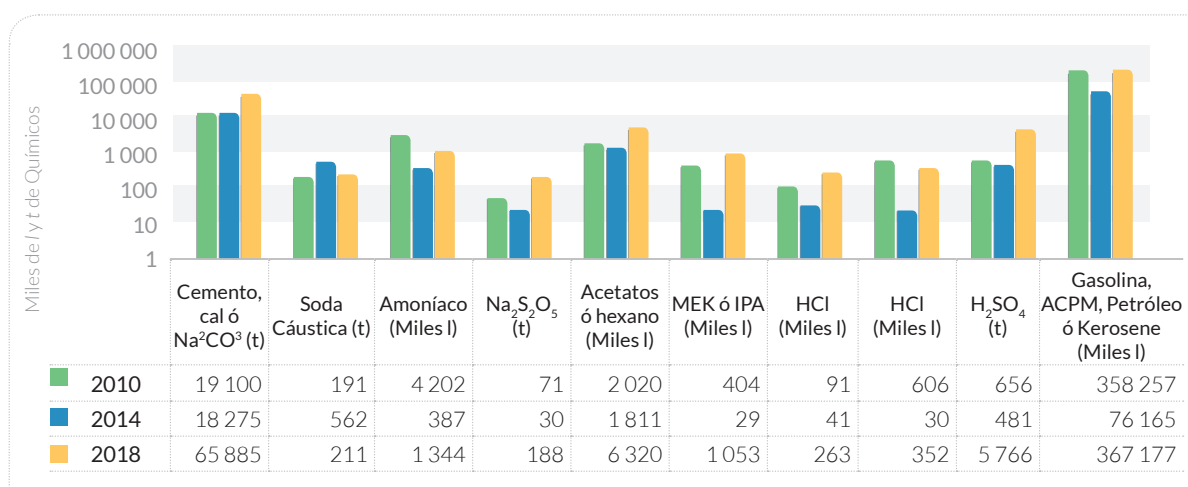
El uso de sustancia químicas en los procesos de transformación a nivel nacional en 2016 fue de 326 146 toneladas, conformadas en un 0,12 % por oxidantes fuertes, 0,64 % ácidos, 2,49 % base y 96,76 % de solventes orgánicos. En la **Figura 135** se muestran los departamentos con información de usos de sustancias químicas y se identifican los que cuentan con mayor demanda, por ende, el departamento que registra mayor producción potencial de base de cocaína.

La siguiente gráfica (**Figura 136**) se presenta la comparación entre los estimativos de sustancias químicas empleadas en la transformación de coca publicados en los ENA 2010 y 2014 con los de 2018.

En la gráfica se identifica mayor uso de sustancias químicas para la transformación de coca en 2016.



- **Figura 135.** Uso de sustancias químicas en los procesos de transformación de coca como uso ilícito por departamento en 2016. Fuente: tomada de (UNODC, 2017).



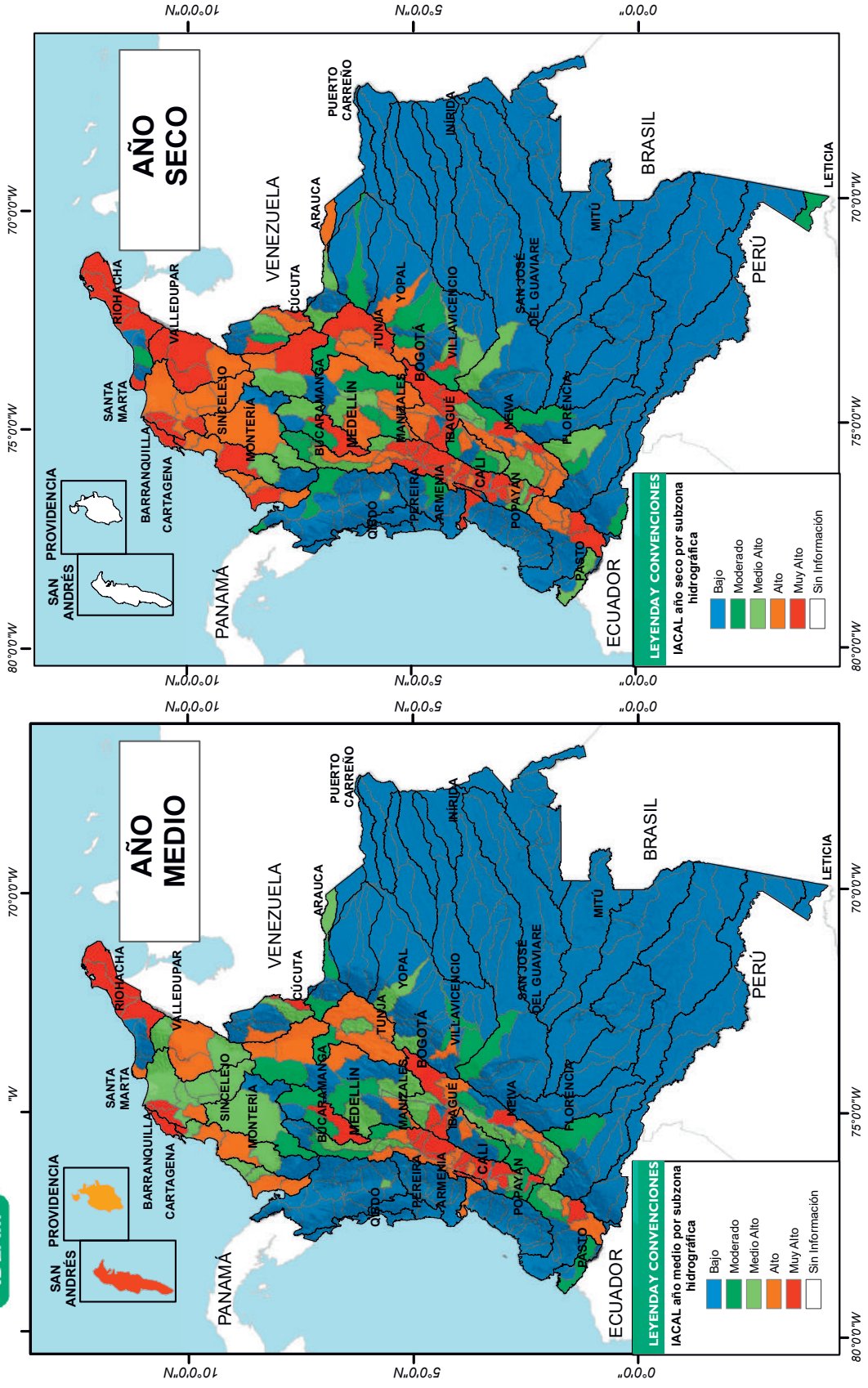
- **Figura 136.** Comparación de sustancias químicas empleadas en la transformación de la coca en Colombia. Fuente: tomada de (UNODC, 2017)

### 6.3.6 Índice de alteración potencial de la calidad del agua (lcal)

Para el ENA 2018, al igual que los dos estudios anteriores, se calculó el indicador de presión potencial

por carga contaminante para condiciones hidrológicas medias y secas para las subzonas hidrográficas. En la **Figura 137** se observa la representación espacial de los resultados de la actualización del lcal para estas dos condiciones; con lo cual se identificaron las subzonas con *Muy alta* y *Alta* potencialidad de contaminación del agua por presiones por vertimientos.

**Índice de alteración potencial de la calidad del agua - IACAL en condiciones hidrológicas medias y de año seco**



• **Figura 137.** Iacal en condiciones hidrológicas medias y de año seco.

Al analizar los resultados de actualización del local para 2018 se puede deducir que, en condiciones hidrológicas promedio, 65 subzonas hidrográficas tienen entre *Muy alta* y *Alta* potencialidad de contaminación por cargas asociadas con vertimientos puntales de sectores usuarios del recurso hídrico en su conjunto en las SZH mencionadas. Cuando las condiciones hidrológicas pasan a ser extremas de

año seco, el número de subzonas hidrográficas con categorías *Muy alta* y *Alta* sería de 97, lo que equivale al 30 % del total de las 316 SZH que cubren el país.

En la **Tabla 60** se relacionan el número de subzonas por categoría y por área hidrográfica, resultado de los estimativos para el local en condiciones hidrológicas promedio y de año seco.

• **Tabla 60.** Índice de alteración potencial de calidad de agua, subzonas por categoría.

Categoría	Caribe		Magdalena-Cauca		Orinoco		Amazonas		Pacífico		Total SZH	
	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
▶ Muy alta	5	9	21	35		2			1	3	27	49
▶ Alta	6	5	27	37	2	3			3	3	38	48
▶ Media alta	5	3	24	14	3	6		1	1	1	33	25
▶ Moderada	1	4	16	10	6	5	1	4	2	1	26	24
▶ Baja	29	23	17	9	62	57	56	52	28	27	192	168
▶ N/A		2										2
<b>Total SZH</b>		<b>46</b>		<b>105</b>		<b>73</b>		<b>57</b>		<b>35</b>		<b>316</b>

Las estimaciones del indicador y la categoría correspondiente para ambas condiciones hidrológicas y para cada SZH del país se publican en el anexo 2 de este estudio. A continuación, se relacionan las subzonas por área hidrográfica que muestran potencial *Muy alto* o *Alto* de presiones por carga contaminante.

## Área hidrográfica del Caribe

En esta área hidrográfica se identifican siete subzonas con un indicador potencial de contaminación local, en condiciones hidrológicas promedio, con categorías *Muy alta*: arroyos directos al Caribe, río Ranchería, directos Caribe–Ay Sharimahana, Alta Guajira, río Carraipia – Paraguachon, directos al

golfo Maracaibo y río Pamplonita. En la siguiente categoría de presión por contaminación, *Alta*: SZH río León, río Mulatos y otros directos al Caribe, directos Caribe, golfo de Morrosquillo, Bajo Sinú, río Piedras – río Manzanares y río Algodonal (Alto Catatumbo). Estas subzonas y sus categorías coinciden con las identificadas en 2014, a excepción de la del río Mulatos y otros directos al Caribe que pasó de categoría *Media* a *Alta* en 2018, debido al aumento en carga por vertimientos domésticos y disminución en la oferta.

En condiciones extremas de año seco, en el área hidrográfica del Caribe se incrementan las subzonas hidrográficas con potencial de contaminación *Muy*

*alto* y *Alto*, puesto que además de las identificadas para condiciones promedio se incluyen las SZH: río San Juan, río Canalete y otros arroyos directos al Caribe y río Zulia.

## Área hidrográfica Magdalena-Cauca

En esta área se ejercen las mayores presiones por carga contaminante sobre la calidad de agua. Estas presiones se ven reflejadas en las 21 subzonas hidrográficas con categoría *Muy alta* del local para condiciones hidrológicas promedio. Estas SZH son: río Fortalecillas y otros, río Bogotá, río Coello, río Totare, alto río Cauca, río Palo, río Guachal (Bolo-Fraile y Párraga), ríos Amaime y Cerrito, ríos Tulúa y Morales, río La Vieja, río Otún y otros directos al Cauca, río Chinchiná, río Quinamayo y otros directos al Cauca, ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, ríos Arroyohondo, Yumbo, Mulalo, Vijos, Yotoco, Mediacanoa y Piedras, ríos Guadalajara y San Pedro, ríos Las Cañas, Los Micos y Obando, río Porce, canal del Dique margen derecho, directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi), ciénaga Mallorquín.

A continuación, se relacionan las SZH que en 2014 se identifican con categoría *Alta*, pero que incrementaron la potencialidad de contaminación y pasan a categoría *Muy alta* en 2018. Estas subzonas son: río Palo, río Guachal (Bolo-Fraile y Párraga), río Otún y otros directos al Cauca, río Quinamayo y otros directos al Cauca, ríos Las Cañas, Los Micos y Obando. El principal factor es el aumento de carga vertida específicamente en industria. Igualmente, se reconocen las SZH que cambian de categoría *Media* a *Alta* como: ríos directos al Magdalena (mi), río Gualí, río Opón, río Frío, río Tapias y otros directos al Cauca, río San Juan, río Bugalagrande, Alto Cesar y

río Ariguani, principalmente por el aumento de carga vertida y la disminución de la oferta.

Además de las subzonas mencionadas para condiciones promedio, el número de SZH se incrementa considerablemente para condiciones hidrológicas extrema de año seco. En particular la SZH Alto Cesar registra categoría *Muy alta*. En categoría *Alta* se incrementa el número de subzonas identificándose como SZH adicionales: Alto Magdalena, río Suaza, río Yaguará y río Iquira, río Baché, río Aipe, río Chenché y otros directos al Magdalena, río Seco y otros directos al Magdalena, río Lagunilla y otros directos al Magdalena, Medio Saldaña, directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md), Río Negro, río Nare, río Fonce, Bajo San Jorge-La Mojana, río Ovejas, río Frío y otros directos al Cauca, directos al río Cauca entre río San Juan y Pto. Valdivia (md), río Piendamó, Alto Cesar, Bajo Cesar, directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md), canal del Dique margen izquierda, ciénaga Grande de Santa Marta, directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md), ríos Chimuica y Corozal.

## Área hidrográfica Orinoco

En el área hidrográfica del Orinoco, la mayor categoría de presión por contaminación (local) que se registra, en condiciones hidrológicas promedio, es *Alta* y corresponde a las SZH: río Guatiquía y lago de Tota, coincidiendo con los resultados en 2014. Las SZH río Garagoa, río Cravo Sur, río Banadia y otros directos al río Arauca y directos al río Arauca (md) se encuentran en categoría *Media*.

Para condiciones hidrológicas de año seco se identifican tres subzonas con altas presiones por contaminación, adicionales a las mencionadas para condiciones promedio: río Garagoa, río Cravo Sur y directos al río Arauca (md).

## Áreas hidrográficas del Pacífico y Amazonas

En estas dos áreas hidrográficas el número de subzonas con altas presiones por contaminación es mucho menor. En condiciones promedio, para el área

del Amazonas la única SZH en categoría *Muy alta* es la del Río Juananbú que cambia de categoría con respecto al 2014 por disminución de la oferta y aumento en la carga contaminante. En condiciones de año seco se identifican con categoría *Muy alta* en el Pacífico las SZH de río Patía Alto y río Guachicono.

## 6.4 Conclusiones

La red de monitoreo de referencia nacional de calidad del agua cuenta con 148 estaciones, monitoreando aproximadamente 25 variables en agua y sedimento. En algunos años, como en 2016, se realizan convenios interinstitucionales, con entidades como Cormagdalena y CAM, que permiten entregar una mejor evaluación de las condiciones de calidad del agua nacional. No obstante, es necesario optimizar la red, integrando los programas de monitoreo e información regional y sectorial estandarizada, teniendo en cuenta el protocolo de monitoreo, con el fin de mejorar el análisis nacional.

Por limitaciones de reserva estadística en el sector de industria, no fue posible realizar el análisis de cargas generadas y vertidas por municipio, por lo que se presenta de forma agregada a la unidad de análisis de subzona hidrográfica.

Aunque se cuenta con estadísticas que permiten obtener factores de vertimientos nacionales a partir de información base de la Resolución 0631 de 2015, estos factores no se usaron en este estudio debido a que no se cuenta con información para todas las actividades industriales que se analizan en el Estudio Nacional del Agua. Para avanzar en el tema y completar los factores, particularmente para la industria,

se propone trabajar desde la información generada por la región a través de tasa retributiva e investigaciones sectoriales, teniendo en cuenta la actividad económica y sus respectivos productos.

Es necesario incluir la carga contaminante que genera, trata y vierte el sector de la palma. En 2018 se avanzó en el tema con una propuesta inicial de factores de vertimiento, pero aún se requiere mejorar la información base y validar la metodología establecida con el sector teniendo en cuenta producción, generación de vertimiento y tratamiento de aguas residuales.

La mayor presión por carga contaminante se encuentra en 150 municipios de 87 subzonas hidrográficas, que aportan el 93 % de carga contaminante de demanda biológica de oxígeno, el 90 % de demanda química de oxígeno y el 92 % en sólidos suspendidos totales. Estos resultados sugieren la focalización de acciones de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

En el tema de calidad del agua se recomienda mejorar la investigación en uso de agroquímicos en la agricultura (cantidad y ubicación), cargas contaminantes difusas y otras sustancias químicas que son vertidas a las corrientes hídricas.



Río Negro, Chirijara  
Carolina Vega

---



# AGUA, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

---

## Autores

### **Instituto Nacional de Salud (INS)**

Subdirección Laboratorio Nacional de Referencia

Uso de plaguicidas en Colombia

Omayda Cárdenas Bustamante

Diana Patricia Díaz Jiménez

Carlos Andrés Castañeda Orjuela

### **Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud)**

Subdirección de Salud Ambiental

Agua, salud ambiental y equidad

Adriana Estrada Estrada

Marcela Jiménez Sepúlveda

Claudia M. Moreno

Oscar J. Mujica

CAPÍTULO

# 07

En el ENA 2014, por primera vez se incluyó en el Estudio Nacional del Agua (capítulo de Calidad de Agua) el uso de plaguicidas en Colombia, con los aportes del Instituto Nacional de Salud y los resultados de las investigaciones e información del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO), de la Dirección de Redes en Salud Pública.

En el ENA 2018 se estructuró un capítulo sobre la relación de la salud con el agua y el medio ambiente. En este se cuenta con los aportes del Instituto Nacional de Salud, con la actualización y seguimiento

de las investigaciones sobre uso de plaguicidas en Colombia en 24 departamentos. Esta vez se incluye un análisis sobre el acceso al agua como determinante social de la salud en Colombia y de cómo la desigualdad en el acceso al agua reproduce desigualdades en la salud de las personas y las poblaciones colombianas. Este tema es elaborado por el Ministerio de Salud y Protección Social, y se basa en el *Estudio Nacional de Equidad en Salud Ambiental (Enesa): Colombia 2018*, desarrollado por este Ministerio con la cooperación técnica de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en un esfuerzo esencialmente intersectorial.

## 7.1 Uso de plaguicidas en Colombia (2013–2016)

A lo largo de la historia, los plaguicidas han sido utilizados intensiva y extensivamente para el control de plagas y vectores de enfermedades de importancia en agricultura, ganadería y salud pública. El empleo de estas sustancias químicas ha sido inherente al desarrollo económico e industrial de la sociedad; sin embargo, su uso desmedido y su manejo inadecuado (algunos clasificados por su naturaleza como peligrosos, por la generación de efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente) plantean inquietudes sobre los riesgos a la salud y al medio ambiente, y sobre los efectos tóxicos en organismos no objetivo (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaría Distrital de Salud, 2011); (Cortés-Iza, Rodríguez & Prieto, 2017); (Gómez & Cáceres G, 2010); (Ministerio de Salud de la Nación, 2009); (Sánchez, Gutiérrez, Gómez, Loewy & Guiñazú, 2016).

El impacto nocivo de los plaguicidas en el ambiente está basado en varios aspectos tales como su alta toxicidad, su estabilidad y persistencia en el ambiente (incluso décadas), su movilidad en el suelo y agua, y su volatilización. Estos aspectos son favorecidos por las propiedades físico-químicas como presión de vapor, coeficiente de partición octanol-agua, coeficiente de absorción, solubilidad en agua, entre otras. La solubilidad en el agua de algunos plaguicidas los hace susceptibles a ser arrastrados por la lluvia contaminando fuentes de aguas superficiales y subterráneas, donde se han encontrado meses después de su aplicación (Quenguan & Eraso, 2015).

Cuando un plaguicida es aplicado a un cultivo, solo el 1 % de este alcanza el organismo “blanco”, el 25 % es

retenido en el follaje, el 30 % llega al suelo y el 44 % es exportado a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Álvarez, 2016); (Gladstone & Hruska, 2003); (Quenguan & Eraso, 2015).

La contaminación del agua, aire, suelo y medio ambiente ha hecho que los plaguicidas se hayan diseminados por las cadenas tróficas, lo que ha contaminado los alimentos y convertido en un problema global de gran magnitud que es motivo de preocupación para la comunidad, las autoridades sanitarias y ambientales, y que llama la atención mundial para orientar los esfuerzos en abordar lo relacionado al impacto en la salud y el ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Salud, 2011); (Badii & Varela, 2008); (Quenguan & Eraso, 2015); (Van Dyk & Pletschke, 2011).

Por todo lo anterior, se puede concluir que la exposición de los humanos a plaguicidas puede ocurrir por contacto directo o indirecto, arrastre por el viento, por el agua, por tomarlo del suelo contaminado, por múltiples vías y diversas fuentes del ambiente (Sánchez *et al.*, 2016); (Schosinsky, Quintana Guzmán, & Ruepert, 2009).

En Colombia, al igual que en la mayoría de los países, existe el uso masivo e indiscriminado de plaguicidas, tanto en el área agrícola como en el sanitario, lo cual ha generado escenario propicio para la aparición de intoxicaciones agudas y crónicas que se constituyen como un problema emergente de Salud Pública (Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Salud, 2011); (Weinberg, 2009).

La industria de plaguicidas en Colombia inició en 1962 con el proceso de formulación y la síntesis de algunos ingredientes activos. En 2015 el Instituto

Colombiano Agropecuario (ICA) registró 1 760 formulaciones de plaguicidas de uso agrícola, aumentando en el 2016 a 1 904 (Instituto Colombiano Agropecuario, 2016); (Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Protección Vegetal, Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas, 2017). El consumo en Colombia en el 2015 fue de 58 088 874 toneladas métricas de plaguicidas (Instituto Colombiano Agropecuario, 2016) y de 74 975 040 para el 2016 (Instituto Colombiano Agropecuario ICA Subgerencia de Protección Vegetal Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas, 2017), ubicándose como uno de los países con mayor consumo de plaguicidas en América Latina (Cárdenas, Díaz, Castañeda & Beltrán, 2015); (Cárdenas, Silva, & Nava, s.f. ) con un promedio de más de 10 toneladas por cada 1 000 hectáreas de tierra cultivable y cultivos permanentes (Superintendencia de Industria y Comercio. Estudios Económicos Sectoriales, 2013).

Pese a lo anterior, no solo en Colombia el uso de plaguicidas constituye un problema de salud y medio ambiente. De acuerdo con lo reportado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en el Informe de la Salud, la exposición a contaminantes químicos en América Latina es un problema de salud pública insuficientemente atendido y la producción y el uso de compuestos químicos en las últimas décadas se ha incrementado significativamente (Instituto Nacional de Salud, 2017).

El objetivo del presente informe es describir de forma general la frecuencia de uso de plaguicidas por grupo químico, categoría toxicológica y blanco de aplicación, en 24 departamentos durante el periodo 2013–2016, para contribuir con información de gran importancia en salud pública .

## 7.1.1 Metodología

Se realizó un análisis descriptivo de la información resultante de la vigilancia de los individuos con riesgo de exposición en el uso y manejo de plaguicidas en 24 departamentos participantes en el Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO), durante el periodo 2013 al 2016. En ENA 2014 se realizó este análisis con información de 20 departamentos.

Las entidades territoriales de salud (ETS) realizan a cada individuo participante una entrevista con previo consentimiento informado de aceptación de participación voluntaria para toma de muestra de sangre y aplicación de un formulario de encuesta. El formulario captura información de variables demográficas, ocupacionales, de exposición, uso y aplicación de plaguicidas en actividades o labores diarias de distribución, aplicación agrícola en tierras potencialmente cultivables, pecuaria, agropecuaria y sanitaria para el control de vectores en salud pública, nombre de los plaguicidas más frecuentemente empleados, principales cultivos blanco de fumigación y resultados de la actividad de la acetilcolinesterasa como biomarcador de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos, entre otras. La información recolectada es digitada por cada ETS en la base de datos entregada por el Instituto Nacional de Salud y posteriormente enviada vía electrónica a la Dirección de Redes en Salud Pública.

Se realizó la depuración y ajuste de las bases de datos reportadas por cada ETS durante los años de análisis. A partir de esta información, se estimaron frecuencias simples y proporciones del uso de plaguicidas por grupo (tipo) químico, categoría toxicológica y blanco a controlar, a nivel nacional, departamental y municipal. Se excluyeron del análisis, los reportes sin información para las variables departamento y resultado de la actividad de la acetilcolinesterasa (basal o

por exposición). Los datos fueron manejados y analizados en MS Excel y el programa R versión 3.5.1.

## 7.1.2 Uso de plaguicidas (2013–2016)

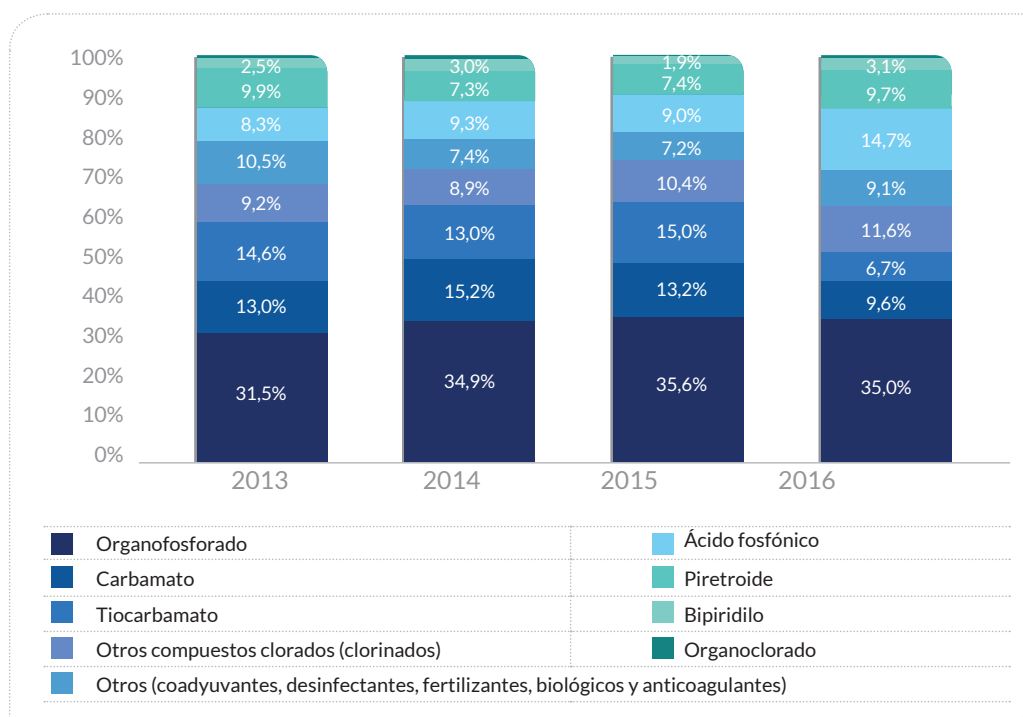
Durante el periodo 2013 al 2016, participaron 56 132 individuos con riesgo de exposición a plaguicidas, por habitar en áreas cercanas a las zonas de aplicación e influencia de estos tóxicos, quienes reportaron información relacionada a los plaguicidas más frecuentemente formulados, distribuidos, vendidos o empleados (usados o aplicados) en sus labores diarias en 24 departamentos del país.

El total de datos suministrados por los participantes sobre los plaguicidas más frecuentemente usados fue de 156 811 registros, de los cuales el uso más frecuente a nivel nacional por grupo químico durante el periodo 2013–2016 correspondió a los organofosforados con el 34,5 % (54 118); seguido por los carbamatos con el 13,1 % (20 530). Es importante notar el incremento en el uso de plaguicidas del grupo de ácido fosfónico con el uso del glifosato, pasando de 8,3 % en 2013 a 14,7 % en 2016. También se pudo observar que el uso de compuestos organoclorados y tiocarbamatos disminuyó durante el periodo, pasando de 0,6 % a 0,5 % y de 14,6 % a 6,7 %, en el periodo estudiado, respectivamente (**Figura 138**).

Entre los organofosforados, los principales plaguicidas reportados fueron clorpirifos con el 47,9 % (25 931), metamidofos con el 19,2 % (10 396) y malatión con el 8,3 % (4 495). Para los carbamatos el principal representante fue el carbofurano con el 71,1 % (14 603), seguido por metomil con el 19,3 % (3 970). Entre los organoclorados el más reportado fue el endosulfán con el 84,7 % (767) y el aldrín con el 6,3% (57). Entre los tiocarbamatos el de mayor uso

fue el mancozeb con el 86,6 %. Para los piretroides la lambdacialotrina fue la más usada con el 42,1 % (5 458) y la cipermetrina con el 31,9 % (4 141). Del grupo de otros compuestos clorados (clorinados), el mayor representante fue el de los derivados de ácido

fenoxiacético con el 66,4 % (10 352) y el clorotalonil con el 7,3 % (1 130). Para los bipiridilos, el paraquat se reportó con el 99,4 %. Finalmente, el glifosato fue el más reportado en el grupo del ácido fosfónico con el 97,6 % (15 033).



• **Figura 138.** Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico, Colombia, 2013–2016.

**Fuente:** tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013–2016).

Con relación a la toxicidad del total de plaguicidas reportados, el promedio de mayor uso correspondió a la categoría toxicológica de moderadamente peligroso (categoría II) con el 48,2 % (75 565), seguido por la de altamente peligroso (categoría Ib) con 19,6 % (30 797), según la clasificación toxicológica establecida por la

Organización Mundial de la Salud (OMS), como ente internacional para clasificación de plaguicidas en salud pública. Se observa que hubo una disminución en el uso de plaguicidas de la categoría extremadamente peligroso (categoría Ia) y altamente peligrosos (categoría Ib) durante el periodo estudiado (**Tabla 61**).

• **Tabla 61.** Porcentaje de uso de plaguicidas por categoría toxicológica, Colombia, 2013-2016.

OMS (Guías de clasificación 2009)											
Categoría toxicológica		2013		2014		2015		2016		2013-2016	
▶ Ia	Extremadamente peligroso	320	1 %	190	0,5 %	311	0,5%	83	0,3 %	904	0,6 %
▶ Ib	Altamente peligroso	6 440	20 %	9 182	22,6 %	12 438	21,0%	2 737	11,0 %	30 797	19,6 %
▶ II	Moderadamente peligroso	15 166	47 %	19 206	47,3 %	27 804	46,9%	13 389	54,0 %	75 565	48,2 %
▶ III	Ligeramente peligroso	3 994	12 %	5 722	14,1 %	8 409	14,2%	5 734	23,1 %	23 859	15,2 %
▶ U	Improbable que presente riesgo agudo en uso normal	5 746	18 %	5 726	14,1 %	9 599	16,2 %	1.994	8,0 %	23 065	14,7 %
▶ O	Obsoleto o discontinuado para uso como plaguicida (No clasificado)	7	0 %	8	0,0 %	35	0,1 %	7	0,0 %	57	0,0 %
▶ FM	Fumigante gaseosos o volátiles, (No clasificado bajo las recomendaciones de la OMS)	3	0 %	4	0,0 %	7	0,0 %	21	0,1 %	35	0,0 %
▶ *	Plaguicidas sujetos al convenio Rotterdam		0 %		0 %		0 %		0 %	0	0,0 %
▶ **	No clasificada por la OMS	521	2 %	529	1,3 %	663	1,1 %	816	3,3 %	2 529	1,6 %
<b>Total</b>		<b>32 197</b>	<b>100 %</b>	<b>40 567</b>	<b>100 %</b>	<b>59 266</b>	<b>100 %</b>	<b>24.781</b>	<b>100 %</b>	<b>156 811</b>	<b>100 %</b>

**Fuente:** tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013-2016).

Los plaguicidas más reportados en la categoría extremadamente peligrosos (Ia) son los organofosforados con el 81 % (732), derivados cumarínicos con el 12,6 % (114) y carbamatos con el 6,4 % (58). En la categoría de altamente peligrosos (Ib) se encontraron los carbamatos con el 60,4 % (18 593) seguidos por los organofosforados con el 38,2 % (11 776) y en la categoría de moderadamente peligrosos (II) los organofosforados con el 47,9 % (36 193), otros compuestos clorados (clorinados)

con el 18,1 % (13 652) y piretroides con el 16,2 % (12 229).

Respecto al uso de plaguicidas durante el periodo según el objeto blanco a controlar, el mayor promedio reportado fueron los insecticidas con el 59,8 % (93 824), herbicidas 21,9 % (34 344), fungicidas 17,8 % (27 976), otros (coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes y biológicos) con el 0,35 % (542) y rodenticidas con 0,08 % (125) (Tabla 62).

• **Tabla 62.** Porcentaje de uso de plaguicidas por objeto blanco a controlar; Colombia, 2013–2016.

Uso (objeto blanco)	2013		2014		2015		2016	
▶ Insecticidas	19 044	59,1 %	24 888	61,4 %	34 992	59,0 %	14 900	60,1 %
▶ Herbicidas	6 365	19,8 %	8 424	20,8 %	12 380	20,9 %	7 175	29,0 %
▶ Fungicidas	6 689	20,8 %	7 040	17,4 %	11 727	19,8 %	2 520	10,2 %
▶ Otros (coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes, biológicos)	62	0,2 %	189	0,5 %	146	0,2 %	145	0,6 %
▶ Rodenticidas	37	0,1 %	26	0,1 %	21	0,0 %	41	0,2 %
<b>Total</b>	<b>32 197</b>	<b>100,0 %</b>	<b>40 567</b>	<b>100,0 %</b>	<b>59 266</b>	<b>100,0 %</b>	<b>24 781</b>	<b>100,0 %</b>

**Fuente:** tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013–2016).

De los 93 824 reportes de insecticidas, los principales grupos químicos fueron los organofosforados con el 57,7 % (54 118), seguidos por los carbamatos con el 21,5 % (20 152) y los piretroides con el 13,8 % (12 961); de los herbicidas el ácido fosfónico fue el principal grupo con el 44,6 % (15 319) seguido por otros compuestos clorados (clorinados) con el 32,7 % (11 242) y los bupiridilos con el 11,3 % (3 895); de los fungicidas los tiocarbamatos fueron los más usados con el 65,6 % (18 352).

### 7.1.3 Uso de plaguicidas por departamento (2013–2016)

En cuanto al porcentaje de participación durante el periodo 2013–2016, los departamentos con mayor reporte y registro de plaguicidas fueron Cundinamarca con el 37,3 %, Nariño con el 15,2 % y Valle del Cauca con el 14,0 %. Los departamentos con menor número de participantes y de reporte de plaguicidas

fueron: Antioquia, Putumayo, Cauca, Guaviare y Vichada con menos del 1 %.

Se observan diferencias con relación al uso de plaguicidas por grupo químico según el departamento. En la **Tabla 64**, se presenta la información organizada según la frecuencia de uso de plaguicidas a nivel nacional, posteriormente se estableció la posición de cada uno de los plaguicidas en cada departamento con relación al nacional. Los colores muestran un gradiente que va entre verde y rojo, siendo el rojo el más reportado y verde el menos reportado. Los amarillos son valores intermedios.

En cuanto al uso de plaguicidas por grupo químico, los departamentos que aparecen como los que más usaron insecticidas organofosforados fueron los que reportaron el uso de estos tóxicos en campañas sanitarias para el control de vectores como Vichada, Guaviare y Arauca con el 50 % o más de los plaguicidas reportados.

• **Tabla 63.** Número de participantes y reporte de plaguicidas por departamento en 24 departamentos de Colombia, 2013-2016.

Entidades territoriales	2013			2014			2015			2016		
	Número de participantes	% de participantes	Número de plaguicidas reportados	% de plaguicidas reportados	Número de participantes	% de plaguicidas reportados	Número de plaguicidas reportados	% de plaguicidas reportados	Número de participantes	% de plaguicidas reportados	Número de plaguicidas reportados	% de plaguicidas reportados
Antioquia	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	13	0,1%	1	0,0%	-	0,0%
Arauca	35	0,3%	101	0,3%	-	0,0%	34	0,2%	129	0,2%	41	0,4%
Atlántico	268	2,6%	366	1,1%	470	3,3%	517	2,3%	984	1,7%	342	3,7%
Bolívar	83	0,8%	331	1,0%	162	1,2%	-	0,0%	-	0,0%	127	1,4%
Boyacá	482	4,6%	215	0,7%	440	3,1%	680	3,0%	350	0,6%	1 302	14,0%
Caldas	76	0,7%	222	0,7%	528	3,8%	413	1,9%	1 426	2,4%	793	8,6%
Caquetá	-	0,0%	-	0,0%	195	1,4%	86	0,4%	420	0,7%	68	0,7%
Cauca	32	0,3%	63	0,2%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
Cesar	318	3,0%	1 097	3,4%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	99	1,1%
Córdoba	-	0,0%	-	0,0%	233	1,7%	1 247	3,1%	-	0,0%	-	0,0%
Cundinamarca	3 726	35,5%	14 170	44,0%	3 996	28,4%	12 943	31,9%	30 962	52,2%	1 666	1,8%
Guaviare	40	0,4%	75	0,2%	30	0,2%	91	0,2%	-	0,0%	27	0,3%
Huila	460	4,4%	1 111	3,5%	229	1,6%	628	1,5%	335	0,6%	61	0,7%
Magdalena	356	3,4%	1 137	3,5%	542	3,9%	1 841	4,5%	82	0,1%	-	0,0%
Meta	326	3,1%	600	1,9%	78	0,6%	164	0,4%	485	0,8%	589	6,4%
Nariño	1 692	16,1%	4 790	14,9%	2 761	19,6%	7 637	18,8%	10 253	17,3%	360	3,9%
Norte de Santander	242	2,3%	1 099	3,4%	294	2,1%	1 470	3,6%	968	1,6%	-	0,0%
Putumayo	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	15	0,2%
Quindío	369	3,5%	595	1,8%	829	5,9%	1 679	4,1%	1 555	2,6%	840	9,1%
Risaralda	378	3,6%	1 280	4,0%	1 190	8,5%	2 798	6,9%	2 066	3,5%	894	9,6%
Santander	1 219	11,6%	3 939	12,2%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
Sucre	392	3,7%	990	3,1%	412	2,9%	1 211	3,0%	2 011	3,4%	983	10,6%
Valle del Cauca	-	0,0%	-	0,0%	1 655	11,8%	4 573	11,3%	7 239	12,2%	2 497	26,9%
Vichada	7	0,1%	16	0,0%	14	0,1%	59	0,1%	-	0,0%	66	0,7%
<b>Total</b>	<b>10 501</b>	<b>100%</b>	<b>32 197</b>	<b>100%</b>	<b>14 058</b>	<b>100%</b>	<b>40 567</b>	<b>100%</b>	<b>59 266</b>	<b>100%</b>	<b>9 270</b>	<b>100%</b>
												<b>24 781</b>
												<b>100%</b>
												<b>0,6%</b>

Fuente: tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013-2016).



• **Tabla 64.** Porcentaje de uso de plaguicidas por grupo químico y departamento: Colombia, 2013–2016.

	Organofosforados	Carbamatos	Tiocarbamatos	Otros compuestos clorados (Clorinados)	Otros (coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes, biológicos)	Ácido fosfónico	Piretroides	Bipiridilos	Organoclorados
▶ Nacional	35 %	13 %	13 %	9 %	8 %	9 %	8 %	3 %	1 %
▶ Antioquia	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
▶ Arauca	50 %	1 %	0 %	4 %	18 %	4 %	21 %	3 %	0 %
▶ Atlántico	29 %	1 %	1 %	39 %	3 %	15 %	4 %	9 %	0 %
▶ Bolívar	25 %	1 %	1 %	32 %	5 %	17 %	12 %	9 %	0 %
▶ Boyacá	38 %	11 %	13 %	8 %	7 %	7 %	15 %	2 %	0 %
▶ Caldas	35 %	5 %	8 %	12 %	11 %	18 %	8 %	1 %	1 %
▶ Caquetá	44 %	9 %	1 %	6 %	6 %	9 %	16 %	8 %	1 %
▶ Cauca	30 %	17 %	33 %	0 %	14 %	5 %	0 %	0 %	0 %
▶ Cesar	34 %	1 %	0 %	23 %	4 %	25 %	6 %	6 %	2 %
▶ Córdoba	38 %	20 %	0 %	5 %	15 %	12 %	0 %	5 %	4 %
▶ Cundinamarca	35 %	13 %	15 %	11 %	9 %	6 %	9 %	2 %	0 %
▶ Guaviare	50 %	21 %	0 %	7 %	2 %	8 %	2 %	8 %	0 %
▶ Huila	41 %	16 %	4 %	8 %	6 %	11 %	9 %	2 %	3 %
▶ Magdalena	37 %	3 %	10 %	17 %	4 %	18 %	4 %	6 %	0 %
▶ Meta	36 %	19 %	2 %	5 %	7 %	16 %	8 %	7 %	0 %
▶ Nariño	32 %	22 %	23 %	3 %	3 %	7 %	8 %	2 %	0 %
▶ Norte de Santander	33 %	20 %	4 %	8 %	16 %	4 %	11 %	4 %	0 %
▶ Putumayo	28 %	7 %	7 %	7 %	11 %	11 %	15 %	15 %	0 %
▶ Quindío	41 %	8 %	3 %	11 %	6 %	23 %	6 %	0 %	1 %
▶ Risaralda	36 %	4 %	9 %	10 %	12 %	20 %	6 %	1 %	2 %
▶ Santander	35 %	19 %	22 %	7 %	5 %	4 %	6 %	1 %	0 %
▶ Sucre	21 %	0 %	1 %	29 %	4 %	22 %	9 %	13 %	0 %
▶ Valle del Cauca	36 %	17 %	13 %	4 %	12 %	8 %	9 %	0 %	1 %
▶ Vichada	67 %	2 %	1 %	1 %	5 %	7 %	17 %	1 %	0 %

Fuente: tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013–2016).

Respecto al uso reportado por Cundinamarca y Nariño, como departamentos que mayor participación mostraron, el reporte de insecticidas organofosforados fue del 35,0 % y 32,0 % respectivamente; lo cual no quiere decir que los departamentos que muestran que el mayor porcentaje en el uso de estos compuestos sean los que más consumen. Es importante resaltar que el reporte en cuanto al uso de los plaguicidas está relacionado con el tipo de actividad y control plagas blanco a controlar involucradas en cada uno de los departamentos.

Durante el periodo 2013 a 2016 hubo un total de 502 municipios que reportaron información de plaguicidas, el 57,2 % de los municipios se encontraban en seis departamentos del país (**Tabla 65**).

● **Tabla 65.** Número de municipios con la mayor participación por departamento, Colombia, 2013-2016.

Departamento	Número de municipios con reporte de información
▶ Boyacá	80
▶ Cundinamarca	51
▶ Nariño	42
▶ Santander	42
▶ Valle del Cauca	41
▶ Huila	31

Según el grupo químico, más del 50 % de plaguicidas informados fueron por organofosforados, seguido de carbamatos, otros compuestos clorados (clorinados),

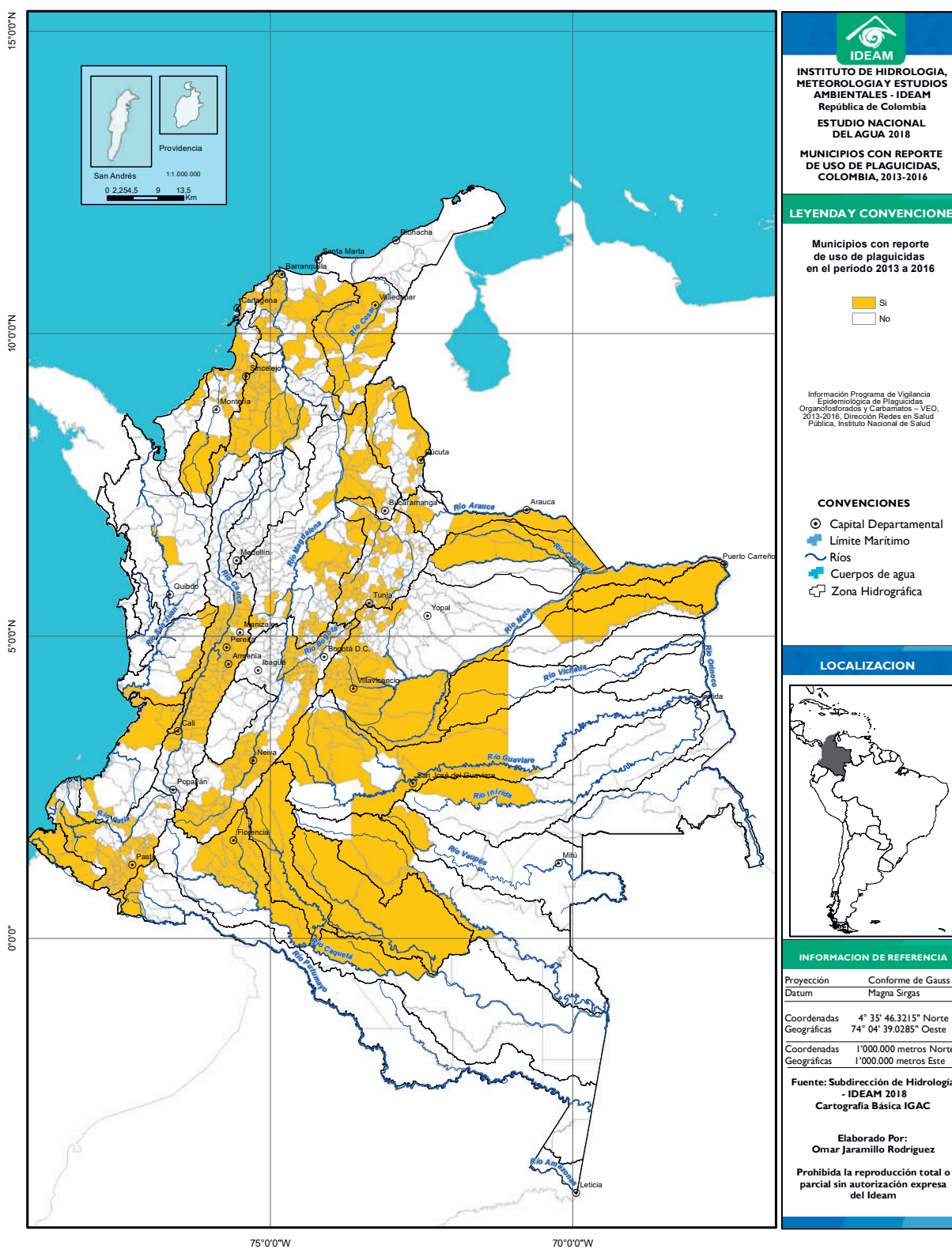
tio-carbamatos y ácido fosfónico y, en menor proporción, bupiridilos, piretroides y organoclorados.

Los municipios con mayor reporte para el grupo de ácido fosfónico fueron Chiriguaná y Gamarra, en el Cesar; Barranca de Upía, en Meta; y Roberto Payán, Magüi y Santa Bárbara, en Nariño. El grupo de los carbamatos tuvo un mayor reporte en Tibaná (Boyacá), Fusagasugá (Cundinamarca), El Castillo (Meta), Fuente de Oro (Meta), Los Santos (Santander) y en Calamar (Guaviare). En los municipios de Cartagena en Bolívar; Chiquinquirá, Sáchica y Soatá en Boyacá; Campo alegre y Yaguará en Huila; Anapoima en Cundinamarca, y el Cravo Norte en Arauca, el 100 % de los plaguicidas reportados son del grupo de los organofosforados.

En cuanto a la categoría otros (Coadyuvantes, desinfectantes, fertilizantes, biológicos) más del 50 % se reportó en los municipios de Vigía del Fuerte (Antioquia), Tesalia (Huila), San Juan de Arama (Meta), San Pedro (Valle del Cauca), Campo de La Cruz y Usiacurí (Atlántico), Arroyohondo y Mahates en Bolívar. En Copey (Cesar) el 46 % de los reportes fueron de organoclorados.

En los municipios de Villeta (Cundinamarca), Santa Ana (Magdalena), Santa Helena del Opón (Santander), el mayor porcentaje de uso corresponde a otros compuestos clorados (clorinados); para los tio-carbamatos, los municipios de Ramiriquí (Boyacá), Tibirita y Villapinzón (Cundinamarca), Ocamonte y Sabana de Torres (Santander) son los que reportan por encima del 50 % de estos compuestos.

La **Figura 139** presenta los 502 municipios que reportaron información sobre uso de plaguicidas, durante el periodo estudiado.



• **Figura 139.** Municipios con reporte de uso de plaguicidas; Colombia, 2013–2016.

Fuente: tomada del Programa de Vigilancia Epidemiológica de Plaguicidas Organofosforados y Carbamatos (VEO) (Dirección Redes en Salud Pública, 2013–2016).

## 7.1.4 Discusión y conclusiones

El uso inadecuado de plaguicidas genera afectaciones a la salud y problemas ambientales, principalmente en los países en vía de desarrollo, donde la mitigación de los impactos negativos es escasa, a diferencia de los países desarrollados donde la venta y distribución de los plaguicidas se hace exclusivamente a los aplicadores profesionales capacitados, con conocimiento de los riesgos a los que se exponen al momento de su aplicación (Gladstone & Hruska, 2003).

La contaminación de cuerpos de agua por plaguicidas constituye una amenaza importante para la salud de la población. En Colombia se han presentado episodios de intoxicación masiva por plaguicidas, principalmente por organofosforados, algunos de los cuales fueron causados por contaminación de las aguas. En la trayectoria del Programa de Vigilancia de Plaguicidas, y de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, los organofosforados han sido reportados como el grupo químico más usado, seguido por los carbamatos (Morales, Silva, Ramirez, García & Ortiz, 1998); (Silva, Morales & Ortíz, 2002); (Silva, Morales & Ortiz, 2000) y un alto porcentaje de casos de intoxicaciones agudas registradas en el país (Cárdenas, Silva, Morales, 2005); (Cárdenas *et al.*, s.f.).

Es importante resaltar que en el presente estudio se observó una disminución en el uso organofosforados y carbamatos desde 1998 hasta la fecha, pasando de 60,2 % organofosforados (42,4 %) y carbamatos (17,8 %) en el periodo 1998 a 2001; a 56,3 % organofosforados (39,7) y carbamatos (16,6 %) en el 2002 al 2005; a 50,5 % organofosforados (37,9 %) y carbamatos (12,6 %) del 2006 al 2009; 49,5 % organofosforados (35,6 %) y carbamatos (13,9 %) en el 2012 (Cárdenas *et al.*, 2015) y 47,6 % organofosforados (34,5 %) y carbamatos (13,1 %) en el presente estudio. Esta disminución puede ser atribuible al desarrollo de acciones de promoción, prevención, seguimiento y control a la población que emplea estas sustancias,

igualmente puede deberse a la implementación de actividades en el cambio de conductas en la población a riesgo respecto al manejo responsable de plaguicidas en cada uno de los municipios y departamentos.

Es importante resaltar la información obtenida en el presente estudio sobre el uso de los plaguicidas organoclorados y bupiridilos. Aunque es bajo el porcentaje de su uso, se siguen reportando; algunos de los cuales han sido prohibidos o restringidos en Colombia y a nivel internacional, por los posibles efectos en salud y el impacto al medio ambiente, entre estos se encuentra el endosulfán, el cual fue de los últimos plaguicidas comercializados de uso restringido, empleado sólo para el control de la broca en los cultivos de café desde 1997 (Instituto Colombiano Agropecuario Subgerencia Protección y Regulación Agrícola, s.f.) y prohibido definitivamente en Colombia desde el 2001 (Consejo de Estado, 2001). En este mismo grupo se encuentra el aldrín insecticida obsoleto, discontinuado para uso como plaguicida y el paraquat, plaguicida del grupo de los bupiridilos, restringido en Colombia para aplicación aérea desde 1989 (Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia Protección y Regulación Agrícola, s.f.); (López *et al.*, 2012) y prohibido en algunos países (Cárdenas O, Silva E & Morales L, 2005); (Ministerio de Salud, Ministerio de Medio Ambiente & Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1998). Sin embargo, la existencia y reporte de estos compuestos, puede ser debido a remanentes e insumos químicos o productos terminados que entran al país por contrabando, especialmente, a través de las fronteras con los países donde aún no ha sido prohibido su uso (Auditoría General de la República, 2004); (Cárdenas O, Silva E & Morales L, 2005); (Cárdenas *et al.*, s.f.); (Cárdenas, Silva & Ortiz, 2010).

Es de notar que su uso según reporte de información al Programa de vigilancia de plaguicidas ha disminuido del 8,4 % en el periodo 1998 a 2001 (Cárdenas, Silva & Morales, 2005), al 3,6 % en el periodo 2002 a 2005 (Cárdenas *et al.*, 2010), el 1,1 % en el 2006

al 2009 (Cárdenas *et al.*, s. f.), 1,0 % en el 2012 (Cárdenas *et al.*, 2015) y en este estudio a 0,6 %. Posiblemente los organoclorados han sido reemplazados por otro grupo como los compuestos clorados (clorinados), donde su uso aumentó 6,6 %, 7,6 %, 8,9 %, 8,9 % y 9,9 % durante el periodo del reporte de información al programa VEO (Cárdenas, Silva & Morales, 2005); (Cárdenas *et al.*, 2015, s.f., 2010). Aunque es muy favorable la disminución del uso de organoclorados desde el punto de vista de impacto al medio ambiente y a la salud, hay que considerar que el alto contenido de cloro en la estructura química; estos compuestos clorinados podrían clasificarse como plaguicidas de alto riesgo.

Algunos de los plaguicidas más reportados en este estudio hacen parte de los plaguicidas peligrosos sometidos a procedimiento de consentimiento fundamentado previo listados en el anexo III del Convenio de Rotterdam (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2011), entre los principales productos podemos mencionar el monocrotofos, paratión, metamidofos, metilparatión, carbofurano, endosulfán, aldrín, dicloro difenil tricloroetano (DDT) y alaclor.

El grupo químico del ácido fosfónico, con su principal representante el glifosato, mostró un incremento significativo pasando del 2,3 % en el periodo 1998 a 2001 (Cárdenas, Silva & Morales, 2005), al 7,8 % en el periodo 2002 a 2005 (Cárdenas *et al.*, 2010). Mientras que el periodo 2006 a 2009 estuvo en 11,4 % (Cárdenas *et al.*, s.f.) y disminuyó al 9,9 % en el 2012 (Cárdenas *et al.*, 2015) y en este estudio a 10,2 %. Este incremento podría ser explicado por su uso como herbicida en numerosos cultivos reportados a nivel nacional.

Con respecto a la categoría toxicológica, la OMS ha recomendado un esquema de clasificación para cada plaguicida según su toxicidad aguda:

- Ia Extremadamente peligrosos
- Ib Altamente peligrosos

- II Moderadamente peligrosos
- III Ligeramente peligrosos

En el presente informe se observó que la mayoría de los plaguicidas utilizados son moderadamente peligrosos (categoría toxicológica II) con 48,2 %, según la clasificación dada por la OMS (Chemicals, 2010). Al comparar con estudios anteriores de reportes al Programa de Vigilancia de Plaguicidas, se observa un aumento en su reporte pasando del 25,8 % (Cárdenas, Silva & Morales, 2005) al 30,2 % (Cárdenas *et al.*, 2010), con un aumento significativo en el 2006 al 2009 pasando al 47,4 % y 47,6 % durante el 2012, respectivamente (Cárdenas *et al.*, 2015). Paralelamente se observan diferencias en cuanto al uso de plaguicidas extremadamente tóxicos (categoría toxicológica I) pasando de 45,8 %, a 35,2 %, extremadamente tóxicos, a 1,9 % en el periodo 2006 a 2009, bajó a 1,8 % en el reporte del 2012 (Cárdenas *et al.*, 2015); (Cárdenas *et al.*, 2010) y, finalmente, en el presente estudio a 0,6 %. Estos resultados demuestran que en nuestro país se están utilizando plaguicidas de menor categoría toxicológica y que posiblemente se han implementado alternativas diferentes a estos compuestos sintéticos para el manejo de plagas en las áreas agrícolas y para el control de vectores de enfermedades.

Así mismo es importante tener en cuenta que se observan diferencias entre el uso de plaguicidas categoría toxicológica Ia (extremadamente peligrosos) y Ib (altamente peligroso) y lo reportado en estudios anteriores donde el uso disminuyó significativamente como se describió previamente. Diferencias que podrían ser explicadas por la capacitación ofrecida en cada uno de los departamentos en el marco de la inspección, vigilancia y control y por el uso de compuestos químicos de menor toxicidad.

Sin embargo, la mayoría de los plaguicidas reportados en este estudio se encuentran en la categoría toxicológica II, moderadamente y altamente peligrosos

Ib, con el 48,2 % y 19,6 %, respectivamente, los cuales pueden causar efectos sobre la salud a largo plazo, considerando que los principales representantes son organofosforados y carbamatos (Cárdenas *et al.*, 2015). Igualmente, los plaguicidas de categoría toxicológica III, ligeramente peligrosos (15,2 %), no pueden ser catalogados como inocuos, ya que estos pueden estar liberándose al medio ambiente por largos periodos de tiempo y causar efectos e impactos negativos en la salud y el medio ambiente.

La posible explicación sobre el uso de plaguicidas más peligrosos de categorías Ia y Ib puede ser que tienden a ser más baratos y de amplio espectro. Entre estos podemos citar: paratión, metilparatión, carbofurán, metamidofos, metomil, monocrotofos, carbosulfán, clorpirifos, dimetoato y paraquat, productos que son ampliamente usados por los pequeños agricultores en América Latina y el Caribe. La mayoría de los plaguicidas que requieren vigilancia especial son los insecticidas, sin embargo, en este grupo también están representados algunos herbicidas y fungicidas (Gladstone & Hruska, 2003). En este estudio se reportó el uso de estos plaguicidas en los grupos químicos de organofosforados, carbamatos y bipiridilos.

Con relación al uso de plaguicidas por objeto blanco a controlar, el amplio rango de compuestos usados en el control de plagas incluye insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas, entre otros; los más usados a nivel mundial y en Colombia son los insecticidas, entre estos, los organofosforados (59 %), carbamatos (34 %) y, en menor porcentaje, los organoclorados (10 %) (Cárdenas *et al.*, 2010).

En el presente informe, se mantiene el porcentaje de uso de los organofosforados con el 57,7 %, y se muestra la disminución significativa en el uso de carbamatos (21,5 %) y de organoclorados (0,9 %); sin embargo, se puede observar que aunque estos grupos químicos pertenecen a categorías toxicológicas

moderadamente (II) y altamente peligrosos (Ib), se siguen usando en Colombia, entre los que aún se encuentran productos obsoletos o discontinuados para uso como plaguicidas como el aldrín y que, junto a otros como el endosulfán, monocrotofos, paratión, carbofurano, metamidofos, metilparatión, son productos químicos sujetos al procedimiento de consentimiento fundamentado previo y hacen parte del Anexo III del Convenio de Rotterdam (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2011).

Igualmente, algunos de los plaguicidas reportados hacen parte de la lista de prohibidos o restringidos en Colombia, entre estos encontramos el aldrín, prohibida su importación, producción y formulación desde 1988; paratión y del metilparatión restringido su uso desde 1991; endosulfán uso limitado únicamente para el control de la broca del cafeto desde 1997 y cancelado su registro de venta desde 2001 y en 2002, se suspende el uso de algunos plaguicidas a base de carbosulfán (Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia Protección y Regulación Agrícola, s.f.).

Los plaguicidas más frecuentemente utilizados son los más peligrosos, entre estos los insecticidas sintéticos más reportados por los pequeños agricultores son generalmente los organofosforados y carbamatos, los que más intoxicaciones agudas generan. Los insecticidas menos peligrosos, tales como piretroides, imidacloprid y derivados de toxinas bacterianas antibióticos son los menos usados. El metamidofos y el metilparatión están en la lista de la OMS como plaguicidas de clase I: extremadamente peligrosos o altamente peligrosos para los seres humanos. El clorpirifos se incluyó en la lista como plaguicida de uso restringido en los Estados Unidos en el 2003 (Gladstone & Hruska, 2003).

Los carbamatos son derivados del ácido carbámico, tienen baja persistencia ambiental, pero toxicidad

aguda relativamente alta. Son muy tóxicos para las abejas y avispas parasitoides. Los carbamatos actúan sobre los transmisores nerviosos de la misma forma que lo hacen los organofosforados, pero su efecto es menos persistente (Gladstone & Hruska, 2003). En el presente estudio se encontró un alto porcentaje de uso de estos plaguicidas con los principales representantes de carbofurán y metomil.

Entre las principales limitaciones que tiene este análisis descriptivo, está la forma de recolección de la información, la cual estuvo basada en el autoreporte de los participantes a través de una entrevista con la aplicación de un formulario, el cual puede involucrar el sesgo de memoria, la falta de continuidad y la oportunidad en el reporte de la información por parte de las entidades territoriales de salud. El reporte de algunas entidades territoriales de salud no es representativo, debido a que solo realizan la vigilancia por laboratorio a los aplicadores de plaguicidas para el control de vectores en el área urbana o porque se presentó un brote de intoxicación.

Los departamentos con mayor reporte de uso de plaguicidas informan el uso tanto en el control de vectores en salud pública como en el sector agrícola de sus municipios; sin embargo, el mayor reporte de plaguicidas por parte de los departamentos, no necesariamente quiere decir que tienen más uso de estos compuestos tóxicos, sino que puede ser debido a que tienen mayor cobertura y reporte. Estas limitantes pueden influir en la consolidación de la información, ya que al no contar con el reporte de información de manera continua no es posible contar con el panorama nacional del uso de plaguicidas que permita evidenciar el problema de salud pública real que afecta la población y, por ende, que permita medir el impacto ambiental por la contaminación de suelos, aire y agua, e intervenir oportunamente con enfoque de promoción y prevención en cada entidad territorial. Los resultados obtenidos son muy valiosos y permiten contar con información general

sobre los tipos de plaguicidas empleados en 24 departamentos del país, en los cuales se pueden fortalecer las acciones de vigilancia e implementar mayor número de capacitaciones y campañas educativas en la población a riesgo.

## Conclusiones

Es indispensable que las estrategias nacionales involucren a las comunidades y líderes de la comunidad para trabajar el control de riesgos con enfoque clásico en salud ambiental con acciones de promoción y prevención por parte de las entidades sanitarias y ambientales, e implementar estrategias enfocadas a la gestión integral de las sustancias químicas en las etapas del ciclo de vida hasta su disposición final. Se debe continuar con la reclasificación de los productos de uso agrícola registrados con el fin de lograr disminuir el uso de productos categorías toxicológicas altamente peligrosas y hacer un uso responsable y racional de estos productos.

Se recomienda una mayor cobertura con las capacitaciones y formación en el manejo responsable de los plaguicidas, concientizando y sensibilizando a los individuos usuarios de estos productos sobre los riesgos a la salud y el impacto negativo al medio ambiente.

La problemática descrita en el presente informe afecta a los individuos de la comunidad que habitan o laboran en el área de influencia de los plaguicidas y al medio ambiente por contaminación del agua, aire, suelo y alimentos lo que hace necesario un esfuerzo conjunto con otros organismos de salud, del sector agrícola, entidades educativas y protección ambiental con el fin de implementar programas de capacitación y educación en el uso y manejo responsable de plaguicidas con el fin de fortalecer estrategias que conlleven reducir el uso de plaguicidas y disminuyan el impacto de estos tóxicos en la salud de la población a riesgo y el ambiente.

## 7.2 Agua, salud ambiental y equidad

Por considerarlo de particular relevancia, por primera vez se incluye este tema en el Estudio Nacional del Agua 2018 con el aporte del Ministerio de Salud y Protección Social. Su desarrollo es basado en las investigaciones y resultados del Estudio Nacional de Equidad y Salud Ambiental (Enesa). Particularmente para este ENA, se realizó el análisis exploratorio de la distribución de dos indicadores de salud relevantes entre los municipios de Colombia ordenados según la cobertura de acueducto.

La OMS ha reconocido desde hace una década que la salud de las personas no solo depende de la herencia genética, la conducta humana y el acceso a servicios de atención de la salud, sino que, esencialmente, *está determinada socialmente*. Los determinantes sociales de la salud son las circunstancias en las cuales las personas nacen, crecen, viven, trabajan, envejecen y mueren, así como el conjunto más amplio de fuerzas y sistemas que definen la forma en que se distribuye la riqueza, el poder y los recursos a niveles mundial, nacional y local y, por lo tanto, afectan críticamente tales circunstancias (World Health Organization Commission on Social Determinants of Health, 2008).

