

CAPÍTULO 8

# ESTADO Y DINÁMICA DEL AGUA EN ÁREAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA

Análisis integrado e indicadores hídricos

*Embalse de Tominé-Cundinamarca. / M.García*



Autores  
MARTHA GARCÍA  
OMAR VARGAS  
FÉLIX DARÍO SÁNCHEZ  
CARMENZA GONZÁLEZ  
OMAR JARAMILLO

ESTUDIO NACIONAL DEL  
**agua**  
2010

## CAPÍTULO 8

# ESTADO Y DINÁMICA DEL AGUA EN ÁREAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA

### Análisis integrado e indicadores hídricos

En este capítulo se realiza una síntesis del estado y la dinámica de las aguas, con un enfoque sistémico integrando los resultados de este estudio e indicadores hídricos como elementos articuladores de las variables que se deben considerar. Se tienen en cuenta, como parte del análisis, las condiciones de variabilidad y de cambio climático, y la presencia de aguas subterráneas de importancia regional. La calidad del agua está integrada en indicadores específicos definidos en capítulos anteriores, que dan cuenta de las afectaciones potenciales por vertimientos de las actividades económicas a los sistemas hídricos. La unidad de análisis para esta síntesis corresponde a las áreas hidrográficas del país, con énfasis en las subzonas hidrográficas en donde se presentan condiciones críticas.

### 8.1. Indicadores de referencia

Los indicadores propuestos para el ENA 2010 tienen como propósito responder a las necesidades de seguimiento y de evaluación del estado y la dinámica del recurso hídrico, en cantidad y en calidad. Integra los resultados de talleres y reuniones que se realizan desde noviembre de 2009 con diferentes actores institucionales, para redefinir los indicadores vigentes.

La consolidación de un sistema pertinente y coherente de indicadores del recurso hídrico se enmarca en las necesidades de la Política Nacional para la Gestión Integral del Agua, del Plan Hídrico Nacional y del

Sistema de Información de Recurso Hídrico. Se pretende, en este sentido, utilizar indicadores con un sólido soporte conceptual y metodológico que permita orientar decisiones en el nivel regional y nacional.

Como resultado de este proceso, se definen los siguientes índices: índice de aridez (IA), índice de regulación hídrica (IRH), índice de uso de agua (IUA), índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVHD), índice de calidad del agua (ICA) e índice de alteración potencial de la calidad (IACAL).

El análisis y discusión de los indicadores hídricos nacionales se realiza con base en criterios de pertinencia, funcionalidad, confiabilidad y utilidad. La discusión se desarrolló sobre los siguientes ejes:

- Qué significa
- Soporte conceptual y características del indicador
- Continuidad en el tiempo
- Campo de aplicación (unidad espacial, temporal, resolución)
- Requerimiento de información
- Periodicidad de actualización.

#### 8.1.1. Índice de aridez (IA)

**Definición y significado:** Es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica

áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial.

**Campo de aplicación:** La resolución del índice está en función de la densidad de la red de estaciones hidrometeorológicas con series históricas mayores 15 años. Con este índice, se generan mapas que permiten analizar y caracterizar áreas hidrográficas deficitarias o con excedentes de agua a nivel de las 41 zonas y 309 subzonas, con definición temporal media mensual multianual. Existe la opción de generar este tipo de mapas temáticos a nivel anual y mensual multianual.

**Requerimientos de información:** Se requiere información de las variables: precipitación, temperatura y caudal. Adicionalmente, de las variables requeridas para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).

**Periodicidad en la actualización:** Este índice requiere actualización cada cuatro años, para año base. Además, se pueden revisar actualizaciones cada tres años para eventos extremos, como el fenómeno cálido y frío del Pacífico (El Niño y La Niña). La formulación de este indicador y los resultados se presentaron en el *Capítulo 3*.

### 8.1.2. Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

**Definición y significado:** Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación.

**Campo de aplicación:** Con este índice se generan isolíneas cuya resolución depende de la densidad de

estaciones hidrológicas de referencia. Permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas.

**Requerimientos de información:** Caudales medios diarios de series históricas mayores de 15 años

**Periodicidad en la actualización:** Se actualiza cada 4 años. La formulación de este indicador y los resultados se presentaron en el *Capítulo 3*.

### 8.1.3. Índice de uso del agua (IUA)

**Definición y significado:** Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

En sentido estricto el indicador debería considerar la oferta hídrica superficial y subterránea en forma unitaria. Sin embargo, mientras se tienen avances en la conceptualización sobre la oferta de agua subterránea, se debe seguir considerando solamente la oferta hídrica superficial.

**Fórmula:** Relación porcentual de la demanda de agua en relación a la oferta hídrica disponible.

$$IUA = (Dh/Oh) * 100$$

donde

**Dh:** demanda hídrica sectorial

**Oh:** oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental, tal como se explicó en el *numeral 3.1.1*)

$Dh = \Sigma$  (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado).

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

donde

$Dh$ : demanda hídrica

$Ch$ : consumo humano o doméstico

$Csp$ : consumo del sector agrícola

$Csm$ : consumo del sector industrial

$Ccs$ : consumo del sector servicios

$Ce$ : consumo del sector energía

$Ca$ : consumo del sector acuícola

$Aenc$ : agua extraída no consumida

$$Oh = Oh_{total} - O_{Qamb}$$

donde

$Oh_{total}$  es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada

$O_{Qamb}$  es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

**Campo de aplicación:** Permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas. Adicionalmente, se genera para unidades hídricas fuentes de abastecimiento de acueductos municipales.

El cálculo de la oferta hídrica natural disponible se realiza para condiciones hidrológicas medias y secas con base en las series de caudales medios mensuales y anuales. Las condiciones secas corresponden al año típico seco, construido a partir de los caudales mínimos de las series de los caudales medios mensuales.

**Requerimientos de información:** Series históricas de caudales diarios y mensuales con longitud temporal

mayor de 15 años. Información de demanda sectorial para los diferentes usos.

**Periodicidad en la actualización:** El indicador se actualiza cada cuatro años.

**Observaciones:** Este indicador ha sido conocido en los ENA anteriores como Índice de escasez. En cada ENA, se ha calculado con diferentes refinamientos en los factores de reducción. Asimismo, se ha extendido a unidades de análisis indistintas, lo que ha creado confusiones en la aplicación local y regional para satisfacer requerimientos de la *Tasa por uso del agua*.

La relación demanda-oferta en otros países se reconoce como: *Relative Water Stress Index* (Unesco), índice de presión o índice de explotación de agua (extracción)<sup>1</sup>.

El grupo de trabajo lo ha identificado con el nombre de "*índice de uso del agua*", pues el caudal ambiental en esta propuesta se considera una demanda del ecosistema o uso que hacen los ecosistemas del agua; y por ello no es adecuado el nombre de índice de extracción. Tampoco debe seguir llamándose *de escasez*, pues en realidad la escasez es una condición del problema y no el objeto de medición.

**Resultados alcanzados en la determinación del Índice de uso del agua.** La metodología y determinación de la oferta hídrica superficial y de la demanda de agua sectorial para zonas y subzonas hidrográficas, así como para unidades hídricas fuente de

<sup>1</sup> La European Environment Agency (EEA) y Naciones Unidas utilizan la denominación Water Exploitation Index. Se referencia con su clasificación en el documento Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Agência Nacional de Águas Ministério Do Meio Ambiente, Brasília, DF, mayo de 2005. Véase [http://www.ana.gov.br/pnrh\\_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/01%20Disponibilidade%20e%20Demandas/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf).

abastecimiento de población, en condiciones hidrológicas medias y secas, se presentan en el *Capítulo 3* y en el *Capítulo 5*, respectivamente.

La categorización de condición de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible se define a partir de cinco rangos: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Se tomó como referente el concepto de Naciones Unidas, utilizado en indicadores del ENA 1998, en el que se considera que cuando la relación de la demanda sobre la oferta, en condiciones hidrológicas de año medio, sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis. En la *Tabla 8.1* se presentan los rangos y categorías aplicados para en el ENA 2010.

**Tabla 8.1.** Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA).

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Los resultados del cálculo del IUA para condiciones hidrológicas de año medio y año típico seco en las 309 subzonas hidrográficas, así como las estimaciones para unidades hídricas fuente de abastecimiento para la población se presentan en las tablas de los *Anexos 1 y 2*.

En la *Figura 8.1* y en la *Figura 8.2*, se espacializan los resultados para las subzonas hidrográficas en año medio y año seco, respectivamente.

Estos resultados muestran cómo las subzonas de áreas hidrográficas del Magdalena-Cauca y del Caribe son las que tienen mayores presiones por el uso de agua. La cantidad de subzonas hidrográficas sometidas a altas presiones se incrementa o pasa a categorías más críticas cuando hay condiciones hidrológicas de año seco o extremas, como en fenómeno de El Niño.

El análisis de este indicador y la identificación de las subzonas más críticas se realizan de manera conjunta con los demás indicadores, en la evaluación por áreas hidrográficas, más adelante, en este capítulo.

En la *Figura 8.3*, se presenta el mapa con los resultados indicativos del IUA para las unidades hídricas que abastecen los acueductos municipales. Es importante anotar que, debido a que la mayoría de estas fuentes corresponden con unidades muy pequeñas, no es posible espacializar a la escala que se presenta el mapa nacional, y a manera de señal se presenta en el mapa municipal.

Coherente con el indicador para las subzonas, las áreas hidrográficas más presionadas por el uso de agua en relación con la oferta disponible corresponden con Magdalena-Cauca y Caribe, con unas pocas del piedemonte llanero en la Orinoquía y con en el Pacífico.

Como se puede observar en la *Figura 8.4*, las categorías media, alta y muy alta del índice del uso del agua para la condición climática de año medio muestran 157 municipios, con una población involucrada de 12'552.470, la cual representa el 35% de la población urbana del país.

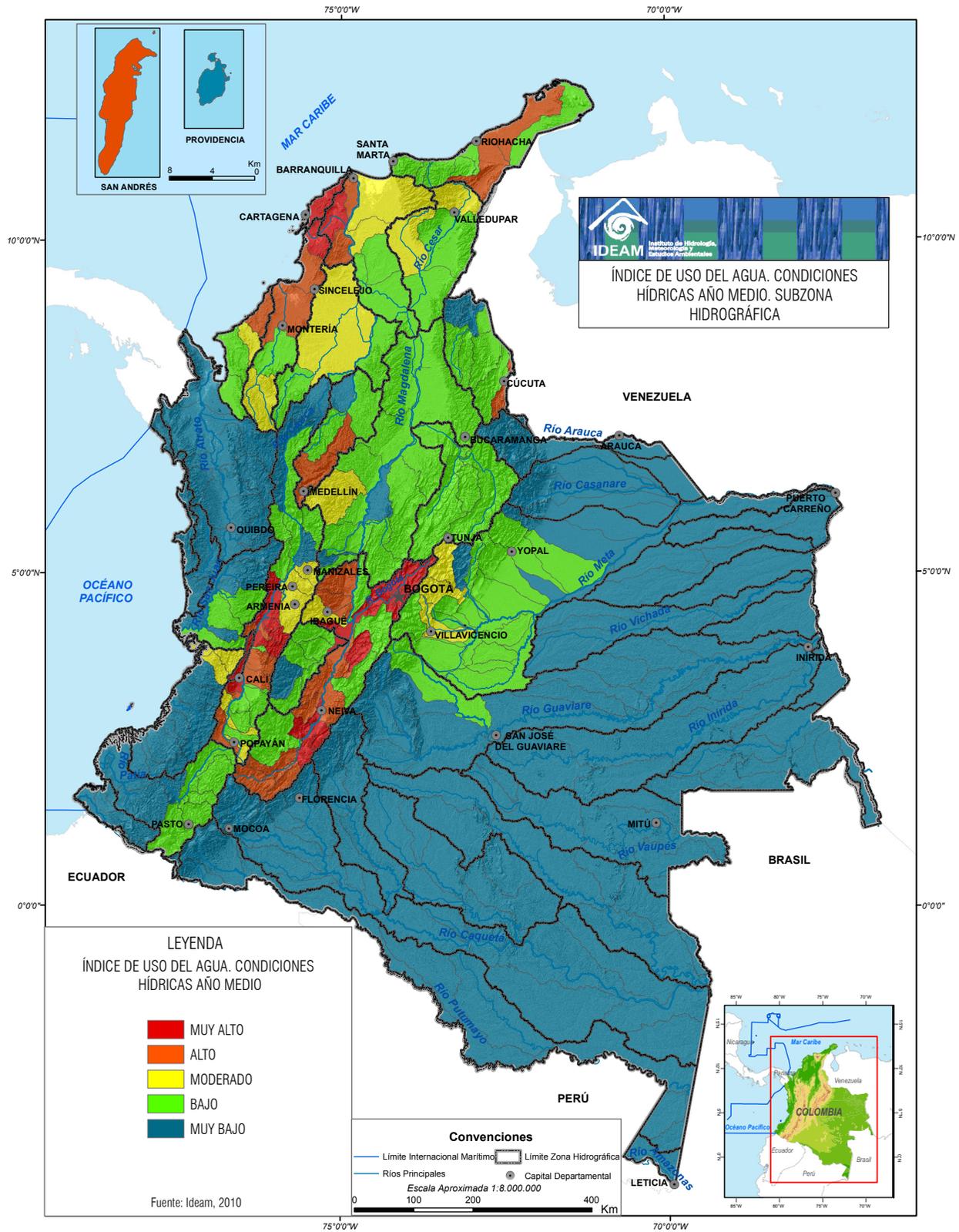


Figura 8.1. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.