En este capítulo se ilustra la noción que el acceso al agua es un determinante social de la salud en Colombia; dicho de otro modo, que la desigualdad en el acceso al agua reproduce desigualdades en la salud de las personas y las poblaciones colombianas y que, siendo estas desigualdades injustas y evitables, es una prioridad nacional subsanarlas. Se presentan dos escenarios ilustrativos de la desigualdad en salud determinada por la desigualdad en el acceso a agua en Colombia: considerando el gradiente social definido entre los 1122 municipios del país según su cobertura de acceso a acueducto en el trienio

2013–15, el primer escenario ilustra la desigualdad en el riesgo de muerte materna y el segundo la desigualdad en el riesgo de morir antes de cumplir cinco años de edad debido a una enfermedad diarreica aguda. Con esta evidencia, este capítulo destaca, así, el rol determinante que el acceso al agua tiene para la salud y la equidad en Colombia.

De hecho, este capítulo se inspira en el *Estudio Nacional de Equidad en Salud Ambiental (Enesa): Colombia 2019*, en donde se documenta sistemáticamente –y por primera vez– la presencia, magnitud, profundidad y tendencias de las desigualdades en salud ambientalmente determinadas en el país, destacando las determinadas por la desigual distribución del acceso a acueducto.

El Estudio Nacional de Equidad en Salud Ambiental (Enesa) es una iniciativa interinstitucional e intersectorial novedosa liderada por el Ministerio de Salud y Protección Social, con la cooperación técnica de la OMS, que convoca a cerca de 20 aliados intersectoriales por la salud ambiental en el país entre ministerios, institutos y departamentos nacionales y se ampara en los mecanismos de coordinación vigentes (establecidos en el Conpes 3550/2008), y que incluye la Política Integral de Salud Ambiental (PISA), la Comisión Técnica Nacional Intersectorial de Salud Ambiental (Conasa) y sus respectivas mesas técnicas destacando, desde luego, la Mesa Técnica de Calidad de Agua.

*El componente de agua y saneamiento* del Enesa presenta cuatro escenarios ilustrativos para los trienios 2010–12 y 2013–15:

1. Desigualdades en la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años en el gradiente



social interdepartamental definido por ingreso (producto interno bruto per cápita).

2. Desigualdades en la morbilidad atendida por enfermedades relacionadas con agua en el gradiente social interdepartamental definido por cobertura de acceso a acueducto.
3. Desigualdades en la morbilidad atendida por enfermedades relacionadas con saneamiento en el gradiente social interdepartamental definido por cobertura de acceso a alcantarillado.
4. Desigualdades en la morbilidad atendida por hepatitis viral A en el gradiente social interdepartamental definido por calidad de agua (índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (Irca)) en el área urbana.

En todos ellos se constata la presencia de desigualdades en salud no triviales. El *Enesa Colombia 2019: agua y saneamiento* muestra que la desigual distribución de las oportunidades al bienestar que refleja el desigual acceso a agua segura y saneamiento básico determina evidentes, persistentes y, sobre todo, injustas desigualdades en la salud de los territorios y las poblaciones.

## 7.2.1 Marco metodológico

El análisis de las desigualdades en salud relacionadas con el acceso a agua tiene su referente teórico en el modelo conceptual adoptado por la Comisión OMS sobre los Determinantes Sociales de la Salud (World Health Organization Commission on Social Determinants of Health, 2008), según el cual la *posición social* de las personas y los colectivos humanos determina la salud, el bienestar y su distribución en la sociedad. Esta posición social, a su vez, está determinada por los llamados determinantes

estructurales, o *causas de las causas*, que son definidos históricamente por la forma en que la sociedad se organiza y decide administrar los recursos, el poder y la riqueza.

Una adaptación de este modelo, propuesta por la OPS (Mújica, Haeberer, Teaque, Santos Burgoa & Galvão, 2015), define explícitamente la posición social *según el nivel de acceso al agua* (el Enesa, dicho sea de paso, expande esta adaptación a todos los determinantes ambientales definidos en cada uno de sus componentes temáticos), lo que posibilita el análisis de las desigualdades en salud que ella determina.

Desde un punto de vista metodológico, y práctico, esto significa crear una jerarquía poblacional o gradiente social (desde la posición en mayor desventaja social hasta la posición en mayor ventaja) ordenando las unidades de análisis, es decir, los departamentos, los municipios y, –si se contara con datos individuales– las personas, según su nivel de acceso al agua. Sobre este gradiente, se observa cómo se distribuye la salud, por ejemplo, la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de cinco años. El análisis exploratorio finalmente resume el grado de desigualdad en salud en la población calculando cuatro métricas estándar de desigualdad, que informan diferentes facetas de la desigualdad social en salud. Estas son: el índice de Kuznets absoluto o brecha absoluta, el índice de Kuznets relativo o brecha relativa, el índice de desigualdad de la pendiente o gradiente absoluta y el índice de concentración de la desigualdad en salud o gradiente relativa. La metodología empleada sigue los estándares de la OPS/OMS (OPS, 2016) y se presenta en el *Enesa Colombia 2019* (MinSalud & OPS, 2018).

Los índices de Kuznets reflejan la magnitud de la desigualdad entre grupos extremos de la escala social (es decir, la *brecha*). Para su cálculo se abrevia la

distribución de datos en cuantiles de posición social (por ejemplo, *quintiles*) para luego, con el promedio ponderado del indicador de salud en los cuantiles extremos, calcular la brecha absoluta (mediante la diferencia aritmética) y la brecha relativa (mediante el cociente o razón).

El índice de desigualdad de la pendiente (IDP), por su parte, mediante el uso de técnicas de regresión estadística modeliza el gradiente absoluto en salud, a través de toda la gradiente social y teniendo en cuenta el tamaño de cada una de las unidades de análisis.

Finalmente, el índice de concentración de la desigualdad en salud (ICDS), empleando todas las unidades de la distribución de datos, expone la desproporcionalidad entre la posición social y la carga de enfermedad/mortalidad indicando qué tan concentrada se encuentra esta carga en los extremos sociales (Mujica & Moreno, 2018). Los detalles técnicos sobre el cálculo de las métricas de desigualdad en salud y, en general, sobre el análisis exploratorio de desigualdades ambientales y sociales en salud —que promueven la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud— se pueden consultar en la sección correspondiente del fascículo metodológico del Enesa Colombia 2019 (MinSalud & OPS, 2018).

Particularmente para el ENA 2018, se realizó el análisis exploratorio de la distribución de dos indicadores de salud relevantes entre los municipios de Colombia ordenados según la cobertura de acueducto; el primer indicador de salud se refiere a *la mortalidad materna* entre los 480 municipios de Colombia que registraron muertes de este tipo durante el periodo 2012–2016, y el segundo indicador se refiere a la mortalidad por *enfermedad diarreica aguda en la niñez* entre los 281 municipios que registraron defunciones por esta causa en el mismo periodo de tiempo. Este análisis exploratorio se centra solamente en

extraer patrones de desigualdad y no en establecer relaciones causales. Los patrones de datos consistentes en tiempo, lugar y persona pueden ser componentes de evidencia muy útiles para informar a quienes toman decisiones en salud pública y adoptar políticas que mejoran la equidad en salud (MinSalud & OPS, 2018).

Este estudio ecológico, de corte transversal, tuvo en cuenta los municipios de Colombia como unidades de análisis; por lo tanto, sus resultados no pueden ser interpretados a nivel individual, siendo esta una importante restricción metodológica. Inferir el riesgo poblacional a nivel individual es un sesgo común que recibe el nombre de *falacia ecológica* y debe ser evitado (PAHO/WHO, 2016).

La herramienta básica empleada para este análisis fue el *Explorador de equidad*, desarrollado por OPS/OMS en MS Excel<sup>(R)</sup> (PAHO/WHO, 2016).

## Fuentes y ajustes de información

*La cobertura de acueducto* representa la relación entre los predios residenciales que tienen servicio de acueducto y el total de predios residenciales expresada en porcentaje (MinSalud & OPS, 2018). El servicio público domiciliario de acueducto es la distribución municipal de agua apta para consumo humano, incluida su conexión y medición, cuyas actividades complementarias son la captación de agua, su procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte. No se incluyen los métodos no convencionales de acceso al agua potable, es decir, las tecnologías alternativas, dispositivos familiares o individuales tales como filtros, cosecha de agua de lluvia, pozo con bomba y pila pública, entre otros (Congreso de la República, 1994). Este indicador es calculado a nivel municipal a partir de los datos recogidos por el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos. Dado que

los datos son reportados anualmente por cada municipio y tienen alta variabilidad, fue necesario mejorar su estabilidad estimando promedios municipales para el periodo 2013–2015.

La razón de mortalidad materna y la tasa de mortalidad por enfermedad diarreica aguda en la niñez, al igual que sus poblaciones a riesgo para la ponderación poblacional, se extrajeron del cubo de indicadores del Sistema Único de Información para la Protección Social (Sispro) donde estos indicadores se encuentran disponibles y son calculados a partir de los datos del registro de estadísticas vitales del Dane.

## 7.2.2 Resultados

A continuación, se presentan dos escenarios ilustrativos –pero no exhaustivos– que evidencian cómo la distribución municipal de la cobertura de acueducto reproduce desigualdades en la distribución municipal de la mortalidad materna y de la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en la niñez.

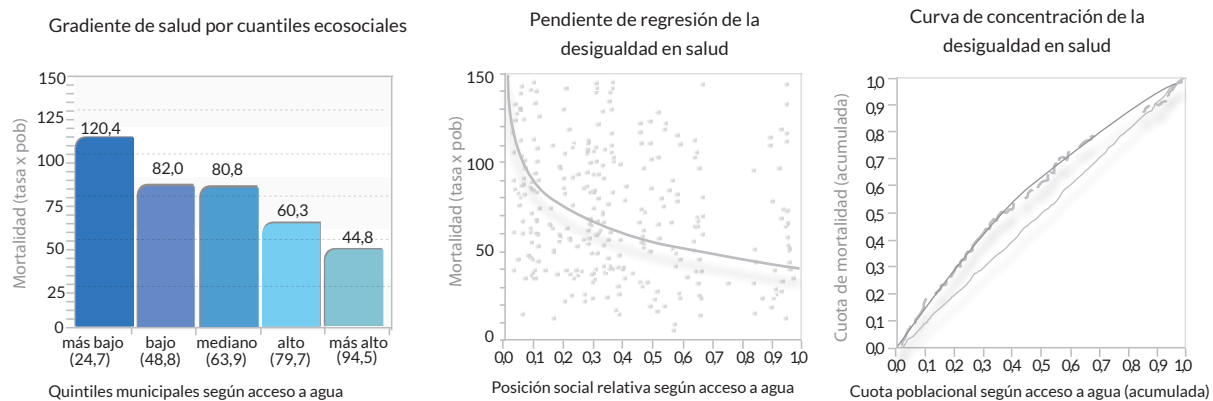
### Escenario ilustrativo 1: desigualdades en la mortalidad materna según el gradiente de acceso al agua

En Colombia, la mortalidad materna ha tendido al descenso a través del tiempo: entre el 2000 y 2016 la razón de mortalidad se redujo en 53,7 muertes por cada 100 000 nacidos vivos (MinSalud, 2018), pasando de 104,9 en 2000 a 53,7 en 2016. Particularmente durante el periodo 2012–2016 se

produjeron 63,7 (rango de incertidumbre: 57,3; 70,5) muertes maternas por cada 100 000 nacidos vivos y su distribución intermunicipal fue profundamente desigual. Los municipios con menor cobertura de acueducto experimentaron mayor carga de mortalidad materna. El gradiente inverso entre la mortalidad y la posición social definida por la cobertura de acueducto ilustra cómo a medida que aumenta la cobertura disminuye el riesgo de experimentar muertes maternas (**Figura 140**).

La desigualdad en el riesgo de muerte materna según el gradiente social definido por la cobertura de acueducto, medida por el IDP, fue -95,5 (-122,5; -68,6). Este resultado indica que existe un exceso de 96 muertes por cada 100 000 nacidos vivos en el extremo de municipios con menor acceso al agua que en el extremo de municipios con mayor acceso. Por otro lado, el ICDS fue -17,9 (-18,8; -17,1); su signo negativo indica que la carga de mortalidad materna se concentra en el extremo de municipios con menor cobertura de acueducto; la curva de concentración ilustra cómo la mitad de los municipios con menor acceso a agua (es decir, en mayor desventaja social) concentra el 63 % de las defunciones.

Un patrón de exclusión marginal (OPS, 2016) se hace evidente en este escenario ilustrativo donde la razón de mortalidad materna es desproporcionadamente mayor en el extremo más desaventajado de la jerarquía social (con menor acceso a agua). Este patrón se replica cuando la exploración analítica considera otros determinantes de posición social como el índice de desarrollo sostenible municipal (MinSalud, 2018), o el producto interno bruto per cápita departamental.



Estratificador de equidad	Métrica de desigualdad en salud	Año	Valor	IC 95%	
				Bajo	Alto
Cobertura de acceso a acueducto (%)	Índice absoluto de Kuznets (brecha absoluta)	2012-16	75,6	50,4	100,7
	Índice relativo de Kuznets (brecha relativa)	2012-16	2,7	1,9	3,8
	Índice de desigualdad de la pendiente (gradiente absoluta)	2012-16	-95,5	-122,5	-68,6
	Índice de concentración en salud (gradiente relativa)	2012-16	-17,9	-18,8	-17,1
Razón promedio nacional de mortalidad materna		2012-16	63,7	57,3	70,5

§ Apartado no-trivialmente del referente de equidad

- **Figura 140.** Desigualdades en mortalidad materna según gradiente municipal definido por cobertura de acueducto; Colombia, 2012-2016.  
**Fuente:** tomado del Registro de estadísticas vitales del Dane disponibles en el cubo de indicadores del Sispro para el periodo 2012-2016 y las coberturas de acueducto del Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos para el periodo 2013-2015.

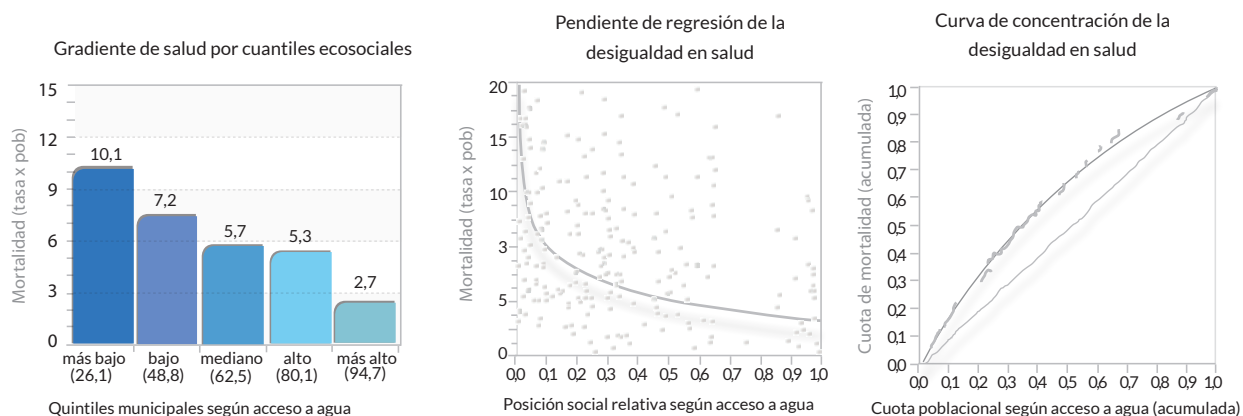
## Escenario ilustrativo 2: desigualdades en la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en la niñez según el gradiente de acceso al agua

En Colombia, la tasa de mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de cinco años ha tendido al descenso a través del tiempo. Entre 1998 y 2016 la mortalidad por esta causa se redujo en el 90 % (MinSalud, 2018), pasando de 33,8 a 3,5

muerres por cada 100 000 menores de cinco años. Para el periodo 2012-2016 se produjeron en promedio 4,9 muertes por cada 100 000 menores de cinco años y su distribución intermunicipal exhibe profundas e injustas desigualdades, lo cual afecta en mayor medida a las poblaciones con condiciones sociales más precarias. La gradiente inversa entre la mortalidad y la posición social definida por la cobertura de acueducto ilustra cómo a medida que aumenta el acceso al agua disminuye el riesgo de muerte (Figura 141).

La desigualdad en el riesgo de muerte por enfermedad diarreica aguda en menores de cinco años según el gradiente social definido por la cobertura de acueducto, medida por el IDP, fue -10,5. Este resultado indica que existe un exceso de 11 muertes por cada 100 000 menores de cinco años en el extremo de municipios con menor acceso a agua que en el extremo de

municipios con mayor acceso. Por otro lado, el ICDS fue -23,2; su signo negativo indica que la carga de mortalidad se concentra en el extremo de municipios con menor cobertura del servicio público; la curva de concentración ilustra cómo la mitad de los municipios con menor acceso a agua (es decir, en mayor desventaja social) concentra el 67 % de las defunciones.



Estratificador de equidad	Métrica de desigualdad en salud	Año	Valor	IC 95%	
				Bajo	Alto
Cobertura de acceso a acueducto (%)	Índice absoluto de Kuznets (brecha absoluta)	2012-16	7,4	6,1	8,6 §
	Índice relativo de Kuznets (brecha relativa)	2012-16	3,7	2,9	4,7 §
	Índice de desigualdad de la pendiente (gradiente absoluta)	2012-16	-10,5	-15,7	-5,3 §
	Índice de concentración en salud (gradiente relativa)	2012-16	-23,2	-24,7	-21,7 §
Tasa promedio nacional de mortalidad de la niñez debida a enfermedad diarreica aguda (EDA)		2012-16	4,9	4,5	5,3 §

§ Apartado no-trivialmente del referente de equidad

© Explorador de Equidad (ExEq); versión 3. OPS/OMS; 2017.

- **Figura 141.** Desigualdades en mortalidad por enfermedad diarreica aguda según gradiente municipal definido por cobertura de acueducto; Colombia, 2012–2016.

**Fuente:** elaborado a partir de los datos del Registro de estadísticas vitales del Dane disponibles en el cubo de indicadores del Sispro para el periodo 2012–2016 y las coberturas de acueducto del Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos para el periodo 2013–2015.

Los resultados de este análisis exploratorio de desigualdades en la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en la niñez según la gradiente de cobertura de acueducto, revela un patrón de exclusión marginal (OPS, 2016), donde la tasa de mortalidad es desproporcionadamente más alta en el extremo más desaventajado de la jerarquía social (con menor acceso a agua). Este patrón se replica cuando la exploración analítica considera otros determinantes de posición social como el índice de desarrollo sostenible municipal o el producto interno bruto per cápita departamental (MinSalud, 2018).

### 7.2.3 Discusión y conclusiones

Los resultados del análisis exploratorio de la distribución de la mortalidad materna y de la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en la niñez según la gradiente de acceso a agua presentados en los dos escenarios ilustrativos de este análisis constatan la desproporcionada mayor carga de mortalidad en los municipios con condiciones sociales y ambientales más precarias (o de sus quintiles de posición social, definida ésta por la cobertura de acueducto), siendo evidencia importante del vínculo que existe entre las desigualdades ambientales relacionadas con el acceso a agua y las desigualdades en riqueza, pues ambas reproducen patrones similares de desigualdad en salud en todas las escalas territoriales en Colombia. En adición, la existencia del fuerte vínculo entre las dimensiones ambiental y económica ha sido confirmada a nivel mundial (Luh & Bartram, 2016), a nivel regional (Soares, Griesinger, Dachs & Tavares, 2002) y recientemente, con la contribución del Enesa, a nivel nacional (MinSalud, 2018).

La tendencia documentada de mejoramiento tanto de la mortalidad materna como de la mortalidad en

la niñez (MinSalud, 2018) contrasta con la persistente desigualdad distributiva de estas defunciones entre los municipios de Colombia en la gradiente social definida por la cobertura de acueducto, presentada en este análisis. Lo anterior refleja la sensibilidad del acceso al agua como *estratificador de equidad*, esto es, como determinante social de la salud, al ser capaz de generar marcados y profundos gradientes de salud cuando los municipios de Colombia son ordenados según su nivel de cobertura de acueducto.

Con lo anterior, la evidencia presentada resalta el acceso al agua potable y saneamiento como un determinante social de la salud y, por lo tanto, como estratificador de equidad y generador de injustas desigualdades sociales en salud, en la medida en que el acceso al agua este desigualmente distribuido.

La acción sobre la distribución del acceso a agua es esencialmente intersectorial lo que implica la coordinación entre los objetivos y acciones del sector salud con los objetivos y acciones de los demás actores comprometidos con el acceso a agua (Cronin A, Pond K, 2008).

En Colombia, la gestión intersectorial en agua potable y saneamiento básico involucra a todos los actores que tienen asignadas competencias relacionadas en mayor o menor grado con la gestión integral del recurso, desde el ordenamiento del recurso, la ampliación de coberturas de acceso en áreas urbanas o rurales, además de la vigilancia y control de la calidad del agua suministrada. Sin embargo, los principales retos son el uso eficiente, prevención y control de la contaminación de las fuentes hídricas abastecedoras de los sistemas de abastecimiento, pues de allí se derivan los riesgos a la infraestructura de suministro y a la salud.

Finalmente, este análisis pretende animar a los tomadores de decisión en todos los niveles de acción y escalas territoriales, comprometidos con la realización progresiva del acceso universal y equitativo al agua potable (la meta 6.1 de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible) así como, el alcance del tercer

objetivo: garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos en todas las edades, *sin dejar a nadie atrás*; de esta manera materializar el enfoque de *salud en todas las políticas* como eje fundamental que guía la acción intersectorial para la modificación positiva de los determinantes sociales de la salud.



Río Orinoco, Radual Maipures  
**Martha García**

---



# ANÁLISIS INTEGRADO DEL AGUA EN COLOMBIA

---

## Autores

### Ideam

Nelson Omar Vargas Martínez

Martha García Herrán

Consuelo Onofre Encinales

Claudia Tetay Botía

Juan José Montoya Monsalve

Nicolás Duque Gardeazábal

Omar Jaramillo Rodríguez

Sofía Roa Lozano

María del Pilar Peñalosa Díaz

Jenny Marín Salazar

Ana María Vesga Guiza

Carolina Vega Viviescas

Pedro Arboleda Obando

### CTA/GSI-LAC

Diego Arévalo Uribe

Andrea Guzmán Cabrera

CAPÍTULO

08

En este capítulo, se presenta el análisis integrado del agua en Colombia en el marco del modelo básico de evaluación presentado en el primer capítulo; es decir, enmarcado en las características de los procesos que se dan en el ciclo del agua, incluyendo la dinámica de sedimentos. Así mismo, se consideran las presiones relacionadas con procesos de transformación e intervención sobre el medio natural y las afectaciones que se producen en su dominio espacial y temporal.

En el análisis integral, además de los indicadores de presión y afectación al recurso hídrico, se incorporan la contaminación del mercurio y la presencia de cultivo y uso de sustancias químicas en el procesamiento de coca donde sea pertinente. De esta

manera, se categorizan las 316 subzonas hidrográficas según su grado de criticidad.

Adicionalmente, en este capítulo se identifican las cabeceras municipales con mayor susceptibilidad al desabastecimiento en épocas secas. Se muestran también las alternativas de uso conjunto de agua subterránea con fuentes superficiales para satisfacer las necesidades cuando la disponibilidad es limitada por cantidad o calidad.

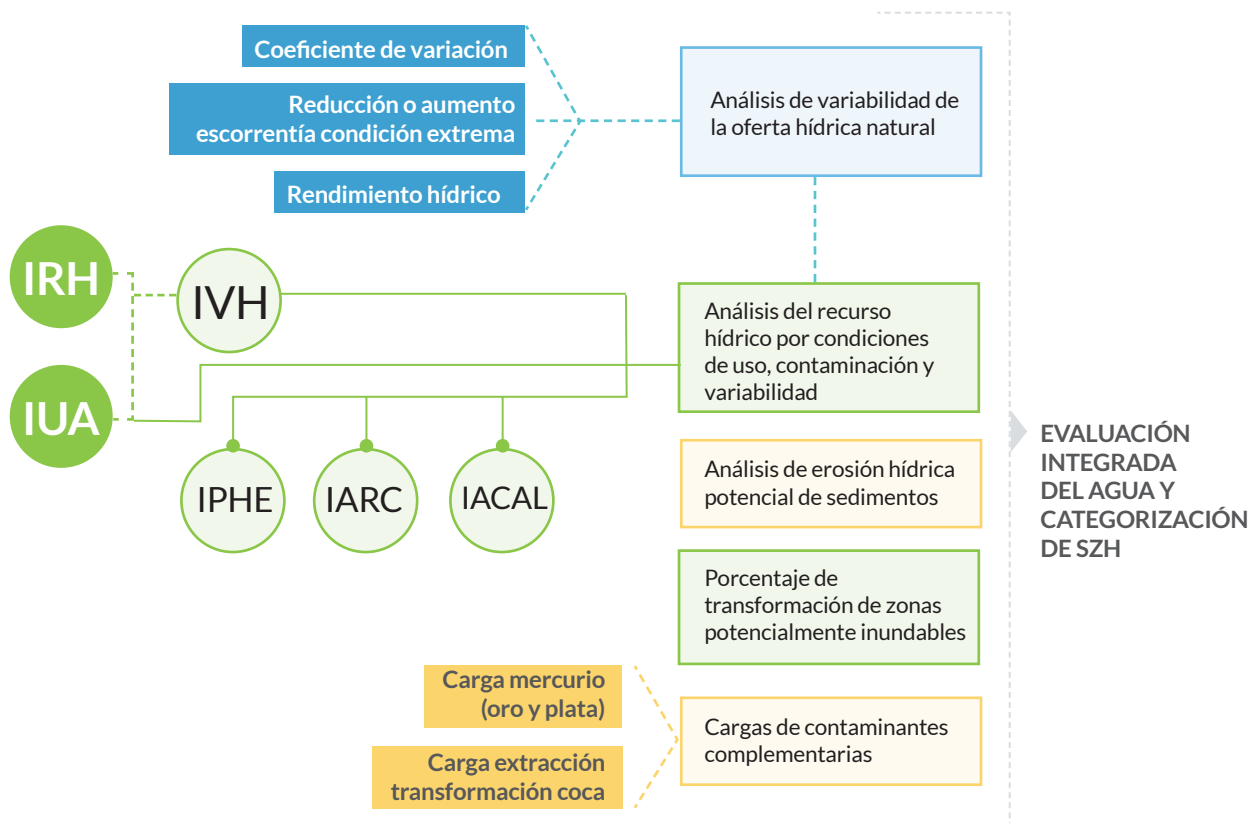
Así mismo, se muestran los resultados de proyecciones de uso de agua, año a año de 2017 a 2030 para tres escenarios y, finalmente, se incluye un análisis del Estudio Nacional del Agua frente las cuentas nacionales del agua que forman parte de los sistemas de contabilidad ambiental.

## 8.1 Evaluación integral del agua en Colombia y categorización de subzonas hidrográficas

El modelo de análisis y la metodología aplicada es la misma del ENA 2014 con algunos ajustes en temas donde se contó con mejor aproximación en resolución de la información, metodologías y conocimiento. La categorización del grado o nivel de criticidad de las subzonas hidrográficas en la evaluación integral del agua se realiza con base en la variabilidad de la oferta hídrica natural, la erosión potencial de sedimentos y el análisis del recurso

hídrico por condiciones de uso expresadas en presiones y afectaciones por contaminación (**Figura 142**).

La variabilidad natural de la oferta se determina a partir del porcentaje de reducción o aumento de la escorrentía anual para condición extrema, debido a la variabilidad hidrológica y considerando el rendimiento hídrico y el índice de regulación hídrica (IRH).



• **Figura 142.** Esquema metodológico para la categorización de subzonas hidrográficas por evaluación integrada del agua. **Fuente:** modificado de Estudio Nacional del Agua 2014 (Ideam, 2015).

Para el análisis por condiciones de uso, contaminación y variabilidad se consideraron los índices que en conjunto dan cuenta de las afectaciones de las condiciones naturales del agua en las subzonas hidrográficas del país. Estos índices actualizados para las 316 subzonas hidrográficas son:

- Índice de uso de agua (IUA)
- Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (IRH vs IUA)
- Índice de presiones hídricas a los ecosistemas (IPHE)
- Índice de agua no retornada a la cuenca (IARC)
- Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Iacal)

Adicionalmente, se incorporaron como elementos de análisis, los insumos por subzona hidrográfica relacionados con:

- La erosión hídrica potencial de sedimentos
- Porcentaje de transformación de zonas potencialmente inundables en territorios agrícolas o artificializados
- La carga de mercurio en obtención de oro y plata
- La carga contaminante en la producción de coca

Los ajustes a las categorías de las matrices se realizaron principalmente en la variabilidad de la oferta natural y el indicador de IPHE, en el componente de sedimentos y el análisis de transformación de zonas potencialmente inundables.

## 8.1.1 Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural

El tema de oferta hídrica natural y su variabilidad tienen como sustento el marco conceptual y metodológico, así como los resultados y el análisis desarrollado en el capítulo 2, Agua superficial (numeral 2.1).

El componente de variabilidad de la oferta hídrica natural en el análisis integrado del agua se sustenta en el porcentaje de variación de la oferta, representado por el coeficiente de variación para diferentes condiciones hidrológicas. El análisis se realiza sobre las condiciones extremas y teniendo en cuenta que la escorrentía a escala anual se comporta con una distribución normal, se analizaron las colas de dicha distribución correspondientes a un área de 5 % en ambos costados. Con este ejercicio, se halló el posible porcentaje de reducción e incremento y se clasificó en las categorías que se presentan en la **Tabla 66**.

• **Tabla 66.** Categorías de porcentaje de reducción o aumento de la escorrentía anual para condición extrema debido a variabilidad hidroclimática.

Categoría	Reducción o aumento
Muy alta	Mayor a 40 %
Alta	30 % a 40 %
Media	20 % a 30 %
Baja	10 % a 20 %
Muy baja	Menor a 10 %

Estas clasificaciones de variabilidad se combinan con los estimados del rendimiento hídrico categorizados para obtener las condiciones de variabilidad de la oferta hídrica natural por subzona. La combinación se hace a través de una reclasificación de los valores asignados a las subzonas en las dos variables, es de-

cir, con cierta clasificación para el rendimiento hídrico y para cierta clasificación para la variabilidad, se obtiene una calificación cualitativa de la *variabilidad de la oferta hídrica natural* para condición extrema (VOH ex) en cada subzona.

Se asignaron a las unidades de análisis las categorías de *Muy alta, Alta, Media, Baja*, para definir el nivel de criticidad a partir del análisis realizado con las matrices de decisión. En el anexo se presenta por subzona hidrográfica los insumos utilizados, la aplicación de la matriz de análisis con la ponderación y categorización de los componentes y los resultados.

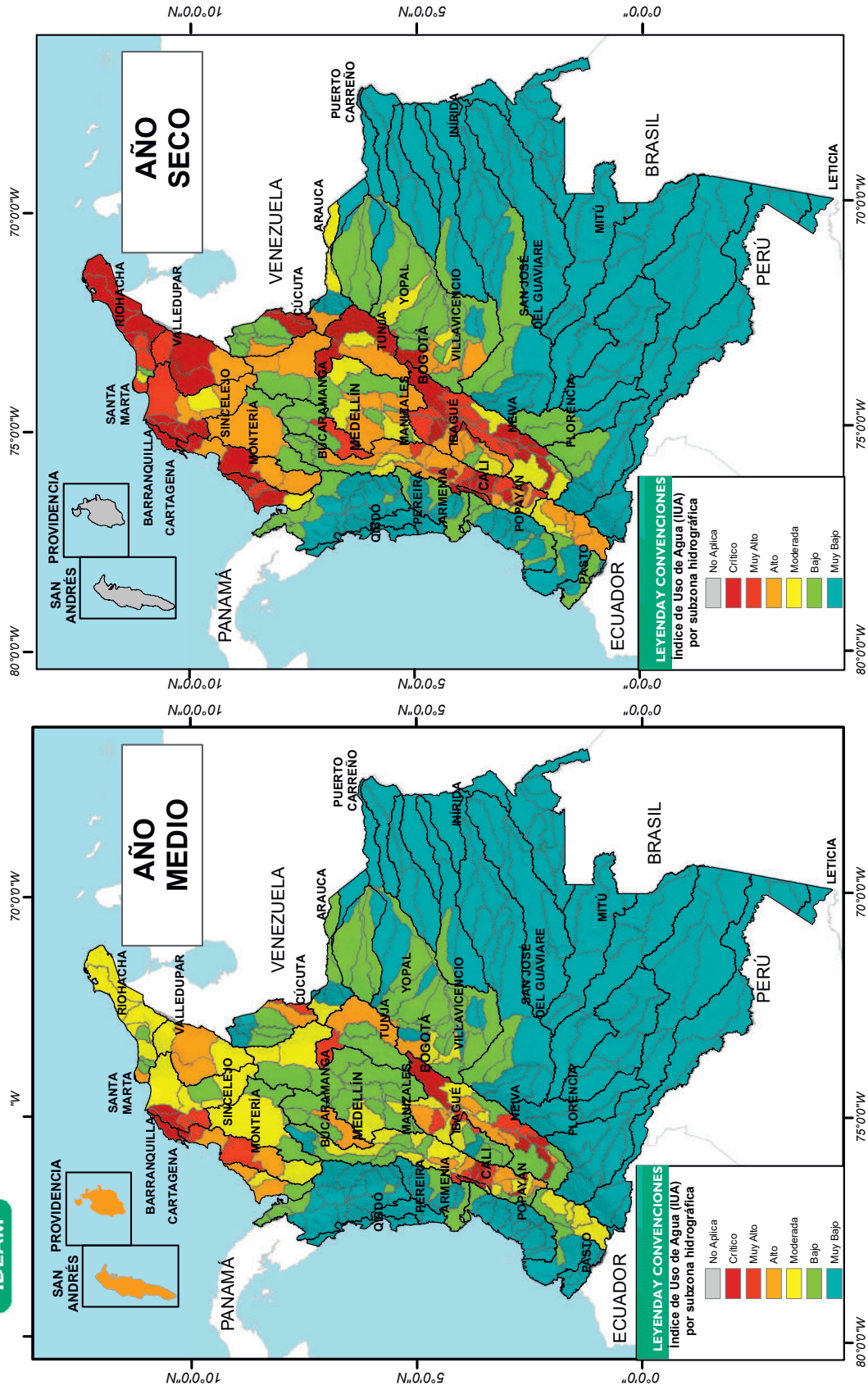
## 8.1.2 Análisis del recurso hídrico por condiciones de uso, contaminación y variabilidad

Las condiciones de uso del agua y de contaminación se evalúan a partir de resultados de los índices de: uso de agua (IUA), vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), presión hídrica a los ecosistemas (IPHE), agua no retornada a la cuenca (IARC) y alteración potencial de la calidad del agua (Iacal). Se complementa el análisis con la erosión hídrica potencial de sedimentos, la carga contaminante por uso de mercurio en obtención de oro y plata y los contaminantes asociados con la producción de coca.

### 8.1.2.1 Índice de uso de agua IUA

El concepto, forma de cálculo, los rangos y categorías son los mismos utilizados en los Estudios del Agua publicados anteriormente, los dos últimos ENA, 2010 y 2014. Los resultados del IUA para las 316 subzonas hidrográficas tanto para condiciones hidrológicas promedio como de año típico seco se relacionan en el anexo 2. La representación espacial de los resultados del índice de uso de agua para las condiciones promedio y año seco, por subzona hidrográfica, se muestra en los mapas de la **Figura 143**.

**ÍNDICE DE USO DE AGUA PARA CONDICIONES HIDROLÓGICAS PROMEDIO Y EXTREMA DE AÑO SECO**



• **Figura 143.** Índice de uso de agua para condiciones hidrológicas promedio y extrema de año seco.

En la **Tabla 67**, se relacionan el número de subzonas por categoría y por área hidrográfica, resultado de

los estimativos para el IUA en condiciones hidrológicas promedio y de año seco.

• **Tabla 67.** Índice de uso de agua, subzonas hidrográficas por categoría.

Índice de uso de agua*												
Categoría	Amazonas		Caribe		Magdalena–Cauca		Orinoco		Pacífico		Total	
	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
▶ Crítico			2	11	10	31		1			12	43
▶ Muy alto			3	4	14	16		1			17	21
▶ Alto			6	2	17	29	2	4		4	25	39
▶ Moderado			6	2	27	13	3	5	4	1	40	21
▶ Bajo		4	11	13	35	16	22	21	5	9	73	63
▶ Muy bajo	57	53	17	11	2		46	41	24	19	146	124
▶ NA			1	3					2	2	3	5
<b>Total SZH</b>	<b>57</b>		<b>46</b>		<b>105</b>		<b>73</b>		<b>35</b>		<b>316</b>	

\*Sin información para las islas del Caribe y Pacífico.

Con los resultados para este indicador, en condiciones hidrológicas promedio, se identifican 54 subzonas hidrográficas con altas presiones por uso con respecto a la oferta disponible. El 95% se concentra en las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Caribe. De las 12 SZH con condición crítica, el 83% son parte de la cuenca Magdalena–Cauca.

En relación con el comportamiento del índice de uso del agua en 2018 frente a los estimados en 2014 en condiciones hidrológicas promedio se puede identificar mayores presiones que se pueden resumir en:

Los cambios en la categorización IUA atribuidos a una intensificación del uso del agua entre 2014 y 2108 se identifican en tres subzonas que pasan de un uso *Muy alto a Crítico* y que tienen relación con

actividades agrícolas y ganaderas. Estas subzonas hidrográficas son: río Amaime, río Cerrito y río Piendamó y de categoría *Alta a Crítica* se identifican las subzonas de: ríos Guavas, Zabaletas y Sonso, al norte de Cali con presiones por agricultura y ganadería.

Son ocho las subzonas que cambian de IUA de *Alto a Muy alto*, en general, debido a una mayor presión por riego, ganadería y uso piscícola. En algunas de ellas, la presencia de ciudades capitales con dinámicas económicas asociadas a la agricultura causa la mayor presión. En estas circunstancias, se encuentran las subzonas hidrográficas del Medio y Bajo Sinú, río Fortalecillas y directos al Bajo Magdalena entre el Plato y Calamar, donde el riego ha generado una mayor presión, junto con el incremento de uso de agua en ganadería. En el Bajo Sinú el incremento de

población de la ciudad de Montería, al igual que en la subzona río Totáre donde se encuentra la ciudad de Ibagué presionan la demanda, junto con demanda piscícola y agrícola permanentes. En las subzonas de los ríos Frío, Trujillo, Guadalajara y San Pedro, la agricultura de monocultivo es la preponderante. En la subzona del río Pamplonita las ciudades de Villa del Rosario, Chinácota y Cúcuta incrementaron la demanda de agua, lo que generó mayor presión en una subzona que en general tiene poca disponibilidad de agua.

Es importante anotar el incremento de categoría de IUA en algunas subzonas por la entrada en funcionamiento de las hidroeléctricas. Ese es el caso del paso de *Moderado a Crítico* en la subzona de los ríos directos al Magdalena (mi), y de *Muy alto a Crítico* en la subzona de los ríos directos al Magdalena (md) por la entrada del embalse del Quimbo. De igual manera, el IUA en la subzona del río Sogamoso donde pasa de categoría *Bajo a Muy alto* con la entrada en funcionamiento de la hidroeléctrica Topocoro.

Hay subzonas en el oriente del país sobre el área hidrográfica de la Orinoquía en las que hay una presión mayor por el uso del agua frente a 2014. El cambio de categoría de *Muy bajo a Bajo* refleja un mayor uso de agua por el incentivo a la localización de actividades económicas en las subzonas río Ariarí, río Güejar, río Guacavía, río Manacacias, río Casanare, río Ariporo, ríos directos al río Meta entre Cusiana y Casanare, río Tua y otros directos al Meta.

En el área hidrográfica del Caribe, los cambios están asociados a una mejor caracterización de la oferta hídrica. Por ello, subzonas como: río San Juan, río Ancho y otros directos al Caribe, río Camarones y otros directos Caribe, río Ranchería, directos Caribe–Ay. Sharimahana Alta Guajira, río Carraipia–Paraguachón, directos al Golfo Maracaibo, aparecen categorizadas en uso moderado.

El paso de índice de uso de agua de *Moderado a Alto* corresponde a cuatro subzonas hidrográficas, a saber:

Directos Caribe Golfo de Morrosquillo, donde el riego es la actividad con mayor porcentaje y ha intensificado la presión. La subzona de río Piedras–río Manzanares (Santa Marta) ha incrementado el uso agrícola pastos y doméstico. En la subzona del río Zulia, con la central térmica de Tasajero que registra un mayor uso y la subzona del río Timaná y directos al Magdalena en la que también se ha incrementado el uso en agricultura.

Las seis subzonas que se mantienen en categoría **Crítica** en general coinciden con las ciudades más grandes del país que concentran una gran diversidad de actividades económicas. Siguen siendo críticas las subzonas de Cartagena, río Yaguará y río Iquira (con el embalse de Betania), río Bogotá (con la mayor concentración de actividad económica y de población), ríos Lili–Meléndez y Cañaveralejo, en vecindades de la ciudad de Cali, ríos Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijes, Yotoco Mediacanoa y Piedras (con la presencia de la zona industrial de Yumbo), canal del Dique (md) (con el embalse del Guájaro), directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe y Ciénaga de Mayorquín en cercanías de Barranquilla.

Hay 13 subzonas hidrográficas que se mantienen en categoría de índice de uso *Alto* entre las cuales se destacan la del río Sogamoso, ríos Tuluá y Morales, río Quinamayo y otros directos al Cauca y río Piendamó en donde aguas térmicas, embalses, industria y piscicultura son las actividades que han generado una mayor presión.

Para una condición hidrológica seca, el número de subzonas donde la demanda por uso supera la oferta disponible (IUA crítico) se incrementa de 12 (condición media) a 43 y para muy alta presión (IUA entre

50 y 100 %) de 17 a 24. En ambas categorías más del 85 % de las subzonas forman parte de la cuenca Magdalena–Cauca.

### 8.1.2.2 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH

Este índice se calcula a partir de una matriz de relación entre el índice de regulación hídrica (Capítulo 5) y el índice de uso de agua. El IVH mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta que permita el abastecimiento de agua de sectores usuarios del recurso, tanto en condiciones hidrológicas promedio como extremas de año seco. Los resultados de la estimación de este índice por

subzona hidrográfica y para las dos condiciones hidrológicas mencionadas se presentan en la tabla que contienen los indicadores en anexo 2.

El mapa de la **Figura 144** muestra la representación espacial del IVH por subzona hidrográfica para condiciones hidrológicas promedio y extrema de año seco. Se pueden observar las subzonas hidrográficas que tienen una alta fragilidad para mantener la oferta, lo cual significa un alto potencial de riesgo de desabastecimiento.

En la **Tabla 68** se relacionan el número de subzonas por categoría y por área hidrográfica, resultado de los estimativos para el IVH en condiciones hidrológicas promedio y de año seco.

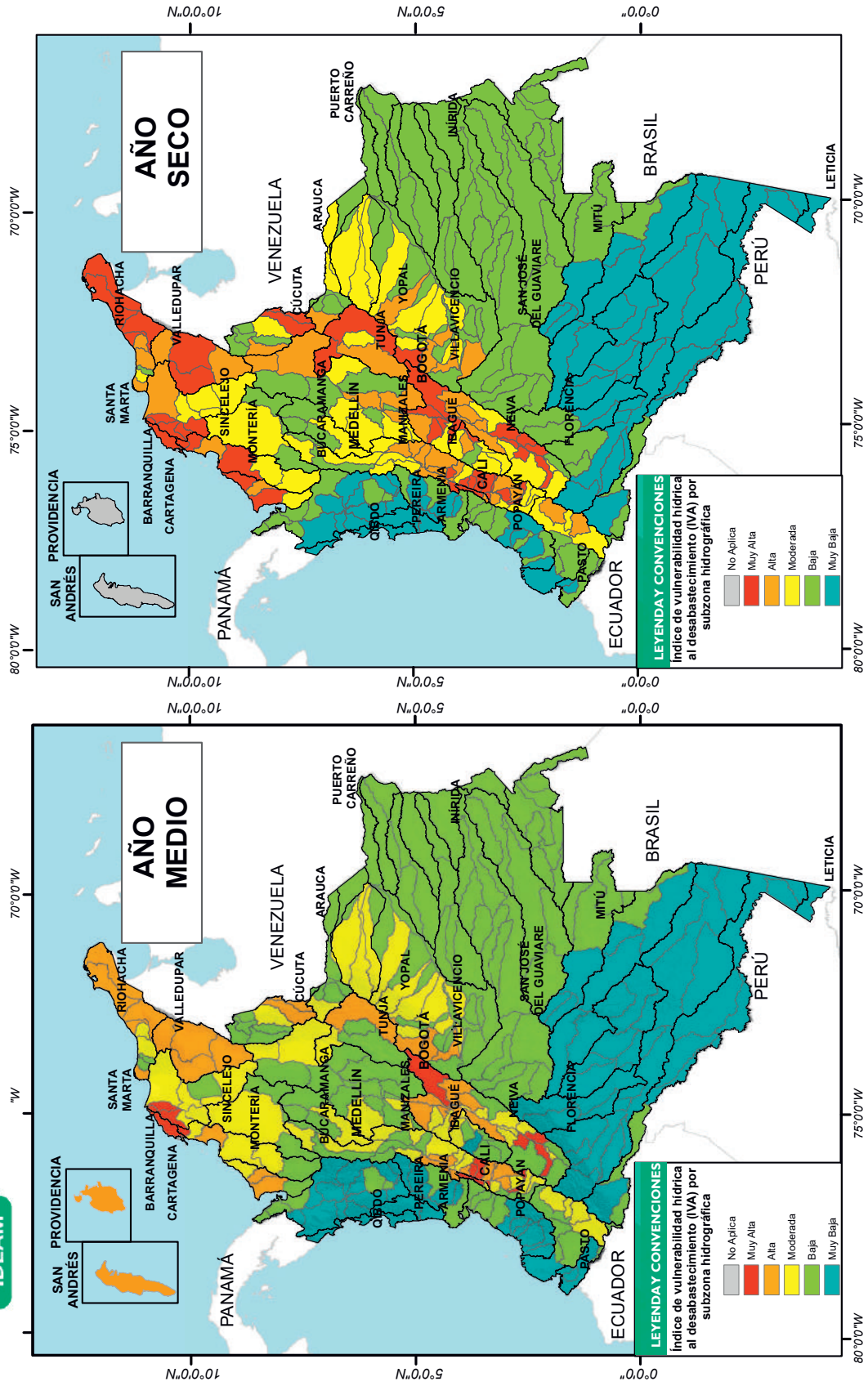
• **Tabla 68.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico, subzonas por área hidrográfica.

Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico												
Categoría	Amazonas		Caribe		Magdalena–Cauca		Orinoco		Pacífico		Total	
	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
▶ Muy alta			2	11	10	32		1			12	44
▶ Alta			11	6	22	26	4	7		2	37	41
▶ Media			6	3	38	33	12	12	4	3	60	51
▶ Baja	17	21	13	13	34	14	57	53	10	13	131	114
▶ Muy baja	40	36	13	10	1				19	15	73	61
▶ NA			1	3					2	2	3	5
<b>Total SZH</b>	<b>57</b>		<b>46</b>		<b>105</b>		<b>73</b>		<b>35</b>		<b>316</b>	

NA: sin información para las islas del Caribe y Pacífico.



**ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA AL DESABASTECIMIENTO PARA  
CONDICIONES HIDROLÓGICAS PROMEDIO Y DE AÑO SECO**



• **Figura 144.** Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento para condiciones hidrológicas promedio y de año seco.

Para condiciones hidrológicas promedio, se identifican 53 SZH que tienen alta vulnerabilidad al desabastecimiento, de las cuales cerca del 30 % están en una categoría muy alta, es decir, con muy altas presiones por uso con respecto a la oferta disponible y una capacidad de regulación y retención hídrica muy baja. El número de subzonas con alta vulnerabilidad asciende a 85 para condiciones hidrológicas secas de las cuales el 52 % estarían en una vulnerabilidad muy alta.

Como en el indicador anterior (IUA) las subzonas con *Alta o Muy alta* vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento se concentran en la cuenca Magdalena–Cauca. En particular, tienen una muy alta vulnerabilidad al desabastecimiento tanto en condiciones hidrológicas promedio como en extremas de año seco las subzonas de la cuenca del río Cauca: ríos Lili–Meléndez y Cañaveralejo, ríos Guabas, Sabaletas y Sonso, ríos Arroyohondo, Yumbo, Mulalo, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras, ríos Amaime y Cerrito, río Piendamó y río Guachal (Bolo–Fraile y Párraga).

En la cuenca del río Magdalena, las subzonas con alta vulnerabilidad también se identifican en ambas condiciones hidrológicas se identifican: ríos directos al Magdalena (mi), ríos directos Magdalena (md), río Yaguará y río Iquira, río Bogotá, Medio Cesar, canal del Dique margen derecho, ciénaga Mallorquín y directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi).

### 8.1.2.3 Otros indicadores y componentes considerados en análisis integrado indicadores IPHE, IARC y IACAL

En el análisis integrado se tienen en cuenta: índice de presión hídrica a los ecosistemas IPHE, índice de agua no retornada a la cuenca IARC y el índice de alteración potencial de la calidad de agua local. Tanto el IPHE como el IARC se desarrollan en el Capítulo 5.

### Erosión hídrica potencial de sedimentos

La erosión hídrica potencial en sedimentos se desarrolló en el Capítulo 3 de este estudio. Se toman los rangos adoptados para la erosión hídrica de la **Tabla 14** de ese capítulo, columnas rango y valores medios en subzona hidrográfica ( $m^3/año$ ) con cinco categorías (desde *Muy severa* hasta *Sin evidencia*).

En la **Tabla 69** se sintetizan las categorías y rangos por subzona hidrográfica aplicados para este componente en la matriz de análisis integrado.

• **Tabla 69.** Categoría de erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos.

Rango erosión hídrica de sedimentos	Valores medios en subzonas ( $m^3/año$ )	Valor	Categoría
▶ Sin evidencia	0 – 2	1	Muy baja
▶ Ligera	2 – 10	2	Baja
▶ Moderada	10 – 25	3	Media
▶ Severa	25 – 100	4	Alta
▶ Muy severa	> 100	5	Muy alta

En el anexo 2 se puede identificar las subzonas con mayor potencial de erosión, a partir de los valores medios de erosión hídrica potencial en la ladera.

### Porcentaje de transformación zonas potencialmente inundables

Las dinámicas económicas y sociales que se originan alrededor de las *zonas potencialmente inundables*, expresadas en el uso de estas zonas como fuente de suministro de agua dulce, alimentos, materiales de construcción y terrenos aptos para la agricultura han conllevado que sufran modificaciones y, en consecuencia, las dinámicas propias de los cuerpos de agua y de las condiciones hidrobiológicas han cambiado.

Para dar una información indicativa de la presión antrópica que las zonas potencialmente inundables han experimentado se identificaron las porciones de estas zonas que se han transformado en zonas artificializadas o territorios agropecuarios. En la **Tabla 70** se presentan las cinco categorías que soportan este componente para el análisis integrado del agua por subzona hidrográfica.

- **Tabla 70.** Categorías de porcentaje de transformación de zonas potencialmente inundables.

Categoría	Rango	
Muy bajo	0 %	5 %
Bajo	5 %	10 %
Medio	10 %	15 %
Alto	15 %	50 %
Muy alto	Mayor	50 %

Las categorías corresponden con el grado de transformación de las zonas potencialmente inundables en territorios agrícolas o artificializados. Se definen cinco categorías que van desde un *Muy bajo* porcentaje de áreas con coberturas vegetales transformadas que no superan el 5 % respecto al total de la zona potencialmente inundable de cada subzona hasta las subzonas donde este porcentaje es mayor al 50 % siendo esta la categoría de *Muy alto* porcentaje de transformación.

### Presiones por contaminación por mercurio y sustancias químicas para extracción y refinación de coca

Para incluir en el análisis las presiones por carga de mercurio en obtención de oro y plata y por uso de sustancias químicas para extracción y refinación de coca se consideran tres categorías en ambos casos *Muy alta*, *Media* y *Baja* en función de los vertimientos de mercurio (t/año) para las SZH (**Tabla 71**) y de

sustancias químicas en proceso de extracción y refinación de coca (**Tabla 72**).

- **Tabla 71.** Categorías para el análisis integrado por vertimiento de mercurio.

Vertimiento mercurio por SZH (t/año)		Valor Categoría
Mayor a 5	Muy alta	0,09
1 a 5	Media	0,06
Menor a 1	Baja	0,03

- **Tabla 72.** Categorías para el análisis por uso de sustancias químicas en proceso de extracción y refinación de coca.

Rango ácido sulfúrico al 10 %(litros)	Categoría	Calificación matriz de análisis integrado
Mayor a 80 000	Muy alta	0,03
10,000 a 80 000	Media	0,06
Menor a 10 000	Baja	0,09

La calificación de la presión asociada al uso de sustancias químicas en proceso de extracción y refinación de coca se consolidó con los datos generados por el Simci para el año 2016. Como estimativo de la presión a nivel de las unidades hidrográficas de referencia se tomó como base el **ácido sulfúrico** al 10 %(litros) para definir las categorías mencionadas.

## 8.1.3 Evaluación integrada del agua a nivel nacional

Con los indicadores y las variables presentadas al inicio de este capítulo, junto con la consolidación de los elementos referenciados anteriormente, se realiza la evaluación integrada del agua para Colombia, por área y por subzona hidrográfica.

El propósito de esta evaluación es identificar las SZH con mayor grado de criticidad. La evaluación por subzona hidrográfica se hace a partir de cuatro grandes componentes temáticos:

1. Variabilidad de la oferta hídrica natural
2. Recurso hídrico y presiones por uso y contaminación
3. Erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos
4. Transformación de áreas en zonas potencialmente inundables

La oferta hídrica natural se analiza a partir de las categorías de porcentaje de reducción o aumento de la escorrentía anual para condición extrema debido a la variabilidad hidroclimática conforme a los criterios mencionados.

- VOX -Ex (P1): variabilidad de la oferta hídrica en condición extrema de año seco.

Recurso hídrico y presiones por uso y contaminación se analizan a partir de la variabilidad del recurso en condiciones extremas, la presión hídrica sobre los ecosistemas y las presiones por cargas contaminantes, de acuerdo con los siguientes componentes:

- VRH-Ex (P2): variabilidad del recurso hídrico en condiciones extremas a partir de las presiones sobre la oferta hídrica natural, condición hidrológica de año seco (IUA) y variabilidad de esta oferta natural en esta condición extrema.

Las categorías para VRH-Ex se obtienen de la siguiente matriz (Tabla 73).

• **Tabla 73.** VRH-Ex: variabilidad del recurso hídrico, condiciones de año seco.

Variabilidad del recurso hídrico, condiciones de año seco (VRH-EX)					
IUA año seco % (demanda/oferta)	Variabilidad de la oferta hídrica natural condiciones año seco				
	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
▶ Muy bajo	Media	Media	Media	Baja	Baja
▶ Bajo	Alta	Alta	Media	Media	Baja
▶ Moderado	Muy alta	Alta	Alta	Media	Media
▶ Alto	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
▶ Muy alto	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
▶ Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

- IPHE (P3): índice de presión hídrica sobre los ecosistemas
- Iacal (P4): índice de alteración potencial de la calidad de agua, condiciones de oferta hídrica año seco.

Erosión hídrica potencial en ladera de sedimentos (P5): en función de los rangos de erosión y categorías que se muestran en la **Tabla 69**.

Porcentaje de transformación de zonas potencialmente inundables (P6): en función de los rangos y categoría que se muestran en la **Tabla 70**.

La ponderación de los factores P1 a P6 se realizó con base en los análisis temáticos y conocimiento experto. La siguiente expresión empírica definida en panel

de expertos muestra los pesos dados a cada uno de los componentes definidos para el análisis integrado (AI).

$$AI = 0,25*P1+0,25*P2+0,25*P3+0,1*P4+0,05*P5+0,1*P6$$

Esta ecuación se aplica a cada una de las SZH (estandarizando el resultado) y el resultado complementa con un valor adicional para aquellas SZH donde se tienen información de carga de mercurio vertida a los sistemas hídricos por obtención de oro y plata y carga contaminante vertida por la producción y transformación de coca según las categorías de la **Tabla 71** y **Tabla 72**.

### Evaluación integrada

Con esta aproximación y las categorías que se muestran en la **Tabla 74**, se obtienen los resultados finales del análisis integrado del agua por subzona hidrográfica.

- **Tabla 74.** Categorías para el análisis integrado de subzonas hidrográficas y priorización por afectación al agua.

Categorías del modelo integrado	
Muy alto	> a 0,93
Alto	0,74 a 0,92
Medio	0,59 a 0,73
Bajo	0,48 a 0,58
Muy bajo	≤ a 0,47

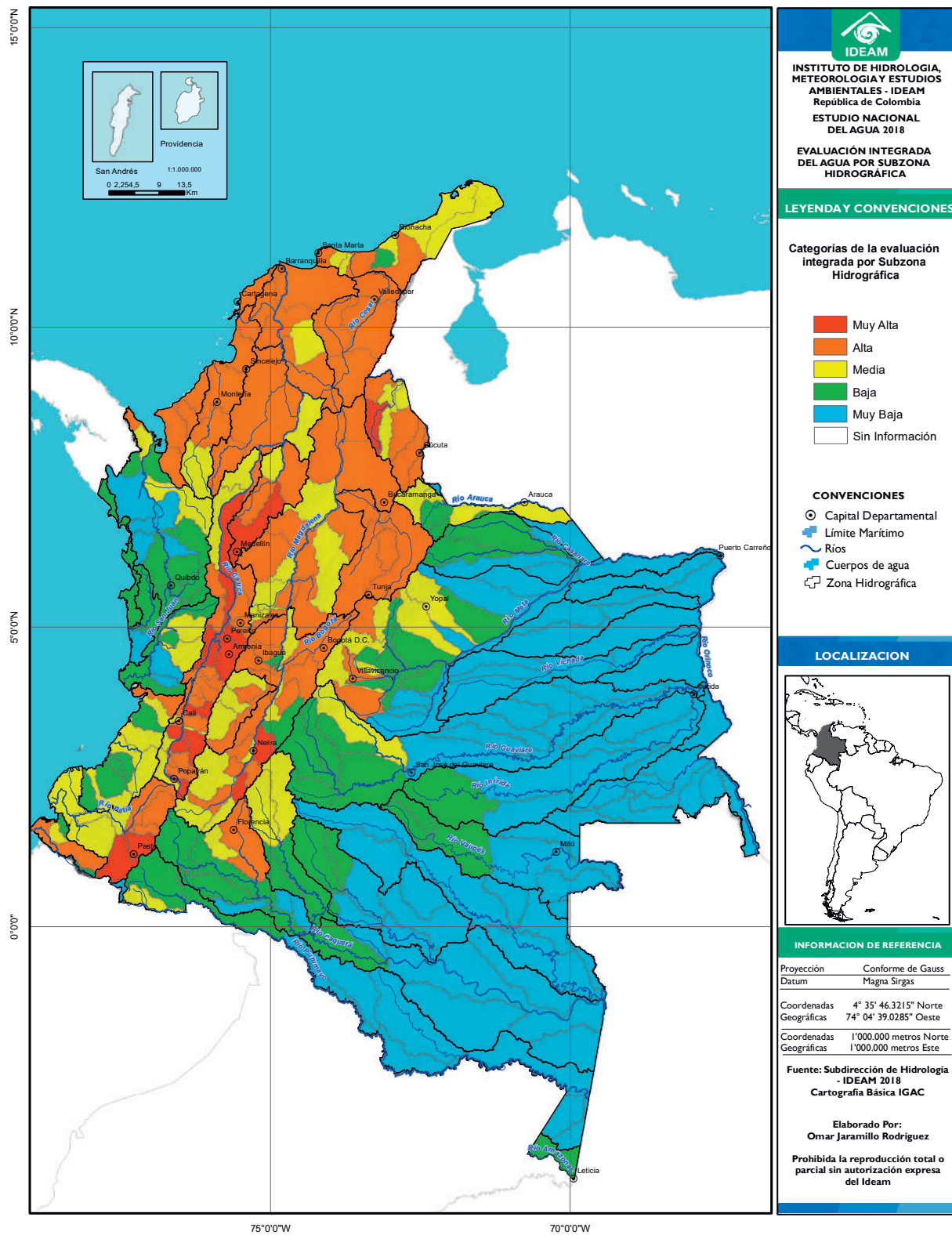
Los resultados de la evaluación integrada para cada subzona hidrográfica y su categoría para una condición hidrológica extrema se presentan en el anexo 3.

El mapa de la **Figura 145** muestra los resultados de la evaluación integrada e ilustra sobre las subzonas con diferentes grados de criticidad, con excepción de las subzonas hidrográficas de las islas.

En la **Tabla 75** se relacionan el número de subzonas por categoría de análisis integrando según área hidrográfica.

- **Tabla 75.** Subzonas por área hidrográfica y por categoría de análisis.

Análisis integrado						
Categoría del análisis integrado	Número de subzonas por área hidrográfica					
	Amazonas	Caribe	Magdalena-Cauca	Orinoco	Pacífico	Total
▶ Muy alta		1	14		2	<b>17</b>
▶ Alta	1	16	66	4	5	<b>92</b>
▶ Medio	4	11	23	11	10	<b>59</b>
▶ Baja	13	10	2	18	13	<b>56</b>
▶ Muy baja	39	8		40	5	<b>92</b>
<b>Total general</b>	<b>57</b>	<b>46</b>	<b>105</b>	<b>73</b>	<b>35</b>	<b>316</b>



• **Figura 145.** Evaluación integrada del agua por subzona hidrográfica.

Para condiciones hidrológicas extremas se identifican 109 subzonas hidrográficas donde la evaluación tiene un grado *Muy alto* o *Alto* de criticidad. De estas, el 90 % se encuentra en las áreas hidrográficas del

Caribe y Magdalena–Cauca con 17 y 80 subzonas hidrográficas, respectivamente. En las siguientes tablas se relacionan las subzonas con categoría de análisis integrado *Muy alta* (Tabla 76 y Tabla 77)

• **Tabla 76.** Subzonas hidrográficas en categoría *Muy alta* en condiciones hidrológicas extremas de año seco.

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Código de la subzona hidrográfica	Subzona hidrográfica	
▶ Caribe	Catatumbo	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	
▶ Magdalena–Cauca	Alto Magdalena	2106	Ríos directos Magdalena (md)	
		2111	Río Fortalecillas y otros	
		2601	Alto Río Cauca	
	Cauca	2604	Río Palo	
		2608	Ríos Pescador, RUT, Chanco, Catarina y Cañaveral	
		2609	Ríos Amaime y Cerrito	
		2612	Río La Vieja	
		2613	Río Otún y otros directos al Cauca	
		2617	Río Frío y otros directos al Cauca	
		2620	Directos al río Cauca entre el río San Juan y Pto. Valdivia (md)	
		2628	Río Quinamayo y otros directos al Cauca	
		2629	Ríos Claro y Jamundí	
		2637	Ríos Las Cañas, Los Micos y Obando	
		Nechí	2701	Río Porce
		▶ Pacífico	Patía	5204
5205	Río Guáitara			

• **Tabla 77.** Subzonas hidrográficas en categoría *Alta* en condiciones hidrológicas extremas de año seco.

CATEGORÍA ALTA DEL ANÁLISIS INTEGRADO			
Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Código de la subzona hidrográfica	Subzona hidrográfica
▶ Caribe	Atrato-Darién	1116	Río Tolo y otros directos al Caribe
	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 y golfo de Morrosquillo
		1206	Arroyos directos al Caribe
	Sinú	1302	Medio Sinú
		1303	Bajo Sinú
	Caribe-La Guajira	1501	Río Piedras-Río Manzanares
		1503	Río Ancho y otros directos al Caribe
		1506	Río Ranchería
	Cataumbo	1601	Río Pamplonita
		1602	Río Zulia
		1603	Río Nuevo Presidente-Tres Bocas (Sardinata, Tibú)
		1608	Río del Suroeste y directos al río de Oro
	▶ Magdalena-Cauca	Alto Magdalena	2102
2104			Ríos directos al Magdalena (mi)
2108			Río Yaguará y río Íquira
2110			Río Neiva
2112			Río Bache
2113			Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena
2116			Río Prado
2118			Río Luisa y otros directos al Magdalena
2119			Río Sumapaz
2120			Río Bogotá
2121			Río Coello
2124			Río Totare
2125			Río Lagunilla y otros directos al Magdalena
Saldaña		2202	Río Atá
		2203	Medio Saldaña
		2206	Río Tetuán, río Ortega
	2208	Bajo Saldaña	



Continuación Tabla 77

Magdalena-Cauca	Medio Magdalena	2301	Río Gualí
		2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)
		2304	Directos Magdalena entre ríos Guarínó y La Miel (mi)
		2306	Río Negro
		2308	Río Nare
		2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio
		2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)
		2314	Río Opón
		2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena
		2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)
		2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio
	Sogamoso	2401	Río Suárez
		2402	Río Fonce
		2403	Río Chicamocha
		2405	Río Sogamoso
	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge	2501	Alto San Jorge
		2502	Bajo San Jorge-La Mojana
	Cauca	2602	Río Palacé
		2606	Río Ovejas
		2607	Río Guachal (Bolo-Fraile y Párraga)
		2610	Ríos Tuluá y Morales
		2611	Río Frío
		2614	Río Risaralda
		2615	Río Chinchiná
		2616	Río Tapias y otros directos al Cauca
		2618	Río Arma
		2619	Río San Juan
		2625	Directos al Cauca entre Pto. Valdivia y río Nechí (md)
		2627	Río Piendamó
		2630	Ríos Lilí-Meléndez y Cañaveralejo
		2631	Ríos Arroyohondo, Yumbo, Mulalo, Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras
		2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso
	2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	
2635	Río Bugalagrande		
2636	Río Paila		
Nechí	2702	Alto Nechí	
	2703	Bajo Nechí (md)	

Continuación Tabla 77

▶ Magdalena-Cauca	Cesar	2801	Alto Cesar
		2802	Medio Cesar
		2804	Río Ariguani
		2805	Bajo Cesar
	Bajo Magdalena	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)
		2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)
		2903	Canal del Dique, margen derecho
		2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)
		2905	Canal del Dique, margen izquierdo
		2906	Cga. Grande de Santa Marta
2907		Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	
▶ Orinoco	Meta	3501	Río Metica (Guamal-Humadea)
		3503	Río Guatiquía
		3507	Río Garagoa
		3516	Lago de Tota
▶ Amazonas	Caquetá	4403	Río Orteguzaza
▶ Pacífico	Mira	5102	Río Mira
	Patía	5201	Río Patía Alto
		5202	Río Guachicono
		5203	Río Mayo
	Tapaje-Dagua-Directos	5311	Dagua, Buenaventura, Bahía Málaga

Cabe resaltar las subzonas hidrográficas de los ríos la Vieja, Otún, Quinamayo, Palo, Anaime y Cerrito, río Frío, Alto río Cauca, Pescador y Claro con condiciones de variabilidad de la oferta, presiones por uso y contaminación muy altas y, además, presiones altas sobre los ecosistemas. De igual manera, en los ríos Porce de la zona hidrográfica del río Nechí y en la zona del Alto Magdalena, las subzonas de los ríos directos al Magdalena, Fortalecillas, Neiva, Bogotá, Coello, Yaguará e Íquira, Lagunilla y Aipe. En el área hidrográfica del Caribe con alta variabilidad de la oferta y presiones por uso y contaminación

se reconocen las subzonas de: río Algodonal, río Zulia y río Pamplonita en la zona hidrográfica del Catatumbo; los arroyos directos al Caribe, río Piedras, río Manzanares, arroyos directos al Caribe-Golfo de Morrosquillo, Mulatos y Ranchería.

En el área hidrográfica del Pacífico la zona hidrográfica del Patía tiene condiciones muy altas en este análisis integrado de factores de variabilidad, presión y afectaciones las subzonas hidrográficas de los ríos: Juanambú, Guaitara, Guachicono, Mayo y Alto Patía.

## 8.2 Susceptibilidad al desabastecimiento de cabeceras municipales en época seca

Para la selección de los municipios susceptibles al desabastecimiento en temporada seca, se hizo una recopilación de diversas fuentes de información.

En el ENA 2014, la estimación de la oferta hídrica en fuentes que abastecen acueductos de las cabeceras municipales se realizó con base en la relación de 301 municipios que el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda) e identificó con alta probabilidad de desabastecimiento y 17 municipios más que fueron reconocidos por el Ideam en los departamentos de La Guajira, Bolívar, Sucre, Córdoba, Cesar y Casanare, con información obtenida a partir de comunicación con las corporaciones autónomas regionales, esquemas, planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo municipal e información consultada directamente a las empresas prestadoras del servicio de acueducto. Con esto se analizó exclusivamente la afectación en temporada seca de la oferta de las fuentes hídricas abastecedoras de acueductos (Ideam, 2015).

Sin embargo, durante el presente año, en mesas de trabajo realizadas en conjunto con entidades como el MinVivienda, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), se identificaron cambios en las bases de datos empleadas en el ENA 2014 y, por tanto, fue necesario replantear el esquema metodológico con las aclaraciones pertinentes.

### 8.2.1 Procedimiento metodológico

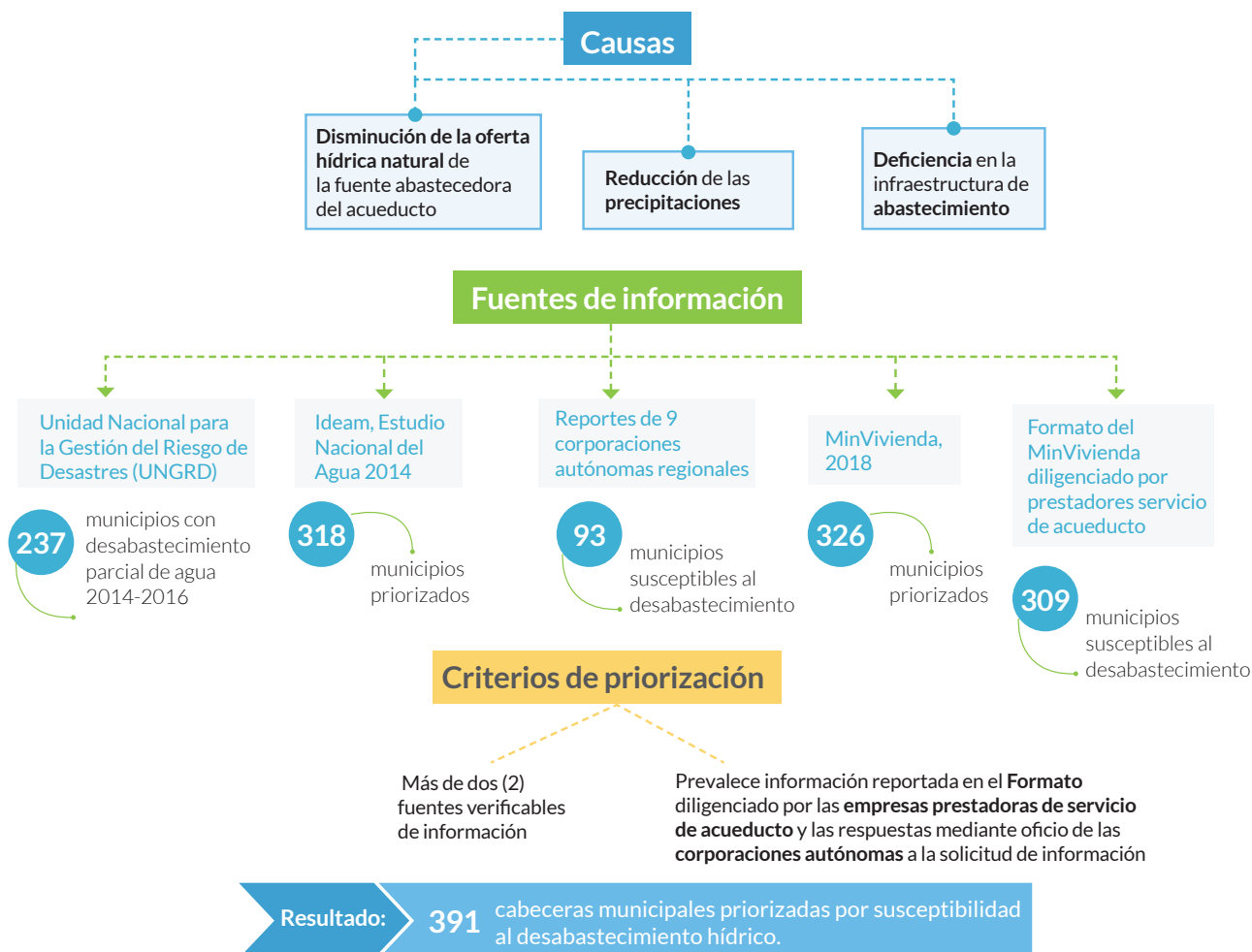
En este sentido, es necesario indicar que la metodología expuesta para el ENA 2018, esquematizada en la **Figura 146**, difiere de los demás reportes realizados

en versiones anteriores del Estudio Nacional del Agua, en cuanto a los criterios de análisis, fuentes de información consultadas y causas del desabastecimiento, las cuales pueden ser variadas y dependerán de diversos factores, bien sea naturales o antrópicos que generan presión sobre el recurso hídrico, haciendo que el acceso al servicio de agua potable de las poblaciones sea limitado para suplir sus necesidades básicas. Si bien en la metodología expuesta se consideran tres causas probables de interrupción en el suministro de agua por el sistema de acueducto, relacionadas con variabilidad climática (reducción de oferta hídrica natural y disminución de precipitaciones) e infraestructura física, otros factores como la calidad del recurso, carga de sedimentos y condiciones hidráulicas en la fuente de abastecimiento de la red de distribución pueden afectar considerablemente la prestación del servicio. Adicionalmente, en municipios localizados en zonas costeras, se pueden presentar procesos de intrusión salina derivados de alguno de los problemas primarios mencionados con anterioridad, que agravan la situación en las bocatomas de los acueductos.

Es importante aclarar que la selección de municipios no corresponde a un monitoreo sistemático de las fuentes hídricas de abastecimiento y su priorización está dada por un análisis indicativo en función de bases de datos e información no publicada/documentada de entidades encargadas del seguimiento y reporte de eventos y declaratorias de emergencia en diferentes zonas del país, cuya consulta se hizo de manera electrónica o a través de llamadas telefónicas. Adicionalmente, la información proporcionada no hace referencia a un período base de análisis, y sus resultados representan solamente las contingencias ocasionadas a nivel municipal a causa de temporadas de sequía. Por tanto, se recomienda profundizar en

las causas de desabastecimiento, análisis de recurrencia de eventos de sequía y realizar una mayor gestión interinstitucional que permita caracterizar

las fuentes hídricas identificando zonas vulnerables y realizando gestión sobre las cuencas abastecedoras de acueductos municipales.



• **Figura 146.** Metodología para la selección de cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca.

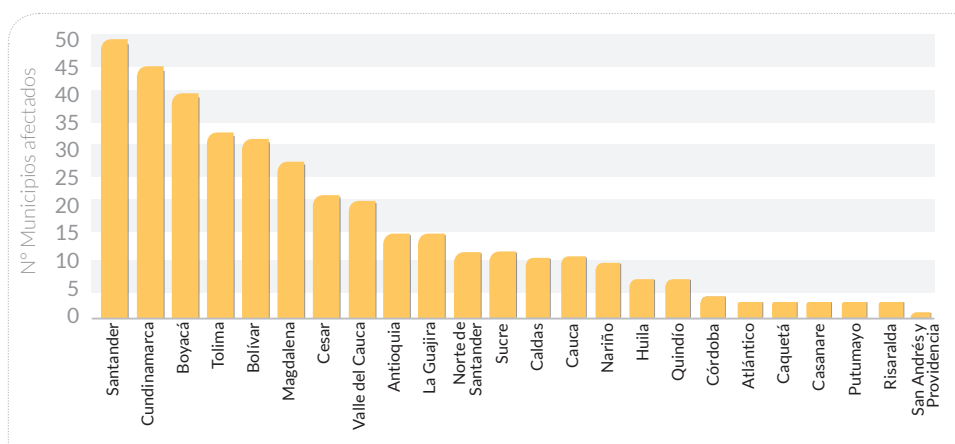
## 8.2.2 Cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca

En los 391 municipios priorizados en el ENA 2018, se mantuvieron 190 de los incluidos en el listado reportado en el ENA 2014 y se eliminaron 128 municipios que no cumplían con los criterios de selección. Por

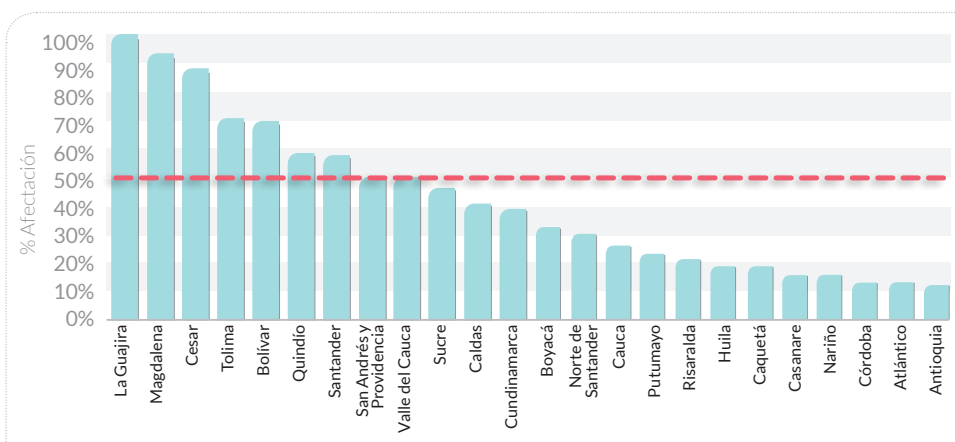
otro lado, de los 326 municipios susceptibles al desabastecimiento establecidos por el Ministerio de Vivienda en el año 2018, y cuyo número fue oficializado con anterioridad, se conservaron 207 cabeceras municipales de acuerdo con la metodología de selección empleada; los 119 restantes se eliminaron del listado dado que no cumplieron los criterios de selección una vez consultadas las fuentes de información.

La **Figura 147** muestra la distribución de las cabeceras municipales priorizadas en el territorio colombiano. En la evaluación de la afectación departamental se tuvieron en cuenta dos tipos de análisis. El primero de ellos consideró el porcentaje de afectación departamental, tomando como referencia la relación entre el número de municipios priorizados por cada departamento, respecto al total municipal de cada uno de ellos, lo que arrojó como resultado que La Guajira, Magdalena, Cesar, Tolima, Bolívar, Quindío, Santander, San Andrés y Providencia, y Valle del Cauca son los departamentos más susceptibles, con una afecta-

ción en al menos el 50 % de sus municipios. Por otro lado, el segundo análisis se centró en la evaluación de la distribución de los 391 municipios priorizados en los 24 departamentos afectados, lo cual permitió concluir que los departamentos de Santander, Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Bolívar concentran la mayor cantidad de municipios susceptibles al desabastecimiento hídrico en temporada seca (**Figura 147**). Es necesario resaltar que, aunque en el mapa temático se seleccionó la totalidad del municipio para esquematizar los resultados, el análisis está centrado exclusivamente en el área urbana del municipio.

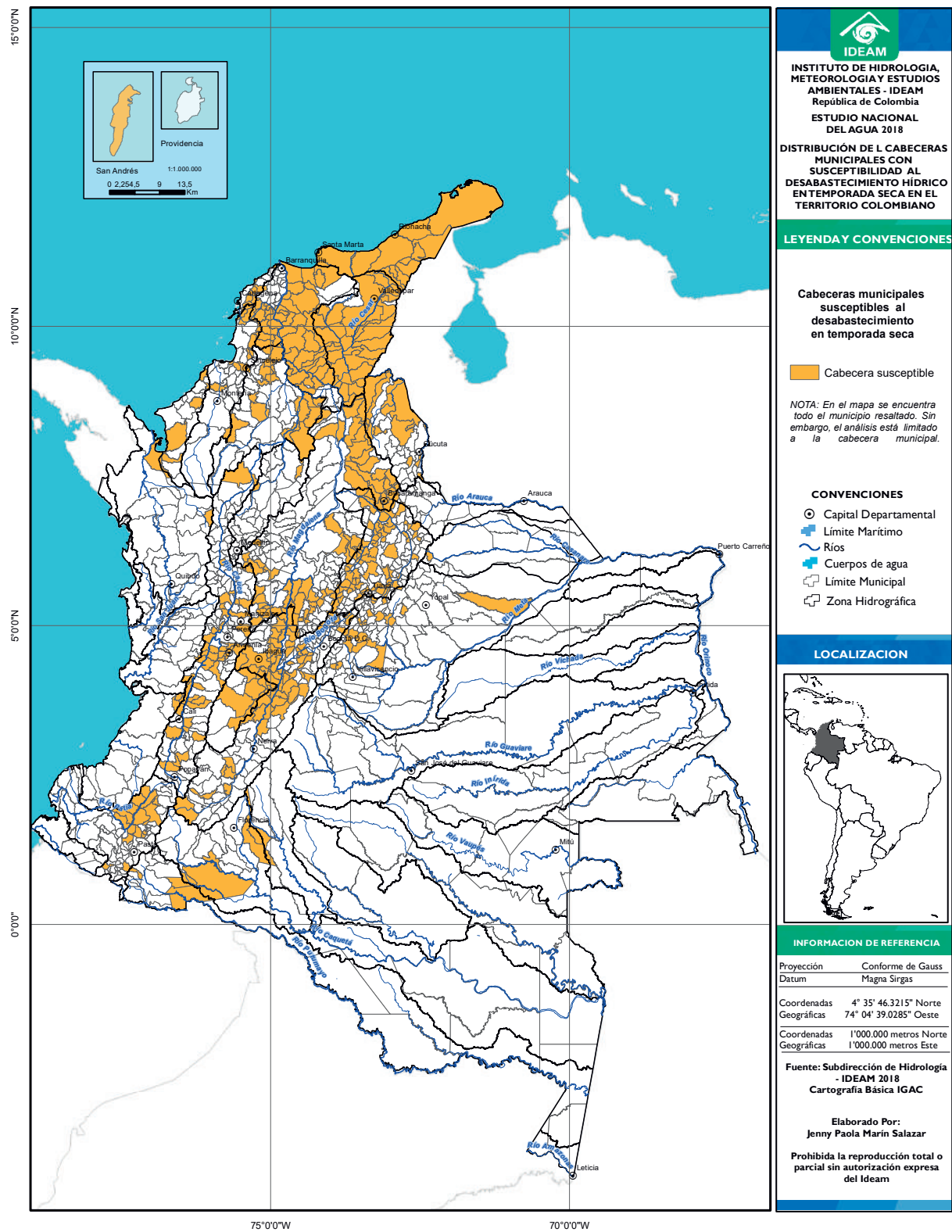


Análisis de **afectación** a nivel **departamental**, tomando como referencia el número de municipios susceptibles al desabastecimiento con relación al **total de municipios priorizados en el ENA 2018**.



Análisis de **afectación** a nivel **departamental**, tomando como referencia el número de municipios susceptibles al desabastecimiento con relación al **total de municipios de cada departamento**.

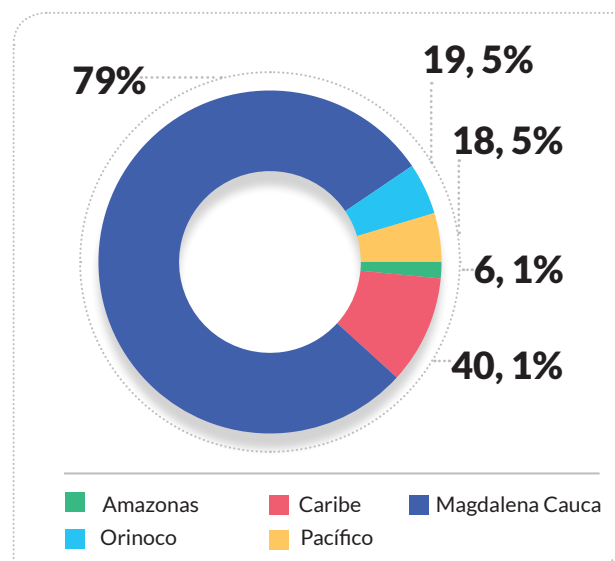
- **Figura 147.** Distribución de las 391 cabeceras municipales con susceptibilidad al desabastecimiento hídrico en temporada seca en el territorio colombiano.



• **Figura 148.** Distribución de las 391 cabeceras municipales con susceptibilidad al desabastecimiento hídrico en temporada seca en el territorio colombiano.

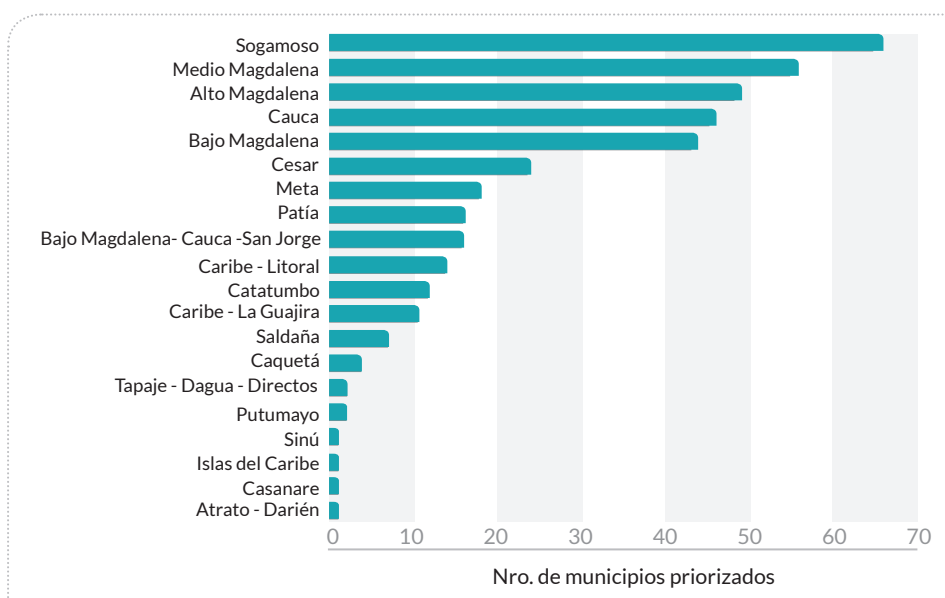
Tomando como referencia las proyecciones de población realizadas por el Dane para el año 2016 con base en los datos del censo 2005 (Dane, 2009), se estima que 7 829 967 habitantes ubicados en las cabeceras municipales priorizadas presentan susceptibilidad a sufrir desabastecimiento de agua potable a causa de la temporada seca. Adicionalmente, las cabeceras de los municipios de Valledupar, Riohacha, Santa Marta, Armenia, San Andrés, Bucaramanga, Sincelejo e Ibagué son de especial interés, dado que son ciudades capitales de departamento y, por tanto, concentran la mayor cantidad de población y actividades socioeconómicas.

Por otro lado, tomando como referencia la zonificación hidrográfica del Ideam (Ideam, 2013), la distribución por área hidrográfica de las 391 cabeceras municipales que son susceptibles al desabastecimiento en temporada seca muestra que el mayor número de cabeceras se concentra en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, albergando un total de 308 cabeceras urbanas equivalentes al 79 % respecto al total de municipios priorizados, seguida del área hidrográfica Caribe, donde se localizan 40 municipios que equivalen al 10 % (Figura 149).



• **Figura 149.** Distribución por área hidrográfica de las cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento hídrico en temporada seca.

Respecto al análisis por zona hidrográfica (Figura 150), la mayor cantidad de municipios priorizados se localizan en Sogamoso (17 %) Medio Magdalena (14 %) Alto Magdalena (13 %), Cauca (12 %) y Bajo Magdalena (11 %).

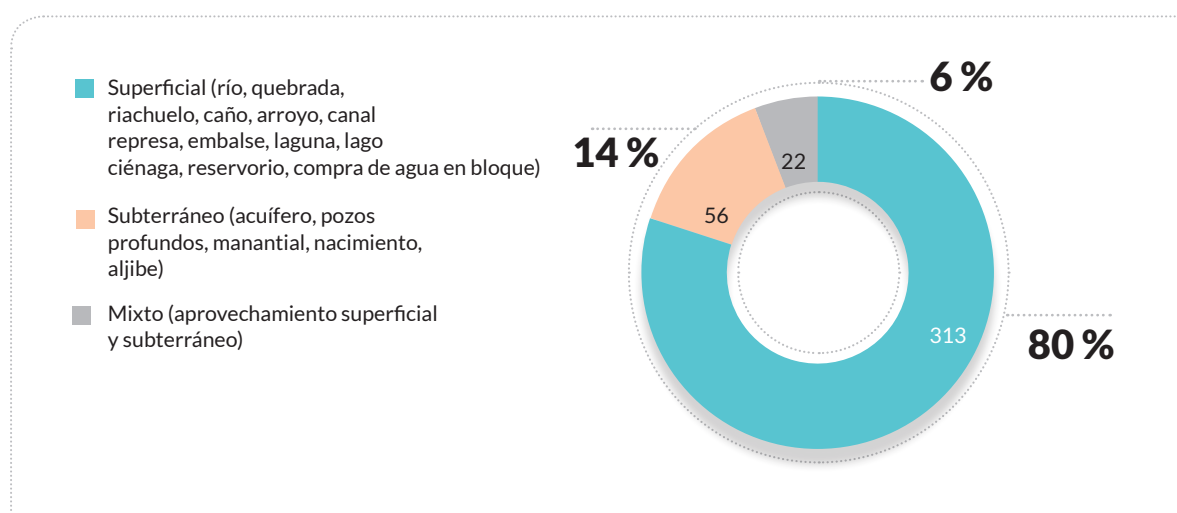


• **Figura 150.** Distribución por zona hidrográfica de las cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento hídrico en temporada seca.

Una vez identificadas las cabeceras municipales con susceptibilidad al desabastecimiento, se realizó el reconocimiento de la fuente hídrica que abastece el acueducto municipal. En la mayoría de los casos, mediante la consulta al formato de solicitud de información realizado por el MinVivienda y enviado a las empresas prestadoras del servicio de acueducto para su diligenciamiento, se pudo extraer información correspondiente sobre la fuente que presenta mayor susceptibilidad en época seca. Sin embargo, en otros casos donde no se contaba con este tipo de información, fue necesario asumir que todas las fuentes abastecedoras que surten el acueducto de

la cabecera municipal presentan vulnerabilidad. Adicionalmente, es importante recalcar que el total de la población de la cabecera municipal fue asignada a las fuentes abastecedoras identificadas como susceptibles en cada municipio analizado.

La **Figura 151** muestra de manera consolidada la distribución del tipo de abastecimiento catalogado como susceptible en las 391 cabeceras municipales. Se evidencia que 313 de esas cabeceras se abastecen de fuentes superficiales, 55 de fuentes subterráneas y 23 tienen aprovechamiento mixto (superficial y subterráneo).



• **Figura 151.** Distribución por tipo de fuente hídrica de abastecimiento de cabeceras municipales y susceptibles al desabastecimiento en temporada seca.

En cuanto a la actualización del análisis de oferta hídrica superficial e indicadores para estas fuentes abastecedoras de cabeceras municipales priorizadas, se recopiló la información disponible con respecto a los datos de georreferenciación de las captaciones de los sistemas de acueductos para fuentes superficiales. Sin embargo, se hizo evidente la necesidad de incorporar medidas de gestión y monitoreo de cuencas abastecedoras de acueductos municipales, dado que la información

disponible no permitió realizar la correcta caracterización de la fuente hídrica, lo cual dificultó la identificación y definición de la cuenca hidrográfica aportante.

En el anexo 4 se relaciona la lista de los 391 municipios priorizados con la correspondiente identificación y clasificación de su fuente hídrica de abastecimiento e información sobre las causas del desabastecimiento y área de afectación.



### 8.2.3 Alternativas de uso de agua subterránea frente a afectaciones antrópicas y variabilidad climática

En este apartado, se analizan las alternativas de uso de fuentes subterráneas para abastecimiento en los 391 municipios priorizados, en el marco de la elaboración del Conpes 3947 (*Estrategias de actuación y coordinación para reducir las afectaciones ante la eventual ocurrencia de un fenómeno de variabilidad climática: El Niño 2018–2019*) que se refiere a la priorización de municipios y departamentos, y a la potencialidad de uso de aguas subterráneas como medida de prevención y reducción. Así pues, se ha revisado la información hidrogeológica con que se cuenta a nivel nacional, como definición de unidades hidrogeológicas, inventarios de puntos de agua, datos hidráulicos, hidroquímicos e isotópicos, y se han identificado aquellos municipios que por su ubicación cuentan con la suficiente información para sugerir que se pueden abastecer de aguas subterráneas como una fuente alterna.

A dicha información, se le ha asignado una calificación cuantitativa del conocimiento hidrogeológico de cada región. Se califica la información con un nivel *Suficiente*, cuando se cuentan con los conocimientos geológicos, hidrológicos, hidráulicos e hidroquímicos para consolidar un Modelo hidrogeológico conceptual adecuado para la gestión y el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas, además de facilitar la comprensión de las relaciones con los cuerpos de agua superficial y los aportes atmosféricos.

El resultado de este análisis permitió concluir que existen 116 municipios de los 391 priorizados (29,67 %) que tienen un potencial de uso de aguas subterráneas *Alto*. Es de resaltar que municipios

como Albania, Fonseca, Manaure y Uribia, en el departamento de La Guajira, ya cuentan con la identificación de unidades hidrogeológicas de media a alta productividad que permiten atender la situación compleja que enfrentan por el desabastecimiento de agua por causa del fenómeno de El Niño. El Valle del Cauca es uno de los departamentos que ha adelantado estudios detallados para conocer los recursos subterráneos en su territorio. La mayoría de los municipios del Valle del Cauca se encuentran en el Sistema Acuífero del Valle del Cauca, el cual tiene un nivel de conocimiento *Muy alto*. En municipios como Circasia, Filandia, Montenegro y Salento, en el Quindío, donde las fuentes de abastecimiento son principalmente superficiales, es factible utilizar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico subterráneo pues se cuenta con el Modelo hidrogeológico de la zona sur del eje cafetero (departamento del Quindío), que es adecuado para tomar decisiones en relación con su aprovechamiento.

Por otro lado, 162 municipios (41,43 % del total de municipios susceptibles) presentan un potencial *Medio*, donde, a pesar que el nivel de conocimiento no es tan alto, los sistemas acuíferos que se encuentran en su región se pueden considerar para ser aprovechables, siempre y cuando se mejore su campo de conocimiento. Esto incluye complementar inventario de puntos de agua, a través del uso del Funias, realización de pruebas hidráulicas de los puntos de agua, hidroquímica y dinámica de flujo para la identificación de zonas de recarga, tránsito y descarga. En otros casos, es necesario ampliar el conocimiento identificando otros sistemas acuíferos en la región.

Son de interés las regiones de Caldas, Valledupar, Santa Marta, Bucaramanga e Ibagué, considerando que son zonas altamente pobladas y, para optar por una fuente subterránea de abastecimiento, es necesario contar con evaluaciones más detalladas de las

unidades hidrogeológicas presentes en la región que complementen los estudios ya realizados.

Finalmente, 113 municipios (28,9 %) se encuentran en categoría *Bajo*, lo cual corresponde a escasa e insuficiente información.

En el anexo 4 se relaciona la lista de los 391 municipios priorizados, con la correspondiente identificación y clasificación de su fuente hídrica de abastecimiento e información sobre las causas del desabastecimiento, área de afectación y clasificación de su potencialidad de uso de aguas subterráneas.

## 8.3 Proyecciones de uso de agua 2017–2030

Las proyecciones de la demanda de agua, para el periodo 2017–2030, se calculan para cinco sectores:

- Agrícola: donde se priorizan 12 cultivos (ocho permanentes y cuatro transitorios) y se incluye la poscosecha para los cultivos de palma, café y banano. Además, para este sector se proyecta la huella hídrica azul y verde para los próximos 12 años.
- Pecuario: el cual incluye bovino, porcino y avícola.
- Industrial: el sector de minería de oro y carbón, hidrocarburos e hidroenergía (térmicas e hidroeléctricas).
- Servicios y doméstico.

Las proyecciones de uso de agua en oro y carbón y poscosecha de palma se calculan por primera vez en este estudio. No se calcula la proyección de uso de agua en la actividad piscícola, debido a la falta de información. Las proyecciones y sus escenarios se presentan de acuerdo con las unidades de análisis, niveles de desagregación espacial, periodos de referencia, características, limitaciones de la información disponible y el impacto en los resultados futuros de uso de agua.

La proyección de la demanda total de agua, al igual que en el ENA 2014, se define como la sumatoria de las proyecciones de demanda de los sectores económicos y de la demanda para uso doméstico.

### 8.3.1 Metodología de las proyecciones de la demanda hídrica 2017–2030

Después de realizar un análisis del comportamiento económico sectorial del país, se construyeron las premisas conceptuales sobre las cuales se elaboraron los modelos de proyección. El modelo responde a las siguientes preguntas ¿Qué sectores económicos ejercerán presión de uso en el recurso hídrico al año 2030 de acuerdo con las tendencias de crecimiento de la economía?, ¿cuánta agua demandará la población colombiana al año 2030 de acuerdo con su tendencia de crecimiento? Para responder a estas preguntas se plantearon los siguientes supuestos generales:

- Si se mantienen las condiciones de crecimiento económico, la tasa fluctúa entre el 2,8 % y el 3,4 %.
- Si se incrementan las condiciones de la accesibilidad nacional a las regiones, se intensificarán los intercambios regionales y el balance de crecimiento de la demanda puede ser diverso entre regiones.
- En los próximos 12 años no se presentará en Colombia un cambio en la tecnología de producción o en las condiciones climáticas que genere un cambio significativo en el rendimiento medio de los cultivos.

## 8.3.2 Procedimiento para el cálculo de las proyecciones de uso de agua de Colombia

Se construyeron modelos univariantes considerando la información contenida en las series históricas del periodo 2001 a 2016. Dada la diversidad y complejidad de los sectores, se utilizaron diferentes técnicas de estimación como los modelos<sup>1</sup>: ADL, Arima y de Dinámica de Sistemas con el fin de seleccionar aquel que se ajustara mejor a la demanda de agua por sector. Una vez estimados todos los modelos, se realizaron pruebas de validación y el resultado se revisó en su coherencia en relación con la política pública. El procedimiento general desarrollado fue el siguiente:

- Con excepción del sector agrícola, los datos utilizados para las proyecciones cubren el periodo 2008–2016. El agrícola cubre el periodo 2001–2016.
- Dada la dispersión y estacionalidad de la información fue necesario recurrir a otras variables de control tales como las tasas del crecimiento potencial de la economía, las estimaciones de crecimiento de los sectores y las tasas de crecimiento de la población.
- Se realiza un análisis del comportamiento pasado de los sectores analizando las diferentes variables económicas que impactan el uso del agua. La **Tabla 78** presenta las variables y fuentes de información<sup>2</sup> consultadas.

<sup>1</sup> Los modelos Autorregresivos de Retardos Distribuidos (ADL) son modelos de serie de tiempo que permiten hacer proyecciones, a partir del comportamiento de la variable a proyectar y al comportamiento de un conjunto de variables explicativas, por lo que permiten aplicar una metodología más refinada que los modelos Arima, ya que se pueden plantear además de las proyecciones, diferentes escenarios futuros.

<sup>2</sup> Los estudios consultados para realizar los ajustes fueron elaborados por instituciones como Augura, Banacol, Fedepalma, Fedegan, FAO, UPRA, Upme, ACP, DNP, Ministerio de Hacienda, Andí, informes de periódicos como La República, Fedesarrollo, Federación de Cafeteros, ANIF, Superintendencia de Servicios Públicos (2008–2016).

• **Tabla 78.** Variables modelos ADL.

Variable*	Unidad de medida	Tipo de variable	Fuente	Periodo
▶ Área sembrada	ha	Dependiente	Encuesta Nacional Agropecuaria, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Augura, Fedecacao, Federación Nacional de Cafeteros FNC, Asocaña, Fedepalma, Fedearroz, Fenalce	2001–2016
▶ Producción agrícola	ton	Explicativa	Fedepalma, Federación de Cafeteros, Augura Agronet (Evas)	2001–2016
▶ Producto Interno Bruto (PIB)	cop	Explicativa	Dane	2001–2016
▶ Índice de precios al productor	Número índice	Explicativa	BanRep	2001–2016
▶ Población total Colombia	Número de personas	Explicativa	Dane	2001–2016
▶ Rendimientos	ton/ha	Explicativa	Se toman de la misma fuente de información que la producción para cada cultivo	2001–2016

Continuación Tabla 78

▶ Precio interno	usd/ton	Explicativa	FAO	2001-2016
▶ Precio internacional	usd/ton	Explicativa	Trade Map	2001-2016
▶ PIB de la industria	Valor de la producción	Explicativa	Dane	2008-2016
▶ Inventarios de ganado bovino	Número de animales	Explicativa	Fedegán	2008-2016
▶ Inventarios de ganado porcino	Número de animales	Explicativa	Porcicol	2008-2016
▶ Inventario de aves	Número de animales	Explicativa	Fenavi	2008-2016
▶ Sacrificio de ganado bovino y porcino	Número de animales	Explicativa	Dane	2008-2016
▶ Producción de oro y carbón	ton	Explicativa	Upme	2008-2016
▶ Producción de hidrocarburos	Barriles	Explicativa	ANH	2008-2016
▶ Hidroenergía	Millones de m <sup>3</sup>	Explicativa	Upme	--
▶ Servicios	Suscriptores con establecimientos de comercio y servicios	Explicativa	SSPD	2008-2016

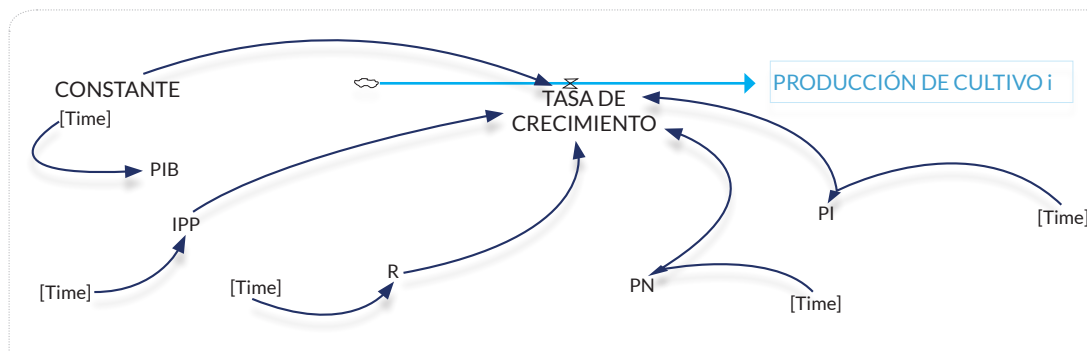
\* Las variables para utilizar en los modelos ADL no se tomarán en su valor bruto, sino en tasas de crecimiento.

Para tener unos parámetros de las proyecciones se identificaron metas de los sectores revisando los principales instrumentos de planificación, programas y proyectos planteados por el Gobierno Nacional, además de la consulta de las metas de los principales gremios del país.

En todos los sectores, la producción se definió como la variable a proyectar. Particularmente, el sector agrícola

elaboró modelos de dinámica de sistemas en el *software* Vensim para realizar los pronósticos de producción de cada cultivo. En la **Figura 152** se presenta el modelo de dinámica de sistemas aplicado para estimar la proyección de producción de cada cultivo<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> En el caso del cultivo de palma no se aplica la estimación del modelo de proyección, ya que Fedepalma suministra su proyección para el periodo 2018-2030.



• **Figura 152.** Modelo de dinámica de sistema aplicado.

### 8.3.3 Escenarios

Se estimaron escenarios futuros para la producción, utilizando la proyección de crecimiento económico publicado por el Departamento Nacional de Desarrollo (DNP), Fedesarrollo y los gremios. Se toman en cuenta los rendimientos de los cultivos para obtener las proyecciones en área sembrada. Se comparan las proyecciones de los modelos: Arima, modelo de dinámica de sistemas, escenario DNP y escenario Fedesarrollo con las metas definidas por los gremios, y se elige el modelo que más se aproxime a estas metas o en su defecto el modelo que mejor refleje la realidad del cultivo.

Con el escenario de proyección de áreas por cultivo definitivo, se procede a calcular la huella hídrica esperada para el periodo 2018–2030 y, por tanto, la demanda. Para esto, se hace la distribución espacial de las hectáreas proyectadas para cada cultivo en zonas hidrográficas (ZH), luego se calcula la deman-

da de agua por hectárea y por cultivo, y se distribuye a nivel nacional.

Para los demás sectores, se elaboraron tres escenarios: optimista, tendencial y pesimista, con los cuales se establecieron las franjas de variabilidad de las proyecciones, teniendo en cuenta el comportamiento de la economía colombiana en los años 2017–2030. *El escenario optimista o deseable* se refiere a las condiciones de mayor eficiencia en el uso del agua, determinada por comportamientos más racionales de usuarios, por incentivos de política o por regulaciones. *El escenario tendencial* considera el uso de agua futuro de acuerdo con su comportamiento histórico. Por último, *el escenario pesimista* se basó en el supuesto de que las condiciones de uso de agua empeoran con relación a la tendencia. La revisión de los documentos de política y de diagnósticos de los sectores permitió elaborar los siguientes supuestos (**Tabla 79**) como base para la estimación de los escenarios:

• **Tabla 79.** Supuestos para los escenarios.

Optimista o de mínimo uso de agua	Tendencial o medio	Pesimista o de uso máximo de agua
El programa de uso eficiente incentiva a que los sectores hagan un uso moderado del recurso y, por lo tanto, mejora su eficiencia. También incentiva el reúso y la recirculación	La política no implementa incentivos, se sigue haciendo el mismo uso del agua y se mantiene el mismo nivel de eficiencia en el uso del agua	La política no implementa incentivos y se incrementa el uso del agua, con lo cual disminuye el nivel de eficiencia en el uso del agua
Puede ocurrir que se incremente la micromedición y disminuyan las pérdidas de agua	La política pública no hace nada y continúa el mismo nivel de micromedición con el mismo nivel de pérdidas	La política pública no hace nada y continúa el mismo nivel de micromedición, pero con un incremento en el nivel de pérdidas
Las CAR incrementan su cobertura de usuarios de agua y, por lo tanto, incrementa el registro de los volúmenes de agua	Las CAR mantienen su cobertura de usuarios de agua y, por lo tanto, el registro de los volúmenes de agua se mantiene	Las CAR no mantienen su cobertura de usuarios de agua y, por lo tanto, disminuye el registro de los volúmenes de agua

Continuación Tabla 79

Puede ocurrir que los sectores incluyan en el consumo intermedio los costos de uso del recurso	Puede ocurrir que los sectores continúen como están, es decir, parcialmente incluyendo el costo del agua en sus costos intermedios	Puede ocurrir que los sectores incluyan en el consumo intermedio tan solo una parte de los costos de uso del recurso y que afecte el total de estos costos
Puede ocurrir un incremento de tarifas (tasas por uso) que disminuya el volumen usado de agua	Con las tarifas (tasas por uso) actuales continúan el mismo uso de agua	Con las tarifas (tasas por uso) actuales se incrementa el uso de agua
El crecimiento del país sigue dependiendo de la explotación de los recursos naturales, pero el uso de agua en estos sectores es cada vez más eficiente	El crecimiento del país sigue dependiendo de la explotación de los recursos naturales	El crecimiento económico del país se ha concentrado en petróleo, minería y agricultura, y seguirán siendo los que lideran el crecimiento del país. Esto quiere decir que cada unidad de producto incorpora mayor cantidad de recursos naturales, lo que ocasiona una presión cada vez mayor en la naturaleza. Si se desarrolla el <i>fracking</i> se incrementará el uso de agua
Aunque en Colombia la población crece a tasas bajas, se sigue concentrando en las grandes ciudades. Se espera que la concentración de población en las ciudades intermedias y pequeñas tengan mayores tasas de crecimiento, y por lo tanto, que se mejore la gestión de las entidades prestadoras de servicio de acueducto, implementando la micromedición y, con ello, el control de usos que hagan los hogares. Se mejora el acceso al agua potable		Aunque en Colombia la población crece a tasas bajas, se sigue concentrando en las grandes ciudades. Se espera que la concentración de población en las ciudades grandes continúe a tasas de crecimiento mayores y, por lo tanto, que la gestión de las entidades prestadoras de servicio de acueducto no mejore ni ejerza control del uso que hagan los hogares. Se incrementan las brechas de acceso al agua potable
Se reducen las presiones sobre los recursos que alteran el clima y disminuye el uso de agua	Continúa la misma tendencia de presión y de cambio general del clima, por lo tanto, el uso de agua mantiene su tendencia	Puede ocurrir una agudización de los factores que alteran el clima que, a su vez, incrementan el uso de agua
El conflicto armado disminuye y tiende a desaparecer. Entonces, el estrés hídrico se reduce y la demanda de agua no se ve afectada	Continúa la lenta tendencia de desaceleración de la pobreza y, por lo tanto, se mantiene la tendencia de uso de agua	El conflicto armado continúa y tiende a aumentar. Entonces, el estrés hídrico se aumenta y la demanda de agua se ve afectada
Se prevé que haya un incremento en la producción, pero también se hará un uso más eficiente del recurso, por lo que el uso de agua se incrementará moderadamente	Tanto las políticas de incentivo como los programas de los sectores de café, banano y palma proyectan un crecimiento de la producción para cubrir el mercado interno y el mercado internacional, todo esto con la misma tecnología	Tanto las políticas de incentivo como los programas de los sectores de café, banano y palma proyectan un crecimiento de la producción para cubrir el mercado interno y el mercado internacional, pero la expansión de esta producción se llevará a cabo con las mayores ineficiencias en el uso de agua

Continuación Tabla 79

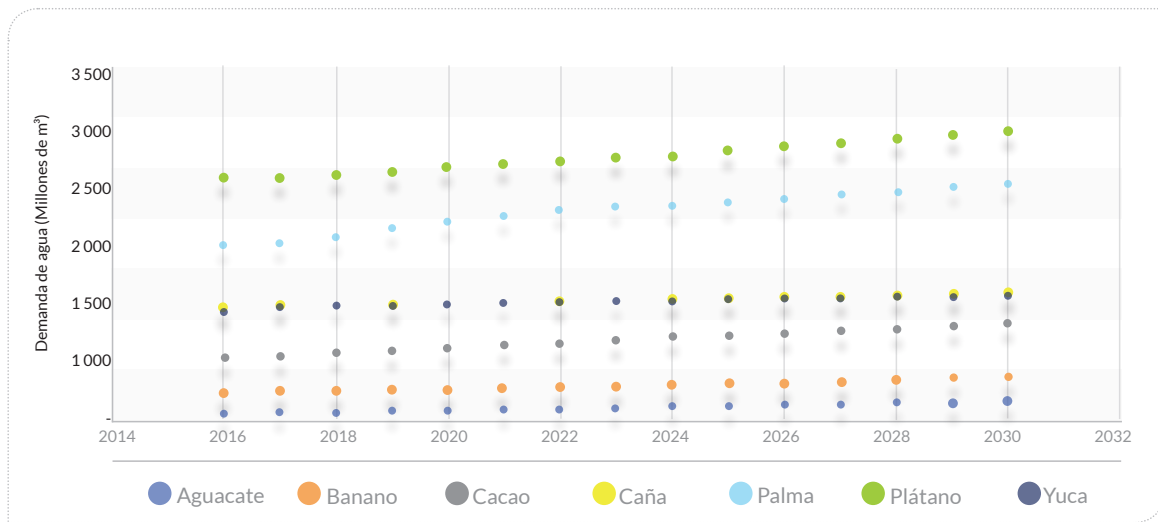
Si bien se incrementa la producción de bovinos, porcinos y aves, se estima que haya un aumento en la eficiencia del uso del agua	Tanto las políticas de incentivo como los programas de los sectores avícola, porcino y bovino proyectan un crecimiento de la producción para cubrir el mercado interno y las oportunidades del mercado internacional, todo esto con la misma tecnología y, por lo tanto, con el mismo uso de agua promedio	Tanto las políticas de incentivo como los programas de los sectores de avícola, porcino y bovino proyectan un crecimiento de la producción para cubrir el mercado interno y el mercado internacional, pero la expansión de esta producción se llevará a cabo con las mayores ineficiencias en el uso de agua
En relación con la producción de petróleo, las reservas internacionales probadas no crecen y alcanzan únicamente para los próximos cinco años	En relación con la producción de petróleo, las reservas internacionales probadas se mantienen por efecto de la exploración constante	En relación con la producción de petróleo, las reservas internacionales probadas crecen y superan los próximos cinco años
Sobre la termoenergía se puede decir que se modifica la composición de la matriz energética del país, en donde la generación térmica se prevé que se reduce	Sobre la termoenergía se puede decir que la composición de la matriz energética del país se mantiene, en donde la generación térmica continúa en su mismo nivel	Sobre la termoenergía se puede decir que se modifica la composición de la matriz energética del país, en donde la generación térmica se prevé que se aumenta
El comportamiento de la producción de carbón y del oro depende del comportamiento del mercado internacional y de las regulaciones. Se prevé un desincentivo en el uso del carbón por las emisiones a la atmósfera	La producción de carbón y del oro se incrementará al ritmo del crecimiento potencial de la economía y no se prevén cambios en las regulaciones para desincentivar el uso del carbón	El comportamiento de la producción de carbón y del oro depende del comportamiento del mercado internacional que genera la posibilidad de mayores exportaciones. No se prevé un desincentivo en el uso del carbón por las emisiones a la atmósfera

### 8.3.4 Resultados y análisis de las proyecciones sectoriales de uso de agua por sector 2017–2030

Las proyecciones presentadas en este documento calculan el comportamiento del uso de agua año a año hasta 2030, a partir de las hipótesis elaboradas con base en la literatura y el comportamiento histórico del uso de agua de cada uno de los sectores. El cálculo anual permite afinar los resultados, para suponer unas hipótesis de comportamiento

más ajustadas a la realidad económica y, por ende, el comportamiento del uso de agua.

Durante los 11 años entre 2005–2016, el crecimiento de la economía ha estado liderado por el sector servicios, comercio y explotación de petróleo y gas con tasas de crecimiento superiores al 3,9 % anual, es decir, que por encima del promedio del crecimiento anual del PIB. Por el contrario, sectores como el agropecuario, la industria manufacturera y la construcción de vivienda que registran tendencias de crecimiento cercanas a 2 % anual e inferiores al crecimiento del PIB.



• **Figura 153.** Proyecciones de demanda de cultivos permanentes 2016-2030.

### 8.3.4.1. Sector agrícola

En la **Figura 153** se presentan los resultados de las proyecciones de demanda de agua para los principales cultivos permanentes del país.

En términos de demanda de agua, todos los cultivos presentan una leve tendencia creciente, dado que para todos se espera un discreto crecimiento del área sembrada; a excepción de la palma y el aguacate que tendrán un crecimiento considerable en área sembrada y demanda de agua.

Entonces, se espera que la demanda de agua de los siete principales cultivos permanentes que se riegan en Colombia ascienda a más de 9 333 millones de m<sup>3</sup> de agua para el año 2030.

Sobresale la palma, la cual se espera aumente su área sembrada en más 177 000 ha en el periodo 2016-2030. Según datos de Fedepalma, el cultivo de palma de aceite en Colombia se ha expandido un 166 % en un periodo de 15 años, pasando de 194 431 ha sembradas en 2002 a 516 960 ha en 2017, gracias a una tasa

de crecimiento del 7 % promedio anual. Además, la producción de aceite de palma para el mismo periodo aumentó el 20 %, pasando de 524 872 ton de producción en 2002 a 1 627 671 ton de producción en 2017.

De hecho, para el año 2016 el aceite de palma representó el 93 % de la producción nacional de aceites y la exportación de este producto ha aumentado considerablemente llevando a Colombia a liderar la producción de aceite de palma en América (Universidad de los Andes, 2016).

Además, el crecimiento del mercado de biodiesel jalona la expansión del sector: para el año 2005 se producían 3,8 millones de toneladas de biodiesel, de las cuales menos del 5 % se producían a partir de palma, mientras que para el año 2012 la producción mundial de biodiesel fue de 23,4 millones de toneladas y la participación del biodiesel de palma fue superior al 20 % (Fedepalma, 2013). Este crecimiento del mercado de biodiesel es muy importante para Colombia, ya que el biodiesel se ha constituido como el principal demandante de aceite de palma colombiano (46 % de la producción) (Fedepalma, 2013).



Sin embargo, aunque no se ha logrado mejorar los rendimientos del cultivo (han caído a una tasa promedio anual del 5 % en el periodo 2002–2017), parece ser el aumento de la producción a través del área sembrada una opción en el corto plazo. Además, el sector cuenta con un importante apoyo institucional que impulsa aún más su crecimiento: programas como el *Programa de Transformación Productiva*, la *Alianza Agroexporta y Colombia Siembra* tienen al cultivo de palma de aceite dentro de sus cultivos priorizados para brindar apoyo lo que direcciona más recursos para la expansión del sector.

Según el MinAmbiente, se espera que el cultivo de palma de aceite alcance las 530 mil hectáreas sembradas (Fedepalma, 2018), mientras que las metas de Fedepalma giran en torno a las 581 mil hectáreas. Los cuatro escenarios de proyección para el cultivo concuerdan en que el cultivo seguirá expandiéndose en el país de forma rápida, como lo ha hecho en los últimos años, con lo que lograría en 2030 más que duplicar el área sembrada en 2016.

En cuanto a los demás cultivos su crecimiento esperado no alteraría su orden de importancia, aunque es de destacar el importante crecimiento esperado del aguacate. Actualmente, Colombia es uno de los productores más importantes de aguacate a nivel mundial, siendo el cuarto país a nivel de producción, y el tercero a nivel área sembrada, solo superado por México y Perú, ocupando el 6 % del área mundial de este cultivo (MinAmbiente, 2018). La producción de aguacate en Colombia ha crecido a un ritmo tal que en los últimos cuatro años se ha logrado reducir las importaciones de aguacate en el 96 %, pasando de importar 3 128 toneladas en 2014 a solo 133 en 2017, mientras que las exportaciones crecieron en un abrumador 1519 %, pasando de 1 760 toneladas exportadas en 2014 a 28 487 toneladas exportadas en 2017 (MinAmbiente, 2018). Los principales destinos de exportación

del aguacate colombiano son el continente europeo, especialmente Países Bajos, España y Reino Unido (MinAmbiente, 2018).

El escenario más optimista plantea que el cultivo supere las 380 000 hectáreas sembradas en 2030, mientras que el más conservador espera que se superen las 165 000 hectáreas sembrada en 2030. En cuanto a las metas del sector, el MinAmbiente espera que el 2018 finalice con aproximadamente 74 000 hectáreas sembradas (MinAmbiente, 2018).

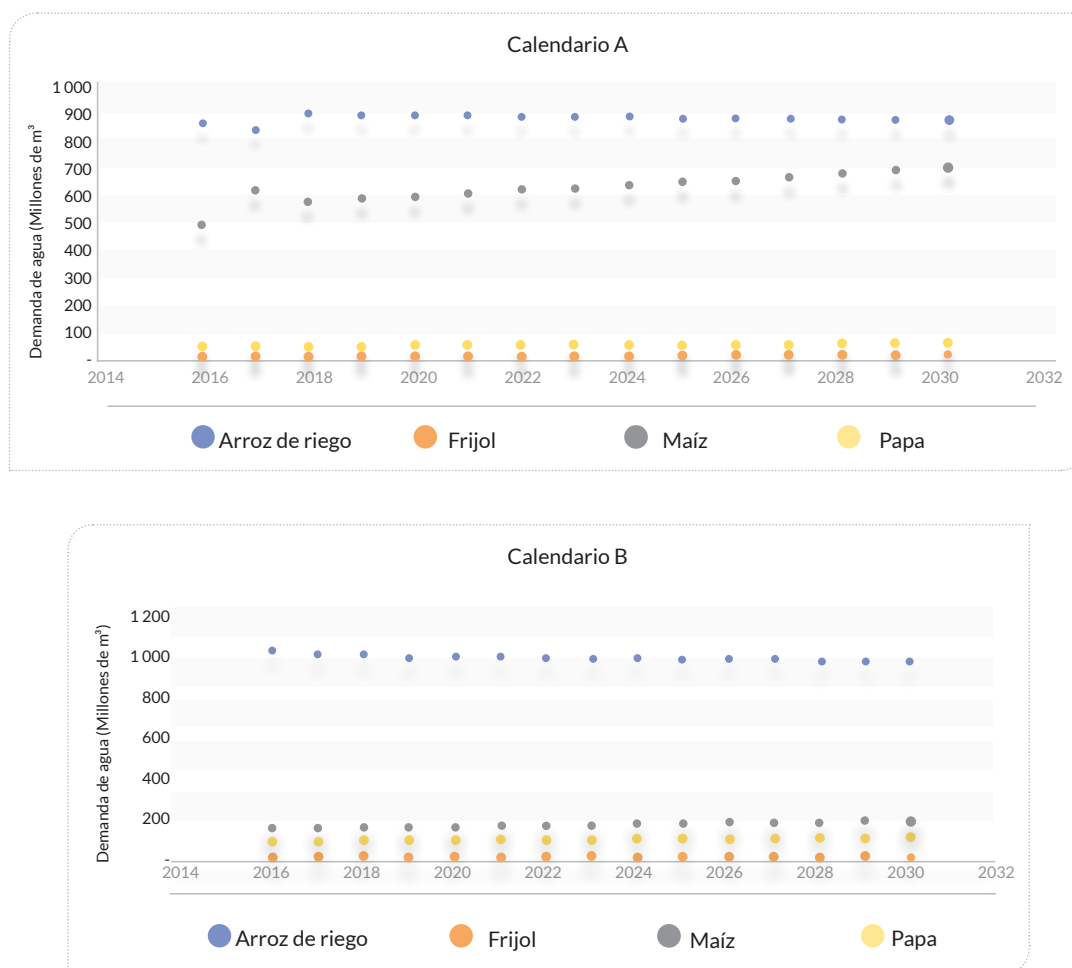
Para los cultivos transitorios se espera que en el calendario A sigan siendo liderados ampliamente por el maíz y el arroz seco mecanizado y en el calendario B por el maíz. En el calendario A el único cambio de orden esperado se da entre el arroz seco manual y la papa. Se espera para el año 2024, el primero logre superar al segundo en área sembrada. En el calendario B se espera que el arroz seco manual logre superar al frijol en el año 2025. Para el calendario B, se espera un comportamiento estable del cultivo durante el periodo, para lograr en 2030 las 308 000 hectáreas sembradas, mientras que los escenarios ADL, DNP y Fedesarrollo se espera un leve crecimiento del cultivo hasta las 388 000, 339 000 y 346 000 hectáreas sembradas en 2030.

En términos de demanda de agua para los cultivos transitorios (**Figura 154**), tanto en calendario A como en calendario B se espera que se mantenga el orden de importancia de los cultivos transitorios, siendo el arroz de riego el principal consumidor de agua para este tipo de cultivos, aunque destacando que su tendencia es levemente decreciente.

Entonces, se espera que la demanda de agua de los cuatro principales cultivos transitorios del país que se riegan ascienda a más de 1 649 millones de m<sup>3</sup> de agua en el calendario A y a más de 1 281 millones de m<sup>3</sup> de agua en el calendario B para el año 2030.

En el caso del arroz, este ha sido el cultivo transitorio más importante en Colombia y en los últimos años el área sembrada ha logrado crecer impulsada principalmente por el *arroz seco mecanizado*. Uno de los puntos que más ha ayudado al sector arroce-

ro a enfrentar las importaciones de arroz y crecer en área sembrada fue el programa *Colombia Siembra*, que no solo ayudó a aumentar la producción sino también todo el proceso de comercio (Quintero, 2018).

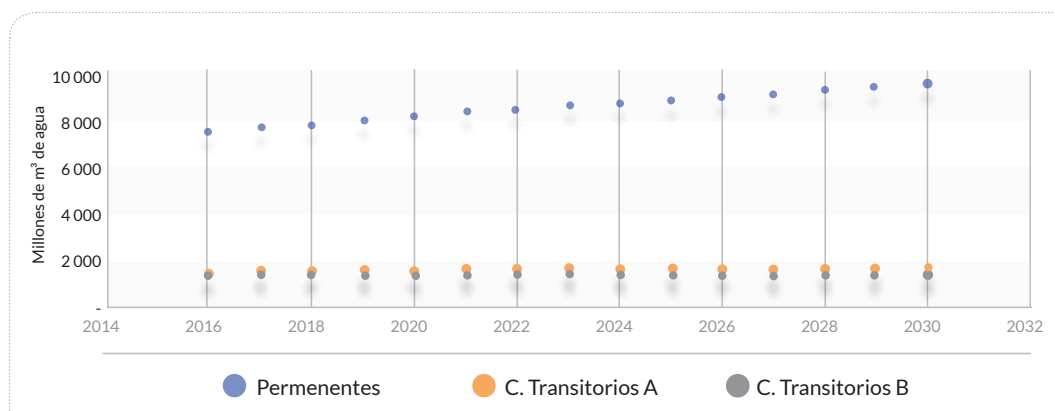


• **Figura 154.** Proyección de demanda de agua de cultivos transitorios, calendario A y B, 2016-2030.

Por otra parte, junto con el arroz, el cultivo de maíz es el transitorio con mayor área sembrada en el país, el cual actualmente es apoyado por el programa *Colombia Siembra* que tiene vigencia hasta el presente 2018. Los escenarios proyectados para este cultivo son muy conservadores: en el calendario A, el cual históricamente tiene mayor área sembrada que el

calendario B, se espera un comportamiento estable durante todo el periodo alrededor de las 400 000 hectáreas sembradas.

La sumatoria del uso de agua proyectado para el sector por tipo de cultivo y calendario se presenta en la **Figura 155**.



• **Figura 155.** Proyección de uso de agua en agricultura.

### 8.3.4.2 Sector pecuario

Este sector agrupa el uso de agua en bovinos, porcinos y aves, incluido el sacrificio de ganado. En cada uno de estos se ha estimado el uso de agua para sus actividades principales, como cuidado de los animales, mantenimiento de los alojamientos y sacrificio. Si bien todos los datos tienen comportamientos crecientes, se sabe que existen subregistros en los datos de sacrificio de bovinos y porcinos. La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en las actividades pecuarias toma en cuenta las siguientes hipótesis:

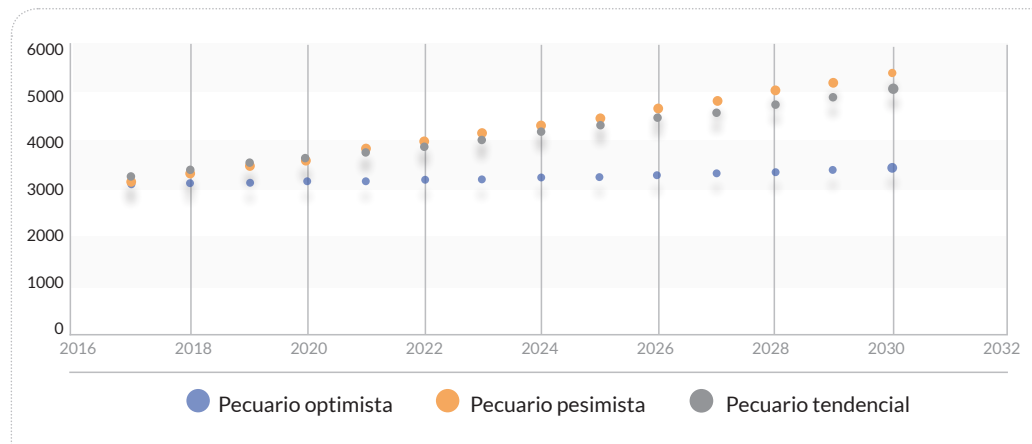
- El escenario pesimista o de máximo uso de agua se construyó con la tasa máxima de crecimiento de la producción para todos los sectores y estimada por los gremios o por los analistas gremiales.
- El escenario tendencial o medio se entiende como el comportamiento de la demanda de agua por las actividades pecuarias basado en su propia dinámica de crecimiento. Por ello, el cálculo se realizó utilizando la tasa de crecimiento de la serie, tomada individualmente para cada una de las actividades. Las tasas utilizadas se recogen en la **Tabla 80**.
- Las tasas de crecimiento utilizadas para la construcción del escenario optimista o de mínimo

uso de agua corresponden a las tasas mínimas a las que crecerán los inventarios ganaderos. Para el ganado bovino, la tasa es de -1,8 % descrito en el ciclo del inventario ganadero; en el caso de los porcinos es la tasa de crecimiento del inventario basado en el año inmediatamente anterior, y en aves es la tasa de crecimiento basado en el crecimiento histórico de la serie de nueve años. Estas tasas provienen de diversas fuentes, en particular los gremios como Fedegan.