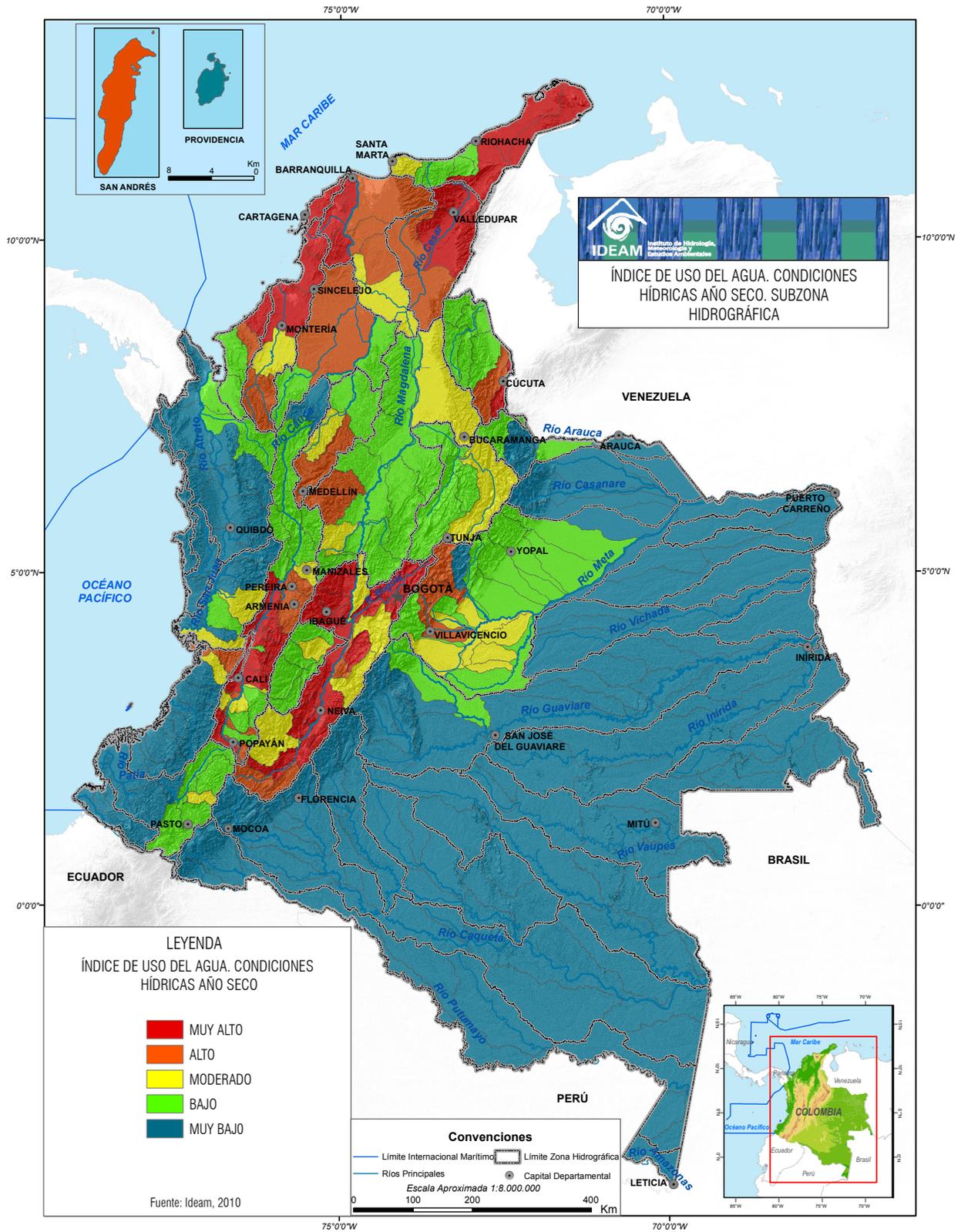
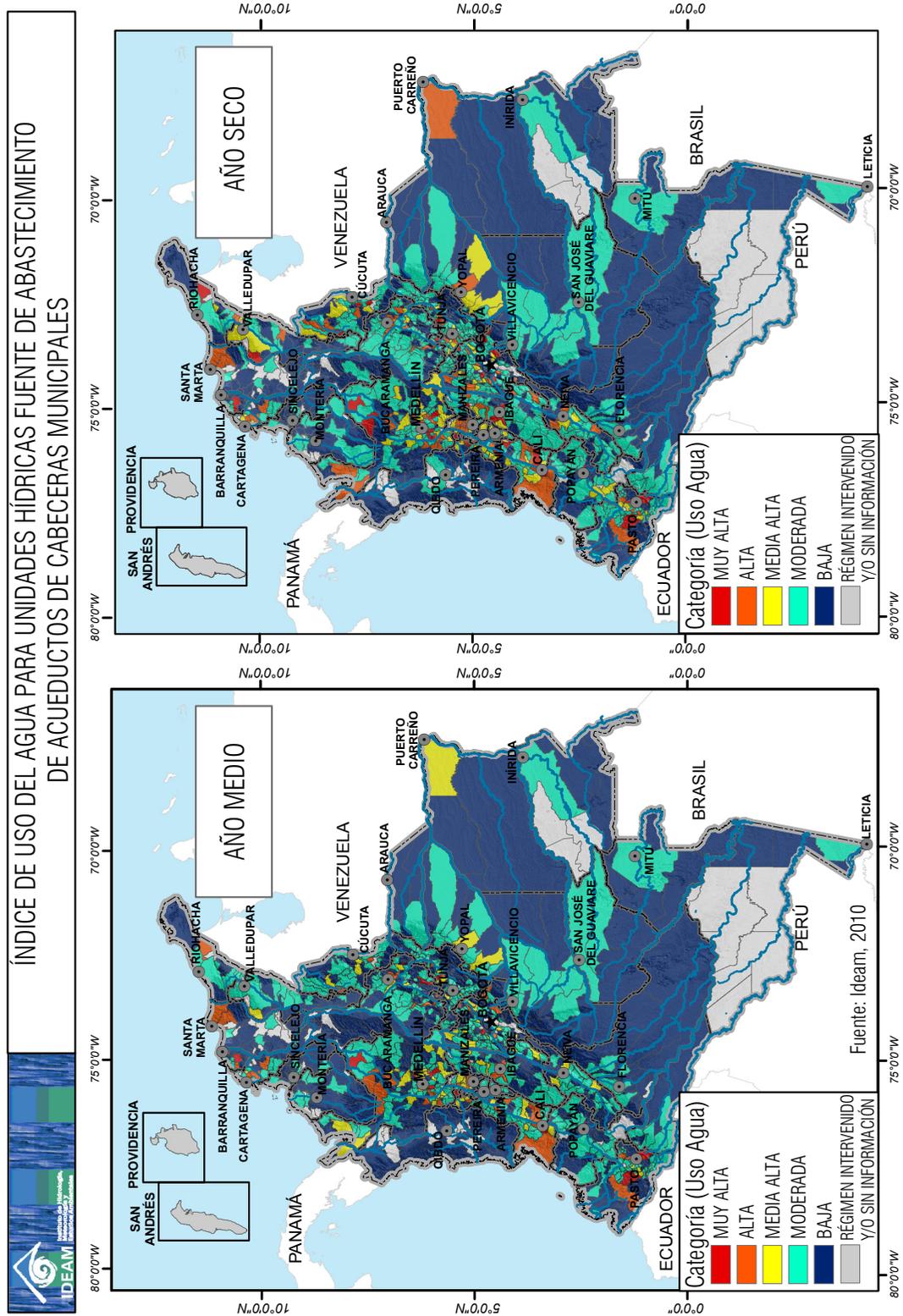
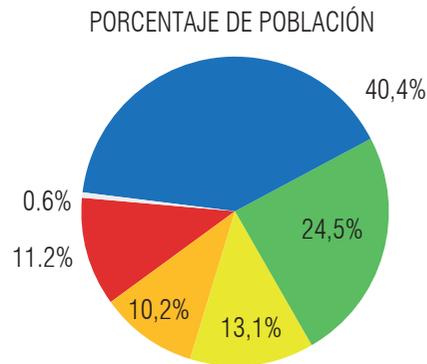


Figura 8.2. Índice de uso del agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año típico seco.



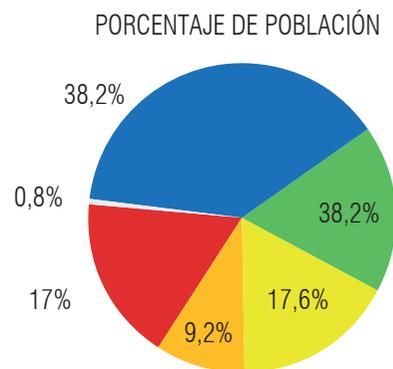
**Figura 8.3.** Índice de uso del agua para unidades hídricas fuente de abastecimiento de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.

Cabeceras municipales Índice de Uso de Agua - IUA Año Medio			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	504	14.709.412	
Baja	436	8.930.621	
Medio	76	4.757.180	
Alta	57	3.716.395	
Muy alto	24	4.078.895	
Sin informacion	47	208.830	



**Figura 8.4.** Índice de uso del agua en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales, en condiciones hidrológicas medias.

Cabeceras municipales Índice de Uso de Agua - IUA Año Seco			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	405	13.902.944	
Baja	422	6.416.741	
Medio	98	6.198.205	
Alta	93	3.358.453	
Muy alto	55	6.248.750	
Sin informacion	47	276.240	



**Figura 8.5.** Índice de uso del agua en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población encabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.

Esta relación de demanda de agua con respecto a la oferta disponible (IUA) para condiciones secas muestra que la población afectada por posibles condiciones críticas alcanzaría a 15'805.408 de habitantes de 246 municipios, es decir, que en dicha condición se incrementaría la población afectada en un 8% con respecto a condiciones hidrológicas medias, como se muestra en la tabla y en el gráfico de la *Figura 8.5*.

#### 8.1.4. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)

**Definición y significado:** Grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el *Fenómeno cálido del Pacífico* (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento.

**Fórmula:** El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA). Las categorías de este índice se presentan en la *Tabla 8.2*.

**Tabla 8.2.** Matriz de relación para categorizar el Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH).

Categorías Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)		
Índice de uso de agua	Índice de regulación	Categoría Vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

**Campo de aplicación:** La generación del índice está asociada con el campo de aplicación de los IRH y el IUA. Por lo tanto, permite el análisis de las 41 zonas y las 309 subzonas hidrográficas. Además, se genera para unidades hídricas fuentes de abastecimiento de acueductos municipales. El cálculo se realizará cada año para condiciones hidrológicas medias y secas.

**Requerimientos de información:** La información básica que se requiere para el cálculo del IRH y del IUA.

**Periodicidad en la actualización:** Se actualiza cada 4 años.

**Observaciones:** Este indicador se generó en los ENA de 1998 y del 2000 con el cálculo del IRH, con base en un modelo en el que, para la estimación de la retención de humedad, se utilizaron mapas de suelos, cobertura vegetal y variables meteorológicas, como la precipitación.

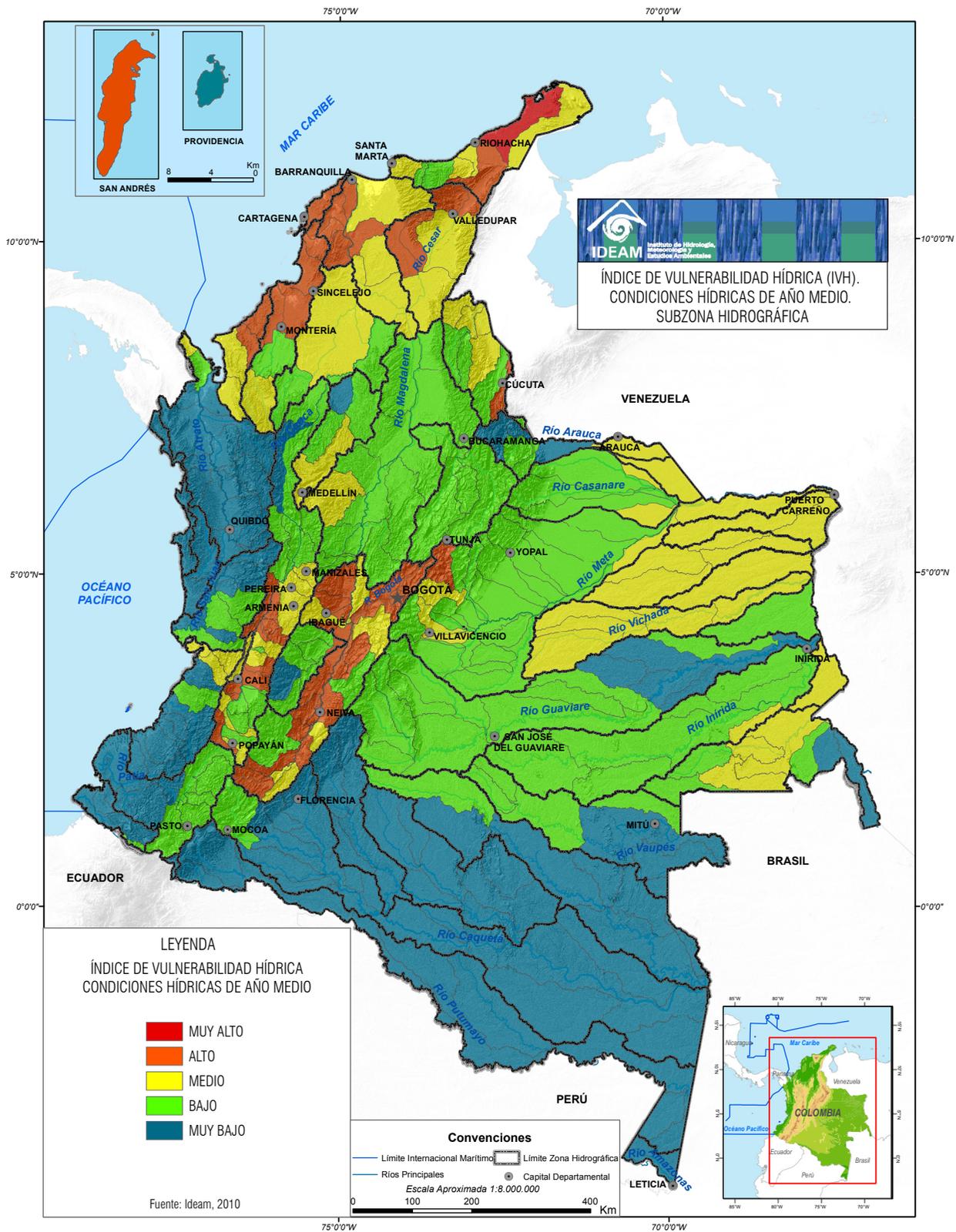
**Resultados alcanzados en la determinación del Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua.** Los resultados del IVH para condiciones hidrológicas de año medio y año típico seco en las 309 subzonas hidrográficas, así como las estimaciones para unidades hídricas fuente de abastecimiento para la población se presentan en las tablas de los *Anexos 1 y 2*.

En la *Figura 8.6* y en la *Figura 8.7*, se muestra la espacialización de los resultados por subzonas hidrográficas para un año medio y un año seco, respectivamente.