• **Tabla 80.** Tasas utilizadas en el escenario tendencial o medio para el sector pecuario.

Tipo de ganadería	Cuidado de los animales y mantenimiento de los alojamientos	Sacrificio
Bovinos	-0,7 %	1,18 %
Porcinos	3,24 %	3,1 %
Aves	5,7 %	4,8 %

Las proyecciones se presentan como la consolidación del uso de agua en bovinos, porcinos y aves. Todos tienen un comportamiento creciente en el uso de agua, siendo el más destacado el uso de agua en bovinos. La **Figura 156** establece las proyecciones y su tendencia.



• **Figura 156.** Sector pecuario. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

El uso de agua en actividades pecuarias oscilaría entre 3 374 millones de m<sup>3</sup> y 5 500 millones de m<sup>3</sup> a 2030. En relación con el uso de agua en bovinos se prevé un aumento incentivado por las políticas de promoción de la producción de carne. La persistencia del modelo del uso extensivo del suelo para la ganadería mantendrá las ineficiencias del sector y, por lo tanto, la tendencia creciente del uso de agua.

De otro lado, el creciente consumo de carne de cerdo hace previsible que esta actividad incrementará la demanda de agua. Finagro (2014) estima un incremento en la participación en el mercado mundial dado su comportamiento como sustituto de la carne de res. Previsiones de la FAO en 2010 estiman que el consumo de la carne de cerdo en el mundo continúe creciendo hasta alcanzar cerca del 37 % a 2050. En Colombia, se espera que el consumo continúe creciendo dado el espacio que tiene en el mercado interno y el mejoramiento en la calidad, inocuidad y promoción del consumo (Finagro, 2014).

Por último, la avicultura continuará creciendo, pues se estima un crecimiento del consumo de carne de

pollo en el país, por el rol que cumple en la seguridad alimentaria de los colombianos. Sin embargo, la liberalización de los mercados como consecuencia de los TLC puede afectar la competitividad de la actividad (Finagro, 2014).

### 8.3.4.3 Sector industria

La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en industria tomó en cuenta las siguientes hipótesis:

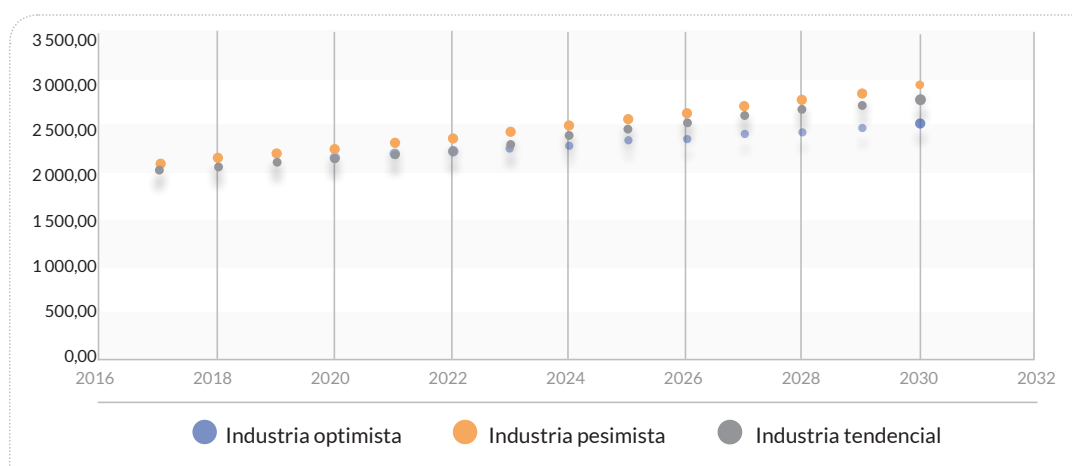
- El escenario pesimista o de uso máximo de agua se construye a partir del crecimiento máximo esperado para la industria hecho con base en la tasa de crecimiento estimada del crecimiento del PIB industrial del último año hasta 2030. Este escenario se construyó con la tasa máxima de crecimiento de la producción para todos los sectores y estimada por los gremios o por los analistas gremiales.
- El escenario tendencial o medio se entiende como el comportamiento de la demanda de agua de la industria basado en la dinámica de crecimiento

del PIB industrial. Por ello, el cálculo se realizó utilizando la tasa de crecimiento estimada por el Dane para el PIB industrial.

- Las tasas de crecimiento utilizadas para la construcción del escenario optimista o de uso mínimo de agua corresponden a las tasas mínimas de crecimiento esperado calculadas por Fedesarrollo hasta 2022, y el marco fiscal de mediano plazo en el que se establece que el crecimiento máximo esperado de la economía es de 3,4 % elaboradas por MinHacienda.

Las proyecciones tienen un comportamiento creciente en el uso de agua, como se describe en la

**Figura 157.** El crecimiento de uso de agua en cualquiera de los tres escenarios es moderado, dada la tendencia de crecimiento de la industria en la última década, la cual no supera la tasa de 2,5 %. La tendencia del uso de agua en la industria es creciente, como lo ilustra la **Figura 156**. Se espera que, en este sector, el uso de agua en el año 2030 puede oscilar entre 2500 millones de m<sup>3</sup> y 3000 millones de m<sup>3</sup>. Sin embargo, aunque el crecimiento potencial de la economía estará determinando el comportamiento del sector industrial, las perspectivas de política pública futura, como mejorar la productividad del agua hará más eficiente el uso de agua en la industria y, por lo tanto, es posible que se reduzca su consumo.



• **Figura 157.** Sector industria. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

#### 8.3.4.4 Sector hidrocarburos

La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en hidrocarburos tomó en cuenta las hipótesis construidas por Fedesarrollo para Ecopetrol en el Estudio sobre el *Impacto de la actividad petrolera en las regiones productoras de Colombia* (2017). En los tres escenarios hipotéticos la producción de petróleo cae sostenidamente:

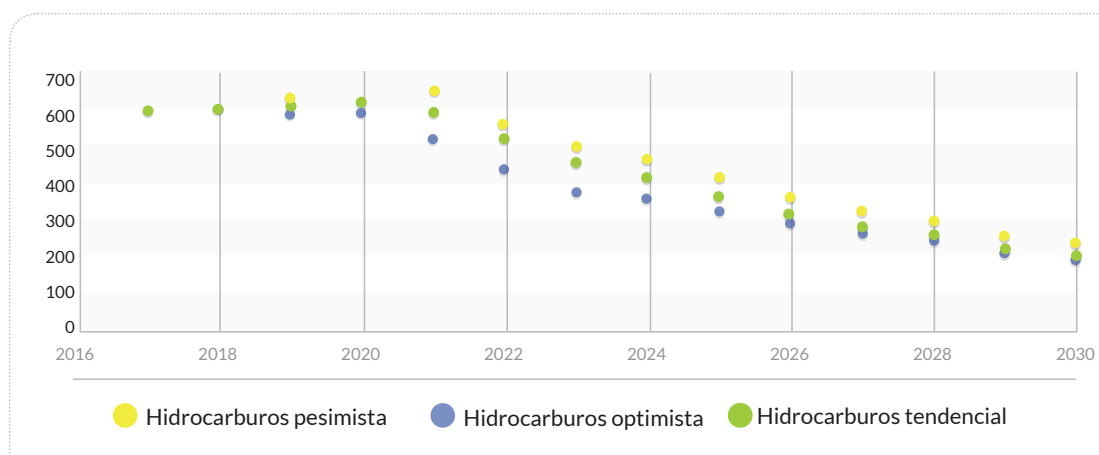
- El escenario tendencial supone una recuperación de la producción en los próximos años y ocurren unos descubrimientos modestos de nuevos yacimientos y mejora el recobro. No obstante, la producción cae, ya que existe un rezago entre el descubrimiento de yacimientos y el inicio de su explotación.
- Las tasas de crecimiento utilizadas para la construcción del escenario optimista de uso de agua o

escenario de mínima producción suponen una escasa recuperación de la actividad petrolera. Con una producción máxima esperada a 2020 de más de 800 mil barriles día, se supone que cae constantemente en los siguientes años. Los supuestos corresponden a la observación que las reservas de hidrocarburos han venido cayendo marcadamente en los últimos años, las cuales han disminuido desde 2014 en aprox. 28 %, sumado a la caída de los precios internacionales, los cuales han reducido la posibilidad de explotación de algunos yacimientos y las reservas de producción se ubican para cinco años, aproximadamente.

- El escenario pesimista o de máximo uso de agua supone una alta producción de petróleo para los próximos cinco años y un descenso suave en los

años posteriores. Se supone una senda de producción de petróleo con crecimiento no despreciable hasta 2021 hasta llegar a un millón de barriles diarios para luego descender a tasas de 280 mil barriles al día en el año 2030.

A partir de 2021, la producción en estos tres escenarios cae a una tasa constante. Las razones para este comportamiento es el supuesto de la estabilización del comportamiento de los precios en la próxima década de modo que se mantengan en 43 US\$ por barril. Las proyecciones se presentan en la **Figura 158** que evidencia una tendencia decreciente de uso de agua para el sector. Dadas las condiciones del mercado y el comportamiento de las reservas de petróleo, el uso de agua proyectado podría oscilar entre 181 y 218 millones de m<sup>3</sup> a 2030.



• **Figura 158.** Sector hidrocarburos. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

### 8.3.4.5 Sector minero

El uso de agua en minería incluye el uso de agua en oro y en carbón. La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en minería tomó en cuenta las siguientes hipótesis:

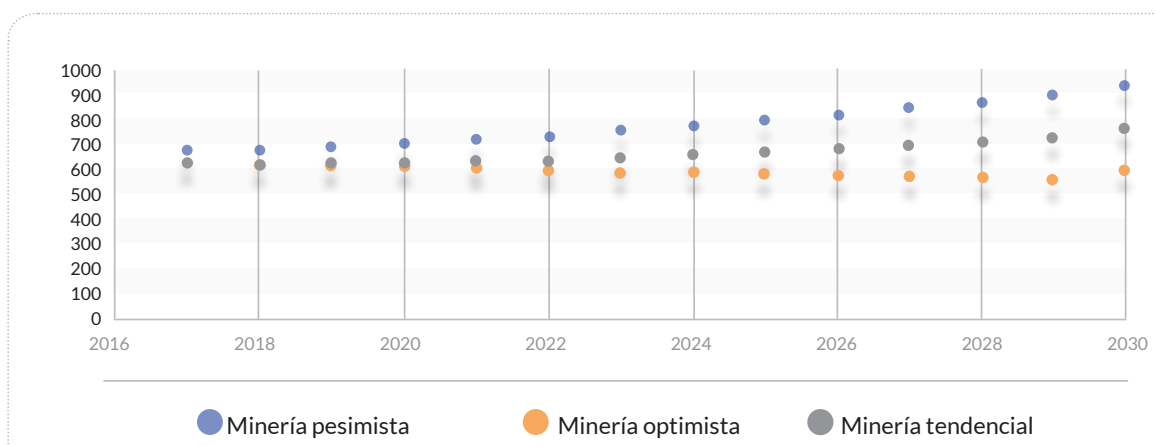
- El escenario pesimista o de máximo uso de agua se construyó a partir del crecimiento máximo esperado

de la producción de oro y de carbón. Las tasas de crecimiento de producción de carbón se basan en las tasas de crecimiento del sector minero elaboradas por Fedesarrollo y en la tasa estimada de crecimiento potencial de la economía (3,4 %) en el marco fiscal de mediano plazo del Ministerio de Hacienda y DNP. La producción de oro se proyectó con base en la tendencia de crecimiento de la producción de los últimos nueve años.

- El escenario tendencial o medio se entiende como el comportamiento de la demanda de agua por la producción de la minería de oro y carbón basado en las tasas de crecimiento del sector minero elaboradas por Fedesarrollo y en la tasa estimada de crecimiento potencial de la economía (3,4 %) en el marco fiscal de mediano plazo del Ministerio de Hacienda y DNP, con base en el comportamiento real de la producción.
- Las tasas de crecimiento utilizadas para la construcción del escenario optimista o de menor uso

de agua corresponden a las tasas de crecimiento mínimas esperadas de la producción de oro y carbón calculado con base en el crecimiento real del año anterior hasta 2030.

Las proyecciones se presentan como el consolidado del uso de agua en actividades de oro y carbón. El escenario optimista presenta un comportamiento decreciente a partir del año 2020 de acuerdo con la **Figura 159**. De acuerdo con el comportamiento de la producción minera de oro y carbón el uso de agua podría oscilar entre 552 y 915 millones de m<sup>3</sup> en el año 2030.



• **Figura 159.** Sector minero. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

De acuerdo con la Upme (2017), la oferta futura de carbón en el mundo estará determinada por los compromisos establecidos en materia de reducción de gases de efecto invernadero, establecidos en la reunión de la COP 21 en diciembre de 2015, y por la entrada de energías alternativas particularmente por el desarrollo de tecnologías más limpias para la producción de energía térmica, entre otros. “El precio internacional del carbón también jugará un papel central en el mediano y largo plazo, así como el crecimiento en la economía mundial, principalmente de los países emergentes como China e India, debido a su gran población” (Upme, 2017).

El oro participa en el 23 % de las exportaciones mineras del país. Aunque esto representa una mínima proporción del mercado internacional, el comportamiento de los precios mundiales incentiva su producción. Establecer una mejor tendencia de crecimiento requiere mejorar los registros nacionales de la extracción del mineral y del uso de agua, por cada uno de los tipos de explotación.

### 8.3.4.6 Hidroenergía y termoenergía

Las proyecciones de hidroenergía consideran dos escenarios posibles, de acuerdo con el Plan de Expansión Generación y Transmisión 2017–2031:

- El escenario pesimista no considera Hidroituango ni la expansión adicional definida como fija, la cual está conformada por ampliaciones de capacidad de proyectos existentes, proyectos próximos a entrar en operación, crecimiento proyectado de plantas menores y proyectos del cargo por confiabilidad.
- El escenario optimista considera un atraso de cinco años en la entrada en operación del proyecto Hidroituango y expansión adicional definida por el modelo de optimización a partir de las capacidades y tecnologías específicas. El escenario tendencial es el promedio de los dos primeros.

Es importante decir, que estos escenarios no consideran el impacto de la propuesta de ajuste a la metodología de cálculo del caudal ambiental expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ideam, lo cual puede causar variaciones importantes en los volúmenes de agua que efectivamente utilice el subsector eléctrico.

Con base en todo lo anterior, la proyección del sector se calcula como la cantidad de agua que se encuentra embalsado en cada momento del tiempo, para lo cual se utilizó resolución mensual.

La cantidad de agua embalsada se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$S_t = S_{(t-1)} + t(Q_{a,t} - Q_{T,t} - Q_{v,t})$$

Donde:

**S<sub>t</sub>**: almacenamiento en el instante t [m<sup>3</sup>]

**S<sub>t-1</sub>**: almacenamiento en el instante t-1 [m<sup>3</sup>]

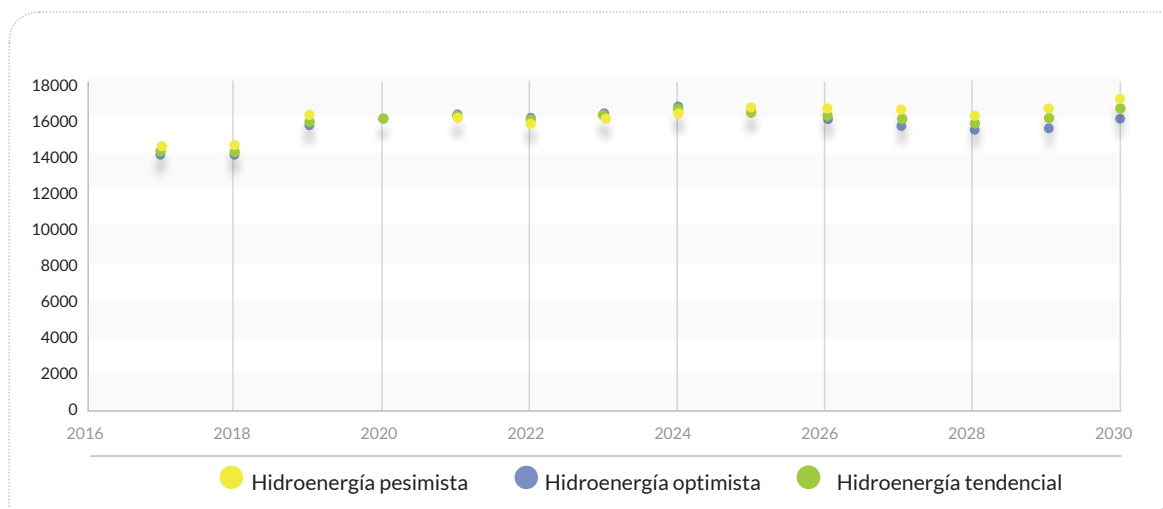
**T**: tiempo [s] {para cada intervalo corresponde a la cantidad de segundos en el mes}

**Q<sub>a,t</sub>**: caudal promedio aportado por la cuenca en el tiempo t [m<sup>3</sup>/s]

**Q<sub>T,t</sub>**: caudal promedio turbinado en el tiempo t [m<sup>3</sup>/s]

**Q<sub>v,t</sub>**: caudal promedio vertido en el tiempo t [m<sup>3</sup>/s]

Los resultados finales para el embalse agregado nacional para el periodo 2018–2030 se presentan en la **Figura 160**.

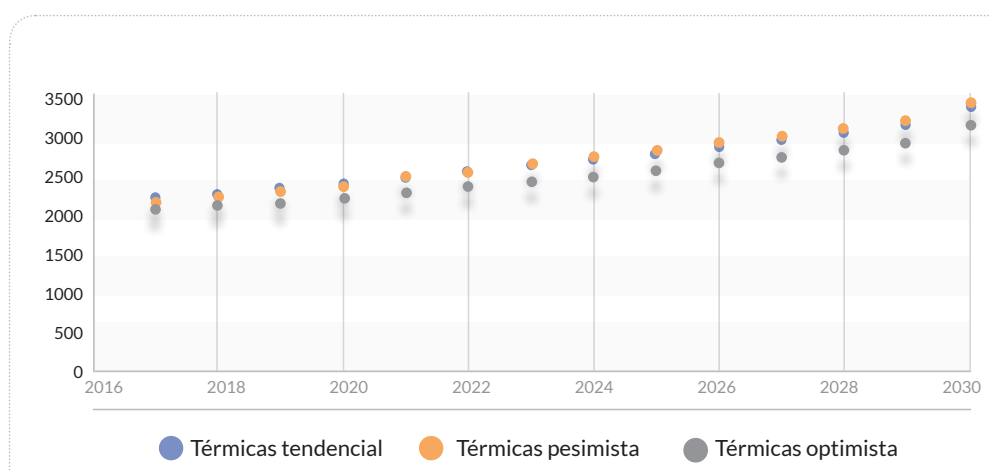


- **Figura 160.** Sector hidroenergía. Escenarios de uso de agua 2017–2030. Fuente: tomado de (Upme, 2018).



Según el Plan de Expansión de Generación y Transmisión Eléctrica 2017–2031 (Upme), en el corto plazo (a 2023) el sistema no requiere proyectos de generación adicionales a los ya definidos. Para el cumplimiento de la demanda de energía y potencia, en el horizonte 2023 a 2031, el plan considera proyectos a base de carbón y otros combustibles que amplíen la capacidad de generación en 210 MW y a gas por 302 MW.

La proyección de uso de agua por las térmicas según la Upme considera dos escenarios, en los cuales la matriz energética del país se modifique con una participación de energías alternativas a la hidráulica. Dicha participación se incrementa porque prevén la entrada de dos proyectos adicionales: Sucre–Córdoba a carbón y gas en Boyacá–Casanare. El comportamiento del uso de agua por escenarios se ilustra en la **Figura 161**.



• **Figura 161.** Sector termoenergía. Escenarios de uso de agua 2017–2030.

El objetivo del país para los próximos años es lograr una matriz energética más diversificada e impulsar las energías limpias como la energía eólica y la energía solar<sup>4</sup>. En todos los escenarios aumenta la generación de las térmicas y plantean que en 2030 como mínimo la termoenergía tendrá una participación dentro de la matriz energética del 27 % en el

escenario optimista y como máximo esta participación será del 29 % en el pesimista.

La Upme supone un crecimiento potencial de la economía de 3,6 % a 2022, menor que las previsiones del Ministerio de Hacienda y del Fondo Monetario Internacional (FMI), y en sus proyecciones incluye la demanda de energía asociada a la movilidad asociada a vehículos eléctricos y al metro de Bogotá y un incremento de consumo de electricidad per cápita de 2 % anual, asumiendo que el consumo de energía eléctrica del país está en función directa del crecimiento económico. Por las anteriores razones, el uso de agua proyectado en generación térmica oscilará entre 3081 millones de m<sup>3</sup> y 3400 millones de m<sup>3</sup> al año 2030.

<sup>4</sup> En este sentido, la Upme ha elaborado una serie de cinco escenarios posibles para la distribución de la matriz energética en Colombia en 2030, estos escenarios, teniendo en cuenta el compromiso adquirido por el cargo por confiabilidad de la hidroenergía de 1200 MW, plantean una expansión mínima adicional de este tipo de energía de 1427 MW y una expansión máxima adicional de 1878,8 MW, por lo que la generación de hidroenergía en Colombia para 2030 estará entre 13517,1 MW y 13968,9 MW (Enersinc, 2017).

### 8.3.4.7 Sector servicios

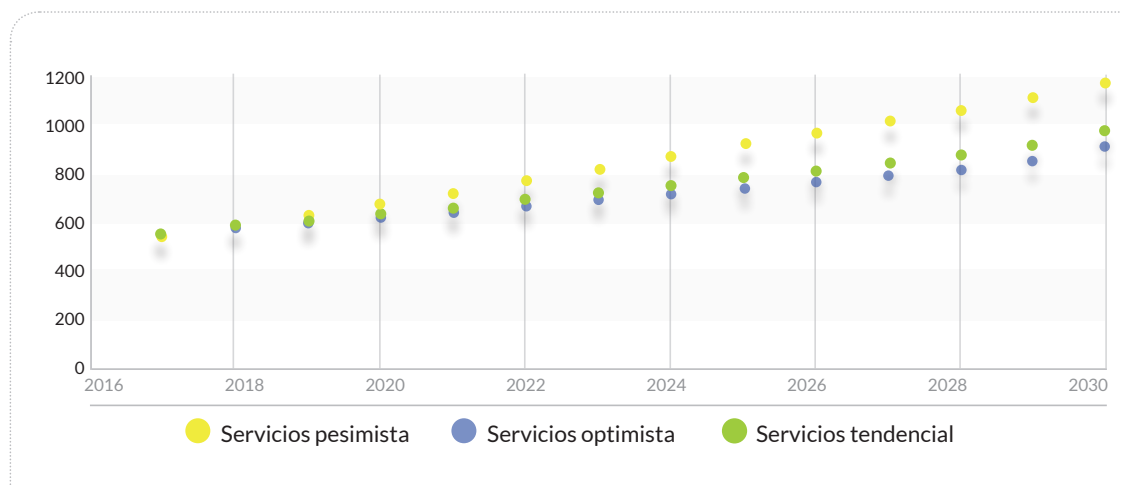
El uso de agua en el sector servicios incluye el uso de agua en comercio y servicios oficiales. La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en servicios tomó en cuenta las siguientes hipótesis:

- El escenario pesimista o de máximo uso de agua se construyó a partir del crecimiento máximo esperado de los establecimientos, tomando para ello los suscriptores a las redes de acueducto. Las tasas de crecimiento de los establecimientos de comercio y servicios se basan en las tasas de crecimiento del sector servicios elaboradas por Fedesarrollo y en la tasa estimada de crecimiento potencial de la economía (3,4 %), en el marco fiscal de mediano plazo del Ministerio de Hacienda y DNP.
- El escenario tendencial o medio se entiende como el comportamiento de la demanda de agua por los

establecimientos de comercio a partir de las tasas de crecimiento del sector elaboradas por Fedesarrollo y en la tasa estimada de crecimiento potencial de la economía (3,4 %), en el marco fiscal de mediano plazo del Ministerio de Hacienda y DNP. El crecimiento de los establecimientos de servicios se estima con base en el comportamiento histórico de suscriptores de una serie de nueve años.

- Las tasas de crecimiento utilizadas para la construcción del escenario optimista o de menor uso de agua corresponden a las tasas de crecimiento mínimas esperadas de uso de agua del sector servicios calculado con base en el crecimiento real del año anterior hasta 2030.

Las proyecciones se presentan como el consolidado del uso de agua en actividades de comercio y servicios. Los tres escenarios presentan un comportamiento creciente a partir del año 2020 de acuerdo con la **Figura 162**.



• **Figura 162.** Sector servicios. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

El uso de agua en servicios de acuerdo con la tendencia de crecimiento puede oscilar entre 885 millones de m<sup>3</sup> y 1060 millones de m<sup>3</sup>. Lo anterior explicado por el crecimiento del sector. Para el 2017 el sector

con mayor crecimiento fue el de servicios, (Andi, 2018). Aunque la desaceleración de la economía de ese año hace que la ANIF proyecte una dinámica decreciente en la coyuntura afectada, principalmente,

por el ciclo de menores ingresos de las actividades empresariales; los demás servicios, (por ejemplo, los relacionados con el turismo), mostraron una acelerada expansión del 8,1 % en el 2018, así que se prevé que el sector como un todo continúe un proceso de crecimiento (República, 2018).

### 8.3.4.8 Uso doméstico

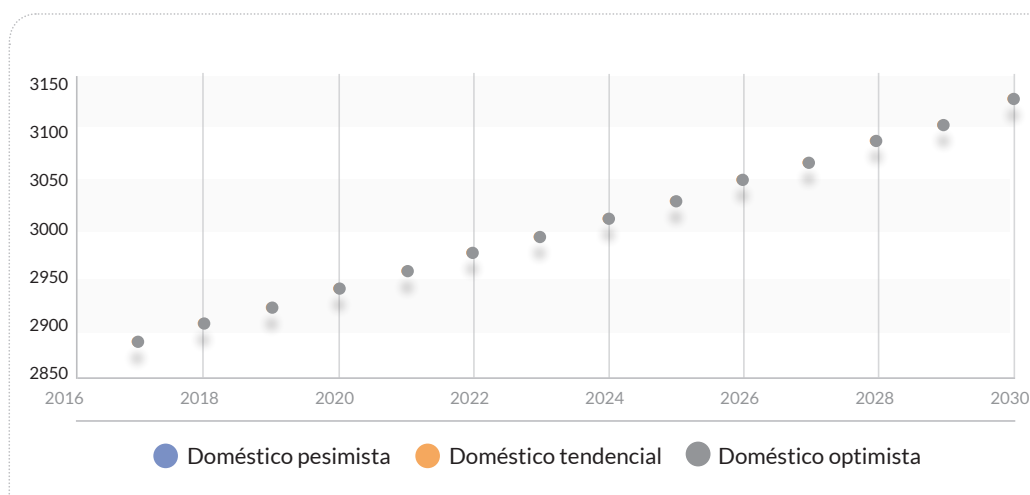
La construcción de escenarios para las proyecciones de uso de agua en las actividades domésticas tomó

en cuenta las tasas de crecimiento de la población elaboradas por el Dane a 2020 y el cálculo de la tendencia de la misma a 2030. Es un único escenario que permite observar que el uso de agua será creciente, pero su tasa de uso será cada vez más pequeña. Se espera alcanzar un factor de uso de 55 m<sup>3</sup> por habitante en 2030 como lo recoge la **Tabla 81**.

Se describe en la **Figura 163** la tendencia creciente, aunque con una disminución en los m<sup>3</sup> por habitante.

• **Tabla 81.** Factor de uso m<sup>3</sup>/habitante

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
58,7	58,4	58,1	57,8	57,6	57,3	57,0	56,8	56,5	56,3	56,0	55,7	55,5	55,2



• **Figura 163.** Uso doméstico. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

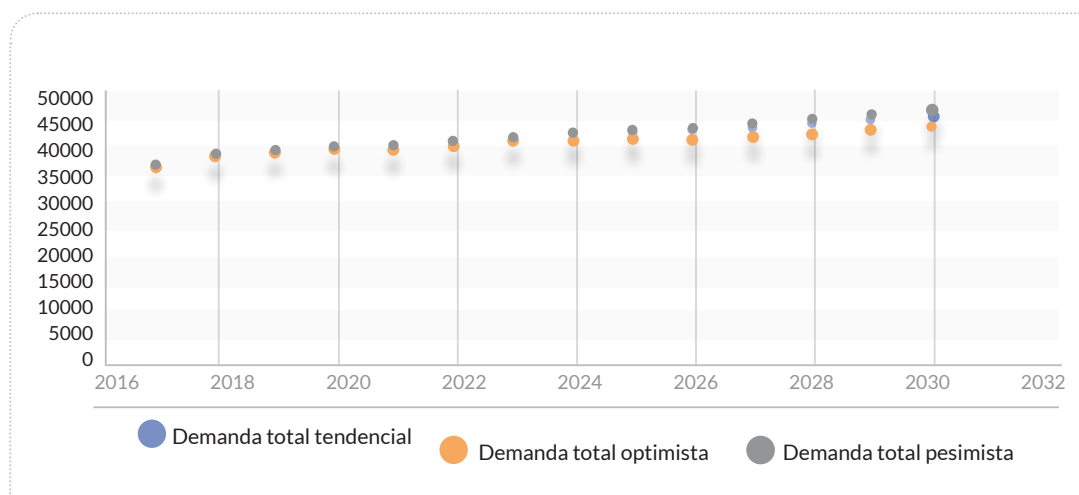
De acuerdo con el comportamiento del crecimiento de la población el uso de agua al año 2030 alcanzará los 3121 millones de m<sup>3</sup>. En los últimos años, la promoción del consumo eficiente de agua en las actividades domésticas y el desarrollo de estrategias para lograrlo es un factor a considerar en la moderación del uso de agua. El desincentivo para el uso excesivo

del agua establecido por la Resolución 726 de 2015 de la CRA continuará teniendo efectos positivos en la reducción del uso de agua por suscriptor. Otro factor importante a futuro es el relativo a las pérdidas en los acueductos, en donde la *Misión de Crecimiento Verde* propone el establecimiento de esquemas regionales dirigidos a la reducción de pérdidas.

### 8.3.5 Tendencia en la demanda total de agua

El comportamiento de las proyecciones de la demanda total de agua se consigna en la **Figura 164**. La demanda total se calcula como la sumatoria de cada uno de los sectores. Hay que anotar que este no incluye las proyecciones de uso agrícola ni de uso de hidroenergía. La demanda total también se presenta en tres escenarios: pesimista o uso máximo de agua, optimista uso mínimo de agua y tendencial o medio.

Para el año 2030 el uso de agua puede ascender en 45.988,1 millones de  $m^3$  y 46.612,2 millones de  $m^3$ . En todos los escenarios se observa una tendencia creciente de la demanda de agua. En el escenario pesimista la demanda de agua se incrementará en 27% a una tasa de crecimiento anual que oscila entre el 6% y el 2%. El escenario optimista prevé un incremento de uso de agua en 25% a 2030 con tasas de crecimiento similares al escenario pesimista. Finalmente, el escenario tendencial estima que la demanda total se incrementará en un 21% con una tasa de crecimiento anual que oscila entre el 5 y el 1%.



• **Figura 164.** Demanda total. Escenarios de uso de agua 2017-2030.

Agrupando todos los sectores la tendencia en el uso de agua es creciente. Estos resultados muestran que las previsiones no están tan alejadas unas de otras. El comportamiento es similar en los tres escenarios, debido a que los sectores de la economía continuarán en un proceso con pocos cambios estructurales.

Para el corto y mediano plazo se espera un incremento del uso agrícola de agua en Colombia, tal que la demanda de agua de los siete principales cultivos permanentes que requieren riego superará en 2030 los 11 227  $m^3$  de agua y la demanda de agua de los cuatro principales cultivos

transitorios superará los 1 649 millones de  $m^3$  de agua. Los protagonistas de la expansión agrícola serán precisamente los cultivos incentivados por la política nacional: palma de aceite, cacao y aguacate. Así que serán los responsables en mayor medida del aumento esperado del uso del agua en el país. Es necesario entonces que, así como se impulsa el crecimiento de estos cultivos, se generen incentivos para que los productores inviertan en tecnologías.

La hidroenergía y la agricultura serán los sectores con mayor uso a futuro. La demanda de agua a futuro continuará la tendencia creciente.

## 8.4 Estudio Nacional del Agua y la Cuenta Ambiental Y Económica de Flujos del Agua

La División de Estadísticas de Naciones Unidas (Denu) promueve la implementación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico (SCAE), marco central y sus extensiones. Entre sus recomendaciones se presentan elementos para la construcción de *las cuentas del agua*, que comprenden análisis y estimaciones en relación con el activo y los flujos del agua. Actualmente, el Dane presenta de manera periódica la Cuenta ambiental y económica de flujos de agua, cuyo resultado son estimaciones de los flujos físicos de agua en la economía.

Teniendo en cuenta que tanto el ENA como la cuenta tienen como elemento central el agua es pertinente presentar las principales características de cada estudio para entender el alcance de las cifras presentadas por el Dane y su relación con el Estudio Nacional del Agua (ENA).

El presente documento aborda los antecedentes de cada estudio y principales características, posteriormente se analiza las diferencias conceptuales y metodológicas en los temas de oferta y demanda de agua. Finalmente, se concluye con un análisis de los usos y potencialidades de cada estudio.

### 8.4.1 Antecedentes y alcance

El Estudio Nacional de Agua actualiza de manera periódica la evaluación de información orientada a determinar estado actual, dinámica y posibles escenarios futuros del agua en Colombia en sus componentes de oferta, demanda, calidad, disponibilidad y riesgo a partir de sus características, dinámica e interacciones con el medio natural y con la sociedad. A la

fecha se han divulgado estudios en los años 1998, 2000, 2004, 2008, 2010, 2014 y 2018.

Por su parte, en el ámbito internacional, las Cuentas del agua surgen en el marco del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAE, por sus siglas en inglés) propuesto por la División de Estadísticas de Naciones Unidas, el cual busca incorporar los conceptos de uso y agotamiento de los recursos naturales a los Sistemas de Cuentas Nacionales (SCN).

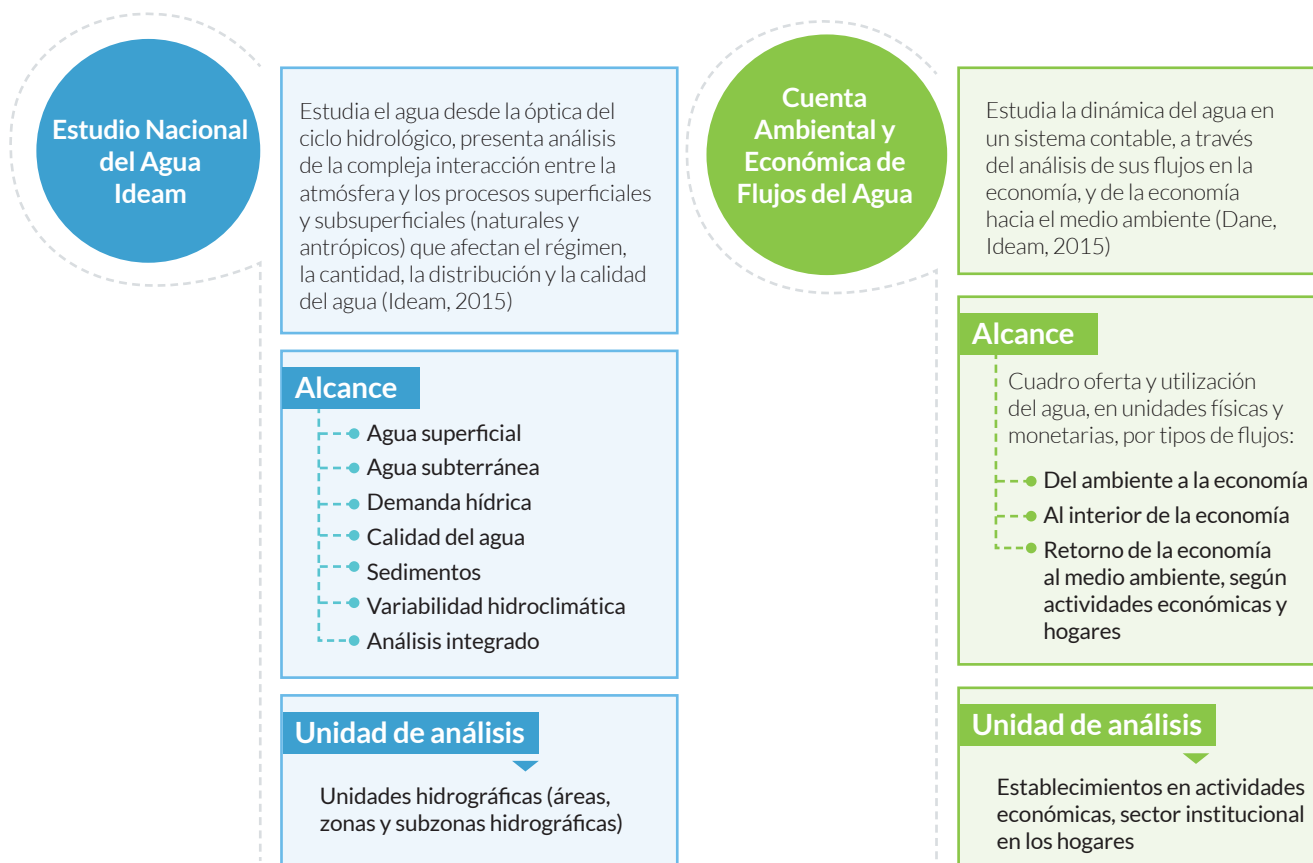
De los SCN se obtiene el Producto Interno Bruto y Valor Agregado que se usan para evaluar el crecimiento, la evolución y la estructura de la economía un país. Si bien, estos indicadores permiten evaluar el desempeño económico, no reconocen las complejidades de los sistemas naturales ni cómo la provisión y agotamiento de recursos naturales pueden modificar los patrones de producción y consumo; por lo tanto, en general las cuentas ambientales buscan perfeccionar e incorporar estos elementos al análisis macroeconómico.

En Colombia, la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Agua hace parte de los desarrollos metodológicos de las cuentas ambientales y económicas elaboradas por el Dane, a través de la Cuenta satélite ambiental (CSA). Durante el 2015, en el marco de la iniciativa de Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas (WAVES, por sus siglas en inglés) se construyó interinstitucionalmente la primera aproximación de la Cuenta Nacional del Agua (activos y flujos), ejercicio que permitió el acercamiento entre las dimensiones ambiental y económica lideradas por el Ideam y el Dane, en

torno a la armonización de conceptos, comprensión de metodologías y fortalecimiento de los procesos institucionales (Dane, Ideam, 2015).

Con relación a lo anterior, es importante mencionar que aun cuando el trabajo realizado tanto por

el Ideam como por el Dane tiene como elemento central el estudio de las dinámicas del agua, existen diferencias conceptuales, metodológicas y del ámbito de aplicación. En la **Figura 165** se presenta una síntesis de las principales características de estas investigaciones.



• **Figura 165.** Principales características del Estudio Nacional del Agua y la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Agua.

En el ENA se prioriza el enfoque espacial y en consecuencia se busca que la información de oferta y demanda de agua sea representativa a las unidades hidrográficas objeto de estudio, se realiza además un análisis integrado orientado a identificar las condiciones de fragilidad de las subzonas hidrográficas en función de la ponderación asignada a diferentes parámetros.

Por su parte, en la Cuenta del Agua se prioriza el análisis de los flujos de agua en las actividades económicas, los hogares y el comercio externo (importaciones y exportaciones) y el papel del ambiente como proveedor del recurso y receptor de vertimientos.

En la Cuenta del Agua, los resultados corresponden a un año corriente comprendido entre el 1 de enero

y 31 de diciembre de cada año, mientras que en el ENA dado que se toma al partir del ciclo hidrológico se contempla el análisis de condiciones hidrológicas extremas para la oferta y proyecciones para la demanda y, como se mencionó anteriormente, la estimación de la demanda y evaluación integrada se realiza con una periodicidad de cuatro años y se toma un año de referencia.

## 8.4.2 Diferencias conceptuales y metodológicas

Si bien tanto la Cuenta del Agua como el ENA tienen como objeto de análisis el agua sus manifestaciones y relaciones, existen diferencias conceptuales y metodológicas que hacen que los estudios sean complementarios, como es el caso del análisis de la oferta y diferentes como en el caso de la estimación de la demanda y la calidad del recurso hídrico. Las principales diferencias se exponen a continuación.

### Análisis de la oferta

La Cuenta del Agua, en su definición más amplia, se centra en evaluar si las pautas actuales de actividad económica están agotando los activos ambientales disponibles; para lo cual se registran las existencias iniciales y finales de activos ambientales en un período contable. Para este caso en particular, el activo hace referencia al volumen de agua almacenado en ríos, lagunas, glaciares, embalses y su variación al finalizar el año respecto al valor registrado al inicio del mismo. Si bien el Dane no elabora esta cuenta de manera periódica, se realizó una primera aproximación en el marco de la iniciativa WAVES (Dane, Ideam, 2015).

De este ejercicio se concluyó que la contabilización de agua en términos de *stock* resulta compleja por las características dinámicas del recurso. La oferta hídrica está condicionada por la ubicación, distribución y

características de los cuerpos de agua, así como por la variabilidad climática; por lo tanto, de acuerdo al periodo de estudio se puede observar variaciones en el *stock*, sin que esto signifique una presión externa sobre el recurso o un agotamiento.

Así mismo, las condiciones físico-químicas del recurso determinan la disponibilidad para sus diferentes usos y en ese sentido es necesario conocer las condiciones del mismo en un periodo determinado de forma complementaria al volumen de agua depositado en los cuerpos de agua.

### Análisis de la demanda

En el ENA la demanda de agua se define como el volumen de agua extraído del sistema natural en un año de referencia, para ser usado por las actividades económicas y las personas; el volumen de agua extraída se calcula por: i) sectores, entendidos estos como las principales actividades económicas del país y ii) unidades hidrográficas (área, zona y subzona hidrográfica).

Adicionalmente, desde el enfoque espacial se incorporan los conceptos de huellas hídricas azul y verde. La primera de ellas corresponde al volumen de agua extraído para el uso y el consumo, que no es retornado a la fuente de origen, y que, por lo tanto, fue incorporado al producto, evaporado o trasvasado. Mientras la segunda representa el uso natural del agua de la humedad del suelo que proviene de la lluvia (agua verde), que se presenta por parte de la vegetación inducida (agricultura) y, por lo tanto, es asociada a un proceso antrópico.

Desde la perspectiva de la Cuenta del Agua, uno de los objetivos es poder establecer las relaciones entre el uso de los recursos naturales y los patrones de producción y consumo de las economías y realizar comparaciones con otros países, para lo cual se proponen una serie de indicadores que incluyen

los de productividad e intensidad, que muestran la eficiencia en el uso del agua al interior del circuito económico.

En el caso de la productividad, la eficiencia es medida como el valor agregado<sup>5</sup> en pesos, por cada litro de agua utilizado; mientras que la intensidad se mide como los litros de agua usados por cada peso de valor agregado generado (Dane, 2016). Estos indicadores permiten identificar tendencias en el uso del agua e identificar hitos en una serie de tiempo; sin embar-

<sup>5</sup> El valor agregado es el valor adicional creado en el proceso de producción por efecto de la combinación de factores. Se obtiene como diferencia entre el valor de la producción bruta y los consumos intermedios empleados, y contiene la remuneración de los asalariados, impuestos indirectos netos de subsidios, consumo de capital fijo y el excedente de explotación (Dane, 2017).

go, para su adecuada interpretación, es necesario considerar las diferencias de tecnologías que existen entre sectores y que al interior de cada sector existen diferentes actividades económicas y productos diversos que tienen diferentes comportamientos en relación con el uso y contaminación del agua.

El ENA hace una síntesis que se expresa en un conjunto de indicadores que dan cuenta del régimen natural de los sistemas hídricos y la relación con la acción de intervención antrópica en diferentes unidades hidrológicas con el propósito de proporcionar información diferencial de acuerdo con la distribución tanto de la oferta como de la demanda al interior del país. En la **Tabla 82** se muestran las principales diferencias metodológicas para la estimación de la demanda.

- **Tabla 82.** Resumen de las características de estimación de la demanda de agua en el ENA y la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Agua

Sector	ENA	Cuenta Ambiental y Económica del Agua	Observaciones
Agrícola	Se toma como uso de agua los requerimientos hídricos de los cultivos a partir del balance de agua en el suelo, se tienen en cuenta las variaciones espaciales y temporales de la precipitación y las características del suelo, actividades poscosecha agrícolas. Hace referencia al consumo de agua (superficial y subterránea), en las etapas posteriores a la recolección de la cosecha para cultivos de palma, banana, café y coca (se contemplan 44 cultivos entre transitorios y permanentes).	Se definen indicadores de requerimiento de agua de los cultivos agrícolas, a partir del área sembrada y cosechada, producción y rendimiento, de acuerdo con las fuentes de información utilizadas en las Cuentas Anuales de Bienes y Servicios de las Cuentas Nacionales.	Diferencia en el método de cálculo y universos de estudios.
Pecuario	Se estima uso el agua requerida para las actividades de levante, cría, mantenimiento y sacrificio de bovinos (leche, engorde y doble propósito), porcinos y avícola.	Se incorpora el uso de agua utilizada en el proceso de producción, levante y mantenimiento en la cría de animales. No se incluye el sacrificio de los animales en esta actividad económica, puesto que esta es una actividad industrial según la CIIU Rev. 4 AC.	Difieren los universos de estudio, puesto que ENA incorpora las actividades de sacrificio, de igual manera se presenta diferencia en fuentes de información.



Continuación Tabla 82

Sector	ENA	Cuenta Ambiental y Económica del Agua	Observaciones
Piscícola	Se estima el agua usada por trucha, tilapia, cachama, en estanque y lo derivado con el beneficio de los animales. (ver 6.1. Aspectos conceptuales y metodológicos de la demanda y la huella hídrica).	Se estima el uso de agua en la actividad de pesca y acuicultura de acuerdo con la información registrada por las Cuentas Anuales de Bienes y Servicios.	Diferencia en el método de cálculo y universos de estudio.
Doméstico	Se calcula en el requerimiento de agua por persona, con base en la información del Sistema de Información de Servicios Públicos Domiciliarios, se completa y ajusta la estimación con criterios de la distribución geográfica de la población. (ver Aspectos conceptuales y metodológicos de la Estudio Nacional del Agua, 2010 y 2014).	Se estima a través de la actividad de captación, tratamiento y distribución de agua por acueducto, según la información de los estados financieros de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.	Diferencia en el método de cálculo y universos de estudios.
Energía eléctrica	Se registra como uso de agua la variación anual del volumen que permanece retenido por los embalses para la generación de energía eléctrica. Aunque no suma a la demanda total ni se contabiliza para el índice de uso, se presenta el agua turbinada para grandes hidroeléctricas y PCH.	Se estima a partir de la generación de energía hídrica y, posteriormente, se realiza la conversión del agua requerida para generar dicha energía, según la capacidad instalada y utilizada en las plantas generadoras.	Existe una diferencia conceptual a lo que se interpreta como uso de agua.
Hidrocarburos	Comprende la extracción de agua para exploración, producción, transporte y refinación del petróleo	Se registra el volumen de agua utilizada en el proceso de refinación del petróleo, de acuerdo con la Encuesta Ambiental Industrial (EAI).	Se presenta diferencia en el universo de estudio y metodología.
Minería	Comprende la extracción de agua para explotación y beneficio carbón, oro y otros minerales.	A la fecha no se presenta estimación.	No aplica.
Industria	Volumen de agua usada por grandes y pequeñas industrias registrada en las siguientes fuentes de información EAM y EAI RUA y SIRH (ver 6.1. Aspectos conceptuales y metodológicos de la demanda y la huella hídrica).	Se registra el volumen de agua usado por la industria manufacturera a partir de la Encuesta Ambiental Industrial (EAI) y se ajusta el nivel de agua de acuerdo con la cobertura que presenta la Encuesta por actividades económicas en las Cuentas anuales de bienes y servicios.	Diferentes fuentes de información.
Construcción	Volumen de agua para uso de la actividad de construcción (obras de ingeniería civil y construcciones de edificios y viviendas) se estima a partir de la información registrada en el SIRH.	Se realiza la estimación a partir de la matriz de consumos intermedios, en donde se registra el valor del consumo de agua de esta actividad económica, de acuerdo a las estimaciones realizadas por las Cuentas Anuales de Bienes y Servicios.	Diferentes fuentes de información.
Servicios	Corresponde al uso de agua registrado en el Sistema Único de Información sobre Servicios Públicos, como comercial, y servicios.	Se realiza la estimación a partir de la matriz de consumos intermedios, en donde se registra el valor del consumo de agua de esta actividad económica, de acuerdo a las estimaciones realizadas por las Cuentas Anuales de Bienes y Servicios.	Diferentes fuentes de información.

### 8.4.3 Usos de cada herramienta

Desde el año 2012, la División de Estadísticas de Naciones Unidas promueve la integración de las estadísticas sectoriales de acuerdo con las recomendaciones del SCAE (Naciones Unidas, Comisión Europea, FAO, OCDE, Banco Mundial, 2012), puesto que es considerado como un marco de referencia conceptual para la integración de información bajo un mismo estándar, que facilita la comparabilidad internacional de resultados coherentes. Tanto el SCAE como el RIEA presentan recomendaciones que responden específicamente a las necesidades de gestión del agua, al diseño y evaluación de políticas. Por lo tanto, la información producida por el Dane es un complemento al Sistema de Cuentas Nacionales y contribuye al análisis de políticas económicas del país.

Por su parte, el ENA está orientado básicamente a determinar la situación actual y posibles escenarios futuros del agua en Colombia en sus componentes de oferta, demanda, calidad, disponibilidad y riesgo, a partir de sus características, dinámica e interacciones con el medio natural y con la sociedad; proporcionando información indicativa para la gestión del agua en el ámbito regional.

Los dos estudios presentan información indicativa y relevante sobre las dinámicas del agua, el uso de cada estudio está en función de las necesidades de información por parte de los diversos usuarios, y es oportuno que se generen espacios de trabajo conjuntos para aunar esfuerzos orientados a fortalecer los marcos estadísticos de la información básica sobre demanda del recurso, así como mejorar la coherencia entre los datos de orden biofísico, social y económico.

# CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA EVALUACIÓN NACIONAL DEL AGUA

---

CAPÍTULO

09

Este capítulo final contiene dos aspectos que no constituyen conclusiones, pero que sí requieren una lectura a conciencia para asegurar la sostenibilidad del agua y el recurso hídrico en Colombia en el futuro. Se presentan como *consideraciones e ideas fuerza o mensajes guía* que se construyen desde el privilegiado panel de científicos que elaboran este ENA 2018.

Este capítulo final contiene dos aspectos que no constituyen conclusiones, pero que sí requieren una lectura a conciencia para asegurar la sostenibilidad del agua y el recurso hídrico en Colombia en el futuro. Se presentan como *consideraciones e ideas fuerza o mensajes guía* que se construyen desde el privilegiado panel de científicos que elaboran este ENA 2018.

## Consideraciones

El ENA 2018 permite dejar algunas consideraciones que deben contribuir a fortalecer y ampliar el conocimiento de los recursos hídricos en Colombia. En este sentido, es pertinente resaltar algunos aspectos que se deben tener en cuenta para profundizar en el dominio de la información y el conocimiento sobre el ciclo hidrológico:

- Aun cuando se ha mejorado de manera ostensible la cobertura temática, todavía queda pendiente por mejorar la resolución espacial y temporal de temas relacionados con usos del agua, calidad y aguas subterráneas. Adicionalmente, persisten las deficiencias de información y de monitoreo para consolidar la evaluación integral y confiable de los siguientes aspectos: cargas contaminantes puntuales y difusas (generadas, tratadas y vertidas); fuentes hídricas de abastecimiento y receptoras de vertimientos (sectores usuarios del recurso); vulnerabilidad al desabastecimiento de la población y otros sectores; variabilidad y cambio climático; y usos del agua (en fuentes de información, sistemas de información, factores de consumo, pérdidas y retornos, entre otros). Finalmente, es necesario contar con estadísticas e información base sobre la infraestructura hidráulica (embalses, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas potabilizadoras, agua en bloque, distritos de riego, etc.).
- Se requiere intensificar el monitoreo de referencia nacional y regional de calidad del agua y de aguas subterráneas (en cantidad y calidad), dado

que la información disponible es inexacta e insuficiente para cubrir los aspectos requeridos para una evaluación integral. Asimismo, se debe mejorar la información de fuentes abastecedoras de acueductos tanto en la georreferenciación de los puntos de captación como en su caracterización física y química.

- Aunque se reconoce una mejor interacción, es perentorio fortalecer el trabajo interinstitucional coordinado y sistemático para mejorar la calidad, cantidad, oportunidad y coherencia de las estadísticas y la información (SIRH, SUI, RUA, censos y estadísticas, instrumentos de recolección de información minera, etc.). Esto incluye el establecimiento de mesas técnicas de trabajo con los sectores usuarios del recurso y con las entidades generadoras de información básica y sectorial sobre los aspectos identificados en el proceso de construcción del ENA.
- Además, se sugiere seguir avanzando en la sistematización y automatización de los procesos del ENA en las diferentes temáticas, generación de indicadores y análisis integrado.

Con vistas al futuro y mediante procedimientos claros, se debe preservar la coherencia y complementariedad de la Evaluación Nacional con las Evaluaciones Regionales del Agua (ERA) que desarrollan las autoridades ambientales competentes en el marco de la PNGIRH y el Decreto 1640 de 2012.

## Ideas fuerza o mensajes guía

En este capítulo de cierre del ENA 2018, además de las consideraciones anteriores se formulan algunas *ideas fuerza o mensajes guía* que no deben ser vistas desde la trivialidad de su enunciado, sino desde la profundidad de su contenido.

### ***El agua es de todos, es motor de desarrollo, pero depende del compromiso de todos.***

- La conservación de las características y la dinámica del agua dependen de la salud de los ecosistemas, del uso eficiente y del manejo responsable de los recursos naturales.
- El agua es motor de desarrollo, pero puede también ser vía para enfermedades, afectar la calidad de vida de la población y generar desastres. Por lo tanto, la evaluación del agua y de los recursos hídricos debe abarcar el dominio de los servicios ecosistémicos que provee en sus ámbitos meteorológicos, superficiales y subterráneos, y su papel como factor detonante de procesos asociados a los escenarios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. La complejidad geológica y geomorfológica comporta un conocimiento de la dinámica de aguas subterráneas como detonante de procesos de avenidas torrenciales y remoción en masa.
- Buscar el equilibrio para proteger la sostenibilidad del territorio, en particular la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (ODS 6, Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6), lo que implica un compromiso de monitoreo, evaluación y gestión de la calidad del agua. Así mismo, se deben reconocer las potencialidades y restricciones de los sistemas hídricos para hacer una gestión enfocada en la demanda más

que en el creciente aprovisionamiento de la oferta. En este sentido, es perentorio explorar alternativas de uso conjunto de “agua superficial-agua subterránea”, recarga artificial, cosecha de agua lluvia, reúso y otras tecnologías que propicien el ahorro y uso eficiente del agua y el recurso hídrico.

- También se desprende de este Estudio la necesidad de profundizar en soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para la producción sostenible de alimentos, mejora de los asentamientos urbanos, acceso al suministro de agua potable y al saneamiento, y reducción de riesgos de desastres relacionados con el agua. Las SbN fomentan la reducción del desperdicio para evitar la contaminación (a través de la reutilización y el reciclaje) y, además, contribuyen a mejorar la salud humana y la de los ecosistemas.

### ***Colombia cuenta con información nacional sobre el agua para tomar decisiones y focalizar acciones sectoriales y regionales de gestión.***

- Se conoce cuánta agua hay, cómo se distribuye, dónde y en qué medida se manifiestan presiones por uso, contaminación, intervención sobre los ecosistemas y degradación de suelos.
- Se necesita un análisis multisectorial basado en las evaluaciones nacionales que involucre lo regional y los sectores usuarios del recurso, con información de mayor resolución que soporte la toma de decisiones.
- A pesar de que se tiene información sobre la calidad del agua, se requiere estructurar un sistema de monitoreo y control que amplíe la cobertura

temática y geográfica, orientado a generar datos suficientes y adecuados.

- Es necesario abordar la debilidad en los sistemas de monitoreo y control de extracciones de agua de fuentes naturales y de vertimientos.

***La disponibilidad de agua dulce depende del agua superficial y subterránea; no solo de la cantidad, sino también de la calidad y de su distribución espacial y temporal.***

- La conservación de los ecosistemas terrestres depende de la cantidad de agua y de su adecuada calidad.
- Es necesario anticiparse a la estacionalidad, variabilidad y cambio climático para manejar la oferta suficiente que se tiene, y hacer uso eficiente y sostenible del recurso hídrico.

- Se requiere fortalecer la gestión integrada basada en información de agua superficial y subterránea.

***Los sectores usuarios del recurso hídrico son causa y a la vez sufren las consecuencias de la contaminación y de los cambios en la disponibilidad.***

- Esta sentencia es importante, ya que implica un compromiso real y necesario sustentado en alianzas público-privadas para el monitoreo, la evaluación y la gestión integrada del agua.

De esta manera, culmina un esfuerzo interdisciplinario e interinstitucional que se espera sea referente para fortalecer decisiones en el marco de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia, y formular acciones y estrategias para cubrir las deficiencias de información y conocimiento que se han resaltado a lo largo de todo el Estudio.

# ANEXOS

---

## **Anexo 1.**

Valores por subzona hidrográfica de oferta y demanda hídrica, calidad de agua y zonas potencialmente inundables.

SZH	Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )		Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
<b>Área Hidrográfica Caribe</b>																		
<b>Zona Hidrográfica Atrato-Darién</b>																		
1101	Río Andágueda	902	7 492.1	3 090.5	13 387.7	0.13	3 575.0	1 474.7	6 388.3	2.89	0.98	7.19	348.1	76.14	75.58	28.57	8.47	29.65
1102	Alto Atrato	1 668	9 803.8	4 782.5	19 200.1	0.14	4 355.7	2 124.8	8 530.4	16.46	0.87	92.94	162.65	354.87	346.39	135.67	42.09	31.02
1103	Río Quito	1 817	11 032.1	6 145.9	20 700.5	0.14	5 625.0	3 133.7	10 554.8	27.50	0.65	42.72	251.55	550.18	546.14	271.24	73.56	27.12
1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (md)	2 598	18 319.3	8 782.4	31 816.4	0.13	10 709.9	5 134.4	18 600.6	5.75	0.79	58.34	16.88	36.91	36.64	279.46	39.13	14.00
1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (mi)	3 094	17 747.7	9 665.4	28 659.6	0.15	5 563.2	3 029.7	8 983.6	0.89	1.09	71.57	76.40	167.10	165.88	361.83	20.23	5.59
1106	Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murri (md)	1 605	6 369.5	3 406.9	11 217.9	0.14	1 743.5	932.5	3 070.6	0.44	0.48	85.68	S.I.	S.I.	S.I.	489.12	44.57	9.11
1107	Río Murri	3 472	9 826.0	4 108.1	19 218.2	0.14	4 459.3	1 864.4	8 721.8	15.49	2.93	392.75	394.10	744.29	741.94	235.06	132.79	56.49
1108	Río Bojayá	1 820	8 765.8	4 434.3	15 124.1	0.17	3 916.6	1 981.3	6 757.6	0.08	0.08	18.43	S.I.	S.I.	S.I.	50.59	11.13	22.00
1109	Río Napipi - río Opogadó	1 120	4 561.3	2 306.0	8 002.4	0.17	2 036.4	1 029.5	3 572.7	0.78	0.45	18.09	S.I.	S.I.	S.I.	229.50	21.94	9.56
1110	Río Murindó - Directos al Atrato	2 656	8 809.2	4 408.7	17 789.0	0.12	4 389.0	2 196.6	8 863.1	8.76	4.43	99.02	52.40	99.43	113.52	1 375.45	108.13	7.86
1111	Río Sucio	5 376	14 535.8	6 041.8	30 057.7	0.12	6 004.4	2 495.7	12 416.1	59.89	19.12	1 296.03	897.95	1 778.34	1 728.28	1 587.13	654.75	41.25
1112	Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	5 844	15 169.8	6 244.2	34 311.5	0.17	5 872.7	2 417.3	13 282.9	10.94	6.98	315.45	S.I.	S.I.	S.I.	1 316.07	66.37	5.04
1113	Río Cacarica	1 158	1 866.5	618.9	4 943.6	0.19	826.6	274.1	2 189.3	3.87	2.28	80.95	S.I.	S.I.	S.I.	135.68	0.00	0.00
1114	Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	2 056	4 407.3	1 464.3	11 761.7	0.13	1 944.3	646.0	5 188.7	23.37	16.11	533.03	S.I.	S.I.	S.I.	1 924.14	585.53	30.43
1115	Río Tanelá y otros Directos al Caribe	1 451	2 757.6	752.8	8 098.9	0.19	1 226.3	334.8	3 601.5	23.31	11.11	599.78	70.77	154.75	153.55	378.29	74.91	19.80
1116	Río Tolo y otros Directos al Caribe	714	1 667.9	518.1	4 560.3	0.18	737.3	229.0	2 016.0	18.09	2.70	301.53	78.34	171.34	170.08	38.06	22.19	58.30
1117	Río Cabi y otros Directos Atrato (md)	468	3 456.9	2 026.1	5 808.8	0.13	1 412.7	828.0	2 373.8	27.05	0.26	15.82	1 704.53	3 709.49	3 645.97	41.03	7.37	17.96
<b>Zona Hidrográfica Caribe Litoral</b>																		
1201	Río León	2 278	5 305.2	1 649.1	14 794.1	0.13	3 377.0	1 049.7	9 416.9	172.38	80.61	1 523.80	4 766.72	10 131.79	10 255.36	945.88	805.12	85.12
1202	Río Mulatoy otros directos al Caribe	2 981	1 297.0	316.0	4 503.2	0.13	975.4	237.7	3 386.8	247.99	107.90	2 219.04	1 690.91	2 997.65	2 612.91	419.69	297.35	70.85



Zonificación hidrográfica			Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)		Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
1203	Río San Juan	1 444	512,3	154,8	1 326,3	0,09	430,6	130,1	1 114,8	82,26	43,78	1 214,22	201,89	395,14	399,46	337,44	316,28	93,73
1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	1 898	940,9	379,0	1 747,6	0,07	561,1	226,0	1 042,3	240,67	123,86	1 989,05	495,20	1 067,58	1 027,52	211,33	191,60	90,66
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	2 506	1 140,0	505,4	2 015,5	0,11	969,7	429,9	1 714,4	207,05	97,11	1 810,99	963,42	2 244,31	2 298,40	532,41	410,71	77,14
1206	Arroyos Directos al Caribe	1 868	436,5	172,5	919,1	0,12	254,1	100,4	534,9	666,38	231,22	1 157,86	25 524,53	152 090,76	15 299,63	59,82	17,31	28,94
<b>Zona Hidrográfica Sinú</b>																		
1301	Alto Sinú - Urrá	4 596	9 886,9	4 096,4	22 465,8	0,12	6 416,7	2 658,6	14 580,5	783,33	100,26	808,00	S.I.	S.I.	S.I.	9,38	1,17	12,47
1302	Medio Sinú	3 927	2 733,5	1 310,7	4 741,4	0,07	1 694,1	812,3	2 938,4	382,80	201,44	2 987,48	560,45	1 866,44	1 654,16	374,96	355,13	94,71
1303	Bajo Sinú	5 580	2 091,9	1 085,3	3 397,1	0,09	1 182,6	613,5	1 920,5	631,04	235,98	4 666,32	7 553,88	17 523,87	15 878,24	1 236,85	873,67	70,64
<b>Zona Hidrográfica Caribe - Guajira</b>																		
1501	Río Piedras - río Manzanares	930	971,7	206,7	3 496,9	0,18	701,9	149,3	2 526,0	147,04	64,32	183,78	2 715,90	5 617,55	4 301,46	21,29	8,67	40,72
1502	Río Don Diego	542	1 227,7	309,2	4 458,9	0,21	762,2	192,0	2 768,3	8,50	5,49	70,01	S.I.	S.I.	S.I.	1,23	0,90	73,17
1503	Río Ancho y Otros Directos al Caribe	1 956	2 213,6	556,1	8 645,2	0,23	1 277,2	320,9	4 988,2	170,76	20,25	289,76	95,73	203,02	199,21	27,11	10,33	38,10
1504	Río Tapias	1 079	700,1	82,0	2 551,8	0,17	574,7	67,3	2 094,9	40,80	21,45	251,58	S.I.	S.I.	S.I.	5,53	0,00	0,00
1505	Río Camarones y otros directos Caribe	894	1 730	19,1	790,8	0,16	1 133	12,5	517,8	17,43	9,67	169,07	S.I.	S.I.	S.I.	41,57	2,49	5,99
1506	Río Ranchería	4 286	944,2	86,2	4 302,9	0,11	776,3	70,9	3 538,0	132,83	56,80	1 170,50	4 364,86	9 434,41	9 627,58	86,05	51,72	60,10
1507	Directos Caribe - Ay Sharihana Alta Guajira	5 387	1 42,9	14,0	766,7	0,05	138,9	13,6	745,4	22,50	2,48	29,67	581,56	1 291,32	1 323,12	262,08	15,92	6,07
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	5 662	246,8	16,0	1 586,2	0,04	240,0	15,5	1 542,7	24,22	7,39	97,49	773,71	3 455,20	3 083,18	103,16	0,00	0,00
1509	Río Guachaca - Mendiguaca y Burtaca	685	1 638,2	356,0	6 472,2	0,23	980,9	213,2	3 875,4	23,75	13,92	136,98	S.I.	S.I.	S.I.	24,96	18,52	74,20
<b>Zona Hidrográfica Cataumbo</b>																		
1601	Río Pamplonita	1 406	662,5	178,6	1 910,6	0,15	444,4	119,8	1 281,6	258,90	36,09	616,17	16 132,41	34 355,19	33 353,08	28,48	27,47	96,45
1602	Río Zulia	3 428	2 475,8	701,5	6 190,7	0,19	1 659,7	470,3	4 150,0	535,19	66,99	1 449,87	1 116,59	4 067,91	1 954,51	72,68	67,60	93,01
1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	3 441	4 577,8	1 134,4	12 688,9	0,24	2 911,5	721,5	8 070,1	49,71	20,55	1 123,83	604,34	1 146,91	1 089,52	77,80	64,95	83,48

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )		Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
1604	Río Tarrá	1 763	1 573,7	546,9	4 292,3	0,21	928,5	322,7	2 532,5	14,50	7,13	297,74	137,00	258,19	262,40	1,10	0,60	54,55
1605	Río Algodonal (Alto Catiatumbo)	2 340	1 907,8	607,5	5 283,5	0,22	1 170,2	372,6	3 240,7	98,28	39,69	567,99	2 407,01	4 468,01	4 943,91	7,38	6,30	85,37
1606	Río Socuavo del Norte y río Socuavo Sur	966	2 507,3	835,2	6 159,9	0,21	1 579,2	526,0	3 879,7	10,01	6,19	365,66	S.I.	S.I.	S.I.	71,86	14,84	20,65
1607	Bajo Catiatumbo	1 250	3 470,5	1 239,6	8 467,9	0,20	2 213,6	790,6	5 401,0	19,27	11,05	346,38	S.I.	S.I.	S.I.	148,77	78,47	52,75
1608	Río del Suroeste y Directos río de Oro	1 877	3 914,0	1 180,3	10 948,9	0,22	2 466,4	743,7	6 899,4	16,29	9,29	190,24	S.I.	S.I.	S.I.	54,56	18,76	34,38
<b>Zona Hidrográfica Islas Caribe</b>																		
1701	San Andrés	27	24,0	S.I.	S.I.	NA	12,7	S.I.	S.I.	5,64	0,56	S.I.	2,40	14,77	0,59	1,28	0,00	0,00
1702	Providencia	22	14,0	S.I.	S.I.	NA	7,2	S.I.	S.I.	0,31	0,03	S.I.	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00
1703	Roncador y Quitasueño		S.I.	S.I.	S.I.	NA	S.I.	S.I.	S.I.	0,00	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	NA
<b>Área Hidrográfica Magdalena - Cauca</b>																		
<b>Zona Hidrográfica Alto Magdalena</b>																		
2101	Alto Magdalena	2 506	3 437,3	1 590,7	6 291,0	0,06	1 921,9	889,4	3 517,5	127,97	16,92	1 030,57	3 312,90	6 531,74	5 732,46	0,00	0,00	0,00
2102	Río Tímaná y otros directos al Magdalena	382	168,3	102,8	327,3	0,09	78,7	48,0	153,0	17,06	6,67	319,29	514,28	1 013,95	832,29	4,97	4,97	100,00
2103	Río Suaza	1 422	1 915,4	910,3	3 452,9	0,09	977,6	464,6	1 762,3	23,65	7,48	709,08	1 557,21	3 152,49	2 223,04	11,11	7,22	64,99
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	1 544	924,3	514,7	1 873,6	0,06	385,7	214,8	781,8	710,13	23,75	715,86	1 247,61	2 508,86	1 863,83	42,57	26,72	62,77
2105	Río Pérez	5 203	5 691,8	2 514,5	11 262,5	0,08	2 839,4	1 254,4	5 618,3	168,17	145,23	1 149,09	2 097,95	4 232,78	3 349,43	74,72	28,35	37,94
2106	Ríos directos Magdalena (md)	1 150	640,0	342,0	1 297,9	0,12	383,5	204,9	777,7	909,49	43,63	541,17	1 873,95	3 699,67	3 475,44	12,97	7,92	61,06
2108	Río Yaguará y río Iquira	937	745,2	267,5	2 182,5	0,18	568,8	204,1	1 665,8	611,09	96,72	348,83	458,87	887,28	737,87	7,69	4,83	62,81
2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena	452	209,6	100,6	425,8	0,14	104,9	50,3	213,0	53,08	24,28	168,89	S.I.	S.I.	S.I.	14,94	14,89	99,67
2110	Río Neiva	1 071	709,0	322,5	1 627,7	0,17	291,0	132,4	668,1	172,76	72,93	450,49	1 087,11	3 652,05	1 964,13	35,06	33,56	95,72
2111	Río Fortalecillas y otros	2 159	980,1	346,3	2 341,2	0,13	432,7	152,9	1 033,6	359,62	100,58	794,96	8 199,39	17 523,24	14 928,21	91,43	82,73	90,48
2112	Río Baché	1 169	1 029,6	438,0	2 147,7	0,14	434,6	184,9	906,5	111,16	33,42	414,42	1 119,38	1 908,12	1 102,70	29,82	29,23	98,02
2113	Río Aipe, río Chénche y otros directos al Magdalena	2 607	1 737,4	666,1	4 154,1	0,16	1 177,4	451,4	2 815,1	400,93	118,60	996,31	911,66	3 802,43	1 791,63	12,99	12,99	100,00

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)		Año húmedo (millones m³)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
2114	Río Cabrera	2 806	2 816,3	885,4	7 005,1	0,09	1 880,1	591,1	4 676,5	60,81	30,28	482,58	225,74	450,52	339,73	19,03	9,54	50,13
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	1 036	681,2	228,6	1 749,5	0,13	402,3	135,0	1 033,3	77,74	34,00	462,68	230,23	457,47	367,07	0,00	0,00	0,00
2116	Río Prado	1 676	1 469,1	428,8	3 594,3	0,16	1 054,9	307,9	2 581,0	213,79	45,99	740,55	329,94	649,19	537,55	4,45	4,02	90,34
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	1 076	1 054,9	340,3	2 235,0	0,12	669,1	215,9	1 417,6	415,75	163,27	1 010,17	1 754,28	15 050,92	2 969,59	0,00	0,00	0,00
2119	Río Sumapaz	3 048	1 609,6	462,5	3 991,5	0,09	1 013,2	291,2	2 512,4	171,87	77,44	1 083,44	3 521,83	6 577,61	7 225,92	79,98	10,07	12,59
2120	Río Bogotá	5 933	1 457,8	382,7	4 678,3	0,06	722,6	189,7	2 318,8	1 827,90	266,50	3 592,49	248 251,32	607 044,44	348 476,31	294,90	278,50	94,44
2121	Río Coello	1 832	1 419,4	648,1	3 028,3	0,11	712,0	325,1	1 519,0	121,31	56,65	636,08	9 213,26	17 081,41	19 097,80	13,22	10,34	78,21
2122	Río Opía	553	361,4	117,7	779,6	0,07	212,4	69,2	458,2	96,34	43,90	282,73	S.I.	S.I.	S.I.	0,00	0,00	0,00
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	1 773	755,1	206,3	2 392,9	0,07	663,2	181,2	2 101,5	131,31	62,65	922,07	368,69	763,37	598,84	0,00	0,00	0,00
2124	Río Totare	1 437	1 015,2	375,5	2 400,1	0,12	494,9	183,0	1 170,0	285,90	41,60	595,14	5 268,48	25 844,83	2 293,69	2,18	0,34	15,60
2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	2 754	2 134,7	729,0	5 517,4	0,11	1 281,8	437,7	3 313,0	298,15	81,83	1 753,84	2 267,69	8 919,45	4 095,92	159,33	150,26	94,31
<b>Zona Hidrográfica Saldaña</b>																		
2201	Alto Saldaña	2 584	3 020,8	1 246,4	7 405,2	0,13	1 668,3	688,3	4 089,6	79,04	41,09	814,05	353,78	712,35	521,78	0,32	0,32	100,00
2202	Río Alá	1 535	1 601,0	725,2	3 492,0	0,15	711,7	322,4	1 552,4	67,92	20,37	427,61	760,15	1 538,63	1 079,85	2,32	2,32	100,00
2203	Medio Saldaña	604	700,8	272,6	1 588,1	0,23	333,8	129,8	756,4	26,03	11,44	239,00	555,26	1 127,78	787,03	0,44	0,44	100,00
2204	Río Amoyá	1 463	1 813,9	710,3	4 129,1	0,15	863,1	338,0	1 964,8	8,21	5,31	309,72	S.I.	S.I.	S.I.	3,08	3,08	100,00
2206	Río Tetuán, río Ortega	1 205	1 139,2	371,1	2 609,2	0,20	666,8	217,2	1 527,3	50,68	15,92	424,28	1 474,21	2 881,09	2 470,95	0,00	0,00	0,00
2207	Río Cucuana	1 866	1 237,7	479,5	3 000,4	0,12	617,7	239,3	1 497,3	91,17	45,05	798,39	120,53	226,55	232,68	3,35	3,35	100,00
2208	Bajo Saldaña	706	495,7	216,8	1 026,1	0,11	231,7	101,3	479,6	128,03	48,81	422,26	544,26	1 928,65	1 108,98	0,00	0,00	0,00
<b>Zona Hidrográfica Medio Magdalena</b>																		
2301	Río Guailí	876	1 557,2	483,6	3 521,1	0,16	857,9	266,4	1 939,9	39,23	11,56	684,86	1 652,38	3 160,34	2 928,72	0,00	0,00	0,00
2302	Río Guarínó	844	1 426,0	496,9	3 759,9	0,14	881,4	307,1	2 323,9	10,40	4,71	444,78	381,73	731,83	664,47	0,00	0,00	0,00
2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	435	414,8	145,6	1 039,4	0,12	240,1	84,3	601,6	8,34	3,84	486,07	254,30	467,46	550,91	35,42	28,44	80,29

Zonificación hidrográfica			Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)		Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
2304	Directos Magdalena entre ríos Guarín y La Miel (mi)	966	1 638,5	607,4	4 188,6	982,8	364,3	2 512,3	109,42	3006	1 180,58	2 266,80	3 969,53	3 540,31	88,11	85,31	96,82	
2305	Río La Miel (Samaña)	2 400	7 078,4	2 646,9	16 471,3	3 739,3	1 398,3	8 701,2	216,00	1306	1 228,96	1 104,00	2 160,02	1 828,68	22,01	19,74	89,69	
2306	Río Negro	4 572	4 466,9	1 329,1	11 768,9	2 946,1	876,6	7 762,1	264,19	9148	3 234,25	2 322,80	4 370,34	4 242,09	30,61	28,94	94,54	
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	1 484	2 476,1	1 194,8	4 545,5	1 258,4	607,2	2 310,0	184,6	4,95	1 036,38	233,55	454,42	482,64	158,67	133,28	84,00	
2308	Río Nare	5 600	11 916,8	5 616,6	23 049,2	6 624,3	3 122,2	12 812,5	975,71	76,31	2 626,21	7 705,75	16 322,35	10 028,73	26,27	19,66	74,84	
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	3 596	3 511,3	1 868,3	7 058,4	1 565,7	833,1	3 147,4	139,45	1409	1 992,25	1 084,14	2 127,59	1 725,84	324,04	264,48	81,62	
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	2 685	2 944,4	1 351,8	6 198,7	1 737,2	797,6	3 657,1	160,26	1 988	2 413,55	648,99	1 194,39	1 330,17	447,49	282,80	63,20	
2312	Río Carare (Minero)	7 283	10 763,1	3 836,9	25 147,5	6 897,0	2 458,7	16 114,5	109,32	37,94	4 823,10	1 139,12	2 209,83	2 161,69	317,23	210,33	66,30	
2314	Río Opón	4 318	6 575,0	2 568,5	14 561,1	3 774,7	1 474,6	8 359,7	208,07	68,36	3 089,85	8 615,21	42 658,92	8 802,63	275,58	118,35	42,95	
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	4 972	6 991,4	3 186,2	13 940,3	4 014,8	1 829,6	8 005,1	80,79	18,73	1 473,39	379,66	712,50	760,17	939,48	497,60	52,97	
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	9 591	9 621,0	3 902,9	20 766,1	5 212,5	2 114,5	11 250,7	875,43	293,13	7 541,93	32 868,37	59 717,55	46 660,00	1 549,23	1 041,75	67,24	
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	7 101	8 166,1	3 908,4	15 025,8	4 928,9	2 359,0	9 069,2	229,81	97,87	1 843,81	1 346,20	2 870,74	2 765,93	96,74	534,56	55,24	
2321	Quebrada El Carmen y otros directos al Magdalena Medio	2 974	1 838,2	822,1	3 885,7	1 099,5	491,7	2 324,1	132,57	62,24	2 100,38	2 186,84	4 361,47	3 936,11	369,26	309,23	83,74	
<b>Zona Hidrográfica Sogamoso</b>																		
2401	Río Suárez	7 856	7 470,1	2 368,5	19 973,4	4 537,0	1 438,5	12 131,0	448,11	124,25	4 833,87	5 898,77	15 058,48	10 835,66	184,84	172,99	93,59	
2402	Río Fonce	2 411	3 193,8	1 179,1	6 825,8	1 823,2	673,1	3 896,5	78,87	29,85	1 292,28	1 757,83	3 390,12	3 090,06	3,88	3,45	88,92	
2403	Río Chicamocha	9 574	3 649,9	1 109,5	9 926,6	2 323,2	706,2	6 318,4	877,64	210,20	3 191,78	12 213,36	22 095,89	17 777,13	61,41	58,25	94,85	
2405	Río Sogamoso	3 408	3 735,4	1 660,2	7 950,0	2 219,9	986,6	4 724,7	1 456,15	205,06	2 054,50	5 919,98	1 142,09	1 083,92	211,38	131,89	62,39	

Zonificación hidrográfica			Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual		Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
SHZ	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Coeficiente de variación de oferta anual	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	De-manda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)	
<b>Zona Hidrográfica Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge</b>																			
2501	Alto San Jorge	3961	6 970,6	2 705,0	15 571,3	0,11	4 228,2	1 640,8	9 445,3	126,86	21,30	1 867,18	1 419,78	3012,63	3 070,33	343,16	327,77	95,52	
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	17 192	15 611,6	7 326,7	28 495,0	0,17	6 537,4	3 068,1	11 932,4	914,47	393,10	12 028,94	10 133,78	23 904,28	22 342,74	6 564,76	3 780,03	57,58	
<b>Zona Hidrográfica Cauca</b>																			
2601	Alto río Cauca	854	751,5	336,9	1 594,3	0,16	355,4	159,3	754,1	83,88	29,83	398,60	4 738,53	10 826,13	8 577,90	40,64	19,83	48,79	
2602	Río Palacé	934	791,4	343,3	1 780,1	0,20	361,9	157,0	813,9	47,37	24,03	459,58	397,75	821,71	538,46	7,82	0,57	7,29	
2603	Río Salado y otros directos Cauca	1 247	1 567,9	564,2	3 543,0	0,20	996,4	358,5	2 251,7	55,57	27,50	474,93	507,46	1 060,80	733,52	0,00	0,00	0,00	
2604	Río Palo	1 651	1 137,3	334,9	2 799,1	0,18	692,8	204,0	1 705,2	196,71	70,16	704,75	22 818,01	51 393,38	46 444,78	137,94	136,41	98,89	
2605	Río Timba	485	681,4	228,0	1 449,2	0,20	394,6	132,0	839,2	14,03	8,04	146,33	S.I.	S.I.	S.I.	3,52	3,52	100,00	
2606	Río Ovejías	924	718,3	270,9	1 663,2	0,21	406,1	153,2	940,4	41,72	17,15	361,74	762,06	1 656,06	1 124,91	0,03	0,03	100,00	
2607	Río Guachal (Bolo - Fralé y Parraga)	1 186	967,6	226,2	2 170,4	0,11	641,2	149,9	1 438,4	360,94	113,28	848,92	196 395,90	316 777,22	7 851,25	55,01	46,99	85,42	
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cafaveral	1 289	884,1	301,3	2 601,1	0,15	618,6	210,8	1 820,0	75,61	25,45	957,52	7 119,59	12 928,97	3 389,87	148,24	146,68	98,95	
2609	Ríos Amalme y Cerrito	1 124	560,8	202,6	1 454,2	0,11	305,3	110,3	791,7	336,23	131,91	696,28	40 106,48	70 357,85	14 311,81	13,34	7,18	53,82	
2610	Ríos Tuluy y Morales	1 078	677,0	244,7	1 587,5	0,10	379,1	137,0	888,9	120,59	47,46	414,02	11 911,56	19 502,24	6 093,49	16,50	14,00	84,85	
2611	Río Frío	476	330,3	124,8	816,3	0,11	191,8	72,5	474,0	119,82	62,35	358,15	667,89	1 347,39	1 124,71	1,82	1,82	100,00	
2612	Río La Vieja	2 837	3 117,4	1 094,6	6 954,2	0,19	2 070,4	727,0	4 618,7	355,03	109,45	2 471,36	30 440,92	55 112,57	52 151,10	7,98	7,14	89,47	
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	1 221	1 705,7	607,7	3 661,3	0,15	1 024,2	364,9	2 198,5	97,54	18,30	818,02	7 572,90	19 186,35	12 324,66	1,06	0,66	62,26	
2614	Río Risaralda	1 259	1 400,8	585,4	3 369,8	0,19	721,6	301,5	1 735,8	101,28	36,53	1 128,85	37 699,96	72 599,13	64 677,96	0,00	0,00	0,00	
2615	Río Chinchiná	1 055	796,5	224,9	2 052,2	0,12	411,2	116,1	1 059,3	62,49	12,29	818,00	13 968,87	24 577,84	19 815,26	3,38	0,00	0,00	
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	1 404	873,8	341,3	2 422,5	0,16	480,2	187,6	1 331,5	44,85	16,30	1 029,57	1 909,96	3 659,68	3 324,64	0,00	0,00	0,00	
2617	Río Frío y otros directos al Cauca	1 638	2 167,3	740,2	4 579,7	0,23	1 375,2	469,6	2 905,9	88,97	30,71	1 553,89	2 016,29	3 870,08	3 558,91	5,41	4,37	80,78	
2618	Río Arma	1 861	3 136,2	1 143,0	7 073,9	0,16	1 728,0	629,7	3 897,5	235,81	17,51	1 190,54	1 162,59	2 276,88	2 070,37	0,92	0,92	100,00	
2619	Río San Juan	1 416	1 925,0	891,0	4 325,2	0,19	993,3	459,8	2 231,8	61,14	12,79	931,40	2 632,27	5 481,56	4 020,39	42,28	40,18	95,03	
2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (md)	3 554	4 761,7	1 932,5	10 504,0	0,19	2 090,9	848,5	4 612,2	258,19	92,69	2 306,34	2 533,00	4 894,16	4 142,30	13,01	9,79	75,25	

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )		Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)	
2621	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (mi)	3414	4.409,3	1.753,2	9.687,1	0,14	2.603,9	1.035,3	5.720,5	31,25	8,95	1.025,32	1.857,11	3.628,10	2.775,45	12,40	100,00	
2622	Río Desbaratado	191	112,3	37,1	324,5	0,16	56,7	18,8	163,8	24,29	14,98	139,62	S.I.	S.I.	14,88	100,00		
2624	Río Taraza - río Man	2.579	6.054,1	2.243,9	13.709,8	0,14	3.960,8	1.468,0	8.969,5	34,93	14,78	68.483	476,58	904,36	1.032,51	139,91	79,47	
2625	Directos al Cauca entre Puerto Valdivia y río Nechi (md)	1.437	3.596,9	1.429,8	7.466,0	0,18	2.125,2	844,8	4.411,3	44,14	15,25	722,40	271,98	516,58	586,73	140,50	63,12	
2626	Directos Bajo Cauca - Ciénaga La Raya entre río Nechy y Brazo de Loba	4.348	9.080,2	4.224,3	16.130,0	0,21	5.265,4	2.449,6	9.353,4	80,37	40,59	804,60	398,42	847,37	868,24	467,79	43,38	
2627	Río Piendamó	601	529,4	209,2	1.178,6	0,17	291,0	115,0	647,9	307,87	16,64	155,07	566,38	1.179,28	801,36	1,32	97,06	
2628	Río Quimamá y otros directos al Cauca	811	656,5	165,6	1.616,7	0,23	426,7	107,6	1.050,8	153,67	57,48	652,34	17.448,31	46.369,15	11.598,48	192,36	97,88	
2629	Ríos Claro y Jamundi	669	686,8	191,5	1.505,6	0,20	493,8	137,7	1.082,5	50,83	25,85	320,95	1.588,84	4.652,62	3.123,52	7,51	100,00	
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	193	94,4	25,7	230,1	0,04	56,8	15,4	138,4	265,87	14,20	59,07	55.979,01	307.671,40	92.461,67	15,10	97,28	
2631	Ríos Arroyohondo Yumbo Mulalo Vijos Yotoco Mediacanoa y Piedras	631	227,3	83,4	600,9	0,08	127,4	46,8	336,8	175,15	62,77	401,96	17.362,31	44.479,36	9.428,52	20,83	90,01	
2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	557	313,7	106,4	762,5	0,13	176,4	59,9	428,9	264,22	82,47	327,05	231,24	443,84	813,51	12,02	100,00	
2633	Ríos Guadalaajara y San Pedro	463	422,5	122,2	856,9	0,15	264,1	76,4	535,6	146,79	54,25	229,42	13.230,70	20.857,15	12.554,09	53,59	95,67	
2634	Ríos Cali	212	116,4	32,3	261,0	0,11	72,3	20,1	162,2	12,26	20,33	99,92	S.I.	S.I.	0,00	0,00		
2635	Río Bugalagrande	835	527,8	188,4	1.239,1	0,11	301,9	107,8	708,7	50,08	28,11	477,78	651,50	1.116,55	592,98	18,85	100,00	
2636	Río Paila	526	307,5	102,8	745,3	0,14	187,8	62,8	455,1	64,52	33,98	477,30	886,22	1.695,18	1.669,05	54,72	98,85	
2637	Ríos Las Cañas Los Micos y Obando	782	383,9	108,8	1.174,7	0,13	197,3	55,9	603,7	50,17	19,48	795,19	16.670,05	27.317,93	2.600,53	242,21	97,26	
<b>Zona Hidrográfica Nechi</b>																		
2701	Río Porce	5.231	8.758,8	3.763,6	18.459,6	0,15	3.892,5	1.672,5	8.203,6	1.083,78	119,45	4.090,97	96.457,01	310.562,27	138.391,72	84,10	75,76	90,08
2702	Alto Nechi	2.938	7.478,0	3.137,4	14.673,3	0,16	3.254,0	1.365,2	6.385,0	80,32	10,90	1.036,63	1.182,62	3.919,99	1.950,51	15,74	14,87	94,47

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)		Año húmedo (millones m³)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
2703	Bajo Nechi (md)	4 492	6 236,9	3 162,6	13 081,4	0,17	3 139,0	1 591,7	6 583,8	132,75	15,80	686,04	1 213,80	2 298,37	2 634,43	425,31	234,86	55,22
2704	Directos al Bajo Nechi (mi)	1 952	4 980,9	2 329,2	9 352,8	0,17	2 186,4	1 022,4	4 105,5	24,54	17,63	1 034,88	S.I.	S.I.	291,96	137,49	47,09	
<b>Zona Hidrográfica Cesar</b>																		
2801	Alto Cesar	3 442	1 073,6	210,4	4 110,7	0,13	868,2	170,1	3 324,4	87,60	39,45	1 787,92	857,90	1 939,34	1 666,64	32,60	17,96	55,09
2802	Medio Cesar	8 275	1 854,0	222,5	8 219,5	0,14	1 512,0	181,5	6 703,3	615,09	392,85	5 303,74	6 503,04	13 648,71	12 692,39	523,02	297,78	56,93
2804	Río Ariguaní	5 333	954,3	195,2	3 147,5	0,12	770,0	157,5	2 539,6	291,32	148,80	4 507,28	1 743,04	3 923,97	3 413,14	457,83	348,39	76,10
2805	Bajo Cesar	5 879	4 387,9	983,6	13 833,8	0,21	2 924,5	655,6	9 220,0	316,21	109,45	3 574,84	1 650,50	3 622,27	3 249,34	911,90	532,78	58,43
<b>Zona Hidrográfica Bajo Magdalena</b>																		
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)	2 012	880,2	387,7	1 621,5	0,10	513,0	226,0	945,2	341,40	172,55	990,70	1 726,00	3 671,13	3 760,88	57,13	40,73	71,29
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	2 476	865,0	339,6	1 903,6	0,09	509,1	199,9	1 120,5	78,35	38,78	1 577,42	486,70	1 035,10	1 060,56	110,42	60,00	54,34
2903	Canal del Dique margen derecho	2 105	633,0	269,9	1 207,7	0,12	365,9	156,0	698,2	531,92	258,39	1 629,12	3 787,13	8 563,09	8 266,68	144,77	66,67	46,05
2904	Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	1 152	303,3	117,3	707,6	0,12	176,5	68,3	411,8	1 035,10	128,45	804,65	32 592,47	71 430,69	45 303,84	108,17	74,46	68,84
2905	Canal del Dique margen izquierdo	2 300	1 289,0	510,1	2 354,1	0,16	751,0	297,2	1 371,5	403,34	198,26	1 930,68	1 004,50	2 136,34	2 188,84	333,14	76,49	22,96
2906	Csa Grande de Santa Marta	8 229	5 777,8	1 687,0	17 883,4	0,18	3 184,5	929,8	9 856,5	623,65	314,12	2 779,96	5 215,14	11 713,66	10 374,19	1 740,43	616,33	35,41
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	7 007	5 015,9	2 250,1	8 848,3	0,25	1 938,8	869,7	3 420,2	379,02	179,92	3 635,47	2 568,98	5 611,92	5 715,47	2 177,76	1 062,53	48,79
2908	Ríos Chimuica y Corozal	3 696	1 334,8	455,3	3 014,5	0,10	786,3	268,2	1 775,8	52,59	27,83	2 688,93	437,53	930,12	952,03	131,64	96,59	73,37
2909	Giénaga Mallorquín	262	55,8	19,0	148,2	0,11	32,6	11,1	86,6	85,79	31,95	98,59	534,89	1 291,85	650,40	5,22	0,61	11,69
<b>Área Hidrográfica Orinoco</b>																		
<b>Zona Hidrográfica Inirida</b>																		
3101	Río Inirida Alto	11 783	21 042,4	9 632,8	41 191,4	0,11	12 842,0	5 878,8	25 138,8	14,77	6,61	1 325,31	208,83	396,22	450,58	1 067,69	165,65	15,51
3104	Río Inirida Medio	18 414	34 042,8	17 605,3	60 893,5	0,12	23 784,5	12 300,1	42 544,1	0,64	1,92	261,01	0,00	0,00	0,00	2 546,14	22,03	0,87
3105	Río Papunaya	6 854	14 741,3	7 695,8	25 550,4	0,12	10 305,3	5 379,9	17 861,7	0,06	1,03	58,47	0,00	0,00	0,00	563,46	4,24	0,75

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)		Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
3107	Caño Nabuquén	1 737	2 955,5	1 598,1	5 479,0	0,13	2 036,6	1 101,3	3 775,5	0,00	0,01	0,00	S.I.	S.I.	77,87	0,00	0,00
3108	Río Iniridá (mi), hasta bocas Caño Bocón, y Río Las Viñas	8 022	14 825,2	8 649,5	23 625,9	0,12	9 927,4	5 792,0	15 820,7	8,35	0,30	12,47	139,24	263,91	933,50	11,16	1,20
3110	Caño Bocón	6 985	11 895,9	7 062,1	18 517,7	0,14	8 301,7	4 928,4	12 922,9	0,66	0,28	8,09	0,00	0,00	1 178,87	14,70	1,25
<b>Zona Hidrográfica Guaviare</b>																	
3201	Río Guayabero	6 271	11 096,5	4 402,4	24 027,4	0,17	6 907,0	2 740,2	14 955,8	7,58	4,93	241,16	S.I.	S.I.	272,94	89,63	32,84
3202	Río Guape	3 842	6 570,7	2 556,6	14 526,6	0,12	4 004,2	1 580,0	8 852,6	7,11	4,43	439,43	71,13	129,21	122,51	33,35	27,22
3203	Río Losada	3 658	6 303,1	2 953,3	11 891,4	0,16	3 977,0	1 863,4	7 502,9	0,94	0,92	86,57	S.I.	S.I.	309,58	191,37	61,82
3204	Alto Guaviare	10 369	15 256,8	7 376,2	27 064,7	0,10	9 403,6	4 546,4	16 681,4	31,59	18,08	1 115,76	100,25	180,27	122,96	164,85	13,44
3206	Río Ariari	8 082	16 343,3	6 855,6	31 905,4	0,09	11 539,9	4 840,7	22 528,3	22,82	84,41	4 042,38	2 049,92	4 876,08	1 616,91	354,05	21,90
3207	Río Guejar	3 296	5 544,5	2 248,4	11 561,3	0,10	3 441,9	1 395,7	7 176,9	4,14	22,35	1 176,18	145,32	277,29	419,20	71,95	17,16
3210	Medio Guaviare	13 778	21 040,0	10 201,8	39 476,2	0,10	15 695,7	7 610,5	29 449,1	79,93	37,31	1 915,05	843,28	1 593,01	4 533,65	258,29	5,70
3212	Río Siare	4 447	6 255,3	2 880,9	12 561,9	0,11	4 865,7	2 240,9	9 771,3	0,51	0,83	454,31	S.I.	S.I.	681,30	27,24	4,00
3213	Río Iteviare	4 869	6 941,8	3 318,9	13 472,4	0,10	5 403,0	2 583,2	10 485,9	0,79	1,28	346,01	S.I.	S.I.	711,06	9,50	1,34
3214	Bajo Guaviare	8 912	14 585,9	8 705,2	22 114,0	0,14	10 668,8	6 367,4	16 175,2	3,89	2,13	60,00	S.I.	S.I.	4 619,43	86,22	1,87
3215	Caño Minisari	2 346	3 762,4	2 264,1	5 805,2	0,14	2 614,6	1 573,4	4 034,2	0,07	0,06	0,63	S.I.	S.I.	146,60	0,00	0,00
3216	Alto río Uva	4 438	6 123,9	2 872,4	12 206,4	0,12	4 767,2	2 236,1	9 502,3	0,87	0,82	93,90	S.I.	S.I.	543,94	5,03	0,92
3217	Bajo río Uva	5 424	8 171,4	4 272,2	14 622,2	0,13	6 362,4	3 326,5	11 385,3	6,19	2,60	53,30	S.I.	S.I.	1 069,95	8,57	0,80
3218	Caño Chupabe	4 838	7 658,8	4 376,4	12 453,8	0,14	5 959,1	3 405,1	9 690,0	1,86	0,84	31,77	S.I.	S.I.	2 036,87	18,50	0,91
<b>Zona Hidrográfica Vichada</b>																	
3301	Alto Vichada	8 073	9 445,7	4 250,3	19 712,6	0,07	7 335,2	3 300,6	15 308,2	2,21	4,45	697,92	S.I.	S.I.	2 059,93	10,71	0,52
3302	Río Guarrojo	3 658	4 525,6	2 036,9	9 420,5	0,09	3 519,4	1 584,0	7 326,0	15,58	9,19	414,94	S.I.	S.I.	962,86	17,60	1,83
3303	Río Muco	4 463	5 306,9	2 502,3	10 585,6	0,09	4 116,9	1 941,2	8 212,0	86,93	47,49	1 489,75	S.I.	S.I.	1 002,12	52,09	5,20
3305	Directos Vichada Medio	5 005	7 353,9	3 704,5	14 276,5	0,13	5 701,6	2 872,2	11 068,7	0,39	0,25	24,75	S.I.	S.I.	1 367,20	3,00	0,22
3306	Bajo Vichada	5 013	7 492,8	4 504,9	11 697,0	0,10	5 472,3	3 290,1	8 542,8	0,81	0,42	28,22	S.I.	S.I.	2 547,96	5,72	0,22
<b>Zona Hidrográfica Tomo</b>																	
3401	Alto río Tomo	8 054	12 065,9	5 733,4	24 116,5	0,09	8 867,7	4 213,7	17 724,0	20,89	10,13	496,33	S.I.	S.I.	1 762,79	13,93	0,79
3402	Río Elvita	5 576	7 896,1	4 115,7	14 329,6	0,07	6 143,9	3 202,4	11 149,9	14,12	9,16	396,60	S.I.	S.I.	1 717,25	130,81	7,62
3403	Bajo río Tomo	4 100	6 225,1	3 372,9	10 495,1	0,07	4 571,3	2 476,8	7 706,9	1,55	1,25	84,68	S.I.	S.I.	1 607,65	6,43	0,40
3405	Caño Lionio Teracay	2 566	4 013,7	2 080,2	7 311,0	0,07	3 123,8	1 619,0	5 690,2	0,77	0,95	21,49	S.I.	S.I.	1 017,77	8,86	0,87



Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	De-manda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DOO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)	
<b>Zona Hidrográfica Meta</b>																		
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	3 845	8 494,6	3 117,4	17 126,9	0,10	6 233,3	2 287,5	12 567,6	476,68	61,97	2 818,50	2 493,42	5 601,58	3 523,92	889,56	365,62	41,10
3502	Río Guayuriba	3 199	4 741,2	1 827,9	9 546,6	0,07	3 234,9	1 247,2	6 513,6	59,68	39,48	1 348,05	554,70	1 026,77	1 081,24	40,76	34,62	84,94
3503	Río Guatiquía	1 781	4 261,0	1 421,9	10 388,7	0,09	2 960,0	987,7	7 216,8	414,59	17,24	919,47	12 350,62	32 392,02	20 868,88	136,20	102,84	75,51
3504	Río Guacavía	850	2 701,0	887,7	6 040,0	0,12	1 757,4	577,6	3 929,9	93,37	20,70	612,67	748,28	1 261,35	960,43	75,95	45,00	59,25
3505	Río Humea	1 441	3 386,4	1 360,6	9 249,7	0,10	2 153,4	865,2	5 881,7	48,98	19,25	716,42	120,33	223,11	253,21	47,70	35,96	75,39
3506	Río Guavío	2 289	4 535,9	1 503,5	14 107,3	0,09	3 536,5	1 172,2	10 999,1	505,80	15,13	1 116,51	188,47	369,28	375,54	11,82	10,82	91,54
3507	Río Garagoa	2 487	1 546,6	508,5	4 460,2	0,10	1 088,8	358,0	3 139,8	482,68	39,14	1 291,35	1 050,84	1 951,35	2 171,60	4,51	4,51	100,00
3508	Río Lengupá	1 879	4 187,7	1 382,5	9 403,0	0,11	3 044,5	1 005,1	6 835,9	29,38	6,38	709,73	375,54	721,05	670,40	0,63	0,63	100,00
3509	Río Upiá	1 825	3 524,6	1 366,0	9 044,1	0,12	2 207,3	855,5	5 664,1	49,60	21,16	850,97	79,20	143,87	171,56	264,16	223,05	84,44
3510	Río Negro	927	1 582,5	627,9	3 258,8	0,11	1 109,8	440,3	2 285,3	10,25	9,66	772,57	S.I.	S.I.	S.I.	216,37	186,26	86,08
3511	Directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucaó	1 968	2 174,6	1 166,4	3 943,1	0,10	1 596,2	856,2	2 894,3	66,85	23,06	857,91	403,11	738,41	872,93	626,38	75,39	12,04
3512	Río Yucaó	2 441	2 827,4	1 454,8	5 086,0	0,08	2 252,8	1 159,2	4 052,4	33,46	20,08	957,02	S.I.	S.I.	S.I.	623,42	102,82	16,49
3513	Río Mellía	1 884	2 365,7	1 131,0	4 463,7	0,08	1 721,5	823,0	3 248,1	4,09	4,29	559,74	S.I.	S.I.	S.I.	846,89	63,53	7,50
3514	Caño Cumaral	1 113	1 723,3	773,6	3 267,2	0,07	1 347,4	604,9	2 554,5	0,18	1,25	11,50	S.I.	S.I.	S.I.	411,04	0,00	0,00
3515	Río Manacacias	6 985	10 974,8	4 986,5	21 156,0	0,07	8 473,4	3 850,0	16 334,1	175,99	13,22	1 943,45	178,35	320,31	334,10	2 217,77	115,65	5,21
3516	Lago de Tota	226	50,7	14,8	233,9	0,12	29,1	8,5	134,2	7,69	0,84	10,84	64,45	112,58	132,68	15,24	15,24	100,00
3518	Río Túa y otros directos al Meta	4 974	7 518,1	3 184,2	16 809,0	0,10	6 652,7	2 817,7	14 874,2	145,57	52,54	2 408,58	1 052,94	3 537,03	1 452,58	3 847,11	947,39	24,63
3519	Río Cusiana	5 101	12 064,8	3 632,8	32 503,2	0,11	10 779,0	3 245,7	29 039,1	225,07	62,93	3 096,08	1 020,43	4 751,71	1 936,09	2 348,14	1 008,49	42,95
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	1 665	1 748,3	728,8	3 870,8	0,09	1 341,2	559,1	2 969,3	11,72	8,34	482,20	S.I.	S.I.	S.I.	1 640,49	96,67	5,89
3521	Río Cravo Sur	5 161	6 199,6	2 292,2	15 987,8	0,11	4 693,1	1 735,2	12 102,6	21,12	43,58	2 276,46	4 681,81	27 311,24	4 201,50	2 028,10	535,19	26,39
3522	Caño Guanápalo y otros directos al Meta	6 244	6 972,4	2 824,0	16 444,0	0,08	5 434,9	2 201,3	12 817,9	64,55	29,94	2 271,14	536,90	897,67	586,87	5 932,97	1 183,20	19,94
3523	Río Pauto	8 022	9 547,0	3 671,7	26 570,9	0,08	7 321,5	2 815,8	20 376,9	62,69	21,20	3 288,94	405,36	761,11	777,81	6 195,90	615,98	9,94
3524	Directos al río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi)	5 365	5 766,0	2 664,1	11 969,9	0,07	4 493,2	2 076,0	9 327,6	1,21	6,46	1 341,62	S.I.	S.I.	S.I.	5 199,42	145,92	2,81

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
SHZ	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	De-manda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md)	6 352	9 101,4	5 074,4	15 195,7	0,10	6 671,2	3 719,4	21,39	10,41	229,05	114,22	225,75	266,29	1 632,15	17,04	1,04
3526	Directos al río Meta entre ríos Cusiana y Catare (md)	3 447	4 073,2	2 281,4	6 773,8	0,07	3 273,7	1 833,6	41,84	16,35	491,01	212,57	385,73	454,10	1 924,01	204,74	10,64
3527	Directos al río Meta entre ríos Humea y Upiá (mi)	1 243	2 415,7	1 024,4	4 874,3	0,14	1 746,4	740,6	121,42	52,00	1 042,85	31,64	57,47	68,53	190,77	34,14	17,90
<b>Zona Hidrográfica Casanare</b>																	
3601	Río Ariporo	5 285	5 806,1	2 352,7	13 244,8	0,10	3 672,7	1 488,2	41,64	10,82	2 029,21	266,90	254,16	282,50	3 922,24	69,06	1,76
3602	Río Casanare	6 665	6 792,8	2 571,5	16 604,8	0,11	5 103,3	1 931,9	90,77	32,85	2 267,57	362,49	718,11	956,11	2 811,17	95,88	3,41
3603	Río Cravo Norte	8 904	8 287,9	3 592,5	18 023,5	0,10	6 239,2	2 704,4	260,96	151,32	3 713,91	41,44	75,29	89,78	4 670,40	273,95	5,87
3604	Caño Samuco	919	811,3	359,3	1 458,1	0,07	635,3	281,4	0,00	0,67	3,88	S.I.	S.I.	S.I.	867,10	1,63	0,19
3605	Caño Aguaciarita	2 480	2 654,8	1 348,9	4 623,1	0,09	2 064,1	1 048,8	0,00	2,69	2,42	S.I.	S.I.	S.I.	2 453,96	1,75	0,07
<b>Zona Hidrográfica Arauca</b>																	
3701	Río Chitaga	2 489	1 430,6	611,9	3 255,2	0,06	961,0	411,0	99,74	9,84	454,30	313,53	598,63	568,45	6,69	1,37	20,48
3702	Río Margua	746	1 858,9	897,7	3 844,5	0,21	1 092,9	527,8	2,22	1,80	140,33	S.I.	S.I.	S.I.	21,52	13,25	61,57
3703	Río Cóbogón - río Cobaría	1 979	6 739,3	2 745,1	12 635,1	0,18	4 385,0	1 786,1	2,04	1,28	222,49	35,81	65,82	77,40	71,96	36,73	51,04
3704	Río Bojabá	1 133	1 528,8	661,5	3 619,3	0,12	919,9	398,1	3,28	2,48	100,82	S.I.	S.I.	S.I.	100,31	51,56	51,40
3705	Río Banadía y otros directos al río Arauca	2 103	3 369,5	1 603,6	6 602,1	0,16	2 290,3	1 090,0	116,77	41,64	1 400,31	828,00	1 715,38	1 857,68	449,93	166,25	36,95
3706	Directos río Arauca (md)	2 929	2 255,4	968,5	4 776,1	0,09	1 405,5	603,5	69,33	14,17	1 295,64	1 215,09	2 075,51	1 617,73	1 019,73	25,96	2,55
<b>Zona Hidrográfica Directos Orinoco</b>																	
3801	Río Vita	8 245	11 250,0	6 251,1	19 187,6	0,07	8 737,6	4 855,1	14 902,5	9,33	172,83	S.I.	S.I.	S.I.	1 994,07	41,04	2,06
3802	Río Tuparro	11 559	18 477,1	10 324,3	30 559,5	0,07	11 555,9	6 457,0	5,20	0,68	52,95	127,51	231,64	276,23	3 372,04	10,47	0,31
3803	Caño Matavén	10 513	18 402,5	11 010,2	27 190,1	0,12	11 519,9	6 892,3	1,74	0,87	46,96	S.I.	S.I.	S.I.	3 971,63	10,82	0,27
3804	Directos río Atabapo (mi)	4 643	9 863,9	6 007,8	14 950,3	0,11	6 898,2	4 201,5	0,56	0,29	5,20	0,00	0,00	0,00	290,37	0,43	0,15
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)	4 194	5 213,3	2 842,1	8 481,9	0,10	3 249,2	1 771,3	3,36	2,11	51,21	S.I.	S.I.	S.I.	1 455,40	16,54	1,14

SZH	Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km²)	Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)		Año medio (millones m³)	Año seco (millones m³)	Año húmedo (millones m³)	Demanda hídrica (millones m³)	Huella hídrica azul (millones m³)	Huella hídrica verde (millones m³)	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km²)	Área transformada* en la ZPI (km²)**	Transformación (%)
3809	Río Chiaruco y Directos río Orinoco	4 569	4 358,4	2 031,8	7 986,0	0,09	3 388,9	1 579,8	6 209,6	1,16	4,60	16,93	S.I.	S.I.	S.I.	3 964,98	2,96	0,07
<b>Zona Hidrográfica Apure</b>																		
3901	Alto río Apure	264	666,8	283,5	1 348,6	0,19	424,2	180,4	858,0	0,00	0,20	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	1,50	0,00	0,00
<b>Área Hidrográfica Amazonas</b>																		
<b>Zona Hidrográfica Guanía</b>																		
4101	Alto río Guanía	3 708	7 679,5	3 930,2	13 848,6	0,11	5 367,6	2 747,0	9 679,5	0,00	0,01	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	154,97	1,37	0,88
4102	Medio río Guanía	2 787	5 595,7	2 799,5	10 509,4	0,12	3 909,9	1 956,1	7 343,2	0,00	0,01	0,01	S.I.	S.I.	S.I.	75,95	6,49	8,55
4105	Bajo río Guanía	7 952	16 444,8	8 501,8	29 896,3	0,11	11 501,1	5 946,0	20 908,8	0,26	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	240,61	7,59	3,15
4106	Río Aquió o Caño Aque	2 995	6 455,7	3 226,7	12 233,0	0,11	4 508,3	2 253,4	8 543,0	0,00	0,01	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	153,06	0,00	0,00
4107	Directos río Negro (mcd)	3 540	7 508,6	3 596,9	14 815,0	0,10	5 244,0	2 512,1	10 346,8	0,14	0,03	1,09	0,00	0,00	0,00	111,24	1,42	1,28
4108	Río Cuinary	4 408	9 301,0	4 602,8	17 531,2	0,11	6 496,3	3 214,8	12 244,7	0,17	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	121,86	4,28	3,51
4109	Río Isana	3 458	7 536,7	4 093,6	12 446,5	0,11	5 263,7	2 859,0	8 692,8	0,00	0,02	0,16	S.I.	S.I.	S.I.	249,20	2,00	0,80
4110	Río Tomo	2 436	5 355,1	2 692,4	10 104,4	0,11	3 750,6	1 885,7	7 076,9	0,00	0,02	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	99,53	0,00	0,00
<b>Zona Hidrográfica Vaupés</b>																		
4201	Río Itilla	2 571	4 395,6	1 969,2	8 725,3	0,11	2 584,1	1 157,7	5 129,5	0,48	0,50	103,32	S.I.	S.I.	S.I.	269,35	43,55	16,17
4202	Río Unilla	2 309	3 929,4	1 811,8	7 551,4	0,11	2 308,1	1 064,2	4 435,6	4,56	1,19	209,00	92,40	175,24	198,76	191,11	52,71	27,58
4203	Alto Vaupés	8 639	17 311,6	8 249,0	33 283,8	0,10	10 151,2	4 837,0	19 516,9	2,13	0,56	92,28	62,23	117,96	133,44	949,68	73,28	7,72
4207	Bajo Vaupés	13 451	28 553,3	16 174,1	44 311,1	0,11	20 179,4	11 430,7	31 315,9	7,67	0,16	22,31	291,50	553,47	632,06	854,34	65,86	7,71
4208	Río Querary	4 292	9 531,5	5 447,8	14 398,5	0,11	6 668,0	3 811,2	10 072,9	0,00	0,05	1,64	S.I.	S.I.	S.I.	285,38	3,42	1,20
4209	Río Papuri	5 409	11 600,0	6 385,6	18 483,5	0,12	8 111,9	4 465,5	12 925,5	0,00	0,06	5,27	S.I.	S.I.	S.I.	244,73	33,74	13,79
4211	Río Tiquié	1 025	2 306,3	1 230,2	3 788,8	0,13	1 617,8	862,9	2 657,8	0,00	0,02	1,28	S.I.	S.I.	S.I.	74,54	3,71	4,98
<b>Zona Hidrográfica Apaporis</b>																		
4301	Río Tunia o Macavá	9 268	15 602,1	7 118,8	30 761,5	0,12	9 146,1	4 173,1	18 032,8	0,12	1,01	238,37	S.I.	S.I.	S.I.	1 093,67	96,18	8,79
4302	Río Aaju	7 832	14 888,2	6 500,2	30 834,5	0,12	8 748,4	3 819,5	18 118,5	0,00	0,45	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	589,56	0,00	0,00
4303	Alto río Apaporis	12 353	27 627,5	13 444,1	51 422,7	0,09	16 274,6	7 919,6	30 291,8	0,34	0,18	21,72	0,00	0,00	0,00	1 481,43	21,94	1,48
4305	Bajo río Apaporis	12 786	30 233,8	17 607,7	47 370,9	0,10	17 781,7	10 355,8	27 860,7	0,15	0,05	2,65	0,00	0,00	0,00	2 275,40	16,41	0,72
4306	Río Cananari	3 852	8 988,6	4 798,4	14 789,2	0,11	5 284,0	2 820,8	8 693,8	0,00	0,03	0,21	S.I.	S.I.	S.I.	327,32	4,38	1,34
4307	Río Pira Paraná	5 865	12 955,0	6 983,3	21 439,2	0,11	9 065,7	4 886,8	15 002,9	0,00	0,04	1,76	S.I.	S.I.	S.I.	615,71	22,28	3,62
4309	Directos río Taraira	1 553	3 833,6	2 217,3	5 915,7	0,13	2 676,8	1 548,2	4 130,6	0,07	0,00	0,41	2,47	4,69	5,36	239,40	0,29	0,12

SZH	Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )		Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
<b>Zona Hidrográfica Caqueta</b>																		
4401	Alto Caqueta	5 811	12 984,4	6 390,3	24 752,0	0,12	6 296,2	3 098,7	12 002,4	23,30	1,38	270,99	716,31	1 373,21	1 527,51	421,48	201,69	47,85
4402	Río Caqueta Medio	15 579	33 495,6	17 310,3	61 948,8	0,09	15 265,9	7 889,3	28 233,8	5,86	3,18	1 196,88	213,33	404,50	458,40	3 252,07	354,78	10,91
4403	Río Ortegaza	7 908	18 849,1	8 676,6	39 863,4	0,11	10 023,1	4 613,9	21 250,8	47,11	12,27	2 893,15	3 189,37	6 025,21	6 596,65	890,81	446,35	50,11
4404	Río Pescado	2 067	4 301,9	2 169,9	8 914,1	0,09	2 201,7	1 110,6	4 562,3	11,66	2,50	1 035,35	329,45	625,54	714,36	224,26	165,15	73,64
4407	Río Rutuya	1 136	1 911,5	1 083,9	3 384,8	0,13	1 008,0	571,6	1 784,9	0,00	0,01	0,53	S.I.	S.I.	S.I.	71,68	0,00	0,00
4408	Río Mecaya	4 536	10 011,9	4 600,0	19 877,4	0,13	4 518,6	2 076,1	8 971,2	0,00	1,34	93,46	S.I.	S.I.	S.I.	658,37	103,10	15,66
4409	Río Sencella	1 742	3 381,3	1 590,4	6 805,8	0,18	1 523,9	716,8	3 067,2	0,00	0,29	5,66	S.I.	S.I.	S.I.	221,53	13,08	5,90
4410	Río Peneya	1 606	2 842,7	1 840,0	4 361,1	0,14	1 506,6	975,2	2 311,3	0,00	0,19	2,26	S.I.	S.I.	S.I.	151,64	0,83	0,55
4414	Río Cuemani	2 432	5 337,6	2 586,0	10 074,3	0,11	2 804,5	1 358,8	5 293,2	0,00	0,02	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	183,16	0,00	0,00
4415	Río Caqueta Bajo	25 388	61 038,0	36 807,9	89 921,1	0,08	33 420,2	20 153,5	49 234,6	0,52	0,09	6,47	0,00	0,00	0,00	1 808,11	23,47	1,30
4417	Río Cahuinari	15 071	32 261,6	18 242,4	50 864,9	0,08	18 908,0	10 691,6	29 811,1	0,00	0,04	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	1 384,74	0,00	0,00
4418	Río Miriri-Paraná	9 035	20 919,5	12 852,9	31 507,4	0,09	10 147,6	6 234,7	15 283,6	0,00	0,02	0,02	S.I.	S.I.	S.I.	653,81	29,09	4,45
4420	Río Puré	7 658	16 702,0	9 942,1	25 801,2	0,13	9 789,0	5 827,0	15 122,0	0,00	0,05	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	698,55	0,63	0,09
<b>Zona Hidrográfica Yari</b>																		
4501	Alto Yari	7 443	13 058,6	5 872,0	27 051,1	0,14	7 684,0	3 455,3	15 917,7	1,78	1,57	983,18	S.I.	S.I.	S.I.	554,33	53,73	9,69
4502	Río Camuya	2 769	4 935,3	2 173,9	10 267,2	0,14	2 900,6	1 277,6	6 034,1	0,22	0,21	51,15	S.I.	S.I.	S.I.	144,35	2,61	1,81
4504	Medio Yari	5 358	11 039,3	4 937,3	22 635,2	0,11	6 487,3	2 901,5	13 301,8	0,00	0,23	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	540,34	0,00	0,00
4505	Río Luisa	3 046	6 382,4	2 996,9	12 638,4	0,11	3 756,1	1 763,7	7 437,8	0,00	0,66	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	116,24	0,00	0,00
4506	Bajo Yari	3 872	8 727,7	4 589,5	14 642,2	0,10	5 010,9	2 635,0	8 406,6	0,00	0,04	0,29	S.I.	S.I.	S.I.	330,42	0,00	0,00
4509	Río Cuñare	5 527	11 472,3	5 361,6	22 426,9	0,09	6 731,2	3 145,8	13 158,7	0,00	0,06	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	330,18	0,00	0,00
4510	Río Mesay	8 644	19 117,3	9 738,9	33 916,9	0,09	11 224,2	5 717,9	19 913,4	0,00	0,09	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	680,18	0,00	0,00
<b>Zona Hidrográfica Caguán</b>																		
4601	Río Caguán Alto	5 842	7 871,0	3 820,1	15 581,4	0,14	4 638,9	2 251,4	9 183,1	23,11	10,05	1 987,28	782,84	1 493,65	1 659,18	386,68	263,23	68,07
4602	Río Guayas	5 495	11 288,1	5 473,6	23 253,3	0,14	5 843,2	2 833,4	12 036,9	44,78	9,92	681,99	581,43	1 111,72	1 171,04	462,01	312,72	67,69
4604	Río Caguán Bajo	7 421	12 293,5	6 180,4	24 448,2	0,13	7 169,9	3 604,6	14 258,8	12,17	3,58	330,22	214,04	406,40	464,11	1 124,53	215,18	19,14
4605	Río Sunsuya	2 468	3 993,8	1 927,7	8 526,9	0,13	2 296,8	1 108,6	4 903,8	0,87	1,26	421,87	S.I.	S.I.	S.I.	272,24	67,87	24,93
<b>Zona Hidrográfica Putumayo</b>																		
4701	Alto río Putumayo	6 982	28 611,3	13 117,6	50 138,9	0,12	15 782,5	7 235,9	27 657,5	53,37	6,38	640,40	1 655,74	3 142,50	3 510,21	876,91	543,27	61,95
4702	Río San Miguel	2 243	6 387,0	2 946,5	12 831,4	0,17	3 567,1	1 645,6	7 166,4	10,12	2,76	353,65	461,38	875,08	993,16	156,85	105,86	67,49

Zonificación hidrográfica			Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables		
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )		Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
4703	Río Putumayo Medio	5 070	11 024,0	5 689,6	20 715,4	0,16	6 855,4	3 538,1	12 882,1	0,01	1,30	124,55	S.I.	S.I.	9 104,0	159,76	17,55	
4704	Río Putumayo Directos (mi)	3 527	7 068,4	3 808,4	12 297,7	0,12	3 800,1	2 047,5	6 611,5	6,97	0,18	9,94	165,45	312,93	1 275,80	44,21	3,47	
4705	Río Cará-Paraná	7 327	15 986,9	7 487,8	29 712,9	0,12	8 599,7	4 027,9	15 983,3	0,27	0,08	0,12	0,00	0,00	297,39	5,72	1,92	
4706	Río Putumayo Bajo	14 216	26 541,7	13 924,3	44 932,7	0,12	15 613,1	8 190,9	26 431,5	0,69	0,08	0,22	0,00	0,00	2 489,48	31,29	1,26	
4707	Río Igará-Paraná	12 907	25 966,8	10 923,4	45 858,8	0,12	15 275,1	6 425,7	26 976,6	0,46	0,07	0,48	0,00	0,00	847,46	21,25	2,51	
4710	Río Coutuhe	3 658	5 647,6	2 869,6	10 368,8	0,13	3 317,5	1 685,6	6 090,8	0,00	0,16	0,74	S.I.	S.I.	334,93	5,11	1,53	
4711	Río Purite	1 998	3 169,1	1 548,7	6 036,5	0,15	1 862,2	910,0	3 547,1	0,00	0,13	0,00	S.I.	S.I.	158,52	0,00	0,00	
<b>Zona Hidrográfica Amazonas - Directos</b>																		
4801	Directos río Amazonas (mi)	3 269	5 481,7	2 604,5	10 700,0	0,20	3 221,6	1 530,7	6 288,3	5,22	0,38	36,32	495,31	941,50	1 069,64	571,59	33,71	5,90
<b>Zona Hidrográfica Napo</b>																		
4901	Río Chingual	456	512,7	232,4	1 153,4	0,08	267,8	121,4	602,5	0,00	0,58	15,10	S.I.	S.I.	0,96	0,96	100,00	
<b>Área Hidrográfica Pacífico</b>																		
<b>Zona Hidrográfica Mira</b>																		
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	351	531,0	196,7	1 165,9	0,15	300,9	111,4	660,6	0,14	0,97	157,57	S.I.	S.I.	4,67	0,00	0,00	
5102	Río Mira	4 087	11 859,5	4 846,6	23 365,2	0,16	6 632,6	2 710,6	13 067,4	54,72	14,06	437,09	1 954,68	4 168,94	4 002,25	716,25	134,20	18,74
5103	Río Rosario	832	2 748,8	1 322,8	4 682,4	0,21	1 406,0	676,6	2 395,0	5,01	3,30	226,85	S.I.	S.I.	58,14	32,85	56,50	
5104	Río Tola	595	2 167,8	980,4	4 120,2	0,21	1 094,5	495,0	2 080,3	3,58	2,34	148,10	S.I.	S.I.	61,83	28,32	45,80	
<b>Zona Hidrográfica Patía</b>																		
5201	Río Patía Alto	3 218	3 018,8	854,5	6 727,6	0,19	1 841,3	521,2	4 103,6	96,70	54,48	743,39	1 055,02	2 242,18	1 797,81	102,82	79,38	77,20
5202	Río Guachicono	2 626	1 673,6	601,2	3 665,6	0,18	976,1	350,7	2 138,0	144,99	115,92	724,46	1 030,63	2 186,35	1 722,73	58,22	37,89	65,08
5203	Río Mayo	874	659,9	299,0	1 303,6	0,16	321,0	145,5	634,2	44,31	22,27	550,41	1 008,96	2 138,66	1 699,58	17,67	9,54	53,99
5204	Río Juananbú	2 084	1 223,2	558,3	2 812,4	0,15	670,5	306,0	1 541,6	75,25	22,47	1 597,97	6 862,18	15 026,73	13 960,75	61,52	35,93	58,40
5205	Río Guaitara	3 650	2 497,6	972,0	5 391,8	0,12	1 223,2	476,0	2 640,6	158,86	65,84	666,40	3 862,57	8 310,43	7 809,61	165,50	127,86	77,26
5206	Río Telembí	4 635	20 508,7	8 354,5	39 266,7	0,15	12 407,4	5 054,3	23 755,6	40,21	13,17	232,38	294,22	643,03	637,35	45,70	16,79	36,74
5207	Río Patía Medio	2 390	5 096,4	2 463,8	10 279,4	0,14	2 467,3	1 192,8	4 976,4	30,16	11,12	139,06	155,05	336,98	309,54	104,76	27,62	26,37
5209	Río Patía Bajo	4 527	14 026,2	5 692,2	28 807,6	0,23	7 176,8	2 912,5	14 739,9	11,72	4,49	208,69	498,98	1 091,36	1 083,35	3 217,26	482,41	14,99
<b>Zona Hidrográfica Tapaje - Dagua - Directos</b>																		
5302	Río Tapaje	1 602	6 285,0	2 630,0	12 571,3	0,17	3 231,6	1 352,3	6 463,7	9,26	1,35	93,50	155,82	340,82	338,32	757,12	234,21	30,93
5303	Río Iscuandé	2 336	6 077,3	2 578,6	12 982,4	0,13	2 985,7	1 266,8	6 378,1	24,05	3,95	48,09	44,14	96,53	95,83	336,85	77,20	22,92

Zonificación hidrográfica		Oferta total			Coeficiente de variación de oferta anual	Oferta disponible			Usos del agua			Calidad del agua - Cargas contaminantes			Transformación de zonas potencialmente inundables			
SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Área SZH (km <sup>2</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )		Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Año medio (millones m <sup>3</sup> )	Año seco (millones m <sup>3</sup> )	Año húmedo (millones m <sup>3</sup> )	Demanda hídrica (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica azul (millones m <sup>3</sup> )	Huella hídrica verde (millones m <sup>3</sup> )	DBO (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	Área total de la ZPI (km <sup>2</sup> )	Área transformada* en la ZPI (km <sup>2</sup> **)	Transformación (%)
5304	Río Guapi	2 623	16 002,4	7 263,6	28 089,0	0,13	9 013,9	4 091,4	15 822,0	14,66	1,00	31,47	271,09	592,92	588,57	491,21	150,23	30,58
5305	Río Timbiquí	808	4 303,4	2 000,3	8 270,6	0,14	2 117,3	984,2	4 069,3	11,33	1,31	20,78	64,20	140,42	139,39	120,17	49,46	41,16
5306	Río Salija	1 088	6 625,7	2 895,3	11 754,7	0,16	3 379,7	1 476,9	5 995,9	0,55	1,57	31,28	S.I.	S.I.	S.I.	125,25	58,75	46,91
5307	Río San Juan del Míca	4 452	20 364,3	8 446,8	36 777,3	0,17	10 931,7	4 534,3	19 742,4	24,72	12,57	207,94	211,45	454,30	399,50	415,00	108,67	26,19
5308	Río Naya - Yuru-mangui	2 665	17 567,0	7 183,3	33 844,0	0,21	11 000,8	4 498,3	21 193,7	0,38	0,47	90,59	S.I.	S.I.	S.I.	306,33	50,59	16,51
5309	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	2 010	8 971,5	3 387,8	19 272,0	0,22	5 024,2	1 897,2	10 792,6	0,01	0,35	57,69	S.I.	S.I.	S.I.	237,92	16,22	6,82
5310	Río Anchicayá	1 280	2 498,3	2 171,2	12 351,1	0,17	1 525,9	1 326,1	7 543,6	13,69	2,38	176,09	S.I.	S.I.	S.I.	118,18	22,29	18,86
5311	Dagua - Buena-ventura - Bahía Málaga	1 965	4 374,2	1 876,3	7 847,4	0,15	2 737,4	1 174,2	4 910,8	90,60	35,36	313,87	7 014,13	13 158,30	15 062,67	90,01	36,19	40,21
<b>Zona Hidrográfica San Juan</b>																		
5401	Río San Juan Alto	2 054	10 930,7	4 952,4	20 764,7	0,14	4 864,4	2 203,9	9 240,7	36,63	2,00	109,37	577,30	1 234,94	1 220,99	38,08	21,44	56,30
5402	Río Tamañá y otros Directos San Juan	2 826	17 615,1	8 236,3	33 144,5	0,18	7 467,0	3 491,3	14 049,9	16,09	1,18	195,45	333,77	730,02	724,66	244,68	94,97	38,81
5403	Río Sipi	3 027	5 846,8	2 570,9	12 581,0	0,15	2 969,1	1 305,5	6 388,8	50,31	29,43	339,81	566,19	1 114,91	940,18	242,49	43,79	18,06
5404	Río Caijón	743	5 259,8	2 960,1	9 318,6	0,21	2 626,4	1 478,1	4 653,1	0,00	0,28	12,69	S.I.	S.I.	S.I.	255,35	39,68	15,54
5405	Río Capoma y otros directos al San Juan	2 427	13 332,9	7 131,1	21 486,1	0,13	7 082,2	3 787,9	11 413,0	0,01	0,29	14,98	S.I.	S.I.	S.I.	377,40	40,87	10,83
5406	Río Muñgudó	833	2 799,7	1 437,1	5 328,4	0,17	1 377,2	706,9	2 621,0	0,00	0,02	2,43	S.I.	S.I.	S.I.	82,29	6,55	7,96
5407	Ríos Callima y Bajo San Juan	3 541	16 891,9	9 196,0	28 943,0	0,16	9 156,3	4 984,7	15 688,6	128,96	10,19	66,91	111,92	258,96	280,30	892,85	51,47	5,76
5408	Río San Juan Medio	935	8 168,1	4 600,5	11 773,2	0,16	3 886,1	2 188,8	5 601,3	0,13	1,88	32,04	S.I.	S.I.	S.I.	84,91	27,29	32,14
<b>Zona Hidrográfica Baudó - Directos Pacífico</b>																		
5501	Río Baudó	4 058	22 147,6	11 642,7	39 580,1	0,13	12 048,2	6 333,6	21 531,3	3,40	0,50	172,90	156,63	342,58	340,06	422,79	114,08	26,98
5502	Río Docampadó y Directos Pacífico	1 907	11 532,7	6 650,1	19 785,1	0,14	6 147,8	3 545,0	10 546,9	0,95	0,06	25,66	48,34	105,72	104,95	353,99	67,71	19,13
<b>Zona Hidrográfica Pacífico Directos</b>																		
5601	Directos Pacífico Frontera Panamá	4 252	17 827,7	8 326,8	35 179,5	0,17	9 758,5	4 557,9	19 256,4	1,50	1,16	56,13	153,84	336,49	334,02	552,14	106,52	19,29
<b>Zona Hidrográfica Islas Pacífico</b>																		
5701	Malpelo		S.I.	S.I.	S.I.	NA	S.I.	S.I.	S.I.	0,00	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
5702	La Gorgona		S.I.	S.I.	S.I.	NA	S.I.	S.I.	S.I.	0,00	0,00	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

\* Corresponde a las porciones de las ZPI que se han transformado en zonas artificializadas o territorios agropecuarios.