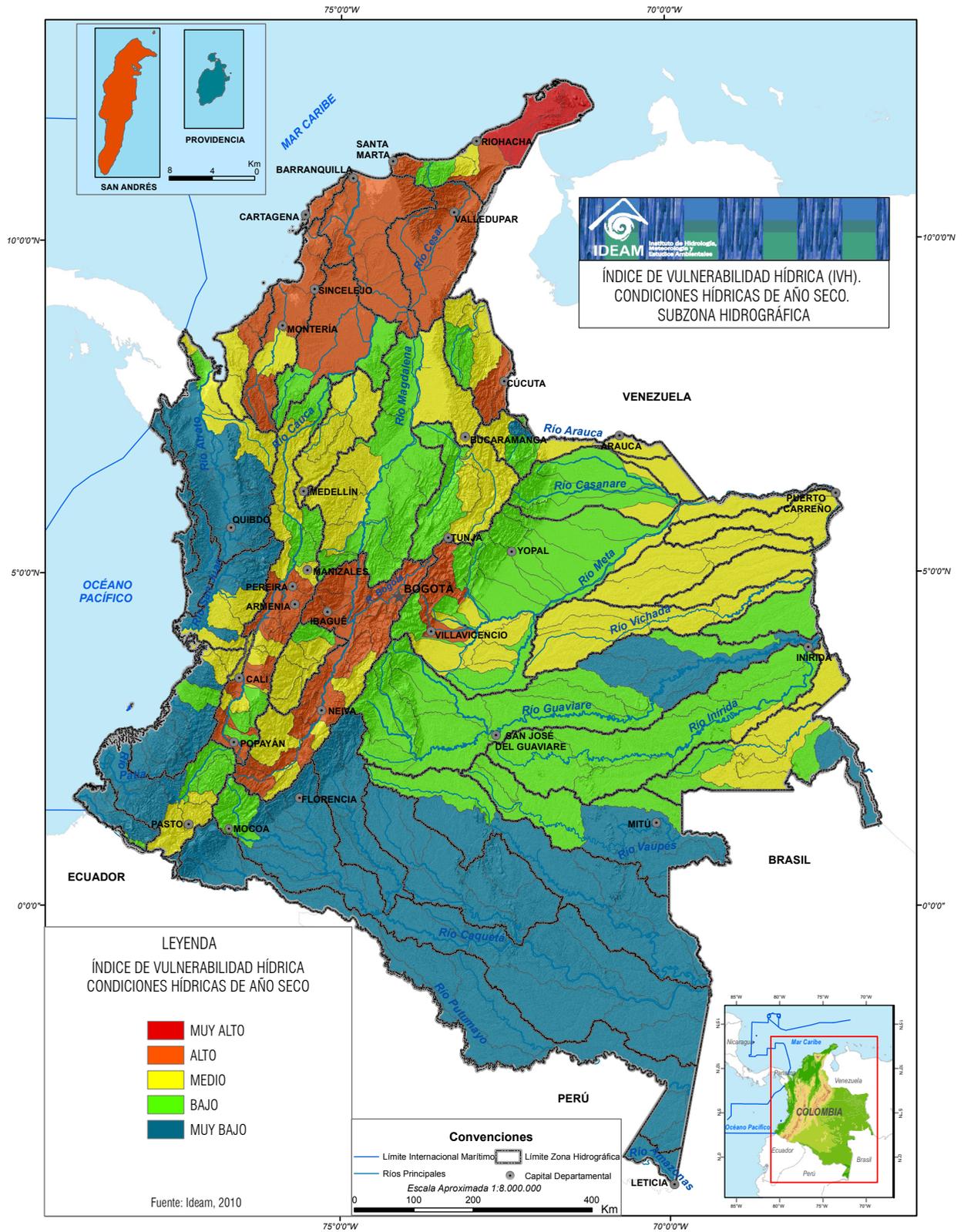
Más adelante en este capítulo, de manera conjunta con los demás indicadores, en la evaluación por áreas hidrográficas, se realizan el análisis de este indicador y la identificación de las subzonas más críticas.

En la *Figura 8.8*, se presenta el mapa con los resultados indicativos del IVH para las unidades hídricas que abastecen los acueductos municipales. Igual que para el IUA, la espacialización por municipio es indicativa.

El número de municipios que estarían dentro de las categorías media, alta y muy alta del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para un año medio sería de 483, con una población asociada cercana a doce millones de habitantes, concordante con el índice de uso para estas mismas condiciones hidrológicas medias, como lo muestran los valores de la *Figura 8.9*. En



**Figura 8.6.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas medias.



**Figura 8.7.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua por subzonas hidrográficas para condiciones hidrológicas de año seco.

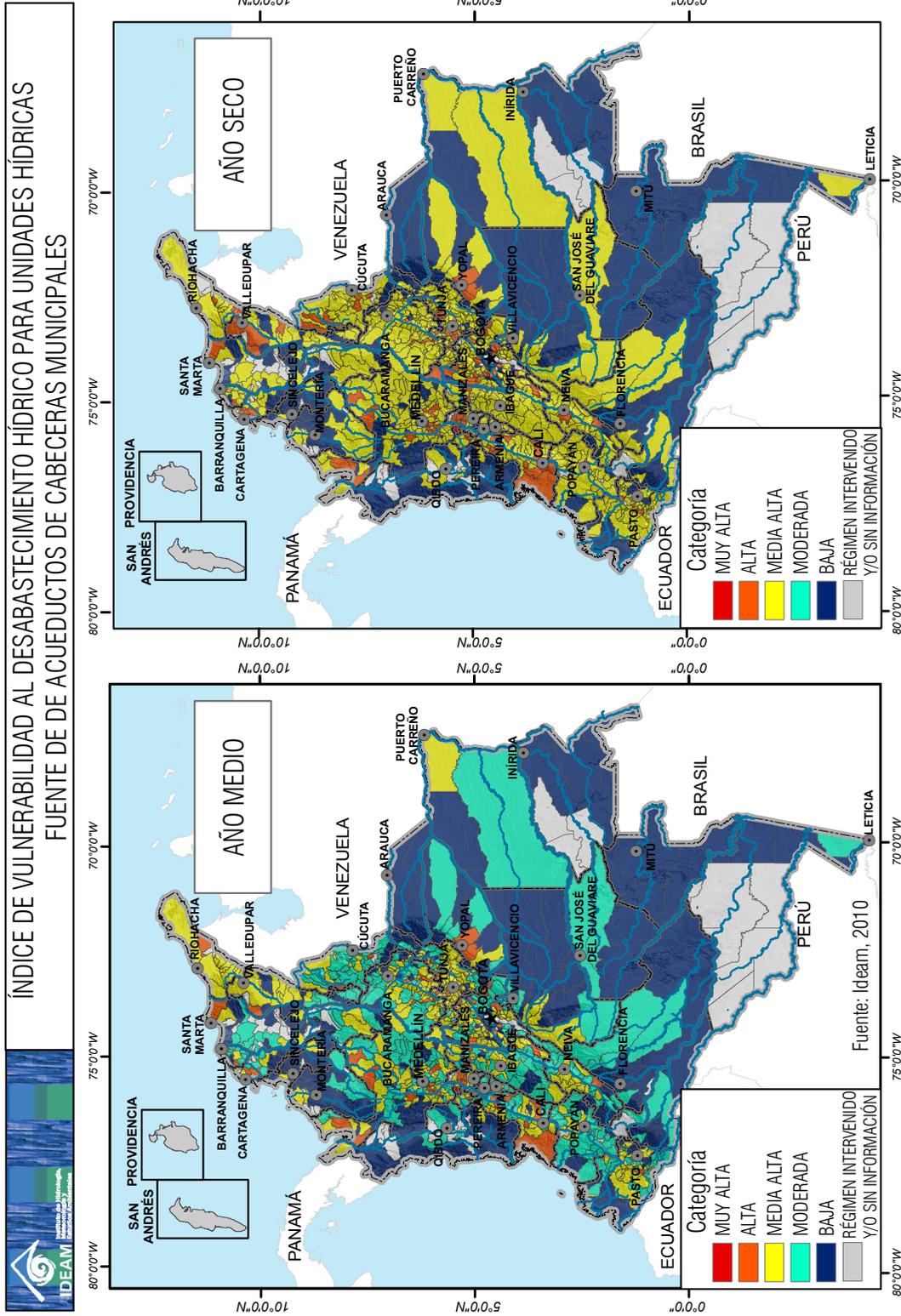
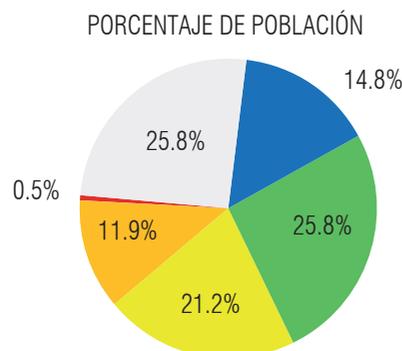


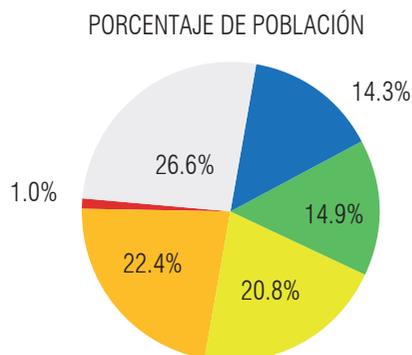
Figura 8.8. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para unidades hídricas fuente de de acueductos de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio y típico seco.

Cabeceras municipales Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico IVH año medio			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	285	5.405.169	
Baja	352	9.386.654	
Medio	401	7.726.139	
Alta	79	4.315.438	
Muy alto	3	174.356	
Sin informacion		9.393.577	



**Figura 8.9.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año medio.

Cabeceras municipales Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico IVH año seco			
Característica	Municipio	Población (millones)	Color
No significativo	243	5.216.326	
Baja	320	5.440.509	
Medio	352	7.582.759	
Alta	134	8.136.984	
Muy alto	9	348.556	
Sin informacion	62	9.676.199	



**Figura 8.10.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en unidades hídricas fuente de abastecimiento de la población de cabeceras municipales. Condiciones hidrológicas de año seco.

la isla de San Andrés, tanto el índice de uso de agua superficial (IUA) como el índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento **presentan condiciones de criticidad**. Esta condición está **relacionada con la dependencia** de aguas subterráneas para suplir los diferentes usos. En Providencia, se presentan bajos valores de vulnerabilidad y condiciones favorables de relación de demanda con respecto a la oferta hídrica superficial.

Para un año seco, la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico **asciende a 495 municipios, para una población que supera los dieciséis millones de habitantes**. Sin embargo, nueve de estos municipios son de alta vulnerabilidad, e incluyen alrededor de 350.000 habitantes. Véase la *Figura 8.10*.

En la tabla del *Anexo 2*, se muestran los valores de oferta hídrica e indicadores para las condiciones de años medio y seco asociados con las unidades de abastecimiento para la población de las cabeceras municipales del país.

### 8.1.5. Índice de calidad de agua (ICA)

La definición, el significado y la metodología de cálculo de este índice se desarrollaron en el *Capítulo 6*.

**Campo de aplicación:** De acuerdo con la última ficha metodológica elaborada por el Ideam (agosto 2009),

se identifican seis aplicaciones básicas. La ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de aguas.

Para el ENA, se considera la aplicación de cinco variables y se analizan las condiciones de calidad a través del ICA en los 154 puntos de referencia, ya que un análisis regional requiere considerar la dinámica y la capacidad de asimilación de las corrientes y cuerpos de agua a partir de modelación.

**Requerimientos de información:** Información de las variables DQO, OD, SST, conductividad y pH.

**Periodicidad en la actualización:** Se pueden hacer análisis anuales en función de las campañas de monitoreo que se realicen durante el año en la Red de referencia del Ideam (154 puntos).

**Observaciones:** El índice de calidad de agua, como el de escasez, ha tenido variaciones metodológicas y de alcance del indicador, en relación con el número y tipo de parámetros que lo componen y la forma de ponderarlos para el cálculo.

El Ideam, en la generación de línea base año 2000, utilizó un ICA construido con siete variables. Teniendo en cuenta la incidencia del caudal en la capacidad de asimilación, el Ideam propone incluir esta variable como un elemento más de ponderación para el ICA. Sin embargo, no hay mediciones sistemáticas de caudal en los puntos de medición, Red de referencia (154).

### 8.1.6. Índice de alteración potencial de la calidad (IACAL)

Este indicador tiene como propósito determinar las amenazas potenciales por alteración de la calidad en

las unidades de análisis. La definición, significado, metodología y estimaciones de este índice se realizan en el *Capítulo 6*.

**Campo de aplicación:** Se aplica a escala municipal en centros urbanos y agregación para las 309 subzonas hidrográficas.

**Requerimientos de información:** Cargas estimadas a partir de inventario consistente en la aplicación de factores de vertimiento de la Organización Mundial de la Salud (1993).

- Población 2008 en cabeceras municipales (proyección del DANE, s. f.)
- Cuarenta actividades industriales (DANE, 2008b), incluido el sacrificio de ganado (bovino + porcino).

Variables:

- Materia orgánica: DBO, DQO, DQO-DBO
- Sólidos en suspensión: SST
- Nutrientes: N total, P total
- Oferta hídrica

**Periodicidad en la actualización:** Los inventarios de contaminantes se pueden actualizar anualmente; la oferta hídrica, cada cuatro años.

**Observaciones:** Excluye:

- Patógenos
- Plaguicidas
- Microcontaminantes orgánicos tóxicos o persistentes
- Cancerígenos o disruptores del sistema endocrino
- Metales pesados

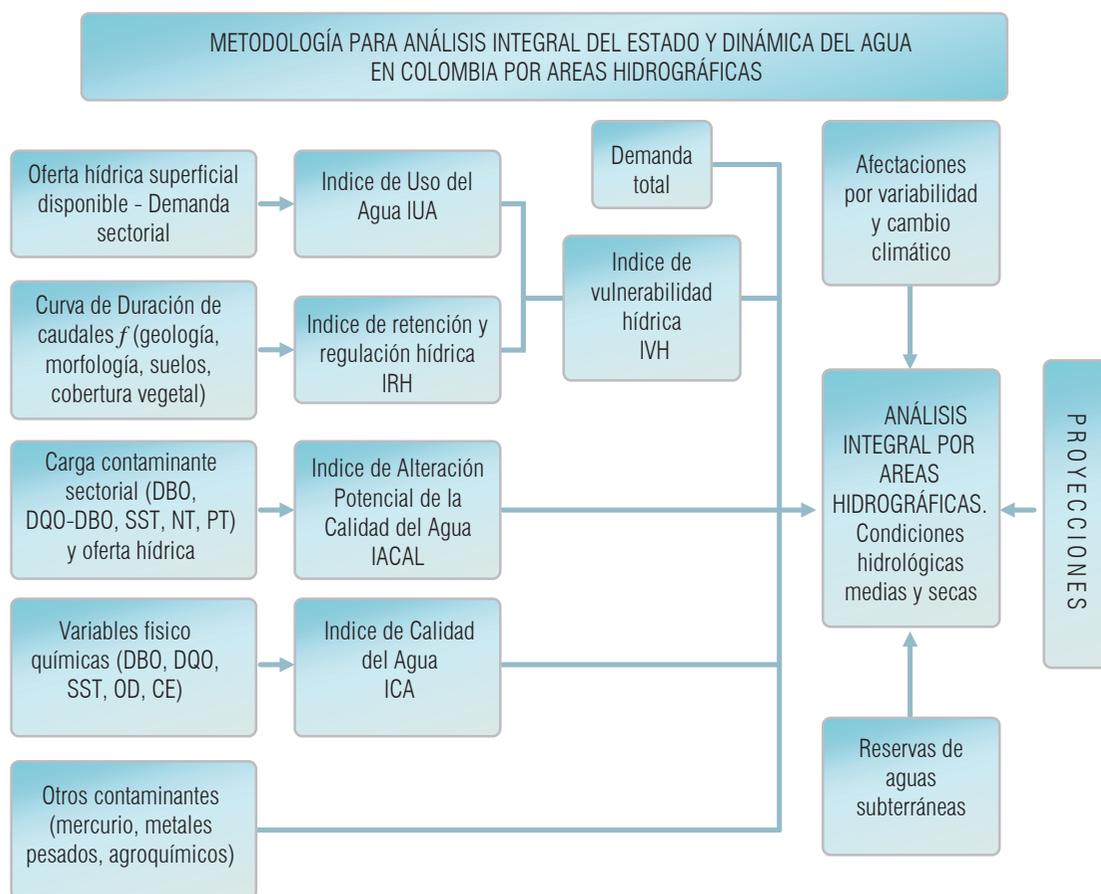
## 8.2. Metodología para el análisis integral del estado y la dinámica del agua por área hidrográfica

El análisis integral del estado y la dinámica del agua se hace con base en los indicadores de referencia (IUA, IRH, IVH, IACAL e ICA). Se realiza una síntesis para condiciones hidrológica medias y secas, y se incorporan además las afectaciones por variabilidad y cambio climático, las condiciones de la demanda, las presiones sobre la calidad y la presencia de aguas subterráneas. En la *Figura 8.11*, se ilustra la ruta metodológica utilizada en el proceso de análisis por área, haciendo énfasis en las subzonas hidrográficas con

mayores restricciones en cantidad, vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento y calidad. Igualmente, se identifican las subzonas hidrográficas con menores presiones y condiciones de equilibrio hidrológico.

## 8.3. Proyecciones de la demanda hídrica sectorial a 2019

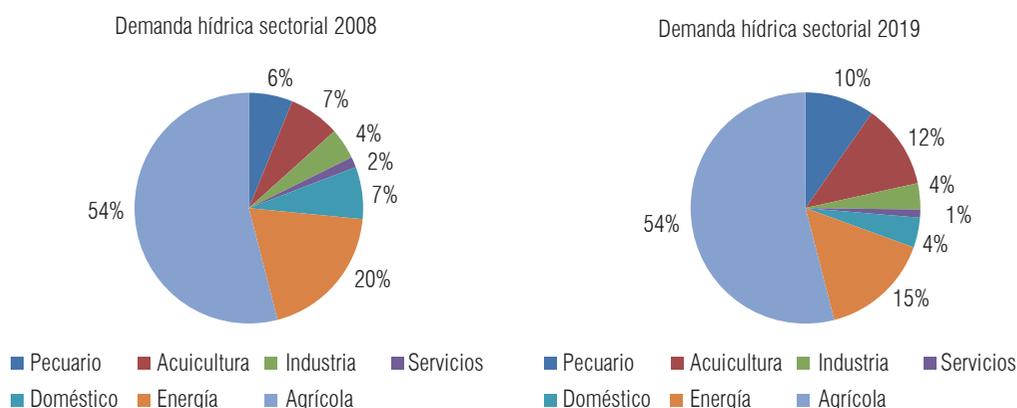
La demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019, conforme a los sectores seleccionados, alcanza un orden de magnitud de 70.551 Mm<sup>3</sup>. En la *Tabla 8.3* y en la *Figura 8.12*, se presentan los estimativos de uso y consumo por sectores y su participación porcentual con respecto al total nacional.



**Figura 8.11.** Metodología para análisis integral del estado y dinámica del agua en Colombia, por áreas hidrográficas

**Tabla 8.3.** Demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019.

Cobertura ENA agrícola	Demanda hídrica sectorial 2008 Mm <sup>3</sup> /año	Proyección demanda hídrica sectorial a 2019	Participación sectorial demanda hídrica 2008 Mm <sup>3</sup> /año	Participación sectorial demanda hídrica proyectada 2019	Incremento porcentual demanda hídrica de 2008 a 2019
Pecuario	2.220	6.885	6,19%	9,76%	210%
Acuicultura	2.584	8.316	7,20%	11,79%	222%
Industria	1.557	2.584	4,34%	3,66%	42%
Servicios	528	797	1,47%	1,13%	51%
Doméstico	2.626	2.961	7,32%	4,20%	13%
Energía	6.976	10.893	19,44%	15,44%	56%
Agrícola	19.386	38.115	54,03%	54,02%	97%
<b>Total</b>	<b>35.877</b>	<b>70.551</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	



**Figura 8.12.** Distribución porcentual de la demanda hídrica sectorial para 2008 y 2019.

Las variaciones registradas entre la estimación de 2008 y la proyección a 2019, en el caso del sector pecuario y acuicultura, se explican por:

- En el agregado de la demanda hídrica proyectada a 2019 para el sector pecuario, la medición que explica la mayor utilización del recurso hídrico está concentrada en el subsector de gran ganadería (bovinos). En esta, son en esencia dos factores los que explican el incremento con respecto a la estimación de 2008: a) el tamaño de la población o del inventario ganadero, que presenta una variación a razón de 1:1.79; lo que a su vez se traduce en el uso del recurso hídrico, en la fase de cría, levante y terminación, a razón de 1:2.69. b) el nivel de sacrificio proyectado con

base en la tasa de crecimiento (19%), lo que incide en la variación de población y de utilización del recurso hídrico a razón de 1:3.66. c) por último, la relación de utilización de agua en lugares de estabulación de la población ganadera presenta una variación a razón de 1:1.79.

En el caso de la proyección de la demanda hídrica en las actividades de acuicultura, la variación se explica básicamente por la tendencia de crecimiento en la última década y las expectativas de consolidación de la oferta exportable. La tasa de crecimiento de la producción en este sector es muy superior a la registrada en su conjunto para las ramas de actividad agrícola, pecuaria y de silvicultura.

- En el resto de los sectores, la demanda hídrica proyectada responde al crecimiento, en un escenario moderado, de los volúmenes y cantidades de producto conforme a la tendencia presentada en el periodo 2000-2007, de acuerdo con la síntesis económica que realiza el DANE a través del sistema de Cuentas Nacionales, y de las metas y logros prospectados en el marco del Plan de Desarrollo 2010-2014: «Prosperidad para todos» y del documento de política «Visión Colombia Segundo Centenario: 2019».

### 8.3.1. Proyección de la demanda hídrica en el sector pecuario y acuícola

La estimación de la demanda hídrica proyectada para el sector pecuario se realiza teniendo en cuenta la información y metas propuestas en el *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019*, publicado por FEDEGAN, y la tendencia observada en el período 2000-2009 de los indicadores macroeconómicos del sector pecuario, como el PIB sectorial, el consumo per cápita y la tasa de extracción o sacrificio, que está determinada por el ciclo ganadero.

**PIB sectorial:** La actividad ganadera durante el período 2000-2008 presenta una participación del 3,6% con respecto al PIB total nacional; del 27% con respecto al PIB agropecuario; y del 64% del PIB pecuario. En el periodo 2000-2005, la avicultura presentó un crecimiento promedio anual del orden del 36% y del 24% en el caso de la producción de porcinos.

**Tasa de extracción:** El sistema nacional de sacrificio asociado a la actividad pecuaria (bovinos, porcinos y aves) se caracteriza por: a) **total dispersión, de forma tal que existe un “matadero” en prácticamente cada municipio del país y en muchos corregimientos.**

b) inadecuada ubicación de los centros de beneficio; por lo general, los de mayor capacidad y nivel tecnológico se encuentran también en los grandes centros de consumo, alejados de las zonas de producción. c) persistencia del sacrificio clandestino en algunas regiones del país. d) se estima que 1.298 “mataderos” de gran ganado (90% del total) no realizan tratamiento de aguas servidas y que 616 (43%) **las vierten directamente a los ríos, generando graves problemas de salud pública (CGR, 2008).** e) **la estructura del eslabón industrial es concentrada desde el punto de vista del volumen de sacrificio, pero no de la concentración espacial vista desde el número de plantas.** Estas características explican, a su vez, el nivel de sacrificio no registrado.

Para la población de bovinos, la tasa de sacrificio promedio anual llegó a ser del 15% en el periodo comprendido entre 1997 y 2005, con variaciones importantes entre los años 1997 y 2000, lapso en el que se presentó la mayor tasa de extracción, seguida por una caída hasta 2003 y un nuevo repunte sostenido hasta 2008. La tasa de extracción anual proyectada por Fedegan en el *Plan estratégico de la ganadería colombiana* es del 16%.

**Capacidad de carga:** Explica la relación entre el área ocupada en gran ganadería (30,4 millones o 38,3 millones, incluyendo malezas y rastrojos) y el tamaño del hato; arroja una carga efectiva de 0,75 animales por hectárea, con base en la menor de las dos cifras, y de 0,60 animales por hectárea (cifra oficial).

El consumo de carne sectorial per cápita muestra: a) para bovinos, una tendencia decreciente, que inicia en la década de los noventa, de 23 kg/hab-año, hasta ubicarse en 16,7 kg/hab-año en 2005. b) durante el mismo lapso, el consumo de pollo presentaba una tendencia con la misma intensidad, pero totalmente opuesta, ya que pasó de 4 kg/hab-año en la década de los

ochenta, a 16 kg por habitante al año durante 2005, lo cual refleja una clara sustitución del consumo de carne de res por carne de pollo. La carne de pollo pasó de representar poco más del 20% del consumo total de las carnes a principios de la década anterior, al 42% en la actualidad. c) el cerdo, por su parte, aunque muestra unos bajos niveles de consumo, no mayor a los tres kilos y medio per cápita desde el año 2002, empieza también a mostrar una tendencia al alza.

Con base en los anteriores hitos, se proyecta la demanda hídrica en el sector pecuario aplicando las siguientes tasas de crecimiento:

**Bovinos.** a) cifra de población (número de cabezas en pie) proyectada por Fedegan a 2019 (48 millones de reses). b) tasa crecimiento del inventario (15%) aplicable al período 2020-2025. c) **estructuras de población**, por grupos etarios, sexo y propósito, de la producción registradas en el inventario 2008 en la Encuesta Nacional Agropecuaria. d) tasa de sacrificio registrado e informal conforme a la tasa media de extracción considerada por Fedegan (19%).

En la *Tabla 8.4*, se presentan las proyecciones de la demanda hídrica a 2019 para el sector de bovinos.

**Porcinos.** a) para proyectar el crecimiento de la población de traspatio registrada por CCI en 2008 y llevada a 2019, se utiliza el **15% como tasa de crecimiento**, obtenida como el promedio simple de las tasas de crecimiento del índice de volumen del PIB para el periodo 2001-2007, año base 2005 (3,03%) y la tasa de crecimiento del valor de la producción a precios constantes 2000-2007, del año base 2000, tomado de la matriz de utilización para la rama de actividad 03: animales vivos y productos animales (**18%**). b) **tasa de sacrificio del 10% de extracción** asumiendo la tasa de sustitución en el consumo de carne del sector pecuario. Los resultados de las proyecciones se presentan en la *Tabla 8.5*.

**Tabla 8.4.** Proyección de la demanda hídrica a 2019, sector de bovinos.

Proyección demanda hídrica, sector de bovinos, m <sup>3</sup> /año		
Inventario bovinos		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación(m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	48.000.000	1.947.348.000
Sacrificio registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado(m <sup>3</sup> /año)
Total animales sacrificados 2019	9.120.000	1.664.400.000
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m <sup>3</sup> /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	912.000	166.440.000
Inventario bovinos		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio(m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	48.000.000	700.800.000
<b>Total (m<sup>3</sup>) 2019</b>		<b>4.478.988.000</b>

**Tabla 8.5.** Proyección de la demanda hídrica (m<sup>3</sup>) a 2019, sector de porcinos.

Proyección demanda hídrica (m <sup>3</sup> ) a 2019, sector porcinos		
Inventario porcinos		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	10.865.852	43.628.417
Sacrificio registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m <sup>3</sup> /año)
Total animales sacrificados 2019	4.362.640	477.709.054
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m <sup>3</sup> /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	13.087.919	1.433.127.162
Inventario porcinos		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	10.865.852	39.660.361
<b>Total (m<sup>3</sup>) 2019</b>		<b>1.994.124.994</b>

**Aves.** a) para proyectar el crecimiento de la población de traspatio registrada por CCI en 2008 se utilizó la misma base y las tasas de crecimiento mencionadas anteriormente en el ordinal (a) de porcinos. b) tasa de sacrificio del 15% de extracción asumiendo la tasa de sustitución en el consumo de carne del sector pecuario. La *Tabla 8.6* resume las proyecciones de la demanda de agua del sector aves para 2019.

**Acuicultura.** Tasa de crecimiento del valor de la producción a precios constantes 2000-2007, del año base 2000, tomado de la matriz de utilización para la rama de actividad correspondiente (16%). En la *Tabla 8.7*, se resumen los resultados de las proyecciones de la demanda de agua para 2019.

La demanda hídrica agregada para el sector pecuario y de producción avícola, proyectada a 2019, se estima en 15.401 Mm<sup>3</sup>.

**Tabla 8.6.** Proyección de la demanda hídrica a 2019 del sector de aves.

Proyección demanda hídrica sector de aves m <sup>3</sup> /año		
Inventario avícola		Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	39.806.305	61.023.066
Sacrificio registrado		Demanda Hídrica en fase de sacrificio registrado (m <sup>3</sup> /año)
Total animales sacrificados 2019	793.340.152	46.331.065
Sacrificio no registrado		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m <sup>3</sup> /año)
Total animales en sacrificio no registrado 2019	238.002.046	13.899.319
Inventario avícola		Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m <sup>3</sup> /año)
Total animales 2019	39.806.305	290.586.030
<b>Total (m<sup>3</sup>) 2019</b>		<b>411.839.480</b>

**Tabla 8.7.** Proyección de la demanda hídrica para 2019 del sector acuícola.

Departamento	Tilapia		Cachama		Trucha		Total departamento
	kg/año 2019	m <sup>3</sup> /rendimiento densidad final	kg/año 2019	m <sup>3</sup> /rendimiento densidad final	kg/año 2019	m <sup>3</sup> /rendimiento densidad final	m <sup>3</sup> /rendimiento densidad final
Antioquia	2.998.717	2.214.962	1.852.450	3.612.277	8.668.646	676.154.418	681.981.657
Boyacá	1.504.476	3.207.542	1.995.733	2.698.231	552.665	31.792.030	37.697.804
Córdoba	1.422.600	3.032.982	6.872.486	9.291.602	0	0	12.324.584
Cundinamarca	7.169.288	15.284.922	2.031.554	2.746.661	7.143.702	209.871	18.241.454
Huila	90.990.083	3.606.934.701	6.330.056	8.558.236	1.310.020	38.486	3.615.531.423
Sistemas en tierra	27.796.982	74.440.317	6.330.056	8.558.236	1.310.020	0	82.998.554
Sistemas de jaula	63.193.102	3.532.494.383	0	0	0	0	3.532.494.383
Meta	24.895.493	24.895.493	11.703.184	15.214.140	51.173	1.503	40.111.136
Santander	6.816.197	4.922.809	11.825.999	15.373.798	1.258.847	41.962	20.338.569
Tolima	9.814.914		5.405.708	7.131.420	2.246.469	44.930	7.176.350
Sistemas en tierra	5.888.948	16.842.392		0	0	0	16.842.392
Sistemas de jaula	3.925.965	196.298.274		0	0	0	196.298.274
Valle del Cauca	7.701.483	19.022.664	2.645.626	4.127.176	322.388	32.239	23.182.079
Otros departamentos	7.143.702	15.230.372	11.631.543	15.725.846	2.072.492	60.887	31.017.104
<b>Total</b>	<b>261.261.949</b>	<b>7.514.821.812</b>	<b>68.704.396</b>	<b>93.037.624</b>	<b>24.936.431</b>	<b>708.376.327</b>	<b>8.316.235.762</b>

### 8.3.2. Proyección de la demanda hídrica en el sector Industrial

Los siguientes son los parámetros y pasos de cálculo para la estimación de la demanda hídrica industrial, proyectada para 2019:

1. El dato de línea base para la estimación de la demanda hídrica industrial proyectada es el valor de demanda alcanzado en 2007 igual a 1.577 Mm<sup>3</sup>, reportado en el Estudio Nacional del Agua 2010.

Para mover la cifra registrada en el Estudio Nacional del Agua 2010 y llevarla a 2019, se parte del dato de línea base, que se distribuye a nivel de la estructura de ramas de actividad industrial registrada en la EAM en 2007<sup>2</sup>, tomando como variable de distribución el consumo intermedio (agua como materia prima), reportado en esta encuesta para el mismo año de referencia, multiplicado por el valor promedio del índice de volumen registrado en el periodo 2000-2007 para el conjunto de industrias manufactureras, según la

**Tabla 8.8.** Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica-industrias manufactureras.

**Producto Interno Bruto - Por ramas de actividad económica (clasificación Cuentas Nacionales)**  
**Tasas anuales de crecimiento en volumen**  
**Serie 2000 - 2007, Base 2005** (%)

Clasificación Cuentas Nacionales	Concepto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>C.</b>	<b>Industrias manufactureras</b>	-	<b>2,9</b>	<b>2,1</b>	<b>4,9</b>	<b>7,9</b>	<b>4,5</b>	<b>6,8</b>	<b>7,2</b>
10	Producción, transformación y conservación de carne y pescado	-	-1,1	0,5	5,2	2,4	2,3	5,1	7,0
11	Elaboración de aceites y grasas animales y vegetales	-	-5,0	-0,7	5,3	0,3	2,0	1,0	5,2
12	Elaboración de productos lácteos	-	7,4	-0,2	4,5	4,2	1,4	1,9	2,5
13	Elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, alcuquuz y productos farináceos similares	-	2,1	3,7	2,4	3,5	1,2	3,1	7,4
14	Elaboración de productos de café	-	4,8	3,5	-3,6	0,8	3,3	3,5	-0,7
15	Ingenios, refinerías de azúcar y trapiches	-	-0,4	6,8	4,3	3,6	0,8	9,8	-2,7
16	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	-	9,2	4,0	0,0	5,2	6,8	0,6	3,6
17	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p	-	-5,0	-6,8	-4,3	5,0	3,4	7,6	13,3
18	Elaboración de bebidas	-	7,0	-1,9	6,9	6,0	8,6	4,9	7,8
19	Fabricación de productos de tabaco	-	0,7	15,8	9,5	2,6	-15,8	0,0	7,4
20	Preparación e hilatura de fibras textiles; Tejeduría de productos textiles; acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción	-	-3,2	-1,9	10,1	-0,7	-4,4	4,9	-0,3
21	Fabricación de otros productos textiles	-	1,8	5,5	3,6	14,3	-6,3	17,3	9,6
22	Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo; fabricación de prendas de vestir; preparado y tejido de pieles	-	8,9	-2,0	5,9	10,2	0,1	10,3	16,1
23	Curtido y preparado de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y similares; artículos de talabartería y guarnicionería	-	-4,4	0,8	2,2	6,2	5,1	5,0	14,2
24	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	-	-0,8	9,5	2,1	10,9	2,2	8,9	10,7
25	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	-	-3,4	9,1	1,2	6,9	5,3	8,0	5,3
26	Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	-	5,1	6,8	5,0	6,1	7,1	4,0	7,2
27	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	-	1,8	2,3	9,3	10,7	4,4	3,0	3,2
28	Fabricación de sustancias y productos químicos	-	3,0	1,9	2,2	7,1	4,3	8,1	6,9
29	Fabricación de productos de caucho y de plástico	-	2,3	2,1	3,3	10,0	2,7	5,0	7,5
30	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	-	1,0	4,7	6,8	11,1	11,0	14,2	9,0
31	Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	-	0,7	0,2	9,8	10,1	5,3	7,3	4,4
32	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	-	4,1	2,5	3,1	11,3	4,1	6,7	10,2
33	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática; fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos ncp; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones; fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión	-	6,4	0,6	0,7	15,2	9,0	10,3	5,8
34	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semiremolques; fabricación de otros tipos de equipo de transporte	-	29,8	0,2	-6,5	27,4	18,6	16,8	22,8
35	Fabricación de muebles	-	9,7	6,3	6,0	5,9	6,9	4,1	7,5
36	Industrias manufactureras n.c.p.	-	-2,7	7,0	21,2	3,1	1,1	8,8	5,0
37	Reciclaje (Recuperación)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=84](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=84)

- 2 Por ejemplo, elaboración de aceites y grasas animales y vegetales; elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos y productos farináceos similares; etc.

nomenclatura de Cuentas Nacionales (Tabla 8.8): producto interno bruto por ramas de actividad económica-industrias manufactureras.

- El índice de volumen de las diferentes industrias manufactureras es registrado en la actualización de las Cuentas Nacionales año base 2005 y la correspondiente retropolación en el periodo 2000-2007. La adopción de este índice, discriminado para cada una de las subramas de actividad que conforman el sector de industria, evita la utilización de otro ponderador de aplicación generalizada, que no consideraría la especificidad de las diferentes ramas de producción.

Conforme a la operación de estos factores, la demanda hídrica proyectada en el sector industrial para 2019 sería del orden de 2.584 Mm<sup>3</sup> (Tabla 8.9).

### 8.3.3. Proyección de la demanda hídrica en el sector de servicios

Los siguientes son los parámetros y pasos de cálculo para la estimación de la demanda hídrica de servicios proyectada a 2019:

- El dato de línea base para la estimación de la demanda hídrica del sector servicios proyectada es el valor de demanda alcanzado en 2008, igual a 528 Mm<sup>3</sup>, reportado en el Estudio Nacional del Agua 2010.
- Para llevar a 2019 la cifra registrada en el Estudio Nacional del Agua, se parte del dato de línea base, que se distribuye por la estructura del registro de la SSPD 2008 para suscriptores comerciales

**Tabla 8.9.** Proyección de demanda hídrica a 2019 para el sector industrial.

Actividad Industrial	Demanda hídrica 2019 (m <sup>3</sup> )
Producción, transformación y conservación de carne y pescado	224.981.184
Elaboración de aceites y grasas animales y vegetales	17.104.559
Elaboración de productos lácteos	109.194.623
Elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales; elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, alcuzczuz y productos farináceos similares	18.854.026
Ingenios, refinerías de azúcar y trapiches	56.193.269
Elaboración de cacao chocolate y productos de confitería	297.202
Elaboración de otros productos alimenticios n. c. p.	56.124.443
Elaboración de bebidas	309.214.707
Fabricación de productos de tabaco	372.247
Preparación e hilatura de fibras textiles; tejedura de productos textiles; acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción y fabricación de otros productos textiles	429.303.092
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	599.429.945
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	731.926
Fabricación de sustancias y productos químicos; fabricación de productos de caucho y de plástico	251.167.045
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	195.233.537
Fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	315.072.142
Otras industrias manufactureras n. c. p.	339.322
<b>Total</b>	<b>2.584.036.810</b>

y suscriptores oficiales, tomando como variable de distribución el consumo anual por usuario con desagregación municipal.

- La tasa de crecimiento utilizada para proyectar los consumos en el periodo 2009-2019 es el índice de volumen promedio para el período 2000-2007 de las actividades de servicios según la clasificación de actividades económicas de la nomenclatura de Cuentas Nacionales a 4 dígitos: a) sección F: comercio, reparación, restaurantes y hoteles; b) sección I: actividades de servicios sociales, comunales y personales, que cubre tanto

las actividades de mercado como de no mercado, públicas y privadas (Tabla 8.10).

El índice de volumen de las diferentes actividades de servicios es registrado en la actualización de las Cuentas Nacionales año base 2005 y la correspondiente re interpolación en el periodo 2000-2007. La adopción de este índice, discriminado para cada una de las subramas que conforman el sector, evita la utilización de otro ponderador de aplicación generalizada que no consideraría la especificidad de estas o que puede falsear la tasa de crecimiento de la producción física, debido al efecto de los

**Tabla 8.10.** Producto interno bruto por ramas de actividad económica-actividades de servicios.

Producto Interno Bruto - Por ramas de actividad económica (clasificación Cuentas Nacionales)  
Tasas anuales de crecimiento en volumen  
Serie 2000 - 2007, Base 2005 (%)

Clasificación Cuentas Nacionales	Concepto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
37	Reciclaje (Recuperación)	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	Captación, depuración y distribución de agua	-	3,9	1,0	2,3	1,8	3,1	1,4	1,3
58	Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares	-	5,0	1,3	8,5	2,4	2,4	11,4	4,3
<b>E.</b>	<b>Construcción</b>	-	<b>5,5</b>	<b>12,3</b>	<b>8,3</b>	<b>10,7</b>	<b>6,9</b>	<b>12,1</b>	<b>8,3</b>
41	Construcción de edificaciones completas y de partes de edificaciones; acondicionamiento de edificaciones	-	6,2	19,8	11,1	23,1	2,5	12,1	1,6
42	Construcción de obras de ingeniería civil	-	5,0	7,0	6,1	-0,1	11,7	12,2	15,8
<b>F.</b>	<b>Comercio, reparación, restaurantes y hoteles</b>	-	<b>2,9</b>	<b>1,5</b>	<b>3,7</b>	<b>7,1</b>	<b>5,0</b>	<b>7,9</b>	<b>8,3</b>
43	Comercio	-	3,7	1,8	3,0	6,8	5,5	8,2	8,8
44	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores; reparación de efectos personales y enseres domésticos	-	1,2	0,3	2,3	4,3	3,0	5,5	5,0
45	Hoteles restaurantes, bares y similares	-	1,2	1,1	6,8	9,3	4,3	7,8	8,0
<b>G.</b>	<b>Transporte, almacenamiento y comunicaciones</b>	-	<b>3,3</b>	<b>2,8</b>	<b>4,5</b>	<b>7,6</b>	<b>7,8</b>	<b>10,8</b>	<b>10,9</b>
46	Transporte por vía terrestre	-	1,8	1,9	5,2	6,5	7,2	4,3	7,6
47	Transporte por vía acuática	-	-8,0	2,7	0,4	6,7	-0,4	1,6	8,0
48	Transporte por vía aérea	-	0,2	2,8	3,5	8,2	0,8	16,1	1,4
49	Actividades complementarias y auxiliares al transporte; actividades de agencias de viajes	-	2,4	1,9	7,5	9,7	7,1	10,9	6,9
50	Correo y telecomunicaciones	-	6,8	4,1	3,3	8,4	10,2	18,7	17,7
<b>H.</b>	<b>Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas</b>	-	<b>1,2</b>	<b>3,0</b>	<b>3,9</b>	<b>4,6</b>	<b>5,0</b>	<b>6,4</b>	<b>6,8</b>
51	Intermediación financiera	-	-4,1	1,6	5,7	6,5	5,2	10,9	13,5
52	Actividades inmobiliarias y alquiler de vivienda	-	2,5	2,0	3,0	3,9	3,7	4,0	3,7
53	Actividades de servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios	-	2,5	5,4	4,2	4,5	6,6	7,0	6,9
<b>I.</b>	<b>Actividades de servicios sociales, comunales y personales</b>	-	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>	<b>4,1</b>	<b>3,5</b>	<b>4,4</b>	<b>5,0</b>
54	Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria	-	0,4	1,4	-2,2	4,8	2,0	5,2	5,8
55	Educación de mercado	-	-0,1	-0,8	-0,8	-0,6	0,1	2,8	3,9
56	Educación de no mercado	-	2,6	3,2	7,6	6,5	6,4	1,5	5,5
57	Servicios sociales y de salud de mercado	-	6,5	4,1	9,5	5,5	6,2	6,1	2,9
59	Actividades de asociaciones n.c.p.; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de mercado	-	-1,4	2,0	4,9	3,4	6,2	6,3	6,4
60	Actividades de asociaciones n.c.p.; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de no mercado	-	6,8	3,2	-3,3	8,6	4,2	7,5	7,2
61	Hogares privados con servicio doméstico	-	0,9	1,0	2,1	1,6	0,4	2,2	2,7
	<b>Subtotal valor agregado</b>	-	<b>1,6</b>	<b>2,6</b>	<b>3,8</b>	<b>5,4</b>	<b>4,7</b>	<b>6,3</b>	<b>6,4</b>
D.21-D.31	Impuestos menos subvenciones sobre los productos	-	3,2	0,7	5,4	4,7	4,9	11,0	11,6
D.21	Impuestos sobre los productos	-	3,2	0,7	5,4	4,9	4,9	10,9	11,5
D.211	Impuesto al Valor Agregado (IVA) no deducible	-	0,9	0,3	6,4	5,0	4,3	11,8	12,3
D.212	Impuestos y derechos sobre las importaciones, excepto IVA	-	12,5	4,0	8,2	13,1	15,9	22,3	19,0
D.213, D.214	Otros impuestos sobre los productos	-	3,8	0,0	2,4	1,7	2,8	5,0	6,7
D.31	Subvenciones sobre los productos (-)	-	1,8	1,5	3,5	8,8	3,8	3,7	3,8
	<b>Producto interno bruto</b>	-	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,9</b>	<b>5,3</b>	<b>4,7</b>	<b>6,7</b>	<b>6,9</b>

Fuente: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=84](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=84)

precios cuando el estadístico utilizado para proyectar la demanda está dado en unidades monetarias, como es el caso del PIB sectorial.

La demanda hídrica para el sector de servicios proyectada a 2019 se estima en 797 Mm<sup>3</sup>, cifra que se obtiene operando la tasa de crecimiento conforme al índice de volumen promedio anual 2000-2007 multiplicado por el consumo por suscriptor comercial y oficial, de acuerdo con la estructura registrada en el Estudio Nacional del Agua 2010 para el cálculo de la demanda hídrica en el sector de servicios en el año base 2008 (Tabla 8.11).

**Tabla 8.11.** Demanda hídrica en actividades de servicios, proyección a 2019.

Demanda hídrica en actividades de servicios		
Agua suministrada por ESP (m <sup>3</sup> )	Concesionado (m <sup>3</sup> )	Total volumen utilizado (m <sup>3</sup> )
536.923.272	259.798.526	796.721.798

### 8.3.4. Proyección de la demanda hídrica en el sector de uso doméstico

La proyección de la demanda hídrica a 2019 se formula teniendo como estructura de línea base la estimación de la demanda hídrica para uso doméstico en 2008 y las siguientes hipótesis de cálculo:

1. Cobertura universal de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado a 2019.<sup>3</sup> Según la SSPD, en la actualidad se registran coberturas del 83% para el total nacional y del 73% en alcantarillado. Estos niveles tienden a aumentar, dadas las políticas y los mecanismos de regulación que

operan en el sector, y conservan la tendencia registrada en el periodo de referencia 1993-2005, durante el cual se alcanzaron avances muy significativos, pasando del 11% al 83% en acueducto. En el caso del alcantarillado, si bien la cobertura es menor, es importante señalar que en el mismo periodo de referencia se multiplicó por 12 (Moncayo, 2007).

2. Consumo básico actual sostenido, teniendo en cuenta la baja probabilidad de alcanzar consumos significativamente inferiores a los que se registran en la actualidad para el conjunto de la población conectada a un sistema por red; y que en esencia reflejan la incidencia de las políticas de ahorro y uso eficiente del agua, y la racionalidad del consumidor frente a la estructura de costos y tarifas asociadas a la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado; en este último caso, han derivado en una reducción importante del consumo registrado en los últimos años (Cadavid, 2008).
3. Las pérdidas o fugas asociadas a los sistemas de distribución se mantienen al nivel establecido por la regulación sectorial.<sup>4</sup>
4. La demanda doméstica para el escenario 2019 se estima en 2.961 Mm<sup>3</sup> (2.098 Mm<sup>3</sup> sin tener en cuenta pérdidas), cifra que se obtiene como el producto entre la población proyectada (DANE, 2008c) y el consumo per cápita registrado en el Estudio Nacional del Agua 2010 para el cálculo de la demanda hídrica de los hogares en el año

3 Disponible en <http://www.eclac.org/drni/noticias/noticias/0/34110/4SRAUribе.pdf>. Igualmente, se registra esta meta en el documento de política *Visión Colombia Segundo Centenario: 2019*, pp. 46-47.

4 En Colombia, se estimó en 2006 en un promedio del 49%. Este nivel es más alto que el promedio en América Latina, que es aproximadamente del 40%, y de la meta regulatoria que es del 30%. En el pasado, el nivel de agua no contabilizada se había estimado a un promedio del 40% en 2001, casi el mismo nivel que en 1990. En las principales ciudades del país, el nivel de agua no contabilizada está por debajo del promedio (40% en Bogotá, 35% en Medellín y 39% en Cali).

base 2008, conservando la estructura acotada con base en los registros de consumo reportados por la SSPD para este último año y adoptando la hipótesis de cálculo que diferencia el consumo per cápita, en función de la cobertura alcanzada por municipios, y la tendencia del consumo entre urbano y rural.

### 8.3.5. Proyección de la demanda hídrica en el sector de energía

El desarrollo y dinamismo del sector energético registrado durante la última década denota una tendencia de crecimiento sostenido, explicado en lo fundamental por las transformaciones sectoriales realizadas con base en la prospectiva y potencialidad de los recursos actuales y por la estabilidad alcanzada a partir de la consolidación de los marcos normativos y regulatorios. La conjunción de estos aspectos se ha traducido en un crecimiento de la demanda de energía, a una tasa promedio anual de 3,3% durante el período 2003-2008, y del PIB sectorial, que pasó de 7,1% en 2006 a 7,5% en el 2009. La cobertura de energía proyectada a 2019 se espera cercana a 99,37% en zonas interconectadas y del 75,49% en zonas no interconectadas (DNP, 2005: 41).

La proyección de la demanda hídrica en el sector energético está soportada en el comportamiento esperado de la demanda interna suplida por la capacidad

instalada actualmente, con la cual se cubren las necesidades del mercado interno hasta 2017, y de manera adicional, por los proyectos de expansión en generación previstas hasta 2025, con miras a atender la oferta exportable de energía. Estos hitos, en esencia condicionados por las obligaciones de energía en firme suscritas en desarrollo de los mecanismos de regulación, verbigracia, subasta con cargo por confiabilidad,<sup>5</sup> y generación con período de planeación superior (GPPS), que desde 2008 determinan el planeamiento técnico sectorial.

Conforme al estudio realizado por la Unidad de planeación minero-energética (UPME, 2009), *la demanda total nacional de energía se prospecta bajo tres escenarios (bajo, medio y alto), dadas unas tasas de crecimiento esperado, como se muestra en la Tabla 8.12.*

De acuerdo con el plan de expansión generación-transmisión para 2009-2023, el país puede atender la demanda interna hasta el año 2017 y la oferta externa hasta el 2013 (hacia Ecuador 500 MW y a Centroamérica 300 MW) a través del sistema interconectado. A partir de 2018, es necesario considerar la expansión del componente de generación con la finalidad de cubrir: a) la proyección de demanda interna en un escenario medio y alto; b) las obligaciones de energía en firme, con cargo por confiabilidad, que a 2019 deben alcanzar 6.495 GWh solo en proyectos hidroenergéticos; y c) el sostenimiento del sistema de interconexión proyectado con miras a atender la demanda externa.

**Tabla 8.12.** Demanda total nacional de energía.

Año	Demanda en GWh/año			Crecimiento de la demanda %		
	Esc. bajo	Esc. medio	Esc. alto	Esc. bajo	Esc. medio	Esc. Alto
2014	65,274	68,279	71,142	3.2%	3.8%	4.6%
2019	75,693	82,386	89,471	3.0%	3.9%	4.8%
2025	89,016	100,128	111,556	2.6%	3.2%	3.7%

5 Para garantizar la disponibilidad de recursos destinados a abastecer la demanda de energía en condiciones de escasez y asegurar la expansión de generación del sistema.

En la actualidad, el registro de proyectos de generación tiene una capacidad inscrita de 14.383,5 MW, de los cuales 8.500,5 MW corresponden a proyectos hidráulicos con capacidad mayor o igual a 20 MW; 2.884,6 MW, a proyectos de carbón mineral; 2.520,5 MW, a proyectos de gas natural; 305 MW, para proyectos de fueloil; 127,9 MW, a proyectos hidráulicos con capacidad menor de 20 MW; 25 MW para proyectos de cogeneración; y 20 MW, a proyectos eólicos

De la capacidad de generación efectiva actual, las plantas hidráulicas constituyen el 66,92%, incluidas las menores hidráulicas; las plantas térmicas a gas son el 27,54%; y a carbón, el 5,21%; las demás tecnologías (cogeneración y eólica) suman 0,33%. Igualmente, se espera un leve incremento de la participación del sector térmico a lo largo del periodo de proyección. La entrada en operación de la generación con base en proyectos hidráulicos a partir de 2018 se estima en cerca de 9.306 GWh/año adicionales a los ya considerados para atender la demanda interna y exportación hasta el año 2017.

Para el cálculo de la demanda hídrica en el sector energético proyectada a 2019, se siguen los siguientes parámetros de estimación:

1. Se utiliza como valor de referencia de la *demanda total nacional de energía para 2019* el registrado en el *Plan de Expansión Generación-Transmisión 2009-2023*, en el escenario alto, correspondiente a 89.471 GWh/año.
2. Para establecer la contribución de los sistemas hidráulicos y térmicas en el total de la generación de energía esperada a 2019 en el escenario alto, se aplican los siguientes porcentajes: 83% que explica la generación hidráulica y 13%, la generación térmica, en *sindéresis* con la estructura utilizada

para la estimación de la demanda hídrica sectorial en el Estudio Nacional del Agua 2010.

3. Se conservan también los factores de conversión que referencian la utilización del recurso hídrico asociado a cada tipo de sistema. En sistemas de generación hidráulica, se adopta el volumen de agua que permanece constante en los sistemas de almacenamiento. De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua, es del orden de 6.976 Mm<sup>3</sup>, como entrada en el nivel de generación registrado en 2009 (53.869 GWh/año). Es posible que se registre un incremento de este nivel, dado el inicio de operación en 2018 de nuevos proyectos de generación, con la finalidad de suplir la demanda de cerca de 9.306 GWh/año adicionales a los ya considerados para atender la demanda interna y exportación hasta el 2017. En sistemas de generación térmica (simples y combinados), se adoptan 19 gal/Kwh como factor unitario de utilización del recurso hídrico.

De acuerdo con estos criterios, se tiene que la demanda hídrica proyectada a 2019 en el sector energético llega a ser del orden de 10.893 Mm<sup>3</sup>; la utilización del recurso hídrico en generación térmica se estima en 1.000 Mm<sup>3</sup> usando el mismo factor de conversión del ENA 2010 (19 gal/Kwh); en tanto que la utilización del recurso hídrico en generación hidráulica se aproxima a los 9.893 Mm<sup>3</sup> para el mismo año de proyección.

### 8.3.6. Proyección de la demanda hídrica en el sector de agricultura

De acuerdo con el método de estimación, el uso del recurso hídrico y su crecimiento esperado en el sector

agrícola están determinados esencialmente por tres factores complementarios: a) el crecimiento económico sectorial, reflejo del área ocupada y de los niveles de producción alcanzados; b) la productividad agrícola, que determina los requerimientos de agua por unidad de área; y c) la especialización productiva, que determina el carácter de uso extensivo o intensivo del agua y que explica la presión sobre el recurso hídrico. Conforme a estos factores, es importante observar:

**Cultivos permanentes.** Caracterizados por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, explicada por el nivel de especialización alcanzado en la cadena de producción, incluido el proceso de poscosecha; así mismo, una participación significativa en la oferta exportadora, incluida la producción de biocombustibles y aumentos en la productividad agrícola. Estas características integradas llevan a calificar estos sistemas de producción como intensivos en el uso del recurso hídrico.

**Cultivos transitorios.** Al igual que en cultivos permanentes, los cultivos temporales o transitorios se caracterizan por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, aunque se explica por otros factores distintos a los permanentes: a) rotación de cultivos y "rotación" de las áreas ocupadas; b) menor tamaño de las explotaciones agrícolas y menor nivel de especialización; c) mayor ineficiencia en los sistemas de riego. Estas características integradas llevan a calificar estos sistemas de producción como extensivos en el uso del recurso hídrico.

El diagnóstico presentado en el *Plan de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos* (DNP, 2010) señala:

*"[...] es importante resaltar, en todo caso, que durante la última década el sector agropecuario viene experimentando un proceso importante de recuperación y de recomposición de su estructura productiva.*

*Este cambio se expresa principalmente en la recuperación de áreas cultivadas (20,2%), en el incremento del volumen de producción (20,7%) y en la aparición de nuevos productos de importancia comercial, como los frutales, los cafés especiales, los biocombustibles y las hortalizas, entre otros. Lo anterior ha significado incrementos cercanos al 3,7% en áreas y el 21,7% en producción en los cultivos transitorios,<sup>6</sup> y del 16,6% y el 20,7% en los cultivos permanentes, respectivamente".<sup>7</sup>*

Conforme a la estructura que define el *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos*, se espera una reconversión del sector agrícola basada en la puesta en marcha de los siguientes objetivos y lineamientos estratégicos: a) **expansión de la ocupación y uso del suelo**, como resultado de las políticas de acceso a activos productivos, agua y tierra, desarrollo alternativo y mejoramiento de la infraestructura de riego<sup>8</sup>; b) **apalancamiento de la oferta exportable**, concentrada en la producción de café, flores, frutas, azúcar y otros productos base para la obtención de aceites y grasas; c) **proyección de la oferta de biocombustibles**; en esta última, de acuerdo con cifras actuales, la capacidad instalada de producción es del orden de 1.100.000 (litros/día) de etanol y de 1.297.205 (litros/día) de biodiesel; d) **consolidación de otras producciones de carácter agroindustrial y forestal**. En conjunto, se espera para el año 2019 el logro de las siguientes metas:

- 6 Cultivos transitorios: ajonjolí, algodón, arroz, cebada, frijol, hortalizas, maíz, papa, sorgo, soya, tabaco, trigo.
- 7 Cultivos permanentes: arracacha, banano exportación, cacao, café, caña de azúcar, caña miel, caña panela, cocotero, fique, flores, frutales, ñame, palma africana, plátano, plátano exportación, tabaco, yuca.
- 8 Existe una subutilización de tierras óptimas para la agricultura y una baja cobertura de la infraestructura para riego, lo que se evidencia en que del total de la superficie con vocación agrícola y silvoagrícola (21.500.000 de hectáreas), sólo se utilizan 4.900.000 de hectáreas; y del total de la superficie regable solo el 15% cuenta con riego (este último solo hace referencia a hectáreas construidas, no se incluyen las rehabilitadas ni los proyectos en construcción).

*Sector agrícola:* a) Cobertura de 5.670.864 ha. b) Mejorar la capacidad para generar ingresos por parte de la población pobre rural. c) Un mayor acceso a la tierra por parte de la población rural pobre. d) Política Integral de Tierras: de las 1.500.000 ha de tierras baldías, 1.000.000 para campesinos y 500.000 para comunidades étnicas.

Estas metas encuentran refuerzo, a su vez, en el documento *Visión Colombia Segundo Centenario 2019*, que en su momento proyectó a 2019 las siguientes metas: a) cobertura cercana a 4.987.512 ha cosechadas; b) un millón de hectáreas distribuidas por extinción de dominio; c) 300.000 ha nuevas adecuadas con distritos de riego de pequeña, mediana y gran escala, producto en su mayoría de inversión de capital privado.

La producción de etanol en Colombia representó el 0,7% de la oferta mundial de 2006, con 1,72 mmba (274 millones de litros), producidos por cinco ingenios azucareros del valle geográfico del río Cauca,<sup>9</sup> cuya capacidad instalada es de 2,4 mmba (1.050.000 l/día). Estas plantas son abastecidas con 3,8 millones de toneladas de caña de azúcar, equivalentes al 16% de la producción del país.<sup>10</sup> El valle geográfico del río Cauca ofrece condiciones excepcionales<sup>11</sup> para este cultivo, que han permitido obtener un rendimiento de conversión a etanol de cerca de 56,61 bb/ha-año (9.000 l/ha-año),<sup>12</sup> que la hacen posiblemente la región más productiva del mundo (DNP, 2008).

9 Incauca, Providencia, Manuelita, Mayagüez y Risaralda.

10 Se estima que la superficie cultivada con caña de azúcar para la producción de etanol fue de 35.300 hectáreas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2007).

11 En lo referente a las condiciones del suelo y climatológicas, permite tener cosecha a lo largo de todo el año. Además de la cercanía a un puerto y la disponibilidad de mano de obra no calificada para corte y alce de la cosecha todo el año.

12 MADR, a partir de cálculos de Asocaña: una tonelada de caña de azúcar produce 72 litros de etanol.

En Colombia, la producción industrial de biodiesel inició en enero de 2008. En la actualidad, se encuentra terminada una planta con una capacidad de 0,33 mmba, y se están construyendo seis con una capacidad total de 2,9 mmba, las cuales emplearán aceite de palma como materia prima. Se espera que los rendimientos de conversión a biodiesel a partir de palma de aceite sean de 4.600 l/ha de biodiesel.<sup>13</sup> La demanda nacional de biocombustibles proyectada al 2019 se registra en el documento CONPES 3510: a) en **etanol 1.487.207 litros/día, con un área ocupada** en cultivos de azúcar del orden de 68.379 ha y un consumo de agua virtual<sup>14</sup> de 90 l/megajulio (MJ); b) en **biodiesel 3.267.724 l/día, con una área ocupada** en cultivos de palma del orden de 214.058 ha y un consumo de agua virtual de 100 l/MJ (CEPAL, 2008).

**Pastos manejados:** En el mediano plazo, es de esperar que se presenten aumentos importantes en el uso del recurso hídrico, explicados en esencia por el aumento total de la biomasa producida, consecuente con la capacidad de carga asociada a gran ganadería, y acorde con las proyecciones de crecimiento del hato ganadero: 48 millones de reses a 2019.

**Bosques plantados:** Las siguientes son las metas e indicadores estratégicos del Gobierno, propuestas en el marco del *Plan de Desarrollo 2010-2014*, con proyección al año 2019: la ocupación en plantaciones forestales a 2014 es de 601.453 ha; y a 2019, la cobertura forestal es de 1.394.343 ha. Esta cifra es superior a la proyectada en el documento de *Visión Colombia II centenario: 2019*, en el que se plantea alcanzar una

13 Este cálculo se basa en el rendimiento promedio del cultivo de palma de aceite en Colombia, equivalente a 3,93 ton/ha en 2006.

14 *Agua virtual* se define como el volumen de agua requerido para producir un bien o servicio. El contenido de agua virtual de productos agrícolas se calcula con base en los requerimientos de agua y en los rendimientos de los cultivos (Chapagain y Hoekstra, 2010).

cobertura del orden de 1.200.000 ha de plantaciones forestales productivas.

Para el cálculo de la demanda hídrica proyectada en el sector agrícola, pastos y forestal, se consideran los hitos antes enunciados, y los siguientes criterios y parámetros de medición:

*Sector agrícola:* a) se utiliza como dato de línea base el área ocupada en la producción de bienes agrícolas propuesta en el *Plan de Desarrollo 2010-2014: prosperidad para todos*, fijada en 5.670.864 ha a 2019, con una variación porcentual en el periodo 2008-2019 del orden del 28%. b) ajuste al 2019 del crecimiento del área utilizada en producción de energéticos en los cultivos de caña de azúcar (equivalentes a 68.379 ha) y palma (equivalentes a 214.058 ha); y c) ajuste del área ocupada en sistemas de riego por la adición de nuevas áreas en distritos de riego (300.000 ha).

**Pastos manejados:** Según el *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana a 2019*, publicado por Fedegan, las hectáreas dedicadas a la ganadería son del orden de 30,4 millones a 38,3 millones, incluidas malezas y rastrojos, con una capacidad de carga de 0,75 animales por hectárea. Según la *Encuesta Nacional Agropecuaria 2008* (CCI, 2009), el área en pastos manejados para el mismo año de referencia

es del orden de 3.396.700 ha, equivalentes al 9,48% del total de hectáreas ocupadas en ganadería, que representan una carga efectiva de 2.547.525 animales. Considerando el crecimiento de la población de ganado a 2019, proyectada en el *Plan Estratégico* en 48.000.000 de cabezas, y conservando la misma estructura entre área ocupada y capacidad de carga, se acota el área en pastos con manejo requerida en 2019, la cual estaría en el orden de 6.824.280 ha, con una suplencia de agua no cubierta por los niveles acumulados de precipitación y escorrentía natural.

**Forestal:** Se utiliza como dato de línea base el área ocupada de plantaciones forestales productivas propuesta en el documento *Plan de Desarrollo*, fijada en 601.453 ha a 2014. Con base en este y con el objeto de proyectar el crecimiento a 2019, se utiliza la tasa anual promedio de crecimiento en volumen (3,5%) de la actividad de silvicultura, extracción de madera y actividades conexas, según el Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica (Clasificación Cuentas Nacionales. DANE, 2010).

De acuerdo con estos criterios, se tiene que la demanda hídrica proyectada para 2019 en el sector primario llega a ser del orden de 38.124 Mm<sup>3</sup>, con las siguientes participaciones: a) **pastos manejados, 41,83%**; permanentes, 23,01%; transitorios, 29,30% (Tabla 8.13).

**Tabla 8.13.** Demanda hídrica en el sector agrícola, pastos con manejo y forestales comerciales. Proyección a 2019 (Mm<sup>3</sup>).

Demanda hídrica en el sector agrícola, pastos con manejo y forestales comerciales. Proyección a 2019 (Mm <sup>3</sup> )			
Coberturas	Demanda anual (Mm <sup>3</sup> )	Consumo efectivo en cultivo (Mm <sup>3</sup> )	Volumen de agua extraída no consumida
Pastos manejados	15.947	10.366	5.582
Forestales con manejo	2.197	1.428	769
Cultivos permanentes	8.539	4.735	3.804
Cultivos transitorios	11.169	3.953	7.216
Flores permanentes	234		
Beneficios poscosecha de café	5,43		
Beneficios poscosecha de banano	14		
Cultivos ilícitos	18		
<b>Total</b>	<b>38.124</b>	<b>20.482</b>	<b>17.370</b>

## 8.4. Análisis de resultados del ENA 2010 por área hidrográfica

### 8.4.1. Área hidrográfica del Caribe

En esta área hidrográfica, las subzonas con mayores restricciones y presiones en condiciones de año medio corresponden a María La Baja, arroyos directos al Caribe-Guajira, arroyos directos al Caribe litoral, Bajo Sinú, río Canalete, Ranchería, arroyos directos al Urabá y Pamplonita. En estas subzonas, se identifican con valores altos, condiciones bajas de regulación y altas vulnerabilidades por desabastecimiento. Estas condiciones se agudizan para año seco. Además, estos ríos tienen presiones de altas a muy altas de contaminantes de carga orgánica y química (DQO-DBO); se destacan los arroyos directos al Caribe litoral, río Pamplonita, Sinú, Ranchería, Guachaca, río Piedras, río Manzanares, río León y arroyo Sharimajana. En este último, la carga contaminante no es alta, pero la oferta es mínima para soportar cualquier carga.

Asimismo, se identifica alta presión por nitrógeno y fósforo total en los arroyos directos al Caribe y en el río Pamplonita. En la cuenca del Catatumbo, municipio de Tibú, las condiciones de mala calidad del agua, determinadas por el ICA, se asocian con los vertimientos domésticos de Cúcuta y Chinacate sobre los ríos Pamplonita y Zulia.

Por otro lado, las cuencas con menores restricciones son las de subzonas en las que el IUA es de relativamente moderado a bajo, las condiciones de regulación son altas y, en consecuencia, los valores de vulnerabilidad son bajos. A estas condiciones corresponden el Atrato-Darién, Bojayá, Napipí-Opogadó, directos al Atrato, Salaquí, Cacarica, Quito y Andágueda, entre otros. Las cargas de

contaminantes más bajas corresponden a las subzonas ubicadas dentro del Atrato-Darién.

Estas subzonas del Caribe alojan acuíferos de importancia regional en La Guajira, Bolívar, Magdalena, Sucre, Córdoba y el Urabá antioqueño. Estos sistemas acuíferos son aprovechados más que todo para el abastecimiento de la población y para fines agrícolas. Se destacan los acuíferos de Morroa, que abastecen municipios, incluido Sincelejo, con altas restricciones de oferta hídrica superficial. Asimismo, La Guajira se suple de aguas subterráneas para abastecimiento doméstico, tanto en la zona urbana como en las rancherías de la zona rural. En la zona del Urabá se explotan acuíferos para abastecer a municipios como Turbo y Chigorodó, y para suplir las necesidades agrícolas relacionadas con las plantaciones de banano. De esta manera, el agua subterránea constituye una importante alternativa para suplir las restricciones por cantidad y calidad del agua superficial.

La demanda de agua en la zona hidrográfica de las Islas de San Andrés y Providencia, estimada para los diferentes usos en 8,6 Mm<sup>3</sup>, tiene como fuente de abastecimiento agua subterránea, en particular en San Andrés. En Providencia, se presentan bajos valores de vulnerabilidad y condiciones favorables de relación de demanda con respecto a la oferta hídrica superficial.

*“La isla de San Andrés está constituida principalmente por calizas y en su origen debió ser un atolón, hace veinte millones de años.”<sup>15</sup> El espesor total de estas rocas no se conoce con precisión. Una reciente exploración sísmica sugiere que las antiguas rocas volcánicas podrían situarse a 200 m de*

15 Gravini, H., 1996. Refracción sísmica en el sector Loma Naranja (Orange Hill) parte central de la isla de San Andrés. Reporte interno de Ingeominas.

profundidad.<sup>16</sup> No obstante, hasta ahora se cree que sólo las rocas calcáreas juegan un papel importante en la naturaleza de las aguas subterráneas de la Isla.

Dos formaciones geológicas sobresalen: Formación San Andrés y Formación San Luis. Ambas están constituidas por corales in situ y por una secuencia de rocas sedimentarias (conglomerados a arcillolitas) formadas por granos de composición calcárea y fragmentos de corales. La Formación San Andrés es de edad Miocena, aflora en la parte central del territorio insular, ocupa el 57% de la superficie y conforma el sistema de colinas de la Isla. Las principales reservas de agua dulce subterránea (conductividades eléctricas menores de 1000 mS/cm) se hallan allí, principalmente bajo la Cuenca del Cove. Del acuífero de esta formación se abastecen los pozos del acueducto y algunos pozos privados de índole comercial; en esta zona normalmente no se encuentran pozos domésticos. La recarga está representada principalmente por el agua lluvia, y la zona de mayor interés es el Valle del Cove. La Formación San Luis tiene una edad de 1 a 5 millones de años. Conforman los terrenos topográficamente más bajos de la Isla. Esta constituida por calizas coralinas arrecifales. Su espesor máximo se calcula en 20 m. Estas rocas representan el 37% del área emergida. Los mayores asentamientos humanos se han desarrollado sobre esta formación, especialmente hacia el norte de la Isla. El acuífero de la Formación San Luis se caracteriza por presentar predominantemente agua salobre. La mayoría de los pozos hoteleros y casi todos los pozos domésticos captan agua de este acuífero. Su recarga proviene de tres fuentes: el agua lluvia que directamente se infiltra en estas rocas, agua subterránea proveniente del acuífero de la Formación San Andrés, y aguas residuales

procedentes de los pozos sépticos y otras actividades domésticas" (Toro et ál., 1999).

La isla de Providencia se comporta como un acuitarado, por la naturaleza cristalina de las rocas volcánicas que la conforman.

Los efectos de fenómenos extremos, como El Niño, se expresan en las subzonas del Caribe con disminuciones de caudal entre el 10% y el 55%, de modo que resultan particularmente severas las anomalías en el río León, directos río Mulatos, río Algodonal y el río Sardinata, en el Catatumbo. En eventos del fenómeno de La Niña, se observa la situación inversa, con mayores afectaciones por aumento de caudal en los ríos Algodonal (58%), río Zulia (43%) y Sardinata (30%) en la zona del Catatumbo, y ríos directos Mulatos en la zona de Caribe-Urabá. La criticidad de los efectos puede ser aún mayor con la variabilidad climática interanual.

En las subzonas del Caribe, los cambios de la escurritía (proyección 2011-2040) respecto al periodo de referencia corresponden a una disminución entre 10% y 30%; las subzonas más afectadas son el río San Juan (30%), María La Baja (26%) corrientes directas al Golfo de Morrosquillo (17%), Bajo Sinú (25%), río Mulatos (24%) y Medio Sinú (22%).

#### 8.4.2. Área hidrográfica Magdalena-Cauca

En esta área hidrográfica, se analizan las subzonas hidrográficas de la cuenca alta y media del río Magdalena, río Cauca y cuenca baja del río Magdalena.

**Cuenca alta del río Magdalena.** Las subzonas con mayores restricciones y presiones por el uso de agua, y de mayor vulnerabilidad al desabastecimiento

16 Ibid.

en condiciones de año medio corresponden al río Yaguará, Caño Juncal, río Prado, río Luisa, río Bogotá, Bajo Saldaña y río Neiva. En condiciones de año seco, se agudizan las condiciones de estas mismas subzonas y, además, las de los ríos Fortalecillas, Baché, Aipe, Opía, Totare, Timaná, Lagunilla y Coello.

Las condiciones favorables de demanda-oferta y bajas vulnerabilidades al desabastecimiento corresponden a los ríos Páez, Cabrera, Tetuán, Sumapaz, Seco, Atá, Medio y Alto Saldaña, Amoya y Cucuana. Esta condición no cambia significativamente para un año seco, lo cual se corrobora con los resultados de alta retención y regulación hídrica que muestra el índice correspondiente. La baja regulación es propia de los ríos Yaguará y Opía.

Las más altas cargas contaminantes estimadas se vierten a los sistemas hídricos de las subzonas hidrográficas de los ríos Bogotá, Luisa, Totaré y Fortalecillas. De estos, el Bogotá se considera la mayor fuente sumidero de vertimientos; de igual manera, los ríos Virgen, la Chicha y el Papayo, del municipio de Ibagué, y los ríos Neiva, Baché y Ceibas, del municipio de Neiva. Estas consideraciones corresponden a las estimaciones del índice de alteración potencial de la calidad del agua, que muestran muy alta criticidad en los ríos Bogotá, Fortalecillas, Totaré, **sobre todo, en condiciones medias. En condiciones secas**, se adicionan a esta categoría de muy alta criticidad los ríos Luisa, Sumapaz y Bajo Saldaña. En esta última condición, los valores altos de alteración potencial se asocian a los ríos Lagunilla, Yaguará, Bache, Aipe, Timaná, Tetuán. Las condiciones más favorables del IACAL, categoría baja, están relacionadas con los ríos Juncal, Opía, Cabrera, Amaya y Alto Saldaña. Se destaca la alta carga contaminante por nitrógeno y fósforo total en el río Bogotá.

Estas presiones se registran en los niveles de Índice de calidad de agua, que reflejan deterioro en el río Neiva,

municipio de Campoalegre; el río Páez, en el municipio de Páez y Tesalia; los ríos Coello y Combeima, en vecindades de Ibagué, y el río de Sumapaz, en el municipio de Melgar. De la misma manera, es reconocida la afectación a la calidad en los tramos del río Bogotá desde Villapinzón, en sus pasos por Cota, Distrito Capital, El Colegio, Tocaima, Ricaurte, Girardot y Nariño.

En las subzonas del Alto Magdalena, se reconocen acuíferos de importancia regional asociados a rocas terciarias y depósitos recientes de origen aluvial del río Magdalena, que deben ser considerados para uso conjunto y oportunidad para hacer frente a la variabilidad y eventualidades climáticas. Estos acuíferos se utilizan en la actualidad para el consumo doméstico, la agricultura e industria petrolera. En la Sabana de Bogotá, se explotan más que todo acuíferos cretácicos y recientes para uso industrial y de servicios. Hacia el sur y en vecindades de Neiva, es de gran importancia hidrogeológica el acuífero constituido por la Formación Gigante Inferior, que alcanza hasta 680 metros y que se explota conjuntamente con los depósitos aluviales y de terrazas recientes, y el Grupo Honda, que alcanza hasta 800 metros de profundidad.

Cuando se presentan eventos hidrológicos extremos asociados a fenómenos como El Niño, **se generan disminuciones de caudal con respecto al periodo de referencia entre 1% y 42%, de modo que resultan mayores los efectos sobre los caudales de los ríos Yaguará, Sumapaz, Cabrera, Baché, río Magdalena a la altura de Salado Blanco.** Para eventos del fenómeno de La Niña, se estiman incrementos de caudal mayores al 30% en los ríos Baché, Neiva y Sumapaz.

En el escenario de Cambio Climático 2011-2040, se esperan reducciones cercanas al 35% en relación con el promedio actual sobre las cuencas de los ríos Saldaña, Yaguará, Aipe, Luisa, Baché y Seco.

**Cuenca media del río Magdalena.** En relación con el uso de agua, el indicador (IUA) permite reconocer que para esta parte de la cuenca, en general la presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta hídrica superficial disponible. Se identifica que, para la mayoría de las subzonas y en condiciones hidrológicas medias y secas, esta presión de uso es baja o muy baja, así como la vulnerabilidad al desabastecimiento. El río Nare es la excepción, pues el IUA es alto en condiciones secas y de valor medio o moderado en las cuencas de los ríos Samaná, Lebrija, quebrada El Carmen y Chicamocha. Aunque la relación de uso-oferta disponible es baja, estos ríos más el Fonce, algunas corrientes directas al río Magdalena y el San Bartolo presentan una vulnerabilidad media. Estas condiciones son coherentes con los valores de regulación hídrica.

La mayores presiones sobre la calidad por cargas contaminantes y posible alteración potencial de sus sistemas hídrico están asociadas con las subzonas de los ríos Lebrija, Chicamocha, Opón, Nare, Suárez, Negro, quebrada El Carmen y algunos directos al río Magdalena, en la cuenca media. En condiciones secas, se suman los ríos Gualí, San Bartolo y Fonce. Las subzonas más presionadas por nitrógeno y fósforo son las correspondientes a los ríos Suárez, Lebrija, Sogamoso y Chicamocha. El 85% de las más de 50.000 toneladas de químico que potencialmente se vierten a los ríos del Medio Magdalena, provenientes de cultivo de coca y procesamiento de pasta, se concentran en las subzonas del Brazo Morales, y de los ríos Cimitarra y Carare.

El indicador de calidad registra valores altos en los ríos Carare, en Cimitarra; Minero, en Borbur; y Negro, en Puerto Boyacá. Las mediciones de las variables de calidad del ICA sobre los ríos Chicamocha y Suárez permiten observar una calidad entre regular y mala asociada con los municipios de Tuta, Tibasosa, Nobsa, Covarachia, Jordán y Puerto Wilches.

Se reconocen almacenamientos de aguas subterráneas en esta cuenca que se alojan en los depósitos aluviales recientes y de terraza, que conforman acuíferos libres, pero que son poco explotados por su reducido espesor y altos contenidos de hierro. Estos depósitos son discontinuos e interdigitados, con facies arcillosas de tipo lacustre. Los sedimentos detríticos poco consolidados (areniscas, conglomerados) de la Formación Mesa y el Grupo Real, correlacionable con el Grupo Honda, presentan horizontes acuíferos multicapas con un espesor total productivo mayor de 150 metros, que ha sido explotado por la industria petrolera y privada en general para consumo doméstico e industrial. Estas formaciones constituyen acuíferos de tipo semiconfinado y confinado, de extensión regional.

En condiciones climáticas de evento de El Niño, el régimen de caudales de los ríos en la cuenca media del Magdalena presenta disminuciones que oscilan entre **1% y 35% con respecto al período de referencia**. Los mayores porcentajes se registran en la subzona del río Samaná Sur (35%), río Negro (27%) y ríos Carare, Samaná Norte y Opón, con alrededor del 20%. Cuando se presenta el fenómeno de La Niña, se registran incrementos que varían entre el 7% y el 60%. Las subzonas de mayores incrementos, en su orden, son las cuencas de los ríos: Suárez, Negro, Opón, Carare, La Regla y Chicamocha. En un escenario de Cambio Climático 2011-2040 para las subzonas de esta área del país, se estiman efectos de disminución en la esorrentía, que en promedio puede alcanzar el 20% con respecto al periodo de referencia.

**Cuenca del río Cauca.** Las presiones altas o muy altas por el uso del agua, con respecto a la oferta hídrica superficial disponible en esta cuenca, se concentran en los ríos que drenan directamente al río Cauca por la margen derecha, en las subzonas de los ríos Pance, Paila, Bugalagrande y Tuluá. En estas subzonas, aun en condiciones hidrológicas de año medio, la presión de la

demanda por el uso de agua es muy alta con respecto a la oferta superficial. La misma relación se presenta para la vulnerabilidad al desabastecimiento, la cual es alta en condiciones medias, con tendencia a muy alta en un año seco en las cuencas de los ríos Cerrito, Amaime, Salado, Morales, Frío, Porce, Claro y Fraile.

Las mayores cargas de contaminantes de materia orgánica y de químicos que alteran la disponibilidad hídrica y las condiciones de calidad del agua de las corrientes, fuente de sumidero de estos vertimientos, se centra en las subzonas de los ríos La Vieja, Pance, Porce, alto río Cauca, Palo, Fraile, Amaime, Tuluá, Otún, Chinchiná y los ríos directos al Cauca, margen izquierda. En las subzonas de los ríos Risaralda, Frío, Tapias, Cerrito, San Juan, aunque la carga es menor, la magnitud de los caudales, en condiciones de año seco, determinan una alteración potencial de la calidad alta. Los ríos Pance, Tuluá, **La Vieja y Amaime reciben presión** por nitrógeno y fósforo total, del sector agrícola.

En relación con los posibles efectos del cambio climático sobre la esorrentía de la cuenca del río Cauca (periodo 2011-2040), se esperan los mayores impactos de reducciones sobre el territorio nacional en particular en algunas regiones de la zona del río Cauca, en especial, sobre el Alto Cauca y en las cuencas de los ríos Ovejas, Piendamó, Quinamayó y Palo.

Cuando se presenta el fenómeno de El Niño, el efecto sobre los caudales de los ríos se expresa en reducciones de caudales de los ríos que, en subzonas como el río La Vieja, Alto Cauca, río Frío, Risaralda, Chinchiná, Arma y San Juan, superan el **30% con respecto al** período de referencia. Cuando sucede el fenómeno de enfriamiento del Pacífico, La Niña, los efectos son contrarios, y se presentan excedentes de caudales que varían desde un incremento del **12% hasta valores** mayores del **60% con respecto al período de** referencia; las mayores afectaciones se presentan sobre

las subzonas de los ríos Chinchiná, Risaralda, Arma, La Vieja y Alto Cauca.

En el Valle del Cauca se encuentra el acuífero con mayor rendimiento en el país. El sector más beneficiado con el agua subterránea en el Valle del Cauca es el agrícola, que emplea el **80% de todos los pozos** construidos y aprovecha el **93% del total de agua** bombeada, utilizada principalmente en el riego de cultivos de caña de azúcar. Los pozos de abastecimiento público (urbanos y domésticos) corresponden al 8% y los de uso industrial, al 12.6%.<sup>17</sup>

La capacidad instalada de los pozos en funcionamiento es del orden de 92.540 lps, y producen al año un volumen total de agua de 467.556.615 m<sup>3</sup>. Los pozos de riego trabajan en promedio unas 4.000 horas al año y los de abastecimiento público e industrial operan un tiempo mayor, cerca de 6.000 horas al año. Más del **95% de los pozos** construidos en la actualidad están aprovechando los acuíferos de la Unidad A, que corresponde a la parte superior de este acuífero regional. Se identifican zonas con descensos progresivos del nivel freático, como Candelaria, Palmira, El Cerrito y Guacarí.

**Cuenca baja del río Magdalena.** Las mayores presiones de la demanda con respecto a la oferta hídrica natural disponible, baja capacidad de retención y regulación, y consecuente alta vulnerabilidad al desabastecimiento se identifican en las subzonas Alto Cesar, río Ariguaní, algunas corrientes que drenan directamente al río Magdalena en esta parte de la cuenca, y en la subzona del Canal del Dique. Esta condición se hace más crítica en estas mismas corrientes en condiciones hidrológicas de año seco, a lo que se adiciona el incremento de la relación demanda-oferta en el río San Jorge-La Mojana, Medio y

17 Véase página web de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, en [www.cvc.gov.co](http://www.cvc.gov.co).

Bajo Cesar, Ciénaga Grande de Santa Marta y arroyo Corozal, donde se generan en esta condición de año seco altas presiones por el uso de agua.

Las mayores presiones por carga contaminante de materia orgánica, químicos, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo total se concentran en las subzonas del Bajo San Jorge-La Mojana, drenajes directos al río Magdalena por su margen izquierda, el Medio Cesar y en la Ciénaga Grande de Santa Marta, tanto en condiciones hidrológicas medias como secas. En esta última, se incrementan las corrientes con índice de alteración potencial de la calidad alto en el Canal del Dique, río Ariguani y río Cesar. Los resultados del monitoreo en puntos de referencia de la Red de Estaciones del Ideam, sintetizado en el índice de calidad de agua, evidencian en sus descriptores de mala calidad los aportes de sólidos y químicos en los Brazos de Loba y Mompós, **Canal del Dique y desembocadura del río Cauca**. En este último, se evidencia un arrastre significativo de sólidos proveniente de la minería del oro en las cuencas media y baja.

La zona hidrográfica del río Nechí presenta afectación potencial sobre la calidad de agua debido a los insuquímicos empleados en el procesamiento de la coca. Los sistemas hídricos reciben el **6% del total** utilizado a nivel nacional, 46% de estos en el Bajo Nechí y 36% en el Alto Nechí.

En las subzonas de los ríos Guatapurí, Ariguani, Ciénaga Grande de Santa Marta y Cesar hasta la desembocadura del río Guatapurí, se presentan reducciones de caudales del **20% y hasta del 46%** con respecto al período de referencia. En un fenómeno de La Niña, la **escorrentía se aumenta en menor proporción** y alcanza en promedio 20%.

De acuerdo con los escenarios de Cambio Climático 2011-2040, para este período la escorrentía puede

tener reducciones entre el 10% y el 30% en esta zona del país. El Bajo Nechí y las cuencas asociadas a drenajes directos al Bajo Magdalena presentan las reducciones más importantes en la zona norte del país para este mismo intervalo. Incrementos significativos en la escorrentía media anual solo se estiman sobre las cuencas del Alto Cesar.

Se identifican almacenamientos de aguas subterráneas en los sedimentos arenosos y de gravas de la Formación Betulia, que localmente también se comporta como acuitado por las interdigitaciones de arcillas. Además se identifican sedimentos de terraza, aluviales recientes, de cauce aluvial y de ciénaga que conforman acuíferos libres a semiconfinados, y los depósitos arenoso del Grupo Tubará-Porquero.

En el valle del río Cesar, se reconocen acuíferos continuos de extensión regional limitada, y de extensión regional y local. Los acuíferos son de tipo libre, semiconfinado y confinado, y están constituidos por sedimentos no consolidados de origen aluvial, con alta a media conductividad hidráulica. Localmente, varían de calidad regular a inadecuada para riego. Se aprovecha mediante pozos y aljibes. Además, se conforman acuíferos discontinuos de extensión variable de tipo libre a semiconfinado. Estos acuíferos están constituidos por sedimentos no consolidados de terraza, con agua de buena calidad, excepto por sectores restringidos con problemas de hierro y manganeso para consumo humano y aguas de regular calidad para riego. La conductividad hidráulica de estos acuíferos es de media a alta, y el aprovechamiento de estas unidades se realiza a través de pozos y aljibes.

### 8.4.3. Área hidrográfica del Pacífico

Las zonas hidrográficas que integran el área del Pacífico aportan el 13% de la oferta hídrica

nacional y cuentan con los mayores rendimientos hídricos, del orden de 124 l/s-km<sup>2</sup>; el 75% del área tiene rendimientos superiores a los 100 l/s-km<sup>2</sup>. Además, es el área hidrográfica con menores presiones por el uso, y con una capacidad alta para retener humedad y mantener condiciones de regulación.

Las subzonas de Anchicayá y Dagua son las únicas que en esta área tienen una presión de la demanda moderada con respecto a la oferta disponible en condiciones de año medio. Estas pasan a ser altas en el Dagua, en condiciones hidrológicas secas y moderadas para los ríos Anchicayá, Calima, Sipí y el río Mayo en la zona del Patía. En el resto de la subzona, en relación con el uso y capacidad de regulación, la vulnerabilidad al desabastecimiento es muy baja.

La carga contaminante de materia orgánica, químicos, nitrógeno y fósforo se concentra en los ríos Juanambú, Guaitara y Dagua, en los que, a pesar de la oferta, el indicador de alteración potencial de la calidad es alto, y llega a ser muy alto en condiciones secas, incluido el río Mayo. En menor escala, con categoría media alta, se identifican el Alto Patía y el río Guachicono.

Es importante resaltar la presión sobre la calidad del agua por vertimientos de contaminantes, provenientes de insumos químicos, empleados en el procesamiento de la coca en la zona hidrográfica del río Patía, en particular, en los ríos Telembí y Patía, que reciben el 8% de la carga contaminante estimada por este concepto en el país.

En la zona norte del Chocó no se ha realizado una etapa de prospección que permita hacer un diagnóstico y evaluación, en cantidad y en calidad, del recurso hídrico subterráneo. Sin embargo, se conoce de la existencia de un acuífero libre,

conformado por aluviones cuaternarios en el valle del bajo río Atrato. En este acuífero, se han perforado pozos entre 40 m y 100 m. El nivel estático se encuentra a 10 m de profundidad y la producción es de 10 a 50 litros por segundo, con capacidad específica promedio de 1 l/s-m; se desconoce la calidad química del agua subterránea (Huguett et ál., 1989). Se presume que el acuífero es continuo, de extensión regional en sedimentos no consolidados, con permeabilidad alta a moderada.

#### 8.4.4. Área hidrográfica de la Orinoquía

Al Orinoco tributan ríos con aportes del 56% de la oferta hídrica del país; las zonas de Guaviare y Meta se constituyen en los mayores aportantes. El 65% del área de la Orinoquía tiene rendimientos hídricos moderados y mayores presiones de uso con respecto a la oferta hídrica superficial disponible en las subzonas de los ríos Guatiquía, Chivor y Negro. De estos ríos, el Guatiquía es la subzona de mayor vulnerabilidad al desabastecimiento y, además, tiene altas presiones por vertimientos sobre la calidad del agua.

La zona hidrográfica del río Guaviare, subzonas Alto y Medio Guaviare, el bajo río Uvá y el río Siare reciben el 13% de los vertimientos asociados con los insumos químicos que se emplean en el procesamiento de la coca.

En las zonas de la Orinoquía, en escenario de Cambio Climático 2011-2040, las condiciones hidrológicas actuales persisten de acuerdo con el modelo de predicción (entre -10% y 10%). En escenarios de más largo plazo, se estima reducción en la escorrentía media anual con relación al promedio actual, entre el 10% y el 30% para las cuencas de los ríos Cravo Norte y Sur, Casanare, Cusiana, Guacavía, Guatiquía, Guayabero y Caguán Alto.

En eventos extremos como el fenómeno de El