\*\* A la escala espacial de trabajo no se percibe transformación en algunas subzonas; por lo tanto, se registra como cero.

# ANEXOS

---

## **Anexo 2.** Indicadores hídricos por subzona hidrográfica

Zonificación hidrográfica	SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hidráulica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hidráulica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hidráulica Potencial de sedimentos (m <sup>3</sup> /año)		Índice de Vulnerabilidad Hidráulica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
			Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría
<b>Área Hidrográfica Caribe</b>																				
<b>Zona Hidrográfica Atrato - Darién</b>																				
1101		Río Andágueda	0,77	Alta	0,08	Muy Bajo	0,20	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,25	Alto	706,8	Muy Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1102		Alto Atrato	0,80	Alta	0,38	Muy Bajo	0,77	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,05	Bajo	222,8	Muy Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1103		Río Quito	0,79	Alta	0,49	Muy Bajo	0,88	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,02	Bajo	17,6	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1104		Río Bebaramá y otros Directos Atrato (mnd)	0,74	Moderada	0,05	Muy Bajo	0,11	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,06	Bajo	114,7	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja
1105		Directos Atrato entre ríos Quito y Bojayá (mi)	0,88	Muy Alta	0,02	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,08	Bajo	39,3	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1106		Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Murri (mnd)	0,89	Muy Alta	0,02	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,15	Moderado	11,0	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1107		Río Murri	0,82	Alta	0,35	Muy Bajo	0,83	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,36	Moderado	0,15	Moderado	63,0	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1108		Río Bojayá	0,83	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,15	Moderado	5,9	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1109		Río Napipi - río Orogadó	0,83	Alta	0,04	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,43	Alto	9,7	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1110		Río Murindó - Directos al Atrato	0,79	Alta	0,20	Muy Bajo	0,40	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,50	Muy Alto	18,8	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1111		Río Sucio	0,84	Alta	1,00	Muy Bajo	2,40	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,28	Bajo	0,42	Alto	67,6	Alta	Muy Baja	Baja	Moderada	Moderada
1112		Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	0,84	Alta	0,19	Muy Bajo	0,45	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,51	Muy Alto	2,4	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
1113		Río Cacarica	0,83	Alta	0,47	Muy Bajo	1,41	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,10	Muy Bajo	0,52	Muy Alto	1,2	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Baja
1114		Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	0,83	Alta	1,20	Bajo	3,62	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,30	Moderado	0,37	Alto	7,3	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
1115		Río Tanela y otros Directos al Caribe	0,83	Alta	1,90	Bajo	6,96	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,71	Alto	0,44	Alto	8,5	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja



Zonificación hidrográfica	SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
			Año medio	Categoría	Año medio	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco
	1116	Río Toloy otros Directos al Caribe	0,83	Alta	2,45	Bajo	0,00	Muy Bajo	1,04	Crítico	0,17	Moderado	14,5	Media	Baja	Baja		Baja	Moderada
	1117	Río Cabi y otros Directos Altrato (md)	0,83	Alta	1,91	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,07	Bajo	49,0	Alta	Baja	Baja		Media Alta	Media Alta
<b>Zona Hidrográfica Caribe Litoral</b>																			
	1201	Río León	0,69	Moderada	5,10	Bajo	0,02	Bajo	0,57	Alto	0,45	Alto	15,3	Media	Baja	Media		Alta	Alta
	1202	Río Mulatos y otros directos al Caribe	0,52	Baja	25,42	Alto	0,11	Moderado	0,76	Alto	0,48	Alto	1,0	Muy Baja	Alta	Muy Alta		Alta	Muy Alta
	1203	Río San Juan	0,54	Baja	19,10	Moderado	0,10	Moderado	0,82	Muy Alto	0,50	Alto	0,7	Muy Baja	Alta	Alta		Media Alta	Alta
	1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	0,77	Alta	42,89	Alto	0,22	Alto	1,10	Crítico	0,51	Muy Alto	0,9	Muy Baja	Media	Muy Alta		Media Alta	Alta
	1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	0,54	Baja	21,35	Alto	0,10	Moderado	0,83	Muy Alto	0,45	Alto	0,7	Muy Baja	Alta	Alta		Alta	Alta
	1206	Arroyos Directos al Caribe	0,77	Alta	262,29	Crítico	0,91	Muy Alto	0,91	Muy Alto	0,37	Alto	0,1	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta		Muy Alta	Muy Alta
<b>Zona Hidrográfica Sinú</b>																			
	1301	Alto Sinú - Urrá	0,77	Alta	12,21	Moderado	0,02	Bajo	1,35	Crítico	0,13	Moderado	15,0	Media	Baja	Media		Baja	Baja
	1302	Medio Sinú	0,78	Alta	22,60	Alto	0,12	Moderado	0,76	Alto	0,49	Alto	3,8	Baja	Media	Media		Media Alta	Media Alta
	1303	Bajo Sinú	0,80	Alta	53,36	Muy Alto	0,20	Alto	1,06	Crítico	0,44	Alto	0,4	Muy Baja	Media	Muy Alta		Alta	Muy Alta
<b>Zona Hidrográfica Caribe Guajira</b>																			
	1501	Río Piedras - río Manzanares	0,56	Baja	20,95	Alto	0,09	Bajo	0,31	Moderado	0,52	Muy Alto	108,4	Muy Alto	Alta	Alta		Alta	Muy Alta
	1502	Río Don Diego	0,71	Moderada	1,12	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,68	Alto	0,36	Alto	78,6	Alta	Baja	Baja		Baja	Baja
	1503	Río Anchoy Otros Directos al caribe	0,67	Moderada	13,37	Moderado	0,02	Bajo	0,51	Alto	0,12	Moderado	42,1	Alta	Media	Alta		Baja	Moderada
	1504	Río Tapias	0,52	Baja	7,10	Bajo	0,04	Bajo	0,30	Bajo	0,50	Alto	6,0	Baja	Media	Alta		Baja	Baja
	1505	Río Camarones y otros directos Caribe	0,63	Baja	15,38	Moderado	0,09	Bajo	0,29	Bajo	0,46	Alto	0,2	Muy Baja	Alta	Muy Alta		Baja	Baja

Zonificación hidrográfica	SZH	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría		
	1506	0.51	Baja	17.11	Moderado	187.36	Crítico	0.07	Bajo	0.45	Moderado	0.42	Alto	2.6	Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta	
	1507	0.28	Muy Baja	16.20	Moderado	165.51	Crítico	0.02	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.14	Moderado	0.0	Muy Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta	
	1508	0.28	Muy Baja	10.09	Moderado	155.81	Crítico	0.03	Bajo	0.04	Muy Bajo	0.30	Alto	0.0	Muy Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta	
	1509	0.66	Moderada	2.42	Bajo	11.14	Moderado	0.01	Bajo	0.30	Moderado	0.44	Alto	109.4	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Catatumbo</b>																			
	1601	0.61	Baja	58.26	Muy Alto	216.14	Crítico	0.08	Bajo	0.55	Alto	0.22	Alto	4.7	Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta	
	1602	0.64	Baja	32.25	Alto	113.81	Crítico	0.04	Bajo	0.53	Alto	0.10	Moderado	10.0	Baja	Alta	Muy Alta	Alta	
	1603	0.64	Baja	1.71	Bajo	6.89	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.29	Bajo	0.43	Alto	19.0	Media	Media	Baja	Media Alta	
	1604	0.72	Moderada	1.56	Bajo	4.49	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.17	Bajo	0.45	Alto	15.9	Media	Baja	Baja	Moderada	
	1605	0.66	Moderada	8.40	Bajo	26.37	Alto	0.03	Bajo	0.32	Moderado	0.49	Alto	20.9	Media	Baja	Alta	Muy Alta	
	1606	0.68	Moderada	0.63	Muy Bajo	1.90	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.27	Bajo	0.46	Alto	7.6	Baja	Baja	Baja	Baja	
	1607	0.72	Moderada	0.87	Muy Bajo	2.44	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.35	Moderado	0.50	Muy Alto	23.5	Media	Baja	Baja	Baja	
	1608	0.68	Moderada	0.66	Muy Bajo	2.19	Bajo	0.00	Muy Bajo	1.56	Crítico	0.51	Muy Alto	11.1	Media	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Islas Caribe</b>																			
	1701	0.68	Moderada	44.45	Alto	S.I.	S.I.	0.04	Bajo	S.I.	S.I.	0.10	Bajo	S.I.	S.I.	Alta	S.I.	Moderada	S.I.
	1702	0.68	Moderada	4.36	Bajo	S.I.	S.I.	0.00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	0.00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	Baja	Baja	Baja	S.I.
	1703	0.68	Moderada	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	0.00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	0.00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	NA	Baja	Baja	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	SZH	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
			Año medio	Año seco	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría
Área Hidrográfica Magdalena - Cauca																				
Zona Hidrográfica Alto Magdalena																				
2101	Alto Magdalena		0,75	Moderada	6,66	Bajo	14,39	Moderado	0,01	Muy Bajo	0,80	Alto	0,14	Moderado	19,1	Media	Baja	Media	Media Alta	Alta
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena		0,76	Alta	21,70	Alto	35,53	Alto	0,09	Bajo	0,92	Muy Alto	0,37	Alto	6,3	Baja	Media	Media	Alta	Alta
2103	Río Suaza		0,79	Alta	2,42	Bajo	5,09	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,72	Alto	0,16	Moderado	23,8	Media	Baja	Media	Media Alta	Alta
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)		0,79	Alta	184,13	Crítico	330,64	Crítico	0,28	Alto	0,63	Alto	0,41	Alto	6,2	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta
2105	Río Pérez		0,79	Alta	5,92	Bajo	13,41	Moderado	0,02	Bajo	0,37	Moderado	0,10	Bajo	28,4	Alta	Baja	Media	Moderada	Media Alta
2106	Ríos Directos Magdalena (md)		0,71	Moderada	237,15	Crítico	443,79	Crítico	0,13	Moderado	0,65	Alto	0,20	Alto	4,9	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
2108	Río Yaguará y río Iquira		0,54	Baja	107,44	Crítico	299,34	Crítico	0,17	Moderado	0,39	Moderado	0,16	Moderado	23,7	Media	Muy Alta	Muy Alta	Media Alta	Alta
2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena		0,78	Alta	50,60	Muy Alto	105,46	Crítico	0,24	Alto	0,36	Moderado	0,25	Alto	2,4	Baja	Media	Media	Baja	Baja
2110	Río Neiva		0,81	Alta	59,37	Muy Alto	130,50	Crítico	0,25	Alto	0,71	Alto	0,36	Alto	11,4	Media	Media	Muy Alta	Alta	Alta
2111	Río Fortalecidas y otros		0,80	Alta	83,12	Muy Alto	235,21	Crítico	0,24	Alto	0,57	Alto	0,33	Alto	6,2	Baja	Media	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2112	Río Baché		0,80	Alta	25,58	Alto	60,13	Muy Alto	0,08	Bajo	0,36	Moderado	0,23	Alto	28,9	Alta	Media	Media	Media Alta	Alta
2113	Río Aipe, río Chenche y otros Directos al Magdalena		0,60	Baja	34,05	Alto	88,82	Muy Alto	0,11	Moderado	0,36	Moderado	0,26	Alto	8,9	Baja	Alta	Alta	Media Alta	Alta
2114	Río Cabrera		0,72	Moderada	3,23	Bajo	10,29	Moderado	0,02	Bajo	0,29	Bajo	0,47	Alto	22,4	Media	Baja	Media	Baja	Moderada
2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)		0,71	Moderada	19,32	Moderado	57,57	Muy Alto	0,09	Bajo	0,40	Moderado	0,38	Alto	6,3	Baja	Media	Alta	Moderada	Media Alta
2116	Río Prado		0,75	Moderada	20,27	Alto	69,43	Muy Alto	0,04	Bajo	0,40	Moderado	0,21	Alto	11,1	Media	Alta	Alta	Moderada	Media Alta
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena		0,68	Moderada	62,14	Muy Alto	192,60	Crítico	0,25	Alto	0,89	Muy Alto	0,34	Alto	8,1	Baja	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
2119	Río Sumapaz		0,64	Baja	16,96	Moderado	59,03	Muy Alto	0,08	Bajo	0,55	Alto	0,21	Alto	4,8	Baja	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)				Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)				
		Año medio		Año medio		Año seco		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año seco		
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	
<b>Zona Hidrográfica Saldaña</b>																						
2120	Río Bogotá	0.70	Moderada	252,98	Crítico	963,67	Crítico	0.37	Alto	1.13	Crítico	0.18	Moderado	1.3	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	
2121	Río Coello	0.76	Alta	1704	Moderado	37,32	Alto	0.08	Bajo	0.52	Alto	0.21	Alto	19.9	Media	Media	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	
2122	Río Opiá	0.68	Moderada	45,36	Alto	139,29	Crítico	0.21	Alto	0.51	Alto	0.35	Alto	2.1	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	
2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	0.43	Muy Baja	19,80	Moderado	72,48	Muy Alto	0.10	Bajo	0.54	Alto	0.46	Alto	6.6	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Media Alta	Media Alta	Alta	Alta	
2124	Río Totare	0.76	Alta	57,77	Muy Alto	156,20	Crítico	0.09	Bajo	0.59	Alto	0.20	Moderado	19.8	Media	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	
2125	Río Lagunilla y Otros Directos al Magdalena	0.73	Moderada	23,26	Alto	68,11	Muy Alto	0.06	Bajo	0.72	Alto	0.31	Alto	20.7	Media	Alta	Alta	Media Alta	Media Alta	Alta	Alta	
<b>Zona Hidrográfica Medio Magdalena</b>																						
2201	Alto Saldaña	0.76	Alta	4,74	Bajo	11,48	Moderado	0.02	Bajo	0.61	Alto	0.49	Alto	43.5	Alta	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Moderada	
2202	Río Atá	0.80	Alta	9,54	Bajo	21,07	Alto	0.03	Bajo	0.50	Moderado	0.34	Alto	34.2	Alta	Baja	Media	Baja	Media	Media	Media Alta	
2203	Medio Saldaña	0.80	Alta	7,80	Bajo	20,05	Alto	0.03	Bajo	0.33	Moderado	0.50	Alto	36.3	Alta	Baja	Media	Baja	Media	Media	Alta	
2204	Río Amoyá	0.80	Alta	0,95	Muy Bajo	2,43	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.30	Moderado	0.35	Alto	39.0	Alta	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
2206	Río Tetuán, río Ortega	0.68	Moderada	7,60	Bajo	23,33	Alto	0.02	Bajo	0.33	Moderado	0.46	Alto	26.7	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	
2207	Río Cucuana	0.76	Alta	14,76	Moderado	38,10	Alto	0.07	Bajo	0.56	Alto	0.52	Muy Alto	13.1	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Moderada	
2208	Bajo Saldaña	0.80	Alta	55,26	Muy Alto	126,32	Crítico	0.21	Alto	0.53	Alto	0.38	Alto	3.2	Baja	Media	Muy Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	
<b>Zona Hidrográfica Medio Magdalena</b>																						
2301	Río Guali	0.77	Alta	4,57	Bajo	14,72	Moderado	0.01	Bajo	0.99	Muy Alto	0.35	Alto	98.2	Alta	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	
2302	Río Guarínó	0.63	Baja	1,18	Bajo	3,38	Bajo	0.27	Alto	0.64	Alto	0.32	Alto	135.7	Muy Alta	Media	Media	Moderada	Moderada	Media	Media Alta	
2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (m/d)	0.74	Moderada	3,47	Bajo	9,89	Bajo	0.02	Bajo	1.04	Crítico	0.37	Alto	6.9	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media Alta	Alta
2304	Directos Magdalena entre ríos Guarínó y La Miel (mi)	0.74	Moderada	11,13	Moderado	30,04	Alto	0.03	Bajo	0.99	Muy Alto	0.30	Alto	30.1	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
2305	Río La Miel (Samaná)	0.79	Alta	5,78	Bajo	15,45	Moderado	0.00	Muy Bajo	0.53	Alto	0.05	Bajo	248.8	Muy Alta	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Moderada	

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría	
				Año medio														
				Año seco														
2306	Río Negro	0,66	Moderada	8,97	Bajo	0,03	Bajo	0,71	Alto	0,37	Alto	39,3	Alta	Baja	Alta	Media Alta	Alta	
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	0,78	Alta	1,47	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,60	Alto	0,07	Bajo	24,8	Media	Baja	Baja	Baja	Moderada	
2308	Río Nare	0,76	Alta	14,73	Moderado	0,02	Bajo	0,52	Alto	0,08	Bajo	92,0	Alta	Media	Media Alta	Media Alta	Alta	
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	0,78	Alta	8,91	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,47	Moderado	0,10	Moderado	8,2	Baja	Baja	Media	Moderada	Media Alta	
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	0,74	Moderada	9,23	Bajo	0,01	Bajo	0,78	Alto	0,12	Moderado	5,0	Baja	Baja	Alta	Moderada	Media Alta	
2312	Río Carare (Minero)	0,73	Moderada	1,59	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,74	Alto	0,31	Alto	43,8	Alta	Baja	Baja	Baja	Moderada	
2314	Río Opón	0,7	Moderada	5,51	Bajo	0,02	Bajo	1,16	Critico	0,41	Alto	30,6	Alta	Baja	Media	Alta	Alta	
2317	Río Cimitarray otros directos al Magdalena	0,7	Moderada	2,01	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,26	Bajo	0,23	Alto	4,3	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	0,74	Moderada	16,79	Moderado	0,06	Bajo	0,74	Alto	0,34	Alto	10,0	Baja	Media	Alta	Alta	Muy Alta	
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	0,74	Moderada	4,66	Bajo	0,02	Bajo	0,28	Bajo	0,45	Alto	10,5	Media	Baja	Baja	Moderada	Media Alta	
2321	Quebrada El Carmen y otros Directos al Magdalena Medio	0,74	Moderada	12,06	Moderado	0,06	Bajo	0,73	Alto	0,48	Alto	7,8	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	
<b>Zona Hidrográfica Sogamoso</b>																		
2401	Río Suárez	0,69	Moderada	9,88	Bajo	0,03	Bajo	0,89	Muy Alto	0,37	Alto	44,3	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	
2402	Río Force	0,77	Alta	4,33	Bajo	0,02	Bajo	0,77	Alto	0,37	Alto	78,1	Alta	Baja	Media	Media Alta	Alta	
2403	Río Chicamocha	0,74	Moderada	37,78	Alto	0,09	Bajo	0,68	Alto	0,25	Alto	7,4	Baja	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	
2405	Río Sogamoso	0,76	Alta	65,59	Muy Alto	0,09	Bajo	1,20	Critico	0,13	Moderado	10,0	Baja	Media	Muy Alta	Moderada	Moderada	

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	SZH	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
			Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
<b>Zona Hidrográfica Magdalena - Cauca - San Jorge</b>																				
2501	Alto San Jorge		0.70	Moderada	3.00	Bajo	7.73	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.50	Alto	0.17	Moderado	28.4	Alta	Baja	Baja	Moderada	Media Alta
2502	Bajo San Jorge - La Mojana		0.85	Alta	13.99	Moderado	29.81	Alto	0.06	Bajo	0.66	Alto	0.47	Alto	2.1	Baja	Media	Media	Media Alta	Alta
<b>Zona Hidrográfica Cauca</b>																				
2601	Alto río Cauca		0.78	Alta	23.60	Alto	52.64	Muy Alto	0.08	Bajo	0.87	Muy Alto	0.41	Alto	11.5	Media	Media	Media	Muy Alto	Muy Alto
2602	Río Palacé		0.77	Alta	13.09	Moderado	30.18	Alto	0.07	Bajo	0.60	Alto	0.46	Alto	12.7	Media	Media	Media	Moderada	Media Alta
2603	Río Salado y otros directos Cauca		0.72	Moderada	5.58	Bajo	15.50	Moderado	0.03	Bajo	0.36	Moderado	0.48	Alto	68.8	Alta	Baja	Media	Moderada	Media Alta
2604	Río Palo		0.67	Moderada	28.39	Alto	96.43	Muy Alto	0.10	Moderado	0.53	Alto	0.36	Alto	22.8	Media	Alta	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2605	Río Timba		0.77	Alta	3.56	Bajo	10.63	Moderado	0.02	Bajo	0.30	Bajo	0.48	Alto	71.7	Alta	Baja	Media	Baja	Baja
2606	Río Ovejás		0.74	Moderada	10.27	Moderado	27.23	Alto	0.04	Bajo	0.39	Moderado	0.38	Alto	15.6	Media	Media	Alta	Media Alta	Alta
2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Parraga)		0.68	Moderada	56.29	Muy Alto	240.79	Critico	0.18	Moderado	0.86	Muy Alto	0.30	Alto	24.9	Media	Alta	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral		0.54	Baja	12.22	Moderado	35.87	Alto	0.04	Bajo	0.92	Muy Alto	0.38	Alto	27.9	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alto
2609	Ríos Anaimé y Cerrito		0.74	Moderada	110.12	Critico	304.85	Critico	0.43	Alto	1.12	Critico	0.43	Alto	12.8	Media	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
2610	Ríos Tuluy y Morales		0.76	Alta	31.81	Alto	88.01	Muy Alto	0.13	Moderado	0.55	Alto	0.40	Alto	24.9	Media	Media	Media	Muy Alto	Muy Alto
2611	Río Frío		0.73	Moderada	62.47	Muy Alto	165.30	Critico	0.33	Alto	0.91	Muy Alto	0.53	Muy Alto	7.4	Baja	Alta	Muy Alto	Alta	Alta
2612	Río La Vieja		0.71	Moderada	17.15	Moderado	48.83	Alto	0.05	Bajo	1.29	Critico	0.35	Alto	26.3	Alta	Media	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2613	Río Otún y otros directos al Cauca		0.73	Moderada	9.52	Bajo	26.73	Alto	0.02	Bajo	1.10	Critico	0.13	Moderado	38.1	Alta	Baja	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2614	Río Risaralda		0.77	Alta	14.04	Moderado	33.59	Alto	0.05	Bajo	1.04	Critico	0.37	Alto	31.9	Alta	Media	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2615	Río Chinchiná		0.68	Moderada	15.20	Moderado	53.84	Muy Alto	0.03	Bajo	1.43	Critico	0.24	Alto	17.5	Media	Media	Alta	Muy Alto	Muy Alto
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca		0.71	Moderada	9.34	Bajo	23.91	Alto	0.03	Bajo	0.75	Alto	0.39	Alto	29.7	Alta	Baja	Alta	Alta	Muy Alto

SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco	Categoría		
2617	Río Frío y Otros Directos al Cauca	0,72	Moderada	6,47	Bajo	18,94	Moderado	0,02	Bajo	0,99	Muy Alto	0,33	Alto	53,4	Alta	Baja	Media	Media Alta	Alta
2618	Río Arma	0,77	Alta	13,65	Moderado	37,45	Alto	0,01	Bajo	0,73	Alto	0,14	Moderado	100,2	Muy Alto	Media	Media	Moderada	Media Alta
2619	Río San Juan	0,76	Alta	6,16	Bajo	13,30	Moderado	0,01	Bajo	0,94	Muy Alto	0,21	Alto	106,7	Muy Alto	Baja	Media	Alta	Alta
2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (md)	0,81	Alta	12,35	Moderado	30,43	Alto	0,04	Bajo	0,65	Alto	0,26	Alto	156,2	Muy Alto	Media	Media	Media Alta	Alta
2621	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdivia (mi)	0,75	Moderada	1,20	Bajo	3,02	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,29	Bajo	0,30	Alto	166,1	Muy Alto	Baja	Baja	Moderada	Media Alta
2622	Río Desbaratado	0,74	Moderada	42,85	Alto	129,54	Crítico	0,27	Alto	0,95	Muy Alto	0,38	Alto	15,9	Media	Alta	Muy Alto	Baja	Baja
2624	Río Taraza - río Man	0,65	Baja	0,88	Muy Bajo	2,38	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,22	Bajo	0,37	Alto	84,0	Alta	Media	Media	Baja	Moderada
2625	Directos al Cauca entre Puerto Valdivia y río Nechi (md)	0,75	Moderada	2,08	Bajo	5,22	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,41	Moderado	0,39	Alto	152,5	Muy Alto	Baja	Baja	Baja	Moderada
2626	Directos Bajo Cauca - Ciénaga La Raya entre río Nechi y Brazo de Loba	0,78	Alta	1,53	Bajo	3,28	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,45	Moderado	0,45	Alto	8,5	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
2627	Río Piendamó	0,74	Moderada	105,79	Crítico	267,65	Crítico	0,06	Bajo	0,32	Moderado	0,05	Bajo	23,0	Media	Muy Alto	Muy Alto	Media Alta	Alta
2628	Río Quinamayo y otros Directos al Cauca	0,64	Baja	36,02	Alto	142,76	Crítico	0,14	Moderado	0,74	Alto	0,43	Alto	8,0	Baja	Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
2629	Ríos Claro y Jamundí	0,71	Moderada	10,29	Moderado	36,91	Alto	0,05	Bajo	0,60	Alto	0,22	Alto	18,4	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alto
2630	Ríos Lili, Melendez y Canaveralejo	0,73	Moderada	468,49	Crítico	1721,80	Crítico	0,25	Alto	1,04	Crítico	0,15	Moderado	3,5	Baja	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Viejos - Yotoco - Mediacanoa y Piedras	0,73	Moderada	137,46	Crítico	374,54	Crítico	0,49	Alto	0,73	Alto	0,37	Alto	3,4	Baja	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Zonificación hidrográfica	Índice de Regulación Hidráulica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hidráulica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hidrica Potencial de sedimentos (m <sup>3</sup> /año)		Índice de Vulnerabilidad Hidrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría
Nombre de Subzona Hidrográfica																
Año medio																
Año seco																
<b>Zona Hidrográfica Nechí</b>																
2632	Ríos Guababá, Sabaletas y Sonso	0,74	Moderada	149,75	Crítico	0,47	Alto	0,92	Muy Alto	0,31	Alto	9,6	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Alta
2633	Ríos Guadalupe y San Pedro	0,74	Moderada	55,58	Muy Alto	0,21	Alto	0,62	Alto	0,47	Alto	7,6	Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2634	Ríos Cali	0,73	Moderada	16,95	Moderado	0,28	Alto	2,73	Crítico	0,19	Moderado	6,4	Baja	Alta	Baja	Baja
2635	Río Bugalagrande	0,74	Moderada	16,59	Moderado	0,09	Bajo	0,71	Alto	0,37	Alto	18,2	Media	Alta	Alta	Alta
2636	Río Paila	0,73	Moderada	34,36	Alto	0,18	Moderado	0,88	Muy Alto	0,49	Alto	4,1	Baja	Muy Alta	Alta	Muy Alta
2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	0,68	Moderada	25,43	Alto	0,10	Bajo	1,05	Crítico	0,38	Alto	4,2	Baja	Alta	Muy Alta	Muy Alta
<b>Zona Hidrográfica Cesar</b>																
2701	Río Porce	0,82	Alta	27,84	Alto	0,03	Bajo	0,80	Alto	0,12	Moderado	61,8	Alta	Media	Muy Alta	Muy Alta
2702	Alto Nechí	0,82	Alta	2,47	Bajo	0,26	Alto	0,31	Moderado	0,13	Moderado	192,9	Muy Alta	Baja	Moderada	Moderada
2703	Bajo Nechí (md)	0,77	Alta	4,23	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,15	Bajo	0,13	Moderado	6,8	Baja	Baja	Moderada	Media Alta
2704	Directos al Bajo Nechí (mi)	0,82	Alta	1,12	Bajo	0,01	Muy Bajo	0,42	Moderado	0,30	Alto	15,0	Media	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Bajo Magdalena</b>																
2801	Alto Cesar	0,54	Baja	10,09	Moderado	0,05	Bajo	0,74	Alto	0,40	Alto	3,6	Baja	Alta	Media Alta	Muy Alta
2802	Medio Cesar	0,60	Baja	40,68	Alto	0,26	Alto	0,66	Alto	0,60	Muy Alto	1,9	Muy Baja	Alta	Alta	Muy Alta
2804	Río Ariguani	0,57	Baja	37,83	Alto	0,19	Moderado	0,90	Muy Alto	0,49	Alto	0,5	Muy Baja	Alta	Alta	Muy Alta
2805	Bajo Cesar	0,62	Baja	10,81	Moderado	0,04	Bajo	0,58	Alto	0,40	Alto	9,4	Baja	Alta	Media Alta	Alta
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)	0,77	Alta	66,54	Muy Alto	0,34	Alto	0,49	Moderado	0,53	Muy Alto	1,0	Muy Baja	Media	Muy Alta	Muy Alta
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	0,77	Alta	15,39	Moderado	0,08	Bajo	0,63	Alto	0,51	Muy Alto	0,2	Muy Baja	Media	Media Alta	Alta
2903	Canal del Dique margendercho	0,77	Alta	145,36	Crítico	0,71	Muy Alto	0,89	Muy Alto	0,51	Muy Alto	0,2	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta



Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hidráulica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hidráulica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m <sup>3</sup> /año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco
				Año medio													
				Año seco													
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	0,77	Alta	1515,80	Crítico	0,73	Muy Alto	0,86	Muy Alto	0,13	Moderado	0,1	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2905	Canal del Dique margen izquierdo	0,77	Alta	135,72	Crítico	0,26	Alto	0,86	Muy Alto	0,49	Alto	0,9	Muy Baja	Muy Alta	Media Alta	Alta	Alta
2906	Cga. Grande de Santa Marta	0,70	Moderada	67,07	Muy Alto	0,10	Bajo	0,44	Moderado	0,49	Alto	16,6	Media	Alta	Media Alta	Alta	Alta
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	0,85	Alta	43,58	Alto	0,09	Bajo	0,48	Moderado	0,52	Muy Alto	0,7	Muy Baja	Media	Media Alta	Alta	Alta
2908	Ríos Chimuica y Corozal	0,77	Alta	19,61	Moderado	0,04	Bajo	0,70	Alto	0,48	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Media	Media Alta	Alta
2909	Ciénaga Mallorquín	0,77	Alta	773,61	Crítico	0,98	Muy Alto	0,59	Alto	0,22	Alto	0,1	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
<b>Área Hidrográfica Orinoco</b>																	
<b>Zona Hidrográfica Inirida</b>																	
3101	Río Inirida Alto	0,7	Moderada	0,12	Muy Bajo	0,25	Muy Bajo	0,21	Bajo	0,48	Alto	1,3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3104	Río Inirida Medio	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,31	Alto	0,6	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3105	Río Papunaya	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,44	Alto	0,5	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3107	Caño Nabuquén	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV		0,05	Bajo	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3108	R. Inirida (mi), hasta bocas Caño Bocón, y R. Las Viñas	0,74	Moderada	0,14	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,09	Bajo	0,8	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3110	Caño Bocón	0,74	Moderada	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,11	Moderado	1,2	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Guaviare</b>																	
3201	Río Guayabero	0,70	Moderada	0,11	Muy Bajo	0,28	Muy Bajo	0,09	Muy Bajo	0,48	Alto	2,7	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3202	Río Guape	0,70	Moderada	0,18	Muy Bajo	0,46	Muy Bajo	0,22	Bajo	0,42	Alto	14,5	Media	Baja	Baja	Baja	Baja
3203	Río Losada	0,68	Moderada	0,02	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,34	Alto	6,1	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3204	Alto Guaviare	0,70	Moderada	0,34	Muy Bajo	0,69	Muy Bajo	0,17	Bajo	0,41	Alto	2,3	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)				Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio		Año medio	
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
3206	Río Ariari	0.74	Moderada	1.91	Bajo	4.56	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.50	Moderado	0.35	Alto	25.9	Alta	Baja	Baja	Moderada	Media Alta
3207	Río Guejar	0.70	Moderada	1.20	Bajo	2.95	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.33	Moderado	0.50	Alto	15.0	Media	Baja	Baja	Baja	Baja
3210	Medio Guaviare	0.73	Moderada	0.51	Muy Bajo	1.05	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.13	Bajo	0.53	Muy Alto	1.9	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3212	Río Siare	0.71	Moderada	0.01	Muy Bajo	0.02	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.08	Muy Bajo	0.45	Alto	0.3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3213	Río Itaviare	0.71	Moderada	0.01	Muy Bajo	0.03	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.06	Muy Bajo	0.09	Bajo	0.7	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3214	Bajo Guaviare	0.74	Moderada	0.04	Muy Bajo	0.06	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.45	Alto	3.8	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3215	Caño Minisiare	0.74	Moderada	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.05	Muy Bajo	0.38	Alto	0.1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3216	Alto río Uva	0.71	Moderada	0.02	Muy Bajo	0.04	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.02	Muy Bajo	0.09	Bajo	0.2	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3217	Bajo río Uva	0.71	Moderada	0.10	Muy Bajo	0.19	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.52	Muy Alto	1.1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3218	Caño Chupabe	0.71	Moderada	0.03	Muy Bajo	0.05	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.49	Alto	1.7	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Vichada</b>																			
3301	Alto Vichada	0.71	Moderada	0.03	Muy Bajo	0.07	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.07	Muy Bajo	0.06	Bajo	0.5	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3302	Río Guarrojo	0.71	Moderada	0.44	Muy Bajo	0.98	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.09	Muy Bajo	0.29	Alto	0.8	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3303	Río Mulco	0.71	Moderada	2.11	Bajo	4.48	Bajo	0.01	Bajo	0.28	Bajo	0.42	Alto	1.7	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3305	Directos Vichada Medio	0.71	Moderada	0.01	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.40	Alto	0.4	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3306	Bajo Vichada	0.74	Moderada	0.01	Muy Bajo	0.02	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.45	Alto	0.7	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Tomo</b>																			
3401	Alto río Tomo	0.74	Moderada	0.24	Muy Bajo	0.50	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.05	Muy Bajo	0.44	Alto	0.5	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3402	Río Elvita	0.71	Moderada	0.23	Muy Bajo	0.44	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.06	Muy Bajo	0.52	Muy Alto	1.7	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3403	Bajo río Tomo	0.74	Moderada	0.03	Muy Bajo	0.06	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.03	Muy Bajo	0.46	Alto	0.4	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3405	Caño Lioní o Terceay	0.71	Moderada	0.02	Muy Bajo	0.05	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.46	Alto	0.3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Meta</b>																			
3501	Río Metica (Gualal - Humadea)	0.71	Moderada	7.65	Bajo	20.84	Alto	0.01	Bajo	0.59	Alto	0.17	Moderado	16.7	Media	Baja	Alta	Moderada	Media Alta

Zonificación hidrográfica	SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
			Año medio	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco	Categoría
	3502	Río Guayuriba	0.72	Moderada	1.84	Bajo	0.01	Bajo	0.63	Alto	0.14	Moderado	110.7	Muy Alta	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Moderada
	3503	Río Guatiquía	0.62	Baja	14.01	Moderado	0.16	Moderado	0.58	Alto	0.05	Bajo	103.8	Muy Alta	Alta	Alta	Año medio	Alta	Año seco	Muy Alta
	3504	Río Guacavía	0.68	Moderada	5.31	Bajo	0.01	Bajo	0.63	Alto	0.25	Alto	98.5	Alta	Baja	Moderada	Año medio	Moderada	Año seco	Media Alta
	3505	Río Humea	0.67	Moderada	2.27	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.45	Moderado	0.41	Alto	74.2	Alta	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3506	Río Guavio	0.56	Baja	14.30	Moderado	0.08	Bajo	0.58	Alto	0.03	Bajo	176.1	Muy Alta	Alta	Alta	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3507	Río Garagoa	0.63	Baja	44.33	Alto	0.04	Bajo	0.87	Muy Alto	0.08	Bajo	37.4	Alta	Alta	Muy Alta	Año medio	Media Alta	Año seco	Alta
	3508	Río Lengupá	0.65	Baja	0.96	Muy Bajo	0.13	Moderado	0.46	Moderado	0.27	Alto	217.5	Muy Alta	Media	Media	Año medio	Baja	Año seco	Moderada
	3509	Río Upia	0.67	Moderada	2.25	Bajo	0.01	Bajo	0.45	Moderado	0.31	Alto	102.8	Muy Alta	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3510	Río Negro	0.62	Baja	0.92	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.67	Alto	0.22	Alto	9.1	Baja	Media	Media	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3511	Directos río Mélica entre ríos Guayuriba y Yucao	0.73	Moderada	4.19	Bajo	0.01	Bajo	0.35	Moderado	0.50	Alto	1.9	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Media Alta
	3512	Río Yucao	0.65	Baja	1.49	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.32	Moderado	0.48	Alto	1.1	Muy Baja	Media	Media	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3513	Río Melúa	0.68	Moderada	0.24	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.24	Bajo	0.39	Alto	0.5	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3514	Caño Cumaral	0.71	Moderada	0.01	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.36	Alto	0.4	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3515	Río Manacacias	0.68	Moderada	2.08	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.22	Bajo	0.29	Alto	0.9	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3516	Lago de Tota	0.6	Baja	26.43	Alto	0.03	Bajo	0.15	Bajo	0.21	Alto	2.4	Baja	Alta	Alta	Año medio	Alta	Año seco	Muy Alta
	3518	Río Túa y otros Directos al Meta	0.56	Baja	2.19	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.40	Moderado	0.32	Alto	10.6	Media	Media	Media	Año medio	Baja	Año seco	Moderada
	3519	Río Cusiana	0.56	Baja	2.09	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.56	Alto	0.30	Alto	75.3	Alta	Media	Media	Año medio	Baja	Año seco	Moderada
	3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	0.71	Moderada	0.87	Muy Bajo	0.01	Muy Bajo	0.24	Bajo	0.36	Alto	0.3	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja
	3521	Río Cravo Sur	0.65	Baja	4.67	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.42	Moderado	0.21	Alto	28.6	Alta	Media	Alta	Año medio	Alta	Año seco	Alta
	3522	Caño Guanápalo y otros Directos al Meta	0.71	Moderada	1.19	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.32	Moderado	0.42	Alto	1.1	Muy Baja	Baja	Baja	Año medio	Baja	Año seco	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hidráulica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hidráulica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hidráulica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hidráulica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
		Año medio	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco
SZH	3523	0.65	Baja	0.86	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.37	Moderado	0.39	Alto	6.6	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	
	3524	0.71	Moderada	0.03	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.21	Bajo	0.41	Alto	0.3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3525	0.68	Moderada	0.32	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.03	Muy Bajo	0.52	Muy Alto	0.9	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3526	0.71	Moderada	1.28	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.12	Bajo	0.43	Alto	1.9	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3527	0.64	Baja	6.95	Bajo	0.03	Bajo	0.66	Alto	0.44	Alto	22.0	Media	Alta	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Casanare</b>																		
	3601	0.63	Baja	1.13	Bajo	0.00	Muy Bajo	0.33	Moderado	0.49	Alto	2.7	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	
	3602	0.65	Baja	1.78	Bajo	0.01	Muy Bajo	0.38	Moderado	0.50	Muy Alto	3.7	Baja	Media	Baja	Moderada	Baja	
	3603	0.65	Baja	4.18	Bajo	0.02	Bajo	0.38	Moderado	0.51	Muy Alto	1.0	Muy Baja	Media	Baja	Baja	Baja	
	3604	0.71	Moderada	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.25	Alto	0.1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3605	0.71	Moderada	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.39	Alto	0.3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Arauca</b>																		
	3701	0.71	Moderada	10.38	Moderado	0.01	Bajo	0.60	Alto	0.09	Bajo	16.6	Media	Media	Alta	Moderada	Media Alta	
	3702	0.70	Moderada	0.20	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	1.32	Critico	0.28	Alto	140.8	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3703	0.68	Moderada	0.05	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.19	Bajo	0.09	Bajo	187.9	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3704	0.68	Moderada	0.36	Muy Bajo	0.00	Muy Bajo	0.27	Bajo	0.43	Alto	26.5	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	
	3705	0.74	Moderada	5.10	Bajo	0.02	Bajo	0.62	Alto	0.46	Alto	4.0	Baja	Baja	Baja	Moderada	Media Alta	
	3706	0.68	Moderada	4.93	Bajo	0.01	Bajo	0.42	Moderado	0.33	Alto	0.1	Muy Baja	Baja	Media	Media Alta	Alta	

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	SZH	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)			
			Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco
<b>Zona Hidrográfica Orinoco Directos</b>																				
3801	Río Víta		0,71	Moderada	0,11	Muy Bajo	0,19	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,49	Alto	0,6	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3802	Río Tuparro		0,68	Moderada	0,04	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,42	Alto	0,4	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3803	Caño Matawén		0,68	Moderada	0,02	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,45	Alto	0,4	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3804	Directos río Alabapo (mi)		0,74	Moderada	0,01	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,22	Alto	0,8	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)		0,68	Moderada	0,10	Muy Bajo	0,19	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,44	Alto	0,3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3809	Río Cinarucu y Directos río Orinoco		0,71	Moderada	0,03	Muy Bajo	0,07	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,25	Alto	0,2	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Apure</b>																				
3901	Alto río Apure		0,68	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV		0,13	Moderado	10,8	Media	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Amazonas</b>																				
<b>Zona Hidrográfica Guainía</b>																				
4101	Alto río Guainía		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,20	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4102	Medio río Guainía		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,28	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4105	Bajo río Guainía		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,28	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4106	Río Aquió o Caño Aque		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,29	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4107	Directos río Negro (md)		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,27	Alto	0,4	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4108	Río Cuiary		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,28	Alto	0,1	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4109	Río Isana		0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,07	Bajo	0,3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
4110	Río Tomo		0,75	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV		0,29	Alto	0,3	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Vaupés</b>																				
4201	Río Itilla		0,77	Alta	0,02	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,21	Bajo	0,48	Alto	0,7	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Baja
4202	Río Unilla		0,77	Alta	0,20	Muy Bajo	0,43	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,10	Bajo	0,51	Muy Alto	3,2	Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)				Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco	Categoría	Año medio	Categoría	
																				Valor
	4203	Alto Vaupés	0,77	Alta	0,02	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,37	Alto	0,6	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4207	Bajo Vaupés	0,75	Moderada	0,04	Muy Bajo	0,07	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Bajo	0,3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
	4208	Río Querary	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Bajo	0,3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
	4209	Río Papurí	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Bajo	0,2	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
	4211	Río Tiquié	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Bajo	0,2	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Apaporis</b>																				
	4301	Río Tunia o Nacavá	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,33	Alto	1,0	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4302	Río Aaju	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,29	Alto	0,2	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4303	Alto río Apaporis	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,24	Alto	0,5	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4305	Bajo río Apaporis	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,18	Moderado	0,5	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4306	Río Cananari	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,08	Bajo	0,3	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4307	Río Pira Paraná	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,11	Moderado	0,3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
	4309	Directos río Taraira	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,10	Bajo	0,3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Caquetá</b>																				
	4401	Alto Caqueta	0,78	Alta	0,37	Muy Bajo	0,75	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,07	Muy Bajo	0,08	Bajo	11,7	Media	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4402	Río Caqueta Medio	0,82	Alta	0,04	Muy Bajo	0,07	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,09	Muy Bajo	0,27	Alto	3,4	Baja	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4403	Río Ortegua	0,77	Alta	0,47	Muy Bajo	1,02	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,34	Moderado	0,27	Alto	37,2	Alta	Muy Bajo	Baja	Moderada	Media Alta
	4404	Río Pescado	0,77	Alta	0,53	Muy Bajo	1,05	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,52	Alto	0,35	Alto	15,4	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Moderada
	4407	Río Rutuya	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,24	Alto	0,1	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4408	Río Mecaya	0,82	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,13	Moderado	1,6	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4409	Río Sencella	0,82	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,17	Moderado	0,3	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4410	Río Peneya	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,39	Alto	0,0	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja
	4414	Río Cuananí	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,23	Alto	0,0	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
		Año medio		Año seco		Valor		Categoría		Valor		Categoría		Año medio		Año seco	
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
4415	Río Caqueta Bajo	0,79	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,25	Alto	1,0	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4417	Río Cahuinari	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,23	Alto	0,3	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4418	Río Miriti-Paraná	0,81	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,28	Alto	0,4	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4420	Río Puré	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,29	Alto	0,0	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Yari</b>																	
4501	Alto Yari	0,77	Alta	0,02	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,49	Moderado	0,33	Alto	2,0	Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4502	Río Camuya	0,77	Alta	0,01	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	2,94	Crítico	0,19	Moderado	0,2	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4504	Medio Yari	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,25	Alto	0,1	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4505	Río Luisa	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,40	Alto	0,1	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4506	Bajo Yari	0,78	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,23	Alto	0,3	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4509	Río Cuñare	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,23	Alto	0,8	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
4510	Río Mesay	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	No HHV	0,23	Alto	0,3	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Caguán</b>																	
4601	Río Caguán Alto	0,76	Alta	0,50	Muy Bajo	1,03	Bajo	0,36	Moderado	0,47	Alto	11,0	Media	0,00	Muy Baja	0,00	Moderada
4602	Río Guayas	0,79	Alta	0,77	Muy Bajo	1,58	Bajo	0,15	Bajo	0,22	Alto	34,2	Alta	0,00	Muy Baja	0,00	Baja
4604	Río Caguán Bajo	0,77	Alta	0,17	Muy Bajo	0,34	Muy Bajo	0,06	Muy Bajo	0,46	Alto	3,4	Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Baja
4605	Río Sunsiya	0,77	Alta	0,04	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,27	Bajo	0,43	Alto	3,7	Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Baja
<b>Zona Hidrográfica Putumayo</b>																	
4701	Alto río Putumayo	0,78	Alta	0,34	Muy Bajo	0,74	Muy Bajo	0,10	Muy Bajo	0,11	Moderado	30,7	Alta	0,00	Muy Baja	0,00	Baja
4702	Río San Miguel	0,74	Moderada	0,28	Muy Bajo	0,62	Muy Bajo	0,15	Bajo	0,15	Moderado	9,7	Baja	0,00	Baja	0,00	Moderada
4703	Río Putumayo Medio	0,68	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,12	Moderado	2,5	Baja	0,00	Baja	0,00	Baja
4704	Río Putumayo Directos (mi)	0,78	Alta	0,18	Muy Bajo	0,34	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,21	Alto	1,9	Muy Baja	0,00	Muy Baja	0,00	Baja

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)				Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m <sup>3</sup> /año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
		Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año seco	Categoría	Año medio	Categoría
<b>Zona Hidrográfica Amazonas - Directos</b>																			
4705	Río Cará-Paraná	0,78	Alta	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,18	Moderado	0,1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
4706	Río Putumayo Bajo	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,22	Alto	0,6	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
4707	Río Igará-Paraná	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,14	Moderado	0,2	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
4710	Río Coutuhe	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,11	Moderado	0,2	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
4711	Río Purite	0,77	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	No HHV	Moderado	0,10	Moderado	0,0	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Amazonas - Directos</b>																			
4801	Directos río Amazonas (mi)	0,77	Alta	0,16	Muy Bajo	0,34	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,16	Moderado	0,7	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Moderada
<b>Zona Hidrográfica Napo</b>																			
4901	Río Chingual	0,74	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,14	Moderado	2,4	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
<b>Área Hidrográfica Pacífico</b>																			
<b>Zona Hidrográfica Mira</b>																			
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	0,74	Moderada	0,05	Muy Bajo	0,13	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	1,62	Critico	0,41	Alto	43,5	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja
5102	Río Mira	0,78	Alta	0,82	Muy Bajo	2,02	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,14	Bajo	0,29	Alto	112,6	Muy Alta	Muy Baja	Baja	Moderada	Media Alta
5103	Río Rosario	0,79	Alta	0,36	Muy Bajo	0,74	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,25	Bajo	0,24	Alto	14,5	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
5104	Río Tola	0,79	Alta	0,33	Muy Bajo	0,72	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,21	Bajo	0,24	Alto	14,5	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Patía</b>																			
5201	Río Patía Alto	0,67	Moderada	5,25	Bajo	18,55	Moderado	0,03	Bajo	0,23	Bajo	0,46	Alto	47,1	Alta	Baja	Media	Moderada	Alta
5202	Río Guachicono	0,68	Moderada	14,85	Moderado	41,35	Alto	0,12	Moderado	0,34	Moderado	0,51	Muy Alto	17,1	Media	Media	Alta	Media Alta	Alta
5203	Río Mayo	0,78	Alta	13,80	Moderado	30,45	Alto	0,07	Bajo	0,78	Alto	0,47	Alto	17,5	Media	Media	Media	Alta	Alta
5204	Río Juanambú	0,73	Moderada	11,22	Moderado	24,59	Alto	0,03	Bajo	1,14	Critico	0,38	Alto	14,8	Media	Media	Alta	Muy Alta	Muy Alta
5205	Río Guaitara	0,79	Alta	12,99	Moderado	33,37	Alto	0,05	Bajo	0,32	Moderado	0,47	Alto	17,1	Media	Media	Media	Alta	Muy Alta
5206	Río Telembí	0,74	Moderada	0,32	Muy Bajo	0,80	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,12	Bajo	0,33	Alto	71,4	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja
5207	Río Patía Medio	0,79	Alta	1,22	Bajo	2,53	Bajo	0,00	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo	0,40	Alto	17,4	Media	Baja	Baja	Baja	Baja



Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hídrica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hídrica Potencial de sedimentos (m³/año)		Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
		Año medio	Categoría	Año medio	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Categoría	Año medio	Categoría	
<b>Zona Hidrográfica Tapaje - Dagua - Directos</b>																		
5209	Río Patía Bajo	0,79	Alta	0,16	Muy Bajo	0,40	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,20	Alto	9,5	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5302	Río Tapaje	0,79	Alta	0,29	Muy Bajo	0,69	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,14	Moderado	9,0	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5303	Río Iscuandé	0,79	Alta	0,81	Muy Bajo	1,90	Bajo	0,02	Muy Bajo	0,15	Moderado	10,8	Media	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	
5304	Río Guapi	0,76	Alta	0,16	Muy Bajo	0,36	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,07	Bajo	45,5	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5305	Río Timbiquí	0,79	Alta	0,54	Muy Bajo	1,15	Bajo	0,02	Muy Bajo	0,26	Alto	38,8	Alta	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	
5306	Río Sajja	0,79	Alta	0,02	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,26	Alto	37,7	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5307	Río San Juan del Mica	0,76	Alta	0,23	Muy Bajo	0,55	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,43	Alto	96,6	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5308	Río Naya - Yurumanguí	0,75	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,13	Moderado	67,5	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	
5309	Ríos Cajambre Mayorquin Raposo	0,75	Moderada	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,08	Bajo	7,7	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
5310	Río Anchicayá	0,75	Moderada	0,90	Muy Bajo	1,03	Bajo	4,62	Crítico	0,10	Bajo	3,5	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	0,75	Moderada	3,31	Bajo	7,72	Bajo	0,54	Alto	0,38	Alto	7,0	Baja	Baja	Baja	Alta	Muy Alta	
<b>Zona Hidrográfica San Juan</b>																		
5401	Río San Juan Alto	0,82	Alta	0,75	Muy Bajo	1,66	Bajo	0,07	Muy Bajo	0,10	Moderado	196,5	Muy Alta	Muy Baja	Baja	Baja	Baja	
5402	Río Tamaná y otros Directos San Juan	0,83	Alta	0,22	Muy Bajo	0,46	Muy Bajo	0,07	Muy Bajo	0,10	Bajo	252,0	Muy Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5403	Río Sipí	0,79	Alta	1,69	Bajo	3,85	Bajo	0,18	Bajo	0,49	Alto	21,0	Media	Baja	Baja	Baja	Moderada	
5404	Río Cajón	0,79	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,09	Bajo	112,0	Muy Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5405	Río Capoma y otros Directos al San Juan	0,79	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,03	Bajo	4,7	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5406	Río Munguicó	0,79	Alta	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,12	Moderado	1,1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	
5407	Ríos Calima y Bajo San Juan	0,76	Alta	1,41	Bajo	2,59	Bajo	0,02	Muy Bajo	0,08	Bajo	12,2	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	

Zonificación hidrográfica	SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Índice de Regulación Hidráulica (IRH)		Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice del Agua no Retornada a la Cuenca (IARC)		Índice de Presión Hidráulica al Ecosistema (IPHE)		Índice de Eficiencia en el Uso de Agua (IEUA)		Erosión hidráulica Potencial de sedimentos (m <sup>3</sup> /año)		Índice de Vulnerabilidad Hidráulica (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)		
			Año medio	Año seco	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Año medio	Año seco	Categoría	Categoría	
	5408	Río San Juan Medio	0,83	Alta	0,00	Muy Bajo	0,01	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,18	Moderado	99,9	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Baudó - Directos Pacífico</b>																			
	5501	Río Baudó	0,76	Alta	0,03	Muy Bajo	0,05	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,12	Moderado	40,9	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Baja
	5502	Río Docampadó y Directos Pacífico	0,76	Alta	0,02	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,10	Bajo	19,0	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Pacífico - Directos</b>																			
	5601	Directos Pacífico Frontera Panamá	0,76	Alta	0,02	Muy Bajo	0,03	Muy Bajo	0,00	Muy Bajo	0,02	Muy Bajo	0,35	Alto	12,8	Media	Muy Baja	Muy Baja	Baja
<b>Zona Hidrográfica Islas Pacífico</b>																			
	5701	Malpelo	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	No HHV	0,00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
	5702	La Gorgona	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	No HHV	0,00	Muy Bajo	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

# ANEXOS

---

## **Anexo 3.** Resultados de análisis integrado por subzonas hidrográficas

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Categoría	Análisis de oferta hídrica	Análisis de variabilidad hídrica	Análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso de extracción y refinación de coca	Vertimiento de mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
												Valor	Categoría
<b>Área Hidrográfica Caribe</b>													
<b>Zona Hidrográfica Atrato-Darién</b>													
1101	Río Andágueda	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Alta	Alto	NA	Baja	0,48	Baja
1102	Alto Atrato	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Alta	Alto	NA	Media	0,51	Baja
1103	Río Quito	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Media	Alto	Baja	Muy Alta	0,55	Baja
1104	Río Bebaramá y otros Directos Atrato (md)	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Alta	Medio	NA	Media	0,49	Baja
1105	Directos Atrato entre ríos Quito y Bojavá (mi)	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Alta	Bajo	Baja	Baja	0,48	Baja
1106	Directos Atrato entre ríos Bebaramá y Muirri (md)	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Media	Bajo	NA	Baja	0,39	Muy Baja
1107	Río Muirri	3	Media	3	Media	Moderado	Baja	Alta	Muy Alto	Baja	Baja	0,58	Baja
1108	Río Bojavá	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Alto	NA	NA	0,47	Muy Baja
1109	Río Napipi - río Opogadó	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Bajo	NA	NA	0,43	Muy Baja
1110	Río Murindó - Directos al Atrato	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Media	Bajo	Baja	Baja	0,42	Muy Baja
1111	Río Sucio	3	Media	3	Media	Bajo	Moderada	Alta	Alto	Baja	Baja	0,62	Medio
1112	Río Salaquí y otros directos Bajo Atrato	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Bajo	Baja	NA	0,46	Muy Baja
1113	Río Cacarica	3	Media	4	Alta	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,48	Baja
1114	Directos Bajo Atrato entre río Sucio y desembocadura al mar Caribe	3	Media	3	Media	Moderado	Baja	Baja	Alto	Baja	Baja	0,57	Baja
1115	Río Tanelá y otros Directos al Caribe	3	Media	4	Alta	Alto	Baja	Baja	Medio	Baja	Baja	0,62	Medio
1116	Río Toloy otros Directos al Caribe	3	Media	4	Alta	Crítico	Moderada	Media	Muy Alto	Baja	Media	0,79	Alta
1117	Río Cabi y otros Directos Atrato (md)	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Media Alta	Alta	Medio	NA	Baja	0,55	Baja
<b>Zona Hidrográfica Caribe Litoral</b>													
1201	Río León	3	Media	4	Alta	Alto	Alta	Media	Muy Alto	Baja	NA	0,79	Alta

Zonificación hidrográfica	Análisis variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
									Valor	Categoría
<b>SZH</b>	<b>Nombre de Subzona Hidrográfica</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Valor</b>	<b>Categoría</b>
1202	Río Mulaños y otros directos al Caribe	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Muy Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,92	Alta
1203	Río San Juan	3 Media	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,84	Alta
1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	3 Media	5 Muy Alta	Crítico	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,83	Alta
1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,86	Alta
1206	Arroyos Directos al Caribe	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Baja	Alto	NA	Baja	0,92	Alta
<b>Zona Hidrográfica Sinú</b>										
1301	Alto Sinú - Urrá	3 Media	5 Muy Alta	Crítico	Media	Medio	Media	NA	0,72	Medio
1302	Medio Sinú	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,78	Alta
1303	Bajo Sinú	3 Media	5 Muy Alta	Crítico	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,88	Alta
<b>Zona Hidrográfica Caribe Guajira</b>										
1501	Río Piedras - río Manzanares	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Muy Alta	Alto	Baja	NA	0,92	Alta
1502	Río Don Diego	4 Alta	4 Alta	Alto	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,70	Medio
1503	Río Ancho y otros Directos al Caribe	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Moderada	Alto	Baja	NA	0,78	Alta
1504	Río Tapias	4 Alta	5 Muy Alta	Bajo	Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,58	Baja
1505	Río Camarones y otros Directos Caribe	5 Muy Alta	5 Muy Alta	Bajo	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,64	Medio
1506	Río Ranchería	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,88	Alta
1507	Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	3 Media	5 Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,72	Medio
1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	3 Media	5 Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,70	Medio
1509	Río Guachaca - Mendiguacay Buritaca	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,71	Medio
<b>Zona Hidrográfica Catatumbo</b>										
1601	Río Pamplonita	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Baja	Muy Alto	NA	NA	0,90	Alta
1602	Río Zulia	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Baja	Muy Alto	Baja	Baja	0,91	Alta

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis de oferta hídrica		Análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad		Presión sobre los ecosistemas (IPHE)		Presión por contaminación (IACAL año seco)		Erosión hídrica potencial en ladera		Transformación potencialmente inundables (%)		Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca		Vertimiento mercurio al agua y suelo		Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
		Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor
1603	Río Nuevo Presidente-Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	4 Alta	4 Alta	Bajo	Media Alta	Media	Muy Alto	Media	NA	0,78	Alta	Media	NA	0,78	Alta	NA	NA	0,78	Alta
1604	Río Tarra	4 Alta	4 Alta	Bajo	Moderada	Media	Muy Alto	Media	NA	0,73	Medio	Media	NA	0,73	Medio	NA	NA	0,73	Medio
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Muy Alta	Media	Muy Alto	Media	NA	0,95	Muy Alta	Media	NA	0,95	Muy Alta	NA	NA	0,95	Muy Alta
1606	Río Socuavo del Norte y río Socuavo Sur	4 Alta	4 Alta	Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja	NA	0,65	Medio	Media	NA	0,65	Medio	NA	NA	0,65	Medio
1607	Bajo Catatumbo	3 Media	4 Alta	Moderado	Baja	Media	Baja	Baja	NA	0,65	Medio	Media	NA	0,65	Medio	NA	NA	0,65	Medio
1608	Río del Suroeste y directos río de Oro	4 Alta	4 Alta	Crítico	Baja	Media	Baja	Baja	NA	0,74	Alta	Media	NA	0,74	Alta	NA	NA	0,74	Alta
<b>Zona Hidrográfica Islas Caribe</b>																			
1701	San Andrés	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
1702	Providencia	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
1703	Roncador y Quitasueño	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
<b>Área Hidrográfica Magdalena - Cauca</b>																			
<b>Zona Hidrográfica Alto Magdalena</b>																			
2101	Alto Magdalena	3 Media	3 Media	Alto	Alta	Media	Alto	Alta	NA	0,63	Medio	NA	NA	0,63	Medio	NA	NA	0,63	Medio
2102	Río Timaná y otros directos al Magdalena	3 Media	4 Alta	Muy Alto	Alta	Baja	Muy Alto	Alta	NA	0,77	Alta	Media	NA	0,77	Alta	NA	NA	0,77	Alta
2103	Río Suaza	3 Media	3 Media	Alto	Alta	Media	Alto	Alta	NA	0,71	Medio	Media	NA	0,71	Medio	NA	NA	0,71	Medio
2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	3 Media	4 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	Alto	Alta	NA	0,83	Alta	Baja	Baja	0,83	Alta	Baja	Baja	0,83	Alta
2105	Río Páez	3 Media	5 Media	Moderado	Media Alta	Alta	Alto	Media Alta	NA	0,66	Medio	Alto	NA	0,66	Medio	Baja	Baja	0,66	Medio
2106	Ríos directos Magdalena (md)	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Alto	Muy Alta	NA	0,93	Muy Alta	Baja	NA	0,93	Muy Alta	Baja	Baja	0,93	Muy Alta
2108	Río Yaguará y río Iquirá	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Media	Alto	Alta	NA	0,87	Alta	Media	NA	0,87	Alta	Baja	Baja	0,87	Alta
2109	Juncal y otros ríos directos al Magdalena	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Baja	Baja	Moderado	Baja	NA	0,71	Medio	Baja	NA	0,71	Medio	Baja	Baja	0,71	Medio
2110	Río Neiva	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Alta	Media	Alto	Alta	NA	0,89	Alta	Media	NA	0,89	Alta	Baja	Baja	0,89	Alta
2111	Río Fortalecidas y otros	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Alto	Muy Alta	NA	0,93	Muy Alta	Baja	NA	0,93	Muy Alta	Baja	Baja	0,93	Muy Alta
2112	Río Baché	3 Media	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Alta	Moderado	Alta	NA	0,83	Alta	Alta	NA	0,83	Alta	Baja	Baja	0,83	Alta

Zonificación hidrográfica	Análisis variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
									Categoría	Valor
<b>SZH</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Valor</b>	<b>Categoría</b>
Río Alpe, río Chenche y otros directos al Magdalena	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Baja	Muy Alto	NA	Baja	0.86	Alta
Río Cabrera	3 Media	3 Media	Bajo	Moderada	Media	Muy Alto	NA	NA	0.57	Baja
Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md)	3 Media	5 Muy Alta	Moderado	Media Alta	Baja	NA	NA	NA	0.65	Medio
Río Prado	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Media Alta	Media	Muy Alto	NA	NA	0.79	Alta
Río Luisa y otros Directos al Magdalena	3 Media	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto	Baja	NA	NA	NA	0.79	Alta
Río Sumapaz	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Muy Alto	Baja	Medio	NA	NA	0.81	Alta
Río Bogotá	3 Media	5 Muy Alta	<b>Crítico</b>	Muy Alto	Baja	Muy Alto	NA	NA	0.89	Alta
Río Coello	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Muy Alto	Media	Muy Alto	NA	Baja	0.89	Alta
Río Opía	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Baja	Baja	NA	NA	NA	0.57	Baja
Río Seco y otros Directos al Magdalena	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	NA	NA	NA	0.72	Medio
Río Totare	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Muy Alto	Media	Medio	NA	Baja	0.85	Alta
Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Alta	Media	Muy Alto	NA	Medio	0.87	Alta
<b>Zona Hidrográfica Saldaña</b>										
2201 Alto Saldaña	3 Media	4 Alta	Alto	Moderada	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0.70	Medio
2202 Río Alá	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Media Alta	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0.83	Alta
2203 Medio Saldaña	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0.88	Alta
2204 Río Amoyá	4 Alta	4 Alta	Moderado	Baja	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0.68	Medio
2206 Río Tetuán, río Ortega	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Alta	NA	NA	Baja	0.80	Alta
2207 Río Cucuana	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Moderada	Media	Muy Alto	NA	NA	0.71	Medio
2208 Bajo Saldaña	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	NA	NA	Baja	0.75	Alta
<b>Zona Hidrográfica Medio Magdalena</b>										
2301 Río Gualí	3 Media	4 Alta	Muy Alto	Alta	Alta	NA	NA	Baja	0.74	Alta
2302 Río Guarínó	3 Media	3 Media	Alto	Media Alta	Muy Alto	NA	NA	NA	0.60	Medio
Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	3 Media	3 Media	<b>Crítico</b>	Alta	Baja	Muy Alto	NA	NA	0.74	Alta

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis de variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso de extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
										Valor	Categoría
SZH		Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Valor	Categoría
2304	Directos Magdalena entre ríos Guarín y La Miel (mi)	3 Media	5 Muy Alta	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0.84	Alta
2305	Río La Miel (Samaná)	3 Media	4 Alta	Alto	Moderada	Muy Alta	Muy Alto	NA	Baja	0.71	Medio
2306	Río Negro	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0.87	Alta
2307	Directos Magdalena Medio entre ríos La Miel y Nare (mi)	3 Media	3 Media	Alto	Moderada	Media	Muy Alto	Baja	Baja	0.67	Medio
2308	Río Nare	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Alta	Alta	Muy Alto	Baja	Media	0.91	Alta
2310	Río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio	3 Media	4 Alta	Moderado	Media Alta	Baja	Muy Alto	Baja	Media	0.77	Alta
2311	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Media Alta	Baja	Muy Alto	Baja	Baja	0.81	Alta
2312	Río Carare (Minero)	3 Media	3 Media	Alto	Moderada	Alta	Muy Alto	Baja	NA	0.65	Medio
2314	Río Opón	3 Media	4 Alta	Crítico	Alta	Alta	Alto	Baja	NA	0.82	Alta
2317	Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Baja	Muy Alto	Baja	Media	0.60	Medio
2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Muy Alto	Baja	Baja	0.91	Alta
2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	4 Alta	4 Alta	Bajo	Media Alta	Media	Muy Alto	Media	Muy Alta	0.87	Alta
2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0.88	Alta
<b>Zona Hidrográfica Sogamoso</b>											
2401	Río Suárez	3 Media	5 Muy Alta	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0.84	Alta
2402	Río Fonce	3 Media	4 Alta	Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0.77	Alta
2403	Río Chicamocha	3 Media	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Muy Alto	NA	NA	0.85	Alta
2405	Río Sogamoso	3 Media	5 Muy Alta	Crítico	Moderada	Baja	Muy Alto	NA	Baja	0.77	Alta
<b>Zona Hidrográfica Magdalena - Cauca - San Jorge</b>											
2501	Alto San Jorge	3 Media	3 Media	Alto	Media Alta	Alta	Muy Alto	Media	Baja	0.76	Alta
2502	Bajo San Jorge - La Mojana	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	Muy Alto	NA	Media	0.91	Alta



SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis de variabilidad de oferta hídrica		Análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad		Presión sobre los ecosistemas (IPHE)		Presión por contaminación (IACAL año seco)		Erosión hídrica potencial en ladera		Transformación de zonas potencialmente inundables (%)		Uso de sustancias químicas, proceso de extracción y refinación de coca		Vertimiento de mercurio al agua y suelo		Categorización de subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
		Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor
Zona Hidrográfica Cauca																			
2601	Alto río Cauca	4	Alta	5	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Media	Alto	NA	Baja	0,94	Muy Alto					
2602	Río Palacé	4	Alta	5	Muy Alto	Alto	Media Alta	Media	Alto	Bajo	Baja	NA	0,78	Alta					
2603	Río Salado y otros Directos Cauca	4	Alta	4	Alta	Moderado	Media Alta	Alta	NA	NA	Baja	Baja	0,73	Medio					
2604	Río Palo	4	Alta	5	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Media	Muy Alto	Baja	Baja	0,97	Muy Alto					
2605	Río Timba	4	Alta	4	Alta	Bajo	Baja	Alta	Alta	Muy Alto	Baja	Baja	0,69	Medio					
2606	Río Ovejas	4	Alta	5	Muy Alto	Moderado	Alta	Media	Media	Muy Alto	NA	Baja	0,87	Alta					
2607	Río Guachal (Bolo-Fralle y Párraga)	3	Media	5	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Media	Media	Muy Alto	NA	NA	0,88	Alta					
2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	4	Alta	5	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0,94	Muy Alto					
2609	Ríos Amaime y Cerrito	4	Alta	5	Muy Alto	Crítico	Muy Alto	Media	Media	Muy Alto	NA	NA	0,95	Muy Alto					
2610	Ríos Tuluy y Morales	3	Media	5	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Media	Media	Muy Alto	NA	NA	0,86	Alta					
2611	Río Frío	3	Media	5	Muy Alto	Muy Alto	Alta	Baja	Baja	Muy Alto	NA	NA	0,82	Alta					
2612	Río La Vieja	4	Alta	5	Muy Alto	Crítico	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0,99	Muy Alto					
2613	Río Otún y otros directos al Cauca	4	Alta	5	Muy Alto	Crítico	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	Baja	0,99	Muy Alto					
2614	Río Risaralda	4	Alta	5	Muy Alto	Crítico	Muy Alto	Alta	Alta	NA	NA	Baja	0,91	Alta					
2615	Río Chinchiná	3	Media	5	Muy Alto	Crítico	Muy Alto	Media	Media	Muy Bajo	NA	Baja	0,85	Alta					
2616	Río Tapias y otros Directos al Cauca	4	Alta	5	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alta	Alta	NA	NA	Baja	0,87	Alta					
2617	Río Frío y otros Directos al Cauca	4	Alta	5	Muy Alto	Muy Alto	Alta	Alta	Alta	Muy Alto	NA	Media	0,95	Muy Alto					
2618	Río Arma	3	Media	5	Muy Alto	Alto	Media Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	NA	Baja	0,81	Alta					
2619	Río San Juan	4	Alta	4	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	NA	Media	0,91	Alta					
2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdía (md)	4	Alta	5	Muy Alto	Alto	Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Baja	0,94	Muy Alto					
2621	Directos río Cauca entre río San Juan y Puerto Valdía (mi)	3	Media	3	Media	Bajo	Media Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Media	0,73	Medio					
2622	Río Desbaratado	4	Alta	5	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Media	Media	Muy Alto	NA	NA	0,73	Medio					

Zonificación hidrográfica		Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis variabilidad de oferta hídrica	Categoría	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Categoría	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Categoría	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Categoría	Erosión hídrica potencial en ladera	Categoría	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Categoría	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Categoría	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categoría	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Categoría																		Valor	Categoría
2624	3	Media	3	Media	Bajo	Moderada	Alta	Muy Alto	Media	0,70	Medio									
2625	3	Media	4	Alta	Moderado	Moderada	Muy Alta	Media	0,75	Alta										
2626	4	Alta	4	Alta	Moderado	Baja	Baja	Media	0,70	Medio										
2627	4	Alta	5	Muy Alta	Moderado	Alta	Muy Alto	Baja	0,90	Alta										
2628	4	Alta	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Media	0,99	Muy Alta										
2629	4	Alta	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Media	Baja	0,94	Muy Alta										
2630	3	Media	5	Muy Alta	Critico	Muy Alta	Baja	NA	0,89	Alta										
2631	3	Media	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	NA	0,85	Alta										
2632	4	Alta	5	Muy Alta	Muy Alto	Alta	Baja	NA	0,87	Alta										
2633	4	Alta	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	NA	0,90	Alta										
2634	4	Alta	5	Muy Alta	Critico	Baja	Baja	NA	0,66	Medio										
2635	3	Media	5	Muy Alta	Alto	Alta	Media	NA	0,81	Alta										
2636	4	Alta	5	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alta	Baja	NA	0,92	Alta										
2637	4	Alta	5	Muy Alta	Critico	Muy Alta	Baja	NA	0,94	Muy Alta										
<b>Zona Hidrográfica Nechí</b>																				
2701	3	Media	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Alta	Muy Alto	Baja	0,96	Muy Alta									
2702	3	Media	4	Alta	Moderado	Moderada	Muy Alta	Media	0,78	Alta										
2703	4	Alta	4	Alta	Bajo	Media Alta	Baja	Muy Alto	Baja	0,83	Alta									
2704	3	Media	4	Alta	Moderado	Baja	Media	Alto	Baja	0,66	Medio									
<b>Zona Hidrográfica Cesar</b>																				
2801	4	Alta	5	Muy Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Muy Alto	NA	0,90	Alta									

Zonificación hidrográfica		Análisis variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Valor	Categoría
2802	Medio César	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,89	Alta
2804	Río Ariguaní	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,91	Alta
2805	Bajo César	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Alta	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,88	Alta
<b>Zona Hidrográfica Bajo Magdalena</b>											
2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (mi)	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Muy Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,87	Alta
2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md)	3 Media	4 Alta	Alto	Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,74	Alta
2903	Canal del Dique margen derecho	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Alta	Muy Baja	Alto	NA	NA	0,89	Alta
2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Muy Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,91	Alta
2905	Canal del Dique margen izquierdo	4 Alta	5 Muy Alta	Muy Alto	Alta	Muy Baja	Alto	NA	NA	0,84	Alta
2906	Cga Grande de Santa Marta	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Media	Alto	Baja	NA	0,85	Alta
2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)	4 Alta	5 Muy Alta	Moderado	Alta	Muy Baja	Alto	NA	Media	0,86	Alta
2908	Ríos Chimuica y Corozal	3 Media	3 Media	Alto	Alta	Muy Baja	Muy Alto	NA	NA	0,69	Medio
2909	Ciénaga Mailor quín	4 Alta	5 Muy Alta	Alto	Muy Alta	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,85	Alta
<b>Área Hidrográfica Orinoco</b>											
<b>Zona Hidrográfica Inirida</b>											
3101	Río Inirida Alto	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Medio	Media	NA	0,52	Baja
3104	Río Inirida Medio	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3105	Río Papunaya	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
3107	Caño Nabuquén	3 Media	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
3108	R. Inirida (mi), hasta bocas Caño Bocón, y R. Las Viñas	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	Baja	0,46	Muy Baja
3110	Caño Bocón	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Baja	0,43	Muy Baja

Zonificación hidrográfica		Análisis de variabilidad de oferta hídrica	Análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Valor	Categoría
<b>Zona Hidrográfica Guaviare</b>											
3201	Río Guayabero	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Alto	Baja	NA	0,50	Baja
3202	Río Guape	3	Media	Bajo	Baja	Media	Alto	Baja	NA	0,53	Baja
3203	Río Losada	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,52	Baja
3204	Alto Guaviare	3	Media	Bajo	Baja	Baja	Medio	Media	NA	0,53	Baja
3206	Río Ariari	3	Media	Moderado	Media Alta	Alta	Alto	Baja	NA	0,66	Medio
3207	Río Guejar	3	Media	Moderado	Baja	Media	Medio	Baja	NA	0,53	Baja
3210	Medio Guaviare	3	Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	NA	0,47	Muy Baja
3212	Río Siare	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3213	Río Iteviare	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3214	Bajo Guaviare	3	Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,44	Muy Baja
3215	Cano Miniariare	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,40	Muy Baja
3216	Alto río Uva	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3217	Bajo río Uva	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3218	Cano Chupabe	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Vichada</b>											
3301	Alto Vichada	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
3302	Río Guarrojo	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,38	Muy Baja
3303	Río Muco	3	Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	NA	0,47	Muy Baja
3305	Directos Vichada Medio	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3306	Bajo Vichada	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Tomo</b>											
3401	Alto río Tomo	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,38	Muy Baja
3402	Río Elvita	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,37	Muy Baja
3403	Bajo río Tomo	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,38	Muy Baja
3405	Cano Lionio Terecay	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Meta</b>											
3501	Río Metica (Guamal - Humadea)	3	Media	Alto	Media Alta	Media	Alto	NA	NA	0,74	Alta
3502	Río Guayuriba	3	Media	Alto	Moderada	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,63	Medio
3503	Río Guatiquia	3	Media	Alto	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,83	Alta

Zonificación hidrográfica		Análisis variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica									Categoría	Valor
3504	Río Guacavía	3 Media	4 Alta	Alto	Media Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0,72	Medio
3505	Río Humea	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Alta	Muy Alto	NA	NA	0,55	Baja
3506	Río Guavio	3 Media	4 Alta	Alto	Baja	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,63	Medio
3507	Río Garagoa	3 Media	5 Muy Alta	Muy Alto	Alta	Alta	Muy Alto	NA	NA	0,84	Alta
3508	Río Lengupá	3 Media	3 Media	Moderado	Moderada	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,61	Medio
3509	Río Upiá	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Muy Alta	Muy Alto	NA	NA	0,56	Baja
3510	Río Negro	3 Media	3 Media	Alto	Baja	Baja	Muy Alto	NA	NA	0,55	Baja
3511	Directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao	3 Media	3 Media	Moderado	Media Alta	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,58	Baja
3512	Río Yucao	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,48	Baja
3513	Río Melúa	3 Media	2 Baja	Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,39	Muy Baja
3514	Caño Cumaral	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
3515	Río Manacacias	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,44	Muy Baja
3516	Lago de Tota	4 Alta	5 Muy Alta	Bajo	Muy Alta	Baja	Muy Alto	NA	NA	0,86	Alta
3518	Río Túa y otros directos al Meta	3 Media	3 Media	Moderado	Moderada	Media	Alto	NA	NA	0,57	Baja
3519	Río Cusiana	3 Media	3 Media	Alto	Moderada	Alta	Alto	NA	NA	0,60	Medio
3520	Directos al Meta entre ríos Cusiana y Cravo Sur (mi)	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,44	Muy Baja
3521	Río Cravo Sur	3 Media	4 Alta	Moderado	Alta	Alta	Alto	NA	NA	0,73	Medio
3522	Caño Guanápalo y otros directos al Meta	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,48	Baja
3523	Río Pauto	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Baja	Bajo	NA	NA	0,47	Muy Baja
3524	Directos al río Meta entre ríos Pauto y Carare (mi)	3 Media	2 Baja	Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,37	Muy Baja
3525	Directos Bajo Meta entre ríos Casanare y Orinoco (md)	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
3526	Directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md)	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,46	Muy Baja

Zonificación hidrográfica		Análisis de Subzona Hidrográfica	Análisis de oferta hídrica	Análisis de variabilidad hídrica	Análisis de presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Valor	Categoría
3527	Directos al río Meta entre ríos Humea y Upla (mi)	3 Media	4 Alta	Alto	Baja	Media	Medio	NA	NA	NA	NA	0,57	Baja
<b>Zona Hidrográfica Casanare</b>													
3601	Río Ariporo	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Baja	Muy Bajo	NA	NA	NA	NA	0,45	Muy Baja
3602	Río Casanare	3 Media	3 Media	Moderado	Moderada	Baja	Muy Bajo	NA	NA	NA	NA	0,50	Baja
3603	Río Cravo Norte	3 Media	3 Media	Moderado	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	Baja	NA	NA	0,49	Baja
3604	Caño Samuco	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	NA	NA	0,35	Muy Baja
3605	Caño Aguaciarita	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	NA	NA	0,35	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Arauca</b>													
3701	Río Chiflaga	3 Media	4 Alta	Alto	Media Alta	Media	Alto	NA	Alto	NA	Baja	0,72	Medio
3702	Río Margua	4 Alta	3 Media	Crítico	Baja	Muy Alta	Muy Alto	NA	Muy Alto	NA	NA	0,67	Medio
3703	Río Cobugón - río Cobaría	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Alta	Muy Alto	Baja	Muy Alto	Baja	NA	0,57	Baja
3704	Río Bojabá	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Alta	Muy Alto	NA	Muy Alto	NA	NA	0,53	Baja
3705	Río Banadiay y otros directos al río Arauca	3 Media	4 Alta	Alto	Media Alta	Baja	Alto	Baja	Alto	Baja	NA	0,71	Medio
3706	Directos río Arauca (md)	3 Media	3 Media	Moderado	Alta	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,59	Medio
<b>Zona Hidrográfica Orinoco Directos</b>													
3801	Río Vita	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
3802	Río Tuparro	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,38	Muy Baja
3803	Caño Mataván	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja
3804	Directos río Atabapo (mi)	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
3805	Directos Orinoco entre ríos Tomo y Meta (mi)	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
3809	Río Cinaruco y Directos río Orinoco	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Apure</b>													
3901	Altros Apure	3 Media	3 Media	No HHV	Baja	Media	Muy Bajo	NA	Muy Bajo	NA	NA	0,42	Muy Baja
<b>Área Hidrográfica Amazonas</b>													
<b>Zona Hidrográfica Guainia</b>													

Zonificación hidrográfica		Análisis variabilidad de oferta hídrica	Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Valor	Categoría
4101	Alto río Guanía	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4102	Medio río Guanía	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	NA	NA	0,42	Muy Baja
4105	Bajo río Guanía	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4106	Río Aquí o Caño Aque	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4107	Directos río Negro (md)	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
4108	Río Culiary	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4109	Río Isana	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4110	Río Tomo	3 Media	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Vaupés</b>											
4201	Río Itilla	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Muy Baja	Medio	Baja	NA	0,49	Baja
4202	Río Unilla	3 Media	3 Media	Bajo	Baja	Baja	Alto	Baja	NA	0,52	Baja
4203	Alto Vaupés	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Media	NA	0,48	Baja
4207	Bajo Vaupés	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	NA	0,45	Muy Baja
4208	Río Querary	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4209	Río Papurí	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Medio	NA	NA	0,44	Muy Baja
4211	Río Tiquié	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Apaporis</b>											
4301	Río Tunia o Macayá	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	NA	0,45	Muy Baja
4302	Río Ajaju	3 Media	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4303	Alto río Apaporis	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,38	Muy Baja
4305	Bajo río Apaporis	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja
4306	Río Cananari	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4307	Río Pira Paraná	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
4309	Directos río Taraira	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja
<b>Zona Hidrográfica Caquetá</b>											
4401	Alto Caqueta	3 Media	3 Media	Muy Bajo	Baja	Media	Alto	Media	NA	0,54	Baja
4402	Río Caqueta Medio	3 Media	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Media	Baja	0,49	Baja
4403	Río Ortegaza	3 Media	3 Media	Moderado	Media Alta	Alta	Muy Alto	Muy Alta	NA	0,74	Alta
4404	Río Pescado	3 Media	2 Baja	Alto	Moderada	Media	Muy Alto	Baja	NA	0,59	Medio

Zonificación hidrográfica		Análisis de variabilidad de oferta hídrica	Análisis de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad	Presión sobre los ecosistemas (IPHE)	Presión por contaminación (IACAL año seco)	Erosión hídrica potencial en ladera	Transformación zonas potencialmente inundables (%)	Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca	Vertimiento mercurio al agua y suelo	Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada	
SZH	Nombre de Subzona Hidrográfica									Categoría	Categoría
4407	Río Rutuya	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	
4408	Río Mecaya	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Medio	Media	NA	0,50	Baja	
4409	Río Sencella	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Bajo	Baja	NA	0,45	Muy Baja	
4410	Río Peneya	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	
4414	Río Cuernamí	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja	
4415	Río Caqueta Bajo	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
4417	Río Cahuarí	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
4418	Río Miriti-Paraná	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
4420	Río Puré	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja	
<b>Zona Hidrográfica Yari</b>											
4501	Alto Yari	3 Media	Moderado	Baja	Baja	Bajo	Baja	NA	0,50	Baja	
4502	Río Camuya	3 Media	Crítico	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,53	Baja	
4504	Medio Yari	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,40	Muy Baja	
4505	Río Luisa	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	
4506	Bajo Yari	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
4509	Río Cuñare	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
4510	Río Mesay	3 Media	No HHV	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	NA	NA	0,35	Muy Baja	
<b>Zona Hidrográfica Caguán</b>											
4601	Río Caguán Alto	3 Media	Moderado	Moderada	Medio	Muy Alto	Baja	NA	0,62	Medio	
4602	Río Guayas	3 Media	Bajo	Baja	Alta	Muy Alto	Media	NA	0,59	Medio	
4604	Río Caguán Bajo	3 Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Media	NA	0,51	Baja	
4605	Río Sunsiya	3 Media	Bajo	Baja	Baja	Alto	Media	NA	0,55	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Putumayo</b>											
4701	Alto río Putumayo	2 Baja	Muy Bajo	Baja	Alta	Muy Alto	Muy Alta	Baja	0,58	Baja	
4702	Río San Miguel	3 Media	Bajo	Moderada	Baja	Muy Alto	Muy Alta	NA	0,65	Medio	
4703	Río Putumayo Medio	3 Media	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Muy Alta	Baja	0,57	Baja	
4704	Río Putumayo Directos (mi)	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	
4705	Río Cará-Paraná	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	
4706	Río Putumayo Bajo	3 Media	Muy Bajo	Baja	Muy Baja	Muy Bajo	Baja	NA	0,43	Muy Baja	



Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis variabilidad de oferta hídrica		Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad		Presión sobre los ecosistemas (IPHE)		Presión por contaminación (IACAL año seco)		Erosión hídrica potencial en ladera		Transformación zonas potencialmente inundables (%)		Uso sustancias químicas, proceso extracción y refinación de coca		Vertimiento mercurio al agua y suelo		Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada		
		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría	Valor	Categoría
SZH																				
4707	Río Igará-Paraná	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Baja	NA	NA	0.43	Muy Baja			
4710	Río Cotulhe	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	NA	NA	NA	0.40	Muy Baja			
4711	Río Purite	3	Media	3	Media	No HHV	Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	NA	NA	NA	0.40	Muy Baja			
<b>Zona Hidrográfica Amazonas Directos</b>																				
4801	Directos río Amazonas (m)	4	Alta	3	Media	Muy Bajo	Moderada	Muy Bajo	Moderada	Muy Bajo	Bajo	Bajo	NA	NA	NA	0.52	Baja			
<b>Zona Hidrográfica Napo</b>																				
4901	Río Chingual	3	Media	2	Baja	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Alto	Muy Alto	NA	NA	NA	0.44	Muy Baja			
<b>Área Hidrográfica Pacífico</b>																				
<b>Zona Hidrográfica Mira</b>																				
5101	Río San Juan (Frontera Ecuador)	3	Media	3	Media	Crítico	Baja	Baja	Alta	Alta	Muy Bajo	Muy Bajo	NA	NA	NA	0.53	Baja			
5102	Río Mira	3	Media	4	Alta	Bajo	Media-Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	0.83	Alta			
5103	Río Rosario	3	Media	3	Media	Bajo	Baja	Baja	Media	Media	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Baja	0.64	Medio			
5104	Río Tola	3	Media	3	Media	Bajo	Baja	Baja	Media	Media	Alto	Alto	Media	NA	NA	0.56	Baja			
<b>Zona Hidrográfica Patía</b>																				
5201	Río Patía Alto	4	Alta	4	Alta	Bajo	Alta	Bajo	Alta	Alta	Muy Alto	Muy Alto	Media	Baja	Baja	0.87	Alta			
5202	Río Guachicono	4	Alta	5	Muy Alta	Moderado	Alta	Moderado	Alta	Media	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Baja	Baja	0.90	Alta			
5203	Río Mayo	4	Alta	5	Muy Alta	Alto	Alta	Alto	Alta	Media	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Baja	Baja	0.92	Alta			
5204	Río Juananbú	3	Media	5	Muy Alta	Crítico	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Media	Muy Alto	Muy Alto	Baja	NA	NA	0.93	Muy Alta			
5205	Río Guaitara	3	Media	5	Muy Alta	Moderado	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Media	Muy Alto	Muy Alto	Media	Baja	Baja	0.93	Muy Alta			
5206	Río Telembí	2	Baja	3	Media	Bajo	Baja	Bajo	Alta	Alto	Alto	Alto	Media	Muy Alto	Muy Alto	0.61	Medio			
5207	Río Patía Medio	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Media	Media	Alto	Alto	Media	Media	Media	0.60	Medio			
5209	Río Patía Bajo	4	Alta	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Medio	Media	Media	Media	0.62	Medio			
<b>Zona Hidrográfica Tapaje - Dagua - Directos</b>																				
5302	Río Tapaje	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Baja	Baja	Alto	Alto	Media	NA	NA	0.53	Baja			
5303	Río Iscuandé	3	Media	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Media	Media	Alto	Alto	Media	Muy Alto	Muy Alto	0.63	Medio			
5304	Río Guapi	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Alta	Alto	Alto	Alto	Baja	Baja	Baja	0.50	Baja			
5305	Río Timbiquí	2	Baja	3	Media	Muy Bajo	Baja	Muy Bajo	Alta	Alto	Alto	Alto	Baja	Muy Alto	Muy Alto	0.56	Baja			

Zonificación hidrográfica	Nombre de Subzona Hidrográfica	Análisis variabilidad de oferta hídrica		Análisis recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad		Presión sobre los ecosistemas (IPHE)		Presión por contaminación (IACAL año seco)		Erosión hídrica potencial en ladera		Transformación zonas potencialmente inundables (%)		Uso sustancias químicas-proceso extracción y refinación de coca		Vertimiento mercurio al agua y suelo		Categorización subzonas hidrográficas resultado de evaluación integrada				
		Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría		
SZH	Río Saija	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Alta	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		
	Río San Juan del Micay	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Alta	Alto	Muy Alta	Baja	Medio	Medio	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio		
	Río Naya - Yurumanguí	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Alta	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	
	Ríos Cajambre - Mayorquín - Raposo	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	Río Anchicayá	3	Media	4	Crítico	Baja	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Medio	
	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	3	Media	3	Alto	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta	
<b>Zona Hidrográfica San Juan</b>																						
	Río San Juan Alto	2	Baja	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Alta	Muy Alto	Baja	Baja	Muy Alto	Muy Alto	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	
	Río Tamaná y otros Directos San Juan	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Alta	Alto	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	
	Río Sipí	3	Media	3	Bajo	Moderada	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	
	Río Cajón	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Alta	Alto	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	Río Capoma y otros directos al San Juan	2	Baja	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja	
	Río Mungudó	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Muy Baja	Alto	Baja	Baja	Bajo	Bajo	Baja	Baja	NA	NA	NA	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	
	Ríos Calima y Bajo San Juan	3	Media	4	Alto	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	Bajo	Bajo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	Río San Juan Medio	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Baudó - Directos Pacífico</b>																						
	Río Baudó	2	Baja	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Alto	Alto	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	
	Río Docampadó y Directos Pacífico	2	Baja	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	NA	NA	NA	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	
<b>Zona Hidrográfica Pacífico Directos</b>																						
	Directos Pacífico Frontera Panamá	3	Media	3	Muy Bajo	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	Medio	Medio	Baja	Baja	NA	NA	NA	Baja	Baja	Baja	
<b>Zona Hidrográfica Islas Pacífico</b>																						
	Malpelo	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
	La Gorgona	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.

# ANEXOS

---

## **Anexo 4.**

Cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca y potencialidad de uso de aguas subterráneas

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
<b>Antioquia</b>											
Amagá	2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Pto Valdivia	05030	Quebrada La Maní del Cardal	Superficial	x				x	Baja
Cañasgordas	1111	Río Sucio	05138	Quebrada Borracheral	Superficial	x			x		Alta
Caramanta	2617	Río Frío y otros Directos al Cauca	05145	Quebrada El Molino	Superficial	x			x		Baja
Carepa	1201	Río León	05147	Quebrada La Cristalina Quebrada La Pedregosa	Superficial	x			x		Media
Cocorná	1201	Río Nare	05197	Quebrada La Guayabal	Superficial	x		x	x		Baja
Concepción	2308	Río Nare	05206	Quebrada Loma 1	Superficial	x				x	Baja
				Quebrada Loma 2							
				Quebrada El Pinar							
				Quebrada Cerro Bravo							
El Carmen de Viboral	2308	Río Nare	05148	Quebrada Las Cimarronas	Superficial	x			x		Media
				Quebrada La Madera							
				Quebrada Los Andes							
La Ceja	2308	Río Nare	05376	Quebrada Santa Fe o La Oscura	Superficial	x				x	Media
				Quebrada La Pereira							
				Quebrada Payuco 1							
				Quebrada Payuco 2							
				Quebrada Payuco 3							
Quebrada Palo Santo											
La Unión	2618	Río Arma	05400	Quebrada El Faro	Superficial	x				x	Media
				Quebrada Santa Cecilia							
				Quebrada La Lucía							
Nariño	2305	Río La Miel (Samaná)	05483	Quebrada Paramito	Superficial	x				x	Baja
				Quebrada El Cabuyo							
Rionegro	2308	Río Nare	05615	Río Negro	Superficial				x	x	Alta
				Embalse Abreo - Malpaso							
San Francisco	2308	Río Nare	05652	Microcuenca Quebrada La Aguada o La Tripa	Superficial	x			x		Baja
Tarazá	2624	Río Taraza - río Man	05790	Quebrada Pozo Hondo	Superficial	x	x	x	x		Media
Titiribí	2620	Directos río Cauca entre río San Juan y Pto Valdivia	05809	Quebrada El Medio	Superficial	x				x	Baja
				Quebrada La Zulia o Las Juntas							
Turbo	1202	Río Mulatos y otros Directos al Caribe	05837	Río Turbo	Superficial		x		x		Alta
<b>Atlántico</b>											
Luruaco	1206	Arroyos Directos al Caribe	08421	Laguna de Luruaco	Superficial		x			x	Media
Puerto Colombia	1206	Arroyos Directos al Caribe	08573	Río Magdalena	Superficial			x	x		Baja

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Suan	2904	Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura	08770	Río Magdalena	Superficial	x			x		Media
<b>Bolívar</b>											
Achí	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	13006	Pozo Profundo	Subterráneo		x	x	x		Media
Altos del Rosario	2626	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya entre río Nechí	13030	Pozo Profundo	Subterráneo		x	x	x		Alta
Arjona	2903	Canal del Dique margen derecho	13052	Canal del Dique	Superficial	x	x	x	x		Media
Arroyo Hondo	2905	Canal del Dique margen izquierda	13062	Canal del Dique	Superficial	x	x	x	x		Media
Calamar	2905	Canal del Dique margen izquierda	13140	Canal del Dique	Superficial			x	x		Media
Cicuco	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13188	Río Chicagua	Superficial	x		x	x		Alta
Clemencia	1206	Arroyos Directos al Caribe	13222	Pozo Profundo - Sistema Regional Clemencia - Santa Catalina	Subterráneo		x	x	x		Alta
Córdoba	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	13212	Río Magdalena (Caño Constanza)	Superficial	x	x		x		Alta
El Carmen de Bolívar	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	13244	Pozo Profundo (Acuífero de Morroa - Ovejas - Sucre)	Subterráneo	x	x		x		Media
El Guamo	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	13248	Río Magdalena	Superficial	x	x	x	x		Media
Mahates	2905	Canal del Dique margen izquierda	13433	Canal del Dique	Superficial	x		x	x		Media
Margarita	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13440	Pozo Profundo	Subterráneo		x	x	x		Alta
Mompós	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13468	Río Magdalena (Brazo de Mompox)	Superficial	x	x	x	x		Alta
Montecristo	2626	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya entre río Nechí	13458	Quebrada de Manzanares	Superficial	x		x	x		Alta
Morales	2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	13473	Río Magdalena (Brazo de Morales)	Superficial			x	x		Alta
Norosí	2320	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	13490	Quebrada Norosí	Superficial	x		x	x		Alta
Pinillos	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13549	Pozo Profundo	Subterráneo		x	x	x		Alta
San Cristóbal	2905	Canal del Dique margen izquierda	13620	Canal del Dique	Superficial			x	x		Media
San Estanislao	2903	Canal del Dique margen derecho	13647	Canal del Dique - Sistema Regional La Línea	Superficial	x		x	x		Media
San Fernando	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13650	Pozo Profundo	Subterráneo		x	x	x		Alta
San Jacinto	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	13654	Río Magdalena - Sistema Regional San Juan Nepomuceno - San Jacinto	Superficial			x	x		Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
San Jacinto del Cauca	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	13655	Río Cauca	Superficial	x			x		Alta
San Juan Nepomuceno	2901	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	13657	Río Magdalena - Sistema Regional San Juan Nepomuceno - San Jacinto	Superficial			x	x		Media
Santa Catalina	1206	Arroyos Directos al Caribe	13673	Pozo Profundo - Sistema Regional Clemencia - Santa Catalina	Subterráneo		x	x	x		Media
Santa Rosa	1206	Arroyos Directos al Caribe	13683	Canal del Dique - Sistema Regional La Línea	Superficial	x		x	x		Media
Soplaviento	2905	Canal del Dique margen izquierda	13760	Canal del Dique - Sistema Regional La Línea	Superficial	x		x	x		Media
Talaigua Nuevo	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	13780	Río Magdalena (Brazo de Mompos)	Superficial	x		x	x		Alta
Tiquisio	2626	Directos Bajo Cauca - Cga. La Raya entre río Nechí	13810	Quebrada de Piedra	Superficial	x		x	x		Media
Turbaco	2903	Canal del Dique margen derecho	13836	Canal del Dique	Superficial	x		x	x		Media
Turbaná	2903	Canal del Dique margen derecho	13838	Canal del Dique (Agua Cruda Acueducto Cartagena)	Superficial			x	x		Media
Villanueva	1206	Arroyos Directos al Caribe	13873	Canal del Dique - Sistema Regional La Línea	Superficial	x		x	x		Alta
Zambrano	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	13894	Río Magdalena	Superficial			x	x		Media
<b>Boyacá</b>											
Buenavista	2312	Río Carare (Minero)	15109	Nacimiento de Agua Blanca Quebrada La Capilla	Mixto	x			x		Media
Caldas	2401	Río Suárez	15131	Quebrada Ruchical Pozo Profundo - Acueducto Ruchical	Mixto	x			x	x	Media
Chinavita	3507	Río Garagoa	15172	Quebrada Bolívar Nacimiento Agua Blanca	Mixto	x			x		Media
Chiquinquirá	2401	Río Suárez	15176	Río Suárez	Superficial	x			x		Media
Ciénega	3507	Río Garagoa	15189	Quebrada La Mesa Quebrada El Guamo	Superficial	x	x		x		Alta
Corrales	2403	Río Chicamocha	15215	Río Las Playas	Superficial			x		x	Media
Covarachía	2403	Río Chicamocha	15218	Quebrada Las Antiguas	Superficial	x			x		Media
Cucaita	2401	Río Suárez	15224	Represa Pijaos Quebrada Lluviosos Nacimiento en Chorro	Mixto	x	x			x	Alta
Duitama	2403	Río Chicamocha	15238	Río Surba Quebrada Boyacogua Río Chicamocha	Superficial	x			x		Alta

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Firavitoba	2403	Río Chicamocha	15272	Lago de Tota	Superficial	x	x			x	Alta
Gachantivá	2401	Río Suárez	15293	Loma de Paja (Nacimiento La Palma)	Subterráneo	x			x		Media
Guacamayas	2403	Río Chicamocha	15317	Nacimiento El Picacho	Mixto	x				x	Baja
			Quebrada Palo Blanco								
Guateque	3507	Río Garagoa	15322	Quebrada La Tocola	Superficial	x				x	Baja
Jericó	2403	Río Chicamocha	15368	Naciente El Ojo del Agua	Subterráneo	x			x		Baja
			Naciente La Porquera								
Maripí	2312	Río Carare (Minero)	15442	Nacimiento La Toronja	Subterráneo	x	x	x	x		Baja
Miraflores	3508	Río Lengupá	15455	Laguna El Ramo	Superficial	Sin Información				x	Media
			Quebrada La Jordanera								
Moniquirá	2401	Río Suárez	15469	Quebrada La Sicha	Superficial	x			x		Media
Motavita	2403	Río Chicamocha	15476	Nacimiento Cardonal 1 (reservorio, galería)	Subterráneo	x	x			x	Alta
				Galería Ermitaño 1							
				Galería Ermitaño 2							
			Pozo Profundo Pacheco								
Muzo	2312	Río Carare (Minero)	15480	Quebrada Lirios	Mixto	x	x			x	Baja
				Quebrada Pedregal							
				Nacimiento Betania							
				Nacimiento La Peña							
				Nacimiento La Esperanza							
Oicatá	2403	Río Chicamocha	15500	Quebrada La Mecha	Mixto					x	Alta
				Quebrada Las Cebollas							
				Pozo Profundo Centro							
				Pozo Profundo Forantiva							
Páez	3508	Río Lengupá	15514	Quebrada La Negra	Superficial			x	x		Baja
				Quebrada La Mochilera							
Pesca	2403	Río Chicamocha	15542	Río Pesca	Mixto	x				x	Media
				Nacimiento La Pila							
Saboyá	2401	Río Suárez	15632	Quebrada Cantoco	Superficial	x	x		x		Media
Samacá	2401	Río Suárez	15646	Río Teatinos	Superficial	x			x		Alta
Santa Rosa de Viterbo	2403	Río Chicamocha	15693	Quebrada Grande	Superficial	x	x	x	x		Alta
Santa Sofía	2401	Río Suárez	15696	Quebrada El Moral	Superficial	x				x	Baja
				Quebrada La Cruz							
				Embalse Fandiño							

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas	
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural		
Santana	2401	Río Suárez	15686	Nacimiento Pozo Las Tetas	Subterráneo	x	x			x	Baja	
				Nacimiento La Chapa								
				Nacimiento El Cafetal								
Sogamoso	2403	Río Chicamocha	15759	Río Tejar	Superficial	x	x			x	Alta	
Sora	2401	Río Suárez	15762	San Isidro (Pozo Profundo El Llano)	Mixto	x	x				x	Alta
				Quebrada Faruy								
				Quebrada Chareva								
		Pozo Urbano										
Soracá	2403	Río Chicamocha	15764	Captación o Reservorio El Salitre (El Manantial)	Subterráneo	x				x		Alta
Sutamarchán	2401	Río Suárez	15776	Río La Cebada	Superficial	x				x		Baja
Sutatenza	3507	Río Garagoa	15778	Quebrada La Guaya	Superficial			x	x			Baja
Tenza	3507	Río Garagoa	15798	Quebrada La Quina	Mixto	x				x		Baja
				Aljibes								
Tibasosa	2403	Río Chicamocha	15806	Quebrada Grande	Superficial	x					x	Alta
				Río Chicamocha								
Tinjacá	2401	Río Suárez	15808	Quebrada La Honda	Superficial	x	x				x	Baja
Tipacoque	2403	Río Chicamocha	15810	Quebrada Potrero Colorado	Superficial	x					x	Media
Toca	2403	Río Chicamocha	15814	Río Toca	Superficial	x					x	Media
Tuta	2403	Río Chicamocha	15837	Río de Piedras	Superficial	x					x	Alta
Villa de Leyva	2401	Río Suárez	15407	Quebrada San Francisco	Superficial	x		x			x	Baja
				Quebrada Tintales								
Viracachá	3507	Río Garagoa	15879	Quebrada Chuscal (Urbano y Rural)	Superficial	x					x	Alta
<b>Caldas</b>												
Anserma	2614	Río Risaralda	17042	Quebrada Tamarvía	Superficial						x	Baja
				Río Cauya								
				Río de Oro								
				Quebrada Tablaroja								
				Quebrada Partidas								
Belalcázar	2614	Río Risaralda	17088	Quebrada Santa Inés - Sanjón Hondo	Superficial						x	Baja
				Quebrada La Laguna								
				Quebrada Canoas								
La Dorada	2304	Directos Magdalena entre ríos Guarinó y La Miel	17380	Río Guarinó	Superficial						x	Alta
				Río Magdalena								
La Merced	2616	Río Tapias y otros Directos al Cauca	17388	Quebrada Santana	Superficial						x	Baja
				Quebrada La Isabel								
				Quebrada El Rosario								
				Quebrada El Ceibo								



Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Manzanares	2302	Río Guarínó	17433	Quebrada El Palo	Superficial	Sin Información				x	Baja
				Quebrada El Rosario							
Marquetalia	2305	Río La Miel (Samaná)	17444	Río San Juan	Superficial	Sin Información				x	Baja
Neira	2616	Río Tapias y otros Directos al Cauca	17486	Quebrada Berlín	Superficial	Sin Información				x	Baja
				Quebrada San Juan							
				Quebrada Floresta							
Pensilvania	2305	Río La Miel (Samaná)	17541	Quebrada El Popal	Superficial	Sin Información				x	Baja
Riosucio	2617	Río Frío y otros Directos al Cauca	17614	Río Riosucio	Superficial	Sin Información				x	Baja
				Quebrada Cuerera							
				Quebrada La Robada							
				Quebrada Silverio							
				Quebrada Piscina							
				Quebrada La Palma o Sedal							
				Quebrada Cambia							
Quebrada Los Manzanos											
Salamina	2616	Río Tapias y otros Directos al Cauca	17653	Quebrada Chagualito	Superficial	Sin Información				x	Baja
				Quebrada El Uvito							
Villamaría	2615	Río Chinchiná	17873	Microcuenca Quebrada Chupaderos	Superficial	Sin Información				x	Baja
				Microcuenca Quebrada Chupaderitos							
				Quebrada Cartagena							
<b>Caquetá</b>											
Curillo	4402	Río Caqueta Medio	18205	Río Caquetá	Superficial	x	x		x		Baja
El Paujil	4403	Río Orteguzaza	18256	Quebrada El Borugo	Superficial	x	x		x		Baja
La Montañita	4403	Río Orteguzaza	18410	Quebrada Las Margaritas	Superficial	x	x			x	Baja
<b>Casanare</b>											
La Salina	3602	Río Casanare	85136	Quebrada El Remanso	Superficial	x		x	x		Baja
Recetor	3519	Río Cusiana	85279	Quebrada La Pereña	Superficial	x	x		x		Baja
Trinidad	3523	Río Pauto	85430	Pozo Profundo San Jose	Subterráneo	x			x		Baja
<b>Cauca</b>											
Balboa	5201	Río Patía Alto	19075	Quebrada La Luna	Superficial	Sin Información			x		Media
Bolívar	5202	Río Guachicono	19100	Río Palo Blanco	Superficial	x	x		x		Media
				Quebrada El Helechal							
Cajibío	2602	Río Palacé	19130	Río Michicao	Superficial	x	x	x		x	Media
Caldono	2606	Río Ovejas	19137	Quebrada Chupadero del Chindaco	Superficial	x	x	x	x		Media
Corinto	2604	Río Palo	19212	Río La Paila	Superficial	Sin Información			x		Baja

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Florencia	5202	Río Guachicono	19290	Río La Marsella	Superficial	Sin Información			x		Media
Mercaderes	5201	Río Patía Alto	19450	Río Hato Viejo	Superficial	x		x	x		Alta
Patía	5202	Río Guachicono	19532	Río Capitanes	Superficial	x	x	x	x		Alta
				Quebrada Los Huevos							
Piendamó	2606	Río Ovejas	19548	Quebrada Aguas Viejas	Superficial	x		x	x		Media
Puerto Tejada	2604	Río Palo	19573	Río Paila	Superficial	x		x	x		Baja
Sucre	5202	Río Guachicono	19785	Quebrada Minas	Superficial	Sin Información			x		Media
<b>Cesar</b>											
Aguachica	2321	Quebrada El Carmen y otros Directos al Magdalena	20011	Quebrada Buturama	Superficial	x	x		x		Media
Agustín Codazzi	2802	Medio Cesar	20013	Río Migiríaimo	Superficial	x	x		x		Alta
Astrea	2804	Río Ariguani	20032	Pozo Arenas Blancas	Subterráneo	x	x	x	x		Media
				Pozo El Piñón							
Becerril	2802	Medio Cesar	20045	Quebrada Socomba	Superficial	x	x	x	x		Alta
Bosconia	2804	Río Ariguani	20060	Pozo N°2	Subterráneo		x	x	x		Alta
				Pozo N° 5							
				Pozo Nuevo							
Chimichagua	2805	Bajo Cesar	20175	Pozo N° 2	Subterráneo	x	x		x		Alta
				Pozo N° 3							
Chiriguana	2805	Bajo Cesar	20178	Pozo La Zanjita	Subterráneo	x	x		x		Alta
				Pozo Concentración							
				Pozo El Hospital							
				Pozo Nuevo							
Curumaní	2805	Bajo Cesar	20228	Quebrada San Pedro	Superficial	x	x		x		Alta
El Copey	2804	Río Ariguani	20238	Río Ariguani	Superficial	x	x		x		Media
El Paso	2804	Río Ariguani	20250	Pozo N° 1	Subterráneo	x	x		x		Alta
				Pozo N° 2							
				Pozo N° 3							
González	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	20310	Quebrada Cundina	Superficial	x	x		x		Baja
La Gloria	2321	Quebrada El Carmen y otros Directos al Magdalena	20383	Río Magdalena	Superficial				x		Alta
La Jagua de Ibirico	2805	Bajo Cesar	20400	Río Sororia	Superficial	x	x		x		Alta
La Paz	2802	Medio Cesar	20621	Río Chiríaimo	Superficial	x	x		x		Alta
Pailitas	2805	Bajo Cesar	20517	Quebrada Arroyo Hondo	Superficial	x	x	x	x		Alta
Pelaya	2805	Bajo Cesar	20550	Quebrada Singarare	Superficial	x	x	x	x		Alta
Río de Oro	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	20614	Quebrada La Cordillera	Superficial	x	x	x	x		Baja
				Quebrada La Marcelina							
				Quebrada El Gitano							
				Río de Oro							

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
San Alberto	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	20710	Río San Alberto del Espíritu Santo	Superficial	x			x		Media
San Diego	2802	Medio Cesar	20750	Río Chirriaimo	Superficial	x	x	x	x		Alta
San Martín	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	20770	Quebrada Torcoroma	Superficial	x			x		Alta
Tamalameque	2805	Bajo Cesar	20787	Pozo N° 1	Subterráneo	x		x	x		Alta
				Pozo N° 2							
				Pozo N° 3							
Valledupar	2802	Medio Cesar	20001	Río Guatapurí	Superficial	x	x		x		Alta
<b>Córdoba</b>											
Canalete	1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	23090	Embalse El Clavo	Superficial	x				x	Media
Moñitos	1204	Río Canalete y otros Arroyos Directos al Caribe	23500	Río Sinú	Superficial					x	Baja
				Embalse Los Bolaos							
				Embalse Broqueles							
				Embalse Las Mujeres							
				Embalse El Ley 1							
				Embalse El Ley 2							
				Embalse Naranjal							
				Embalse Bajo Limón							
				Embalse Bella Cohita							
Embalse La Rada											
Planeta Rica	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	23555	Arroyo La Carolina	Superficial		x		x		Alta
San Pelayo	1303	Bajo Sinú	23686	Río Sinú	Superficial			x	x		Alta
<b>Cundinamarca</b>											
Agua de Dios	2120	Río Bogotá	25001	Río Candalaíma	Superficial	x	x	x	x		Media
Anapoima	2120	Río Bogotá	25035	Quebrada La Honda	Superficial	x	x	x	x		Media
Bituima	2306	Río Negro	25095	Quebrada Silencio	Superficial	x			x		Baja
Cabrera	2119	Río Sumapaz	25120	Río Sumapaz	Superficial			x	x		Media
				Quebrada Santa Marta							
Caparrapí	2306	Río Negro	25148	Quebrada La Honda	Superficial	Sin Información				x	Media
Carmen de Carupa	2401	Río Suárez	25154	Quebrada Mortiño	Superficial	Sin Información			x		Media
Chaguaní	2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	25168	Quebrada La Vieja	Superficial	x	x	x	x		Media
Chocontá	2120	Río Bogotá	25183	Quebrada Carnicería	Superficial	x	x	x	x		Alta
El Colegio	2120	Río Bogotá	25245	Quebrada Santa Marta	Superficial	x	x	x	x		Media
				Quebrada Antioqueña							
El Peñón	2306	Río Negro	25258	Quebrada Oscura	Superficial	x	x	x	x		Baja
Fosca	3502	Río Guayuriba	25281	Río Saname	Superficial	x	x	x	x		Baja

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas	
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural		
Gachalá	3506	Río Guavio	25293	Quebrada Andes	Superficial	x	x	x	x		Baja	
				Quebrada Bella Vista								
				Quebrada La Moya								
Gachetá	3506	Río Guavio	25297	Quebrada Las Pavas	Superficial	x				x	Media	
Granada	2119	Río Sumapaz	25312	Quebrada La Moya	Superficial	Sin Información			x		Media	
Guaduas	2306	Río Negro	25320	Río San Francisco	Mixto	x			x		Media	
				Cuatro (4) Pozos								
Guatavita	2120	Río Bogotá	25326	Quebrada San Francisco o Chuscales	Superficial		x			x	Alta	
Jerusalén	2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	25368	Quebrada El Tabaco	Superficial	Sin Información			x		Media	
Junín	3506	Río Guavio	25372	Quebrada Chinagocha	Superficial	x			x		Media	
La Mesa	2120	Río Bogotá	25386	Quebrada La Honda	Superficial	x	x	x	x		Media	
La Peña	2306	Río Negro	25398	Quebrada El Pedregal	Superficial					x	Baja	
				Quebrada La Tarjada								
				Quebrada Corrucos								
Nemocón	2120	Río Bogotá	25486	Embalse El Neusa	Superficial	x		x		x	Alta	
Nimaima	2306	Río Negro	25489	Quebrada El Palmar	Superficial				x		Baja	
				Quebrada El Raizal								
				Quebrada Gallinazo								
Nocaima	2306	Río Negro	25491	Quebrada El Tigre	Superficial	x			x		Baja	
				Quebrada La Moya								
Paima	2312	Río Carare (Minero)	25518	Quebrada La Cobre	Superficial	x			x		Alta	
Pandi	2119	Río Sumapaz	25524	Quebrada Santa Marta	Superficial	x				x	Media	
				Quebrada Grande								
Paratebuena	3505	Río Humea	25530	Caño Paloma	Superficial	x			x		Baja	
Puerto Salgar	2303	Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md)	25572	Cinco (5) Pozos Profundos	Subterráneo	x				x	Media	
Pulí	2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	25580	Quebrada Honda Grande	Mixto						x	Media
				Quebrada Honda Pequeña								
				Aljibe 1: La Cascada								
				Aljibe 2: Chicalá								
				Aljibe 3: Guarumo								
				Aljibe 4: Arrayan								
				Aljibe 5: Ramírez								
				Aljibe 6: El Guásimo								
Aljibe 7: El Vergel												
Aljibe 8: El Resguardo												
Quebrada-negra	2306	Río Negro	25592	Quebrada Agua Clara	Superficial	Sin Información				x	Media	

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Quetame	3502	Río Guayuriba	25594	Quebrada Blanca	Superficial	Sin Información			x		Baja
San Bernardo	2119	Río Sumapaz	25649	Quebrada Aguas Claras	Superficial	x	x	x	x		Media
San Juan de rioseco	2123	Río Seco y otros Directos al Magdalena	25662	Quebrada Paramito	Superficial	Sin Información				x	Alta
				Quebrada Cartagenita							
				Quebrada Volcanada							
Silvania	2119	Río Sumapaz	25743	Río Barroblanco	Superficial	Sin Información			x		Baja
Simijaca	2401	Río Suárez	25745	Río Simijaca	Superficial	x			x		Media
Subachoque	2120	Río Bogotá	25769	Quebrada Colorados	Superficial	Sin Información				x	Alta
				Embalse Pantano de Arce							
Susa	2401	Río Suárez	25779	Nacimiento Nutria	Mixto	x	x	x	x		Media
				Río Susa							
Tausa	2401	Río Suárez	25793	Quebrada Chapetón	Superficial	Sin Información			x		Alta
				Quebrada Orquídea							
				Compra Agua en Bloque Acueducto Regional Sucuneta							
Tibacuy	2119	Río Sumapaz	25805	Quebrada Orito	Superficial	x	x	x	x		Baja
Tibirita	3507	Río Garagoa	25807	Quebrada Tocola	Superficial	x	x	x	x		Baja
Topaipí	2306	Río Negro	25823	Quebrada Tapira	Superficial	x	x	x	x		Baja
				Quebrada Sucunal							
				Quebrada Cajones							
Ubalá	3506	Río Guavio	25839	Quebrada Quebradagrande	Superficial	x	x	x	x		Baja
Vianí	2306	Río Negro	25867	Nacedero La Peña	Subterráneo	x	x	x	x		Alta
				Nacimiento Centro del Rosario							
Viotá	2120	Río Bogotá	25878	Río Ruicito	Superficial	x	x	x	x		Baja
				Río Lindo							
Yacopí	2306	Río Negro	25885	Quebrada San Antonio Quebrada El Charco	Superficial	x	x	x	x		Baja
Zipacón	2120	Río Bogotá	25898	Nacedero Hoyo de Parra	Subterráneo	x	x	x	x		Alta
				Nacedero la Virgen							
				Nacedero Boca del Monte							
<b>Huila</b>											
Agrado	2104	Ríos Directos al Magdalena (mi)	41013	Quebrada Yaguilga	Superficial	x			x		Media
Íquira	2108	Río Yaguará y río Íquira	41357	Quebrada Ibirco	Superficial	x	x		x		Media
La Argentina	2105	Río Páez	41378	Quebrada El Pueblo	Superficial	x		x	x		Baja
				Quebrada Garruchal							
Nátaga	2105	Río Páez	41483	Quebrada El Lindero Quebrada El Orozco	Superficial		x		x		Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
San Agustín	2101	Alto Magdalena	41668	Quebrada El Quebradon	Superficial	x			x		Baja
Tesalia	2105	Río Páez	41797	Quebrada Los Limones	Superficial	x			x		Media
				Quebrada El Bombón							
				Quebrada Benito							
				Quebrada La Venta							
		Reservorio Los Conejos									
Villavieja	2111	Río Fortalecillas y otros	41872	Río Magdalena	Superficial	x			x		Media
<b>La Guajira</b>											
Albania	1506	Río Ranchería	44035	Pozo Villa Ladys	Subterráneo			x		x	Alta
				Pozo Tahal							
Barrancas	1506	Río Ranchería	44078	Río Ranchería	Superficial			x	x		Alta
Dibulla	1503	Río Ancho y otros Directos al caribe	44090	Río Jeréz	Superficial			x	x		Media
Distracción	1506	Río Ranchería	44098	Río Ranchería	Superficial	x			x		Alta
El Molino	2801	Alto Cesar	44110	Río Cargabarro (Molino)	Superficial	x			x		Alta
Fonseca	1506	Río Ranchería	44279	Pozo	Mixto			x	x		Alta
				Río Ranchería							
Hatonuevo	1506	Río Ranchería	44378	Manantial El Pozo	Subterráneo	x		x	x		Alta
La Jagua del Pilar	2801	Alto Cesar	44420	Río La Jagua	Superficial	x			x		Alta
				Río Marquezote		x	x				
Maicao	1508	Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	44430	Río Jordán	Mixto	x	x	x		x	Alta
				Pozo 6A							
				Pozo 6B							
				Pozo Casa Mujer Campesina							
				Pozo Hospital San José							
Río Carraipia	x	x		x							
Manauare	1507	Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	44560	Sistema de Pozos Casa Azul	Subterráneo	x	x	x	x		Alta
Riohacha	1506	Río Ranchería	44001	Río Tapias	Superficial	x		x	x		Alta
San Juan del Cesar	2801	Alto Cesar	44650	Río Cesar	Superficial	x			x		Alta
Uribia	1507	Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	44847	Pozos	Subterráneo	x	x	x		x	Alta
Urumita	2801	Alto Cesar	44855	Río Mocho	Superficial	x	x		x		Alta
Villanueva	2801	Alto Cesar	44874	Río Villanueva	Superficial	x			x		Media
<b>Magdalena</b>											
Algarrobo	2804	Río Ariguani	47030	Pozo Profundo San Carlos	Subterráneo		x			x	Alta
Ariguani	2908	Ríos Chimicuica y Corozal	47058	Pozo Profundo	Subterráneo		x		x		Alta
Cerro de San Antonio	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47161	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Chibolo	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47170	Ciénaga de Zapayán	Superficial	x			x		Media
Ciénaga	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47189	Río Córdoba	Superficial	x			x		Media
Concordia	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47205	Ciénaga Cerro de San Antonio	Superficial	x				x	Media
El Banco	2805	Bajo Cesar	47245	Río Magdalena	Superficial	Sin Información				x	Alta
El Piñón	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47258	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media
El Retén	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47268	Pozo Profundo El Porvenir	Subterráneo		x		x		Alta
Guamal	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47318	Pozo Profundo	Subterráneo		x			x	Media
Nueva Granada	2908	Ríos Chimicuica y Corozal	47460	Pozo Profundo	Subterráneo		x			x	Media
Pedraza	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47541	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media
Pijiño del Carmen	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47545	Pozo Profundo	Subterráneo		x			x	Media
Pivijay	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47551	Caño Schiller	Superficial	x				x	Media
Plato	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47555	Río Magdalena	Superficial	x			x		Media
Puebloviejo	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47570	Río Córdoba	Superficial	x				x	Media
Remolino	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47605	Río Ariguani Río Magdalena	Superficial	Sin Información				x	Media
Sabanas de San Ángel	2804	Río Ariguani	47660	Pozo Profundo	Subterráneo		x			x	Media
Salamina	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47675	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media
San Sebastián de Buenavista	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47692	Pozo Profundo	Subterráneo		x		x		Media
San Zenón	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47703	Río Magdalena	Superficial	Sin Información			x		Media
Santa Ana	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47707	Río Magdalena	Superficial	Sin Información			x		Media
Santa Bárbara de Pinto	2907	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	47720	Pozo Profundo	Subterráneo		x			x	Media
Santa Marta	1501	Río Piedras - río Manzanares	47001	Río Piedra Río Manzanares Río Gaira Pozos	Mixto	x	x		x		Alta
Sitionuevo	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47745	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media
Tenerife	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47798	Río Magdalena	Superficial	x				x	Media
Zapayan	2902	Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar	47960	Ciénaga de Zapayán	Superficial	x				x	Media
Zona Bananera	2906	Cga. Grande de Santa Marta	47980	Quebrada Orihueca Río Frío Pozos Profundos	Mixto	x	x		x		Alta

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afección		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
<b>Nariño</b>											
Arboleda	5204	Río Juananbú	52051	Quebrada El Cucho	Superficial	Sin Información			x		Baja
				Quebrada La China							
				Quebrada Chiriurco							
El Rosario	5201	Río Patía Alto	52256	Quebrada Macal	Superficial	Sin Información			x		Media
				Quebrada Hueco del Oso							
El Tambo	5205	Río Guáitara	52260	Riachuelo El Cedro	Superficial	x	x		x		Baja
				Quebrada Trojayaco							
				Quebrada Llano Largo							
Funes	5205	Río Guáitara	52287	Nacimiento Chitarrán	Subterráneo	x		x		x	Media
Guachucal	5205	Río Guáitara	52317	Quebrada Cuasaquer	Superficial				x		Media
				Quebrada Cristo							
Leiva	5201	Río Patía Alto	52405	Quebrada La Lucha	Superficial	Sin Información			x		Media
Policarpa	5207	Río Patía Medio	52540	Quebrada El Cocal	Superficial	Sin Información				x	Baja
San Lorenzo	5204	Río Juananbú	52687	Quebrada La Pajosa	Superficial		x		x		Baja
San Pedro De Cartago	5203	Río Mayo	52694	Quebrada El Molino	Superficial	Sin Información			x		Baja
Taminango	5203	Río Mayo	52786	Quebrada Peñas Blancas	Superficial	Sin Información			x		Baja
				Quebrada El Chucho							
				Quebrada El Molino							
<b>Norte de Santander</b>											
Convención	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	54206	Cuenca Río El Guamal	Superficial	x		x	x		Baja
				Quebrada San Miguel							
Durania	1602	Río Zulia	54239	Quebrada La Laucha	Superficial	x	x		x		Baja
El Carmen	2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena	54245	Quebrada El Salto	Superficial	x		x		x	Baja
				Quebrada El Tigre							
				Quebrada Maracaibo							
				Quebrada La Esperanza							
El Tarra	1604	Río Tarra	54250	Quebrada Manzanares (El Manantial)	Superficial			x	x		Baja
Herrán	1601	Río Pamplonita	54347	Naciente Los Olivos	Subterráneo	x			x		Baja
La Esperanza	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	54385	Río El Caraño	Superficial	x	x	x		x	Media
La Playa	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	54398	Quebrada La Honda	Superficial	x		x		x	Baja
Los Patios	1601	Río Pamplonita	54405	Quebrada La Honda	Superficial	x	x		x		Media
				Quebrada La Pamplonita							
Ocaña	1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	54498	Río Tejo	Superficial	x			x		Baja
Puerto Santander	1602	Río Zulia	54553	Río Zulia	Superficial	x		x	x		Baja



Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Sardinata	1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	54720	Quebrada Pailitas Quebrada La Volcana	Superficial	x			x		Baja
Tibú	1603	Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	54810	Río Tibú Pozo Subterráneo	Mixto	x		x	x		Media
<b>Quindío</b>											
Armenia	2612	Río La Vieja	63001	Río Quindío Quebrada La Víbora	Superficial	Sin Información			x		Alta
Circasia	2612	Río La Vieja	63190	Río Roble Río Quindío Quebrada Arenosa Quebrada Las Águilas Quebrada El Silencio Quebrada Villa Dora Quebrada La Marina Quebrada El Bosque	Superficial	x	x		x		Alta
Filandia	2612	Río La Vieja	63272	Quebrada Bolillos	Superficial	x	x		x		Alta
La Tebaida	2612	Río La Vieja	63401	Río Quindío	Superficial	Sin Información			x		Alta
Montenegro	2612	Río La Vieja	63470	Río Roble Quebrada Soledad Quebrada Turín Quebrada La Paloma Quebrada Porvenir	Superficial	x	x		x		Alta
Quimbaya	2612	Río La Vieja	63594	Quebrada Buenavista	Superficial	Sin Información			x		Alta
Salento	2612	Río La Vieja	63690	Quebrada Cruz Gorda Quebrada Bolivia Quebrada Cristalina Quebrada Corozal	Superficial	x	x		x		Alta
<b>Putumayo</b>											
Puerto Guzmán	4401	Alto Caqueta	86571	Quebrada La Chorrera	Superficial	x	x	x	x		Baja
Puerto Caicedo	4701	Alto río Putumayo	86569	Quebrada Achote	Superficial	x	x	x	x		Baja
Puerto Asís	4701	Alto río Putumayo	86568	Quebrada Agua Negra	Superficial	x	x	x	x		Baja
<b>Risaralda</b>											
Balboa	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	66075	Quebrada La Eme	Superficial	x	x		x		Baja
Guática	2614	Río Risaralda	66318	Quebrada Samaria Quebrada La Pira o La Cabaña Quebrada Betania	Superficial	x	x			x	Baja

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afección		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
La Virginia	2614	Río Risaralda	66400	Río Totuí	Superficial		x		x		Baja
<b>San Andrés, Providencia y Santa Catalina</b>											
San Andrés	1701	San Andrés	88001	13 Pozos Profundos de Agua Dulce (Planta Dupuy Gully)	Subterráneo	x	x			x	Media
<b>Santander</b>											
Aguada	2401	Río Suárez	68013	El Consumidero (Quebrada La Salud)	Superficial	x	x			x	Media
Aratoca	2403	Río Chicamocha	68051	Quebrada La Quinta	Superficial	x	x	x		x	Baja
				Quebrada Arenosa					x		
Barichara	2401	Río Suárez	68079	Represa El Común	Superficial	x		x		x	Alta
Betulia	2405	Río Sogamoso	68092	Quebrada La Laguna	Superficial	x				x	Baja
				Quebrada Manzanares							
				Quebrada Borbos							
				Quebrada Piletas							
Bucaramanga	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68001	Río Suratá	Superficial				x		Media
				Río Tona							
				Río Frío							
Cabrera	2401	Río Suárez	68121	Nacedero El Alto	Subterráneo		x			x	Alta
California	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68132	Quebrada El Indio	Mixto				x		Media
				Nacimiento El Tabacal							
Carcasí	2403	Río Chicamocha	68152	Quebrada El Tejar	Superficial	x			x		Baja
Charta	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68169	Quebrada La Prensa	Superficial				x		Baja
Chimá	2401	Río Suárez	68176	Aljibe El Totumo	Subterráneo	x				x	Baja
Confines	2401	Río Suárez	68209	Quebrada La Virgen	Superficial			x		x	Baja
Contratación	2401	Río Suárez	68211	Quebrada San Juan	Superficial	x	x		x		Media
Coromoro	2402	Río Fonce	68217	Quebrada La Colorada	Superficial	x			x		Media
Curití	2402	Río Fonce	68229	Quebrada (Sin Nombre)	Superficial	x	x		x		Media
El Guacamayo	2401	Río Suárez	68245	Quebrada La Colorada	Superficial	x	x	x	x		Media
El Playón	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68255	Quebrada La Naranjera	Superficial				x		Baja
Enciso	2403	Río Chicamocha	68266	Quebrada Calagua	Superficial	x			x		Media
Floridablanca	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68276	Río Tona	Superficial				x		Media
				Río Frío							
Galán	2401	Río Suárez	68296	Quebrada La Laja	Superficial	x	x	x		x	Media
				Quebrada La Uchata							
				Quebrada La Negra							
Gámbita	2401	Río Suárez	68298	Quebrada Picaderas	Superficial	x	x	x		x	Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afección		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Girón	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68307	Río Tona	Superficial	Sin Información			x		Media
			Río Frio								
Guaca	2403	Río Chicamocha	68318	Quebrada La Chiratoca	Superficial	x	x			x	Baja
			Quebrada La Empalizada								
Guadalupe	2401	Río Suárez	68320	Quebrada la Gloria	Superficial	Sin Información			x		Baja
			Quebrada La Pava								
			Quebrada La Colorada								
Guavatá	2401	Río Suárez	68324	Arroyo Siberia	Superficial	x			x		Baja
La Paz	2401	Río Suárez	68397	Nacimiento Olla de Mariano	Subterráneo	x	x	x	x		Media
Landázuri	2312	Río Carare (Minero)	68385	Quebrada Los Pichudos	Superficial	x	x	x	x		Baja
Lebrija	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68406	Embalse Piedras Negras	Superficial	x	x				Baja
Los Santos	2405	Río Sogamoso	68418	Quebrada Los Pozos	Superficial	x	x		x		Media
Macaravita	2403	Río Chicamocha	68425	Quebrada Agua Dulce	Superficial	x		x	x		Media
Málaga	2403	Río Chicamocha	68432	Nacimiento Cuzagueta	Subterráneo	x	x		x		Baja
Matanza	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68444	Quebrada Las Tarazonas	Superficial	Sin Información			x		Baja
			Quebrada El Salado								
Oiba	2401	Río Suárez	68500	Quebrada La Mochilera	Superficial	x		x		x	Baja
Palmas del Socorro	2401	Río Suárez	68524	Quebrada Honda Aljibe	Mixto	Sin Información				x	Baja
Piedecuesta	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68547	Río de Oro	Superficial	Sin Información			x		Media
Pinchote	2402	Río Fonce	68549	Quebrada Represa	Superficial	x	x			x	Media
Puente Nacional	2401	Río Suárez	68572	Quebrada Agua Blanca	Superficial	Sin Información			x		Media
Puerto Parra	2312	Río Carare (Minero)	68573	Quebrada La Cristalina	Superficial	x	x	x	x		Media
Ríonegro	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68615	Quebrada La Tambora	Superficial	Sin Información				x	Baja
Sabana de Torres	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68655	Cuenca Río San Isidro	Superficial	x	x			x	Alta
San Benito	2401	Río Suárez	68673	Quebrada La Gran Curí	Superficial			x		x	Baja
San Gil	2402	Río Fonce	68679	Quebrada Cuchicute	Superficial	Sin Información			x		Alta
			Quebrada Curití								
Santa Helena del Opón	2314	Río Opón	68720	Quebrada Las Cruces	Superficial	x			x		Media
Socorro	2401	Río Suárez	68755	Embalse Aguilitas	Superficial		x		x		Media
			Embalse La Honda								
Suaita	2401	Río Suárez	68770	Quebrada Santa Rosa	Superficial	x	x		x		Baja
Suratá	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68780	Quebrada El Porvenir	Superficial	Sin Información			x		Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Tona	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68820	Quebrada Alto de Tomasa Quebrada Los Arcos Quebrada Villa Cristina Quebrada La Aguadita	Superficial	Sin Información			x		Baja
Valle de San José	2402	Río Fonce	68855	Quebrada Sobacuta	Superficial	x			x		Baja
Vélez	2401	Río Suárez	68861	Quebrada La Batanera Quebrada La Peña Quebrada La Chintoca	Superficial	x			x		Media
Vetas	2319	Río Lebrija y otros Directos al Magdalena	68867	Quebrada La Seca	Superficial	Sin Información			x		Baja
Villanueva	2401	Río Suárez	68872	Represa El Común	Superficial	x			x		Alta
<b>Sucre</b>											
Buenavista	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70110	Acuífero de Betulia	Subterráneo	x			x		Media
Chalán	1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	70230	Acuífero Tolvujejo	Subterráneo	x				x	Media
Colosó	1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	70204	Acuífero Tolvujejo	Subterráneo	x				x	Media
Coveñas	1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	70221	Represa Villeros	Superficial	Sin Información			x		Media
El Roble	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70233	Acuífero de Betulia	Subterráneo	x			x		Media
Galeras	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70235	Acuífero de Betulia	Subterráneo	x			x		Media
La Unión	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70400	Acuífero Mojana	Subterráneo	x			x		Alta
Palmito	1205	Directos Caribe Golfo de Morrosquillo	70523	Acuífero Morrosquillo	Subterráneo	x			x		Media
San Luis de Sincé	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70742	Cinco (5) Pozos Profundos. Acuífero de Morroa	Subterráneo	Sin Información			x		Media
San Marcos	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70708	Acuífero Mojana	Subterráneo	x			x		Alta
San Pedro	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70717	Acuífero Betulia	Subterráneo	x			x		Media
Sincelejo	2502	Bajo San Jorge - La Mojana	70001	Acuífero de Morroa	Subterráneo	Sin Información			x		Alta
<b>Tolima</b>											
Alvarado	2124	Río Totare	73026	Río Alvarado	Superficial	Sin Información			x		Alta
Ambalema	2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	73030	Río Magdalena	Superficial	Sin Información			x		Media
Armero Guayabal	2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	73055	Río Jiménez Quebrada Los Morales	Superficial	Sin Información			x		Media
Ataco	2203	Medio Saldaña	73067	Quebrada Paipita Tres (3) Pozos profundos	Mixto	Sin Información			x		Media
Cajamarca	2121	Río Coello	73124	Quebrada Chorros Blancos Quebrada Dos Quebradas	Superficial	Sin Información			x		Baja

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Carmen de Apicalá	2119	Río Sumapaz	73148	Quebrada Agua Negra	Superficial	Sin Información			x		Media
				Quebrada Palmara							
				Quebrada Oloche							
Chaparral	2206	Río Tetuín, río Ortega	73168	Río Amoya	Superficial	Sin Información			x		Media
Coello	2121	Río Coello	73200	Quebrada La Lucha	Superficial	Sin Información			x		Media
Coyaima	2208	Bajo Saldaña	73217	Río Magdalena	Superficial	Sin Información			x		Media
Cunday	2116	Río Prado	73226	Quebrada Miravalles	Superficial	Sin Información			x		Baja
				Quebrada El Coco							
				Quebrada La Enramada							
				Quebrada El Papayal							
				Quebrada Madroñal							
				Quebrada Cocorinto							
Dolores	2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz	73236	Quebrada Miravalle	Superficial	x	x		x		Media
				Quebrada El Salado							
Espinal	2118	Río Luisa y otros Directos al Magdalena	73268	Río Coello	Superficial	Sin Información			x		Media
Flandes	2118	Río Luisa y otros Directos al Magdalena	73275	Río Magdalena	Superficial	x			x		Media
Fresno	2301	Río Gualí	73283	Quebrada Guarumo	Superficial	Sin Información			x		Baja
				Quebrada San Antonio							
				Quebrada La Granja							
				Quebrada La Florida							
				Quebrada La Moya							
Guamo	2208	Bajo Saldaña	73319	Río Luisa	Superficial	x	x		x		Media
Herveo	2301	Río Gualí	73347	Río Sucio	Superficial	Sin Información			x		Baja
				Quebrada Padilla							
				Río Medina							
				Quebrada Yolombal							
				Quebrada Agua Blanca							
				Quebrada Matadero							
Honda	2301	Río Gualí	73349	Río Sucio	Superficial	Sin Información			x		Media
				Quebrada Padilla							
				Río Medina							
				Quebrada Yolombal							
				Quebrada Agua Blanca							
				Quebrada Matadero							
Ibagué	2124	Río Totare	73001	Río Combeima	Superficial	Sin Información			x		Alta
Lérida	2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	73408	Río Recio	Superficial	x	x		x		Media

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Mariquita	2301	Río Gualí	73443	Río Sucio	Superficial	Sin Información			x		Media
				Quebrada Padilla							
				Río Medina							
				Quebrada Yolombal							
				Quebrada Agua Blanca							
Quebrada Matadero											
Melgar	2119	Río Sumapaz	73449	Quebrada La Melgara	Superficial	Sin Información			x		Media
				Río Sumapaz							
				Río Juan López							
Natagaima	2113	Río Aipe, río Chenche y otros Directos al Magdalena	73483	Río Anchique	Superficial	x		x	x		Media
Ortega	2206	Río Tetuín, río Ortega	73504	Quebrada Anaba	Superficial	Sin Información			x		Media
Piedras	2124	Río Totare	73547	Río Opía	Superficial	x			x		Alta
Prado	2116	Río Prado	73563	Quebrada Mojaco	Superficial	Sin Información			x		Media
				Quebrada Chonto							
				Quebrada Miravalles							
				Quebrada El Coco							
				Quebrada La Enramada							
				Quebrada El Papayal							
				Quebrada Madroñal							
Quebrada Cocorinto											
Purificación	2113	Río Aipe, río Chenche y otros Directos al Magdalena	73585	Río Magdalena	Superficial	Sin Información			x		Media
Rovira	2118	Río Luisa y otros Directos al Magdalena	73624	Río Luisa	Superficial			x	x		Baja
Saldaña	2208	Bajo Saldaña	73671	Pozo 1 Planta o Pila Pública	Mixto			x		x	Media
				Pozo 5 Subestación							
				Pozo 3 Mirador Palmar							
				Río Saldaña							
						Sin Información					
San Luis	2207	Río Cucuana	73678	Quebrada El Cobre	Superficial	x	x		x		Alta
				Río Luisa		Sin Información					
Suárez	2115	Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz	73770	Quebrada Batatas	Superficial	Sin Información			x		Alta
Valle de San Juan	2118	Río Luisa y otros Directos al Magdalena	73854	Quebrada La Liga	Superficial	x	x	x	x		Alta
Venadillo	2125	Río Lagunilla y otros Directos al Magdalena	73861	Río Totaré	Superficial	x			x		Media
				Río Recio		Sin Información					

Cabecera municipal	SZH	Nombre de subzona hidrográfica	Código DANE	Nombre de fuente hídrica abastecedora	Clasificación de fuente de abastecimiento	Causas de los problemas de desabastecimiento			Área de afectación		Potencialidad de uso aguas subterráneas
						Reducción de caudales	Déficit de precipitación	Deficiencia en la infraestructura	Urbano	Urbano y rural	
Villarrica	2116	Río Prado	73873	Río Cuindécito	Superficial	Sin Información			x		Baja
<b>Valle Del Cauca</b>											
Ansermanuevo	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	76041	Quebrada Toro	Superficial	x	x			x	Media
Candelaria	2607	Río Guachal (Bolo - Fraile y Parraga)	76130	Pozo Vcn - 343	Subterráneo	x	x			x	Alta
El Cerrito	2609	Ríos Amaime y Cerrito	76248	Río Amaime Río El Cerrito	Superficial	x	x			x	Alta
Ginebra	2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	76306	Río Guabas	Superficial	x	x			x	Alta
Guacarí	2632	Ríos Guabas, Sabaletas y Sonso	76318	Río Guabas	Superficial	x	x			x	Alta
Jamundí	2629	Ríos Claro y Jamundí	76364	Río Jamundí	Superficial	x	x			x	Alta
La Cumbre	5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	76377	Quebrada Chicoral	Superficial	x	x			x	Baja
La Unión	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	76400	Quebrada El Jordán Quebrada La Sonora Quebrada El Rincón	Superficial	x	x			x	Alta
La Victoria	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	76403	Embalse Sara BRUT	Superficial	x	x			x	Alta
Obando	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	76497	Embalse Sara BRUT	Superficial	x	x			x	Alta
Restrepo	5311	Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga	76606	Quebrada La Mancha Quebrada La Italia	Superficial	x	x			x	Baja
Riofrío	2611	Río Frío	76616	Río Cuancua	Superficial	Sin Información			x		Alta
Roldanillo	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	76622	Río Roldanillo	Superficial	Sin Información				x	Alta
San Pedro	2633	Ríos Guadalajara y San Pedro	76670	Quebrada La Artieta	Superficial	x	x			x	Alta
Sevilla	2636	Río Paila	76736	Río Pijao 1	Superficial	Sin Información			x		Baja
Toro	2608	Ríos Pescador - RUT - Chanco - Catarina y Cañaveral	76823	Quebrada San Lázaro	Superficial	x	x			x	Alta
Ulloa	2612	Río La Vieja	76845	Quebrada La Esmeralda	Superficial	Sin Información				x	Baja
Vijes	2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco	76869	Quebrada Carbonero	Superficial	x	x			x	Media
Yotoco	2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco	76890	Río Yotoco	Superficial	x	x			x	Alta
Yumbo	2631	Ríos Arroyohondo - Yumbo - Mulalo - Vijes - Yotoco	76892	Río Yumbo	Superficial	Sin Información			x		Alta
Zarzal	2637	Ríos Las Cañas - Los Micos y Obando	76895	Embalse Sara BRUT	Superficial	x	x			x	Alta





# ANEXOS

---

## **Anexo 5.** Transporte y rendimiento medio anual multianual de las estaciones analizadas

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
<b>Área Hidrográfica Caribe</b>							
<b>Zona Hidrográfica Atrato - Darién</b>							
Pte. Las Sánchez	11027010	Atrato	1982	1999	236,98	230,58	1,03
El Siete	11027030	Atrato	1994	2015	141,38	210,58	0,67
El Añil	11117010	Ríosucio	1977	2015	658,52	711,69	0,93
Tascón	11117030	Ríosucio	1978	1994	3 023,40	3 019,49	1,00
Mutatá	11117040	Ríosucio	1977	2013	4 547,29	3 372,76	1,35
Dabeiba	11117050	Ríosucio	1977	2015	2 393,75	1 973,75	1,21
Bajirá	11147020	Bajirá	1998	2015	18,03	79,58	0,23
<b>Zona Hidrográfica Caribe Litoral</b>							
Chigorodó	12017010	Chigorodó	1977	2011	107,18	197,88	0,54
Barranquillita	12017020	León	1978	2015	789,62	681,12	1,16
La Victoria	12017030	Vijagual	1978	1995	9,39	48,94	0,19
Pte. Carretera	12017050	Zungo	1978	2010	16,07	53,19	0,30
Apartadó	12017060	Apartadó	1985	2010	22,80	87,29	0,26
La Cerrazón	12017070	Chigorodó	1987	2010	7,05	71,80	0,10
Carepa	12017080	Carepa	1978	2010	85,52	154,13	0,55
Villarteaga	12017100	León	1994	2009	74,70	150,61	0,50
Pueblo Bello	12027010	Mulatos	1985	2006	94,13	308,30	0,31
Currulao	12027040	Currulao	1979	2004	192,63	231,84	0,83
Pueblo Nuevo	12027050	Mulatos	2000	2014	1 062,82	1 013,39	1,05
El Dos	12027060	Turbo	1991	2010	86,80	149,97	0,58
<b>Zona Hidrográfica Sinú</b>							
La Despensa	13017010	Sinú	1983	1995	893,72	3 937,53	0,23
El Limón	13017020	Sinú	1984	1997	0,03	2 822,46	0,00
Angostura de Urrá	13037010	Sinú	1974	1994	2 913,36	4 607,56	0,63
Carrizola (Automática)	13037040	Sinú	1996	2015	0,01	5 168,37	0,00
Tierralta	13047030	Sinú	1992	2010	974,45	5 229,18	0,19
El Toro	13047040	Sinú	1992	2010	3 031,58	4 884,16	0,62
Pasacaballos	13047050	Sinú	1992	2004	1 734,97	4 705,58	0,37
Nueva Colombia	13057010	Sinú	1992	2015	3 569,28	8 227,26	0,43
Montería (Automática)	13067020	Sinú	1972	2015	2 652,40	8 646,36	0,31
Sta. Helena	13067030	Sinú	1992	2010	1 412,65	8 274,54	0,17
Palma Central	13077030	Sinú	1995	2010	188,59	10 245,38	0,02
La Doctrina	13077040	Sinú	1992	2015	2 021,36	13 608,56	0,15
Cotoca Abajo	13077060	Sinú	1984	2015	1 910,61	13 367,10	0,14
El Montón	13077300	Sinú	1992	2014	1 608,18	8 636,48	0,19
<b>Zona Hidrográfica Caribe Guajira</b>							
Pte. Carretera	15037020	Palomino	1976	2015	33,59	694,35	0,05
Míngueo	15037030	Canas	1993	2007	6,99	127,14	0,05

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
El Cercado - (Automática)	15067020	Ranchería	1977	2006	7,90	348,85	0,02
Hda. Guamito	15067040	Ranchería	1980	2012	120,46	2 132,61	0,06
Cuestecitas (Automática)	15067050	Ranchería	1980	2015	81,95	2 548,67	0,03
Los Magueyes	15067080	Ay. La Quebrada	1980	2008	16,07	792,56	0,02
Bocatoma Abajo	15067160	Ranchería	1990	2006	25,57	1 934,62	0,01
<b>Zona Hidrográfica Catatumbo</b>							
Aguas Claras	16017010	Pamplonita	1989	2016	474,80	2 212,38	0,21
La Donjuana (Automática)	16017020	Pamplonita	1986	2016	32,98	416,61	0,08
Pto. León	16027060	Zulia	1984	2009	1 334,83	5 405,17	0,25
Pajarito	16027070	Zulia	1974	1989	565,88	2 347,57	0,24
Cornejo	16027100	Peralonso	1985	2016	71,87	456,79	0,16
San Javier - Pte. Zul	16027120	Zulia	1979	2009	178,71	1 581,36	0,11
Astilleros	16027280	Zulia	2000	2016	414,15	2 644,88	0,16
Capo tres	16037010	Nuevo Presidente	1989	2015	181,21	716,44	0,25
Campo Dos	16037020	Sardinata	1989	2016	469,12	1 887,63	0,25
Pte. Sardinata	16037030	Sardinata	1986	2016	163,79	909,30	0,18
Campo Seis	16037040	Tibú	1989	2016	45,26	318,01	0,14
Pte. San Miguel	16037050	San Miguel	1989	2016	46,07	402,55	0,11
Pte. Abrego	16047010	Tarra	1984	2016	33,41	366,87	0,09
Pte. Tarra	16047020	Tarra	1982	2009	466,12	1 643,06	0,28
El Cincho	16047030	Tarra	1989	1998	307,71	715,96	0,43
Las Vegas	16057010	Frío	1984	2012	5,08	69,26	0,07
Marcelita	16057020	Oroque	1982	2005	3,87	104,70	0,04
La Cabaña (Automática)	16057030	Algodonal	1982	2014	39,95	536,15	0,07
Quince Letras	16057040	Catatumbo	1982	2016	115,50	1 393,85	0,08
Pto Barco - Gabarra	16067010	Catatumbo	1978	2016	1 574,63	5 181,50	0,30
El Cable	16067020	Catatumbo	1982	1998	921,95	4 103,59	0,22
<b>Área Hidrográfica Magdalena - Cauca</b>							
<b>Zona Hidrográfica Alto Magdalena</b>							
Pitalito (Automática)	21017050	Guarapas	1989	1999	45,83	268,40	0,17
Pericongo	21027010	Magdalena	1981	2015	702,62	3 565,66	0,20
Pte. Garcés (Automática)	21037010	Suaza	1981	2015	333,60	996,36	0,33
Pte. Balseadero	21047010	Magdalena	1974	2014	1 701,02	5 647,43	0,30
Paicol (Automática)	21057060	Páez	1974	2015	1 315,65	4 835,67	0,27
Pte. Coetando	21057070	Páez	1981	1993	439,92	1 457,79	0,30
Villalosa	21057080	La Plata	1981	2015	112,46	1 031,09	0,11
Víchecho	21077030	Magdalena	1986	1993	5 158,07	11 939,69	0,43
Hidroeléctrica	21087040	Pedernal	1984	2014	24,36	103,77	0,23
Bocatoma	21087050	Íquira	1984	2013	25,70	122,63	0,21
Hda. El Jardín	21087070	Yaguará	1981	2012	41,29	488,27	0,08

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
Hda. Venecia (Automática)	21087080	Yaguará	1984	2015	134,62	666,69	0,20
Pte. Santander	21097070	Magdalena	1976	2015	6 508,80	15 096,79	0,43
Pte. Mulas	21107020	Neiva	1989	2014	101,00	615,45	0,16
Guayabo	21117080	Ceibas	1981	2015	50,44	224,04	0,23
Pueblo Nuevo (Automática)	21117100	Ceibas	1984	2013	5,67	114,20	0,05
Motilón	21117110	Motilón	1984	1998	6,71	29,64	0,23
Hato Bermejo	21117130	Qda. Los Micos	1984	1992	0,64	36,79	0,02
Río Angostura	21137050	Magdalena	1984	2015	6 329,82	22 286,28	0,28
San Alfonso	21147010	Cabrera	1981	2015	1 572,42	22 280,47	0,07
Carrasposo	21147030	Cabrera	1988	2015	636,21	1 656,23	0,38
Pte. Venado	21147050	Venado	1986	2015	30,07	529,08	0,06
Cucunubá	21187030	Luisa	1988	2015	119,39	321,66	0,37
El Profundo (Automática)	21197010	Sumapaz	1980	2015	24,74	958,05	0,03
El Limonar	21197150	Sumapaz	1980	2015	334,05	2 430,23	0,14
Pte. Portillo	21207960	Bogotá	1975	2008	1 040,22	5 396,72	0,19
Payandé	21217070	Coello	1983	2011	1 460,00	1 534,24	0,95
Montezuma	21217180	Combeima	1984	2015	38,19	174,77	0,22
Juntas	21217190	Qda. Perlas	1980	2001	3,63	11,34	0,32
California	21217210	Qda. La Honda	1986	2001	1,02	1,88	0,54
San Vicente de Combeima	21217220	Combeima	1984	2007	7,25	106,22	0,07
Bocatoma	21217250	Qda. Cay	1985	2015	2,87	18,68	0,15
Yuldaima	21217260	Combeima	1984	2013	86,51	226,33	0,38
Nariño (Automática)	21237010	Magdalena	1979	2015	17 288,41	48 103,97	0,36
Arrancaplumas	21237020	Magdalena	1971	2014	37 979,71	54 329,95	0,70
La Esmeralda	21257090	Lagunilla	1988	2015	441,30	668,55	0,66
La Nueva	21257100	Recio	1980	2013	185,15	643,66	0,29
<b>Zona Hidrográfica Saldaña</b>							
Bocas	22017010	Anamichú	1980	2015	188,71	653,65	0,29
Las Sardinas	22017020	Saldaña	1980	2015	257,12	1 625,42	0,16
Bocas	22017030	Blanco	1985	2015	58,74	105,73	0,56
El Cóndor	22027010	Atá	1972	2012	2 921,79	1 384,29	2,11
Gaitania	22027020	Atá	1980	2015	80,35	920,73	0,09
La Esperanza	22037010	Mendarco	1980	2015	107,88	107,46	1,00
Hda. El Queso	22047010	Amoyá	1976	1980	376,33	1 149,13	0,33
Piedras de Cobre	22057010	Saldaña	1973	2015	9 343,40	7 743,55	1,21
Palmalarga	22057040	Saldaña	1990	2015	4 215,46	6 224,27	0,68
Pte. La Hamaca	22057050	Qda. Pole	1984	2013	77,62	173,38	0,45
La Muralla	22057060	Saldaña	1973	2011	1 999,89	4 408,52	0,45
Pte. Colache	22057070	Saldaña	1984	1992	2 581,59	6 429,24	0,40
Bocatoma Triángulo	22057090	Saldaña	1985	2008	3 818,42	6 332,89	0,60

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
Pte. Ortega	22067010	Ortega	1989	2015	179,39	277,69	0,65
Corea	22077040	Cucuana	1971	1988	1 117,66	1 761,69	0,63
Calichal El Bosque	22077070	Cucuana	1973	2007	392,44	594,68	0,66
<b>Zona Hidrográfica Medio Magdalena</b>							
La Esperanza	23017040	Gualí	1988	2015	343,32	456,72	0,75
Pte. Carretera	23017060	Sucio	1990	2015	20,03	89,33	0,22
Pte. Carretera	23027060	Guarínó	1980	2015	1 918,13	834,98	2,30
Pto. Salgar (Automática)	23037010	Magdalena	1981	2015	33 656,33	56 515,77	0,60
San Miguel (Automática)	23057140	La Miel	1975	2015	2 542,94	2 335,88	1,09
Pto. Libre	23067040	Negro	1975	2014	9 010,87	4 575,19	1,97
Guaduro	23067050	Negro	1985	2014	2 283,10	2 547,55	0,90
Pte. Ferrocarril	23077020	Cocorná	1975	2005	672,44	816,99	0,82
Pte. Real	23087150	Negro	1984	2014	40,11	320,55	0,13
Caramanta	23087160	Nus	1979	2016	108,52	288,64	0,38
Los Sirpes	23087180	Qda. La Concepción	1984	1991	16,10	119,65	0,13
La Garrucha	23087190	Samaná Norte	1980	2016	442,05	1 517,19	0,29
Canteras (Automática)	23087210	Nare	1976	2015	1 976,26	4 714,39	0,42
Pto. Berrío (Automática)	23097030	Magdalena	1973	1995	58 326,81	74 434,95	0,78
Borbur	23127010	Minero	1982	2015	4 453,53	1 564,36	2,85
Pto. Araújo (Automática)	23127020	Carare	1982	2016	14 606,17	5 381,55	2,71
Sta. Rosa	23127060	Carare	1984	2016	11 566,98	4 901,04	2,36
Las Angustias	23127070	Minero	1988	1994	5 116,30	3 370,09	1,52
Pte. Ferrocarril	23147020	Opón	1976	2016	1 870,19	1 730,14	1,08
Maldonado	23157080	Magdalena	1984	1994	30 248,82	90 392,31	0,33
Sitio nuevo	23187280	Magdalena	1981	1995	20 512,27	65 684,98	0,31
Café Madrid	23197290	Lebrija	1974	2009	299,39	1 267,51	0,24
San Rafael	23197370	Lebrija	1979	2016	2 607,06	4 328,09	0,60
Morales	23207020	Bzo. Morales	1981	1993	9 681,89	123 109,60	0,08
San Pablo Río Magdalena	23207040	Magdalena	1981	1994	32 409,60	118 043,70	0,27
Río Viejo	23207060	Bzo. Morales	1981	1993	10 353,04	133 858,80	0,08
<b>Zona Hidrográfica Sogamoso</b>							
San Benito	24017570	Suárez	1982	2016	1 041,06	5 353,38	0,19
Pte. Nacional	24017590	Suárez	1982	2016	340,38	2 263,19	0,15
La Ceiba	24017640	Suárez	1981	2014	1 438,30	7 020,20	0,20
Bocatoma	24017820	Cane	1988	2012	1,02	78,87	0,01
Sutamarchán	24017830	Sutamarchán	1989	2010	18,85	351,37	0,05
San Gil	24027010	Fonce	1973	2016	418,47	2 086,15	0,20
Nemizaque	24027030	Pienta	1981	2016	28,53	626,94	0,05
Pte. Cabra	24027040	Mogoticos	1984	2016	19,42	183,52	0,11
Pte. Llano	24027050	Taquiza	1983	2013	68,90	607,05	0,11

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km²)	Rendimiento (kt/año*km²)
Pte. Arco	24027060	Monchía	1984	2016	10,31	164,76	0,06
Mérida	24027070	Fonce	1981	2016	224,77	1 546,53	0,15
El Palo	24037030	Tuta	1985	2015	3,75	434,63	0,01
Güicán	24037040	Nevado	1985	2009	87,33	161,67	0,54
La Reforma	24037130	Chicamocha	1986	2015	8,45	990,60	0,01
El Jordán	24037360	Chicamocha	1974	2016	18 070,08	9 401,25	1,92
Capitanejo	24037390	Chicamocha	1982	2015	8 346,91	6 204,21	1,35
Remolino	24047020	Suárez	1974	2005	2 175,79	9 782,88	0,22
Pte. Comuna	24057050	Chucurí	1990	2010	73,96	380,43	0,19
El Tablazo	24067010	Sogamoso	1971	2010	11 852,79	20 462,25	0,58
Pte. La Paz (Automática)	24067030	Sogamoso	1987	2008	9 207,66	21 190,66	0,43
<b>Zona Hidrográfica Magdalena - Cauca - San Jorge</b>							
Montelíbano (Automática)	25017010	San Jorge	1974	2015	1 290,44	3 907,86	0,33
San Pedro (Automática)	25017020	San Pedro	1990	2013	105,82	412,58	0,26
El Banco (Automática)	25027020	Magdalena	1988	2015	36 025,08	160 466,50	0,22
Margento	25027050	Cauca	1978	2015	45 637,79	41 200,66	1,11
Las Varas (Automática)	25027200	Cauca	1973	2015	53 014,02	58 440,61	0,91
Las Flores	25027270	Cauca	1978	2013	47 973,63	56 009,86	0,86
Sitio Nuevo	25027290	Magdalena (Loba)	1980	2011	69 929,98	222 382,40	0,31
San Roque	25027320	Magdalena (Mompox)	1973	2015	10 367,07	160 634,00	0,06
Penoncito	25027330	Magdalena	1973	2015	67 826,47	138 207,30	0,49
Armenia	25027360	Magdalena (Loba)	1973	2015	39 169,54	165 122,20	0,24
Sta. Ana	25027370	Magdalena (Mompox)	1973	2012	11 359,42	163 040,30	0,07
Alto del Rosario	25027400	Caño Las Palomas	1988	2015	1 273,79	1 072,71	1,19
Regidor	25027410	Magdalena	1981	1996	43 869,39	137 343,10	0,32
La Victoria	25027420	Caño Violo	1980	2014	7 888,91	162 954,60	0,05
Las Aguadas	25027490	Magdalena	1979	2015	49 734,83	161 608,00	0,31
Palenquito	25027570	(Chicagua) Magdalena	1980	2015	16 015,29	163 335,00	0,10
Guaymaral	25027580	(Chicagua) Magdalena	1980	2011	19 284,45	163 389,90	0,12
Caimancito	25027590	Cesar	1975	2009	423,91	16 885,50	0,03
La Chapetona	25027620	Bzo. Papayal	1988	2012	289,09	134 532,20	0,00
Tres Cruces	25027640	Cauca	1978	2015	43 675,68	58 459,79	0,75
Magangué	25027680	Magdalena (Loba)	1979	2015	62 432,55	240 059,00	0,26
La Raya	25027910	Caño Caribona	1982	2015	784,58	1 976,54	0,40
Coyongal	25027930	Magdalena (Loba)	1980	2014	106 975,37	222 352,50	0,48
Tacamacho	25027940	Magdalena	1976	2007	143 352,16	247 032,00	0,58
La Mancha	25028350	Caño Rompedero	1984	1997	1 693,80	1 598,70	1,06
<b>Zona Hidrográfica Cauca</b>							
Julumito	26017020	Cauca	1985	2006	72,51	727,03	0,10
Pte. Aragón	26017060	Cauca	1984	2014	5,13	160,10	0,03

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
Pto. Tejada	26047070	Palo	1981	1995	743,66	1 572,75	0,47
Juanchito	26067010	Cauca	1973	1994	3 271,74	8 542,97	0,38
Mateguadua	26107130	Tuluá	1985	2011	384,29	765,89	0,50
El Alambrado	26127010	La Vieja	1981	2015	1 018,09	1 655,05	0,62
La Bananera	26137110	Otún	1972	2013	20,76	271,44	0,08
Pte. Negro	26147140	Risaralda	1975	2015	222,85	836,91	0,27
Pte. Las Juntas	26167010	Tapias	1972	1995	195,39	192,04	1,02
La Paila	26167060	Tapias	1996	2014	24,23	185,60	0,13
Irra	26167070	Cauca	1972	2013	16 758,48	24 569,03	0,68
La Virginia (Automática)	26177030	Cauca	1973	2015	10 364,02	21 857,12	0,47
Quitasueño	26187040	Arma	1974	2010	380,39	1 040,84	0,37
La Pintada (Automática)	26187110	Cauca	1973	2015	14 261,41	26 452,98	0,54
El Remolino	26197030	San Juan	1973	2013	700,27	1 102,41	0,64
Pte. Iglesias	26207030	Cauca	1982	2012	19 099,98	28 931,09	0,66
El Rodadero	26207040	Sinifaná	1979	2006	35,62	181,37	0,20
Bolombolo (Automática)	26207080	Cauca	1973	2015	21 617,63	30 840,48	0,70
La Galera	26217010	Tonusco	1973	2015	670,60	319,00	2,10
El Cangrejo	26217040	San Mateo	1979	1994	424,83	224,02	1,90
Cañafisto	26217050	Cauca	1980	2009	29 928,96	32 645,07	0,92
Peñalta	26237020	Aurra	1973	2014	11,38	191,11	0,06
Pto. Valdivia (Automática)	26237040	Cauca	1973	2015	44 163,18	37 831,27	1,17
Pte. Pescadero	26237050	Cauca	1985	1999	37 785,05	35 871,73	1,05
Yarumal	26237080	San Andrés	1983	1994	41,54	393,96	0,11
El Valle	26237090	San Andrés	1981	1998	735,43	491,49	1,50
Olaya	26237100	Cauca	1986	1998	28 072,70	34 079,92	0,82
El Cedral	26237110	San Andrés	1981	1987	5,72	161,99	0,04
Hda. Palmira	26247010	Man	1975	2014	87,05	357,73	0,24
La Coquera (Automática)	26247020	Cauca	1974	2015	60 487,88	40 985,54	1,48
Apaví	26247030	Cauca	1973	2011	68 582,60	37 971,49	1,81
Las Camelias (Automática)	26247050	Tarazá	1974	2006	1 003,60	907,20	1,11
<b>Zona Hidrográfica Nechí</b>							
Pte. Anorí	27027090	Nechí	1983	2007	357,53	1 384,66	0,26
La Esperanza Nechí	27037010	Nechí	1978	2014	8 222,02	14 363,16	0,57
San Juan Nechí (Automática)	27037030	Nechí	1983	2007	4 579,23	8 254,46	0,55
<b>Zona Hidrográfica Cesar</b>							
Corral de Piedra	28017080	Cesar	1977	2015	2,69	205,52	0,01
Islandia	28027160	Calenturitas	1983	2011	31,72	1 241,45	0,03
Pte. Salguero	28037030	Cesar	1976	2011	174,59	3 496,32	0,05
Cantaclaro	28037060	Garupal	1984	2013	1,62	169,24	0,01
Pte. Canoas	28037090	Cesar	1983	2015	105,87	10 370,36	0,01

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km²)	Rendimiento (kt/año*km²)
La Aurora	28047010	Ariguaní	1976	2011	108,68	732,13	0,15
<b>Zona Hidrográfica Bajo Magdalena</b>							
Tenerife	29017010	Magdalena	1979	1986	37 702,05	253 647,30	0,15
Calamar	29037020	Magdalena	1972	2015	94 376,17	256 824,00	0,37
Canal del Gambote	29037080	Canal del Dique	1977	2015	7 679,30	259 166,30	0,03
Inkora k-7	29037360	Canal del Dique	1972	2011	9 827,96	256 868,90	0,04
Sta. Helena	29037370	Canal del Dique	1979	2015	6 516,19	259 235,60	0,03
Correa	29037390	Caño Correa	1997	2014	232,92	260 227,00	0,00
Sta. Helena	29037450	Canal del Dique	1981	2015	4 828,16	259 240,30	0,02
El Trébol	29067010	Tucurínca	1982	2013	34,23	419,49	0,08
Sta. Rosalía	29067040	Orihueca	1982	2015	1,90	59,45	0,03
Canal Florida	29067050	Sevilla	1982	2013	44,96	284,02	0,16
Hda. Pto. Rico	29067060	Fundación	1982	2002	243,98	964,75	0,25
Río Frío	29067070	Frío	1982	2015	18,96	301,60	0,06
Fundación	29067120	Fundación	1982	2015	86,13	1 006,15	0,09
Pte. Ferrocarril	29067130	Aracataca	1978	2015	26,35	749,23	0,04
Ganadería Caribe	29067150	Aracataca	1982	2014	21,52	771,02	0,03
<b>Área Hidrográfica Orinoco</b>							
<b>Zona Hidrográfica Inírida</b>							
Guayare	31097010	Guaviare	1993	2015	27 049,60	138 181,10	0,20
Pto. Inírida	31097020	Inírida	1993	2015	1 166,88	53 776,09	0,02
<b>Zona Hidrográfica Guaviare</b>							
La Macarena	32037030	Guayabero	1984	2015	5 255,39	13 819,84	0,38
Raudal Dos	32047010	Guayabero	1981	2015	12 574,20	23 021,51	0,55
Lejanías	32067020	Guape	1987	1997	1 298,36	911,93	1,42
Pto. Angosturas	32067030	Ariari	1994	2015	994,08	763,24	1,30
Pinalito	32077070	Guejar	1980	2015	816,10	2 360,72	0,35
Peñas Blancas	32077100	Guejar	1985	2015	190,46	1 206,74	0,16
El Limón	32077110	Guejar	1996	2013	31,57	268,51	0,12
Candlejas	32087040	Ariari	1984	2000	9 392,49	9 620,23	0,98
Pto. Arturo	32107010	Guaviare	1985	2014	16 585,18	35 529,74	0,47
Mapiripana	32157010	Guaviare	1992	2015	8 548,12	52 302,04	0,16
Pueblo Viejo	32157040	Guaviare	1992	2015	10 222,04	61 495,51	0,17
Barranco Murciélag	32157060	Guaviare	2000	2015	0,17	62 764,95	0,00
Cejal	32207010	Guaviare	1993	2015	18 019,36	83 162,26	0,22
<b>Zona Hidrográfica Vichada</b>							
Sta. Rita	33077010	Vichada	1993	2015	416,55	24 650,82	0,02
<b>Zona Hidrográfica Meta</b>							
Pte. Lleras (Automática)	35017020	Meta	1980	2012	7 241,45	8 020,33	0,90
Caraza	35027100	Une	1980	2013	11,52	162,05	0,07



Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
Pte. Quevedo	35027130	Clarín	1987	1999	27,62	188,51	0,15
Pte. Carretera	35027140	Guayuriba	1976	1993	3 577,51	2 809,96	1,27
Las Ánimas	35027150	Chochal	1988	2014	7,65	110,79	0,07
Guacapate	35027190	Negro	1981	2010	233,60	1 298,91	0,18
El Palmar	35027200	Blanco	1981	2002	346,86	1 009,11	0,34
Caseteja - Delicias	35027210	Negro	1981	2010	1 022,60	2 482,63	0,41
Pte. Carretera	35047030	Guacavía	1980	2009	713,75	339,75	2,10
El Cable	35057010	Humea	1977	2009	478,12	957,26	0,50
La Gloria	35067010	Negro	1980	2015	15,15	75,55	0,20
Ubalá	35067020	Gachetá	1976	1986	704,47	548,71	1,28
Chusneque	35067040	Guavio	1976	1991	120,47	693,13	0,17
Mundo Nuevo	35067130	Rucio	1983	2012	56,25	38,08	1,48
El Camoyo	35077050	Qda. Chivor	1990	2014	175,29	46,10	3,80
Pte. Fierro	35077080	Somondoco	1980	2012	417,88	617,59	0,68
Pte. Adriana	35077090	Jenesano	1986	2013	38,39	344,32	0,11
San José	35077100	Teatinos	1992	2015	0,53	30,09	0,02
El Caracol	35077120	Garagoa	1990	2014	211,01	1 413,81	0,15
Barbosa Termales	35077140	Macheta	1984	2015	29,36	375,66	0,08
San Agustín	35087010	Lengupá	1986	2012	4 912,65	1 634,74	3,01
Páez	35087020	Lengupá	1977	2015	1 867,15	1 030,18	1,81
Pte. Forero	35087030	Tunjita	1984	2015	13,53	82,38	0,16
La Reventonera	35097090	Upía	1980	2013	973,14	1 128,65	0,86
Mómbita Pte. Romera	35097100	Upía	1989	2001	220,78	671,47	0,33
Pto. Texas	35177020	Meta	1994	2004	18 901,82	40 833,07	0,46
Pte. Yopal	35217010	Cravo Sur	1981	2012	1 613,79	1 098,96	1,47
Aceítico	35257040	Meta	1984	2015	23 227,72	106 219,40	0,22
Aguaverde	35267080	Meta	1984	2015	23 705,72	75 901,02	0,31
<b>Zona Hidrográfica Arauca</b>							
Berlín	37017010	Jordán	1984	1997	0,71	9,57	0,07
Pte. López	37017040	Chitagá	1983	2014	48,83	845,66	0,06
Venaga	37017050	Chitagá	1980	2014	166,59	727,06	0,23
Pena de los Micos	37027010	Margua	1982	2014	488,75	2 573,50	0,19
Paso de la Canoa	37037010	Cobugón	1982	2011	1 092,09	1 519,60	0,72
Rotambria	37037020	Cobugón	1986	1990	357,81	1 203,16	0,30
<b>Área Hidrográfica Amazonas</b>							
<b>Zona Hidrográfica Caquetá</b>							
Riogrande - Cauca	44017050	Grande	1984	2015	8,11	129,70	0,06
Papas	44017060	Caquetá	1984	2015	1,01	86,20	0,01
Sta. Rosa	44017070	Caquetá	1984	2015	65,79	686,19	0,10
Curíaco	44017090	Caquetá	1982	2015	22,46	443,27	0,05

Nombre de estación	Código de estación	Corriente	Año de inicio	Año final	Transporte medio anual multianual (kt/año)	Área aferente (km <sup>2</sup> )	Rendimiento (kt/año*km <sup>2</sup> )
Angosturas - Putumayo	44017100	Putumayo	1984	1998	6 069,19	7 001,46	0,87
Andaquí	44017110	Caquetá	1984	2015	1 164,98	4 444,05	0,26
Larandía	44037090	Orteguaza	1981	2005	1 414,32	1 655,94	0,85
Itarca	44037100	San Pedro	1981	2013	358,51	649,78	0,55
<b>Zona Hidrográfica Caguán</b>							
Pto. Rico	46037060	Guayas	1979	1997	1 895,83	2 462,22	0,77
<b>Zona Hidrográfica Putumayo</b>							
La Cocha	47017020	Guamúez	1984	2015	6,25	238,66	0,03
El Edén	47017070	Putumayo	1981	2010	57,18	474,78	0,12
Canal B	47017100	Quinchoa	1988	2015	34,37	284,75	0,12
Monopamba	47017110	Sucio	1984	2013	77,29	179,64	0,43
Las Joyas	47017130	Guamúez	1988	1999	22,19	447,97	0,05
Pte. Canal D	47017140	San Pedro	1984	2013	6,62	74,70	0,09
La Joya	47017150	Guineo	1983	2015	61,79	370,10	0,17
Pte. Texas	47017160	Putumayo	1984	2015	706,02	3 543,63	0,20
<b>Área Hidrográfica Pacífico</b>							
<b>Zona Hidrográfica Mira</b>							
Pilispi	51027020	Guiza	1982	2015	25,63	424,13	0,06
Pipiguay	51027050	Guiza	1982	2007	124,08	679,22	0,18
<b>Zona Hidrográfica Patía</b>							
Puente Guascas	52017010	Patía	1972	1999	6 749,98	8 797,99	0,77
Pto. Nuevo	52017020	Patía	1972	2015	3 364,48	5 105,08	0,66
La Fonda	52017030	Patía	1981	2011	516,55	1 543,86	0,33
Loma Alta	52017060	Patía	1997	2011	0,02	2 246,70	0,00
Bocatoma Sajandi	52017070	Sajandi	1997	2015	0,05	167,91	0,00
El Hoyo	52017120	Quilcase	1997	2015	0,02	627,98	0,00
Pte. Colgante Timbio	52017130	Timbio	1997	2014	0,01	769,72	0,00
La Playa	52027020	San Jorge	1999	2010	0,02	668,27	0,00
La Cañada	52037010	Mayo	1972	2011	111,58	336,29	0,33
Bocatoma Centenario	52047030	Pasto	1990	2014	0,55	67,86	0,01
Providencia	52047040	Pasto	1990	2012	0,33	462,15	0,00
Agroyaco	52057030	Guáitara	1976	2007	1 335,87	3 309,62	0,40
Sali (Automática)	52067010	Telembí	1984	1988	0,09	2 157,30	0,00
Pte. Pusmeo (Automática)	52077010	Patía	1984	1996	31 008,15	12 115,59	2,56
<b>Zona Hidrográfica San Juan</b>							
Tado (Automática)	54017040	San Juan	1983	2014	1 902,81	1 773,67	1,07

# Bibliografía

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. (2000). *Reseña Toxicológica del cromo*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
- Agronet. (2018). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Antoine-Rabatel, J. L. (2018). Toward an imminent extinction of Colombian glaciers? *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 100(1), 75-95. doi:10.1080/04353676.2017.1383015
- Balek, J. (1988). Groundwater Recharge Concepts. En I. Simmers (ed.), *Estimation of Natural Groundwater Recharge* (pp. 339-347). Amsterdam: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-015-7780-9
- Budyko, M. I. & Zubenok, L. I. (1974). Methods of determining evaporation from the land surface. En Organización Meteorológica Mundial (ed.), *Conferencia Workshop of the water balance of Europe*. Bulgaria. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000020552>
- Cabezas, D., Carrasco, F., & Mafla, E. (2002). *El riego, la producción y el mercado. Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos*. Quito: Coordinación CESA, Consorcio CAMAREN.
- Charles, E. G., Behroozi, C., Schooley, J., & Hoffman, J. (1993). *A method of evaluating ground water recharge in New Jersey*. Trenton: New Jersey Geological Survey.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá: McGraw Hill.
- Cinara. (2015). *Desarrollo de una metodología específica la medición de huella hídrica como indicador de sostenibilidad en la producción de tilapia, trucha y cachama, con implementación en un proyecto demostrativo en el Valle del Cauca*. Cali: Cinara.
- Congreso de la República. (1994). *Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República, Diario Oficial N.º 41.433.
- Corte Constitucional. (2011). *Derecho Fundamental al agua-concepto y fundamento. Sentencia T-740/11*. Bogotá: Corte Constitucional. República de Colombia.
- Cronin, A., & Pond, K. (2008). Just how big is the schism between the health sector and the water and sanitation sector in developing countries? *Environmental Health Insights*, 2, 39-43.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2009). *Estudios Postcensales*

7. *Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020*. Bogotá: DANE.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *Boletín Técnico. Cuenta ambiental y económica de flujos de agua*. Bogotá: DANE.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Encuesta de sacrificio de ganado (ESAG)*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-sacrificio-de-ganado#resultados-hist%C3%B3ricos>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (17 de mayo de 2018). *Encuesta Anual Manufacturera (EAM)*. Recuperado de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/boletin\\_eam\\_2017.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/boletin_eam_2017.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Proyecciones de población*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2015). *Hacia la construcción de la cuenta del agua a nivel nacional*. Bogotá: DANE e IDEAM.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2008). *Documento Conpes 3550: Lineamientos para la formulación de la Política Integral de Salud Ambiental*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), Departamento Nacional de Planeación.
- Doornbos, B. (2015). El valor de los bosques andinos en asegurar el agua y el suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible? *Bosques Andinos*, Artículo de opinión N.º 3.
- Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. (2007). *Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation*. Quebec: Autor.
- Falkenmark, M., & Rockström, J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. Londres: Earthscan.
- Freeze, A., & Cherry, J. (1979). *Groundwater Geology*. Nueva York: Prenticehall.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., . . . Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66
- González, E., Marrugo, J. L., & Martínez, V. (2015). *El problema de contaminación por mercurio. Nanotecnología: Retos y posibilidades para medición y remediación*. Bogotá: Red Nano Colombia.
- Herrera-Núñez, J., Rodríguez-Corrales, J., Cotto-Campos, J. M., Salgado-Silva, V., & Borbón Alpizar, H. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 27-36. doi:10.18845/tm.v26i1.1119
- Ilstedt, U., Bargués-Tobella, A., Bazié, H. R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G. . . , Malmer, A. (2016). Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the

- seasonally dry tropics. *Scientific Reports*, 6, 21930. doi:10.1038/srep21930
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). *Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos, año 2016*. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas.
  - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). *Estadísticas de comercialización de plaguicidas químicos de uso agrícola 2016*. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas. Recuperado de [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016\\_22-01-18.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016_22-01-18.aspx)
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover. Adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá: Scripto Ltda.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2012). *Glaciares de Colombia: más que montañas con hielo*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2013). *Mapa Nacional de coberturas de la tierra*. Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Periodo 2005-2009. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Mapa de cobertura de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia periodo 2010-2012*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Mapa de Suelos Analisis de Huella Hídrica*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2016). *Impacto del fenómeno "EL NIÑO" 2015-2016 en los nevados y alta montaña en Colombia*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). *Memoria técnica del Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Documento en revisión editorial.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (14 de 07 de 2017). *Toma de muestras de aguas superficiales para la red de calidad del IDEAM*. Bogotá: IDEAM.
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). *Informe del*

*estado de los glaciares colombianos*. Bogotá: IDEAM.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). *Nota Técnica del IDEAM 001-2018*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Ineter). (2005). *Inundaciones fluviales, mapas de amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración*. Managua: Ineter.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2010). *Exploración de aguas subterráneas en la región central de Santander*. Bogotá: Ingeominas.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2010). *Mapa hidrogeológico en el área del Alto Patía - Proyecto SUB09-21 Escala 1:100.000*. Servicio Geológico Colombiano, Subdirección de Recursos del Subsuelo, Bogotá: Ingeominas.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2011). *Las aguas subterráneas, un enfoque práctico*. Bogotá: Ingeominas.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2011). *Modelo hidrogeológico de la Alta Guajira - Proyecto SUB09-21. Escala 1:100.000*. Bogotá: Ingeominas.
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J., & Flórez, C. (2015). *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lerner, D. (1990). *Techniques. Groundwater recharge. A guide to understanding the natural recharge*. Hannover: R. van Acken GmbH.
- Luh, J., & Bartram, J. (2016). Drinking water and sanitation: progress in 73 countries in relation to socioeconomic indicators. *Bull World Health Organ*, 94(2), 111-121. doi:10.2471/BLT.15.162974
- Maliva, R., & Missimer, T. (2012). Aridity and Drought. En R. Maliva, & T. Missimer (eds.), *Arid Lands Water Evaluation and Management* (pp. 21-39). Berlín: Springer. doi:10.1007/978-3-642-29104-3\_2
- Marín-Zambrana, B. G. (2009). *Manual de química del agua. Teoría y práctica*. Santa Marta: Universidad del Magdalena.
- Marmot, M., Pellegrini, A., Vega, J., Solar, O., & Fortune, K. (2013). Acción con respecto a los determinantes sociales de la salud en las Américas. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 34(6), 382-384.
- Matus, O. D. (2007). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*, tesis de maestría en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Costa Rica: CATIE.
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2008). Metodología para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas. Validación en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, 55, 74-82.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2010). *Decreto 3930*. Bogotá: MADS.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012). *Sinopsis Nacional de la*

*Minería Aurífera Artesanal y de Pequeña Escala.* Bogotá: MADS.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos.* Bogotá: MADS. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegral-delRecursoHidrico/pdf/acuiferos/Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-planes-de-manejo-ambienta-de-acuiferos.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* Bogotá: MADS. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1895-ministerio-de-ambiente-y-desarrollo-sostenible-desarrolla-el-segundo-conjunto-de-talleres-de-capacitacion-y-socializacion-de-la-nueva-norma-de-vertimientos-resolucion-mads-0631-de-2015>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). *Decreto N.º 050.* Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%2050%20DEL%2016%20ENERO%20DE%202018.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). *Reporte Tasa por uso de agua, años 2012 a 2016.* Bogotá: MADS - Grupo de Análisis Económico para la Sostenibilidad.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2018). *Base de datos recaudo reportado por las tesorerías municipales a la Cuenta Nacional de Carne y Leche.* Bogotá: Minagricultura.
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud). (2013). *Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021.* Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud). (2018). *Análisis de situación de salud. Colombia 2017.* Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social. .
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) & Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2018). *Atlas Nacional de Equidad y Salud Sostenible (ANESS), Colombia 2018.* Bogotá: Minsalud y OPS.
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) & Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2018). *Estudio Nacional de Equidad y Salud Ambiental (ENESA) Colombia 2018; fascículo de agua y saneamiento.* Bogotá: Minsalud y OPS.
- Mishra, A., & Singh, V. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Morán, E., Ceballos, J. L., Peña, K., Lorenzo, J., & López, J. I. (2018). Recent evolution and associated hydrological dynamics of a vanishing tropical Andean glacier: Glaciar de Conejeras, Colombia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 5445-5461. doi:10.5194/hess-22-5445-2018
- Mújica, O. J., & Moreno, C. M. (2018). De la retórica a la acción: medir desigualdades en salud para “no dejar a nadie atrás”. *Revista Panamericana Salud Pública*, 43, e12. doi:10.26633/RPSP.2019.12
- Mújica, O. J., Haeberer, M., Teaque, J., Santos Burgoa, C., & Galvão, L. A. (2015). Health inequalities by gradients of access to water and sanitation between countries in the Americas,

- 1990 and 2010. *Revista Panam Salud Publica*, 38(5), 347-354.
- Naciones Unidas, Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, & Banco Mundial. (2012). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) 2012 Marco Central*. [online]. Recuperado de [https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/CF\\_trans/S\\_march2014.pdf](https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/CF_trans/S_march2014.pdf)
  - Nieto, M., Cardona, L. F., & Agudelo, C. (2015). *Servicios ecosistémicos. Provisión y regulación hídrica en los páramos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
  - Nuñez-Avellaneda, M., Agudelo Córdoba, E., & Gil Manrique, B. D. (2014). Un análisis descriptivo de la presencia de mercurio en agua, sedimento y peces de interés socio-económico en la Amazonía colombiana. *Revista Colombia Amazónica*, 7, 149-159. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/297732516\\_UN\\_ANALISIS\\_DESCRIPTIVO\\_DE\\_LA\\_PRESENCIA\\_DE\\_MERCURIO\\_EN\\_AGUA\\_SEDIMENTO\\_Y\\_PECES\\_DE\\_INTERES\\_SOCIO-ECONOMICO\\_EN\\_LA\\_AMAZONIA\\_COLOMBIANA](https://www.researchgate.net/publication/297732516_UN_ANALISIS_DESCRIPTIVO_DE_LA_PRESENCIA_DE_MERCURIO_EN_AGUA_SEDIMENTO_Y_PECES_DE_INTERES_SOCIO-ECONOMICO_EN_LA_AMAZONIA_COLOMBIANA)
  - Organización de Estados Americanos (OEA). (1993). *Manual sobre el manejo de los peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*. Washington: OEA.
  - Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2012). *Índice normalizado de precipitación. Guía del usuario*. Ginebra: OMM.
  - Organización Mundial de la Salud (OMS). (1993). *Economopoulos, A. Assessment of Sources of air, water, and land pollution. Part ONE: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution*. Ginebra: OMS.
  - Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). *Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health. Final Report*. Ginebra: World Health Organization Commission on Social Determinants of Health.
  - Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2016). *Manual para el monitoreo de las desigualdades en salud, con especial énfasis en países de ingresos medianos y bajos*. Washington: OPS y OMS.
  - Organización Panamericana de la Salud (OPS) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). *Evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública*. Washington: OPS y OMS.
  - Organización Panamericana de la Salud (OPS) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Environmental gradients and health inequalities in the Americas: water and sanitation as determinants of health*. Washington: OPS.
  - Organización Panamericana de la Salud (OPS) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Equity Explorer-EqEx.v2: spreadsheet template for the exploratory data analysis of social inequalities in health*. Washington: OPS.
  - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Permeabilidad del suelo*. Recuperado de [http://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s09.htm](http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm)



- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Propiedades físicas del suelo*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2010). *Aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas*. Montevideo: Unesco.
- Osorio M, J. (2018). *Estimating the role of mountain block recharge for hydraulically connected alluvial aquifers*. Unesco-IHE.
- Pabón, C. (2011). *El cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Patiño, J. E. (2016). Análisis espacial cuantitativo de la transformación de humedales continentales en Colombia. *Biota Colombiana*, 16(3), 85-105. doi:10.21068/c2016s01a05
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 28(107), 201-222.
- Presidencia de la República. (2010). *Decreto 2972 de 2010, por el cual se crea la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Salud Ambiental (CONASA) y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Diario Oficial N.º 47.793, Presidencia de la República.
- Rodríguez-Valencia, N., Sanz-Urbe, J. R., Oliveros-Tascón, C. E., & Ramírez-Gómez, C. A. (2015). *Beneficio del café en Colombia*. Manizales: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Cenicafé).
- Romero-Rojas, J. A. (2013). *Calidad del agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rubiano, S., & Rodríguez, C. (2015). Diagnóstico de la normatividad, dinámicas e impactos ambientales, socio-económicos y culturales de la minería legal e ilegal en la región amazónica colombiana de frontera con Ecuador y Perú. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1-62. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). *Mapa geológico de Colombia*. Bogotá: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). *Modelo hidrogeológico del área de Inírida. Escala 1:50000*. Bogotá: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Modelo Hidrogeológico de la zona sur del eje cafetero, departamento del Quindío. Escala 1: 100000*. Bogotá: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Modelo hidrogeológico del área de San José del Guaviare*. Bogotá: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Modelo hidrogeológico del departamento de la Guajira. Escala 1: 250000*. Bogotá: SGC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2018). *Modelo hidrogeológico conceptual del municipio de Yopal, departamento de Casanare, Versión 1.0*. Bogotá: SGC.
- Shaban, A., Khawlie, M., & Abdallah, C. (2006). Use of remote sensing and GIS to determine recharge

potential zones: The case of Occidental Lebanon. *Hydrogeology Journal*, 14(4), 433-443. doi:10.1007/s10040-005-0437-6

- Sistema de Información Minero Colombiano (Simco). (2018). *Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO*. Recuperado de <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/oro.aspx>. <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/plata.aspx>
- Soares, L. C., Griesinger, M. O., Dachs, J. N., Bittner, M. A., & Tavares, S. (2002). Inequities in access to and use of drinking water services in Latin America and the Caribbean. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 11(5-6), 386-396.
- Tóth, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. *Journal of Geophysical Research*, 68(16), 4795- 4812. doi:10.1029/JZ068i016p04795
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Reading: Addison-Wesley.
- Universidad Complutense de Madrid (UCM). (2018). *Escorrentía subterránea*. Recuperado de [https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/escorrentia\\_subterranea.html](https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/escorrentia_subterranea.html)
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2017). *Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes*. Bogotá: UNGRD.
- United Nations Statistical Division. (2012). *International Recommendations for Water Statistics*. Recuperado de <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/irws/>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2017). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos, 2016*. Bogotá: UNODC.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2018). *Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota, 2016*. Bogotá: UNODC.
- Vargas, N. (2005). *Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://gisweb.ciat.cgiar.org/website/googleearth/LLANOS/reunion/Savanas/DOCUMENTACION/Presentacion%20omar%20Vargas-UN.pdf>
- Vélez-Otálvaro, M. V., & Vázquez, A. L. (2012). *Métodos para determinar la recarga en acuíferos*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Yeh, H. F., Cheng, Y. S., Lin, H. I., & Lee, C. H. (2016). Mapping groundwater recharge potential zone using a GIS approach in Hualian River, Taiwán. *Sustainable Environment Research*, 26(1), 33-43. doi:10.1016/j.serj.2015.09.005
- Zaidi, F. K., Nazzal, Y., Naeem, M., Kamran, M. (2015). Identification of potential artificial groundwater recharge zones in Northwestern Saudi Arabia using GIS and Boolean logic. *Journal of African Earth Sciences*, 111, 156-169. doi:10.1016/j.jafrearsci.2015.07.008
- Zhang, L., Potter, N., Hickel, K., Zhang, Y., & Shao, Q. (2008). Water balance modeling over variable time scales based on the Budyko framework - Model development and testing. *Journal of Hydrology*, 360(1-4), 117-131. doi:10.1016/j.jhydrol.2008.07.021



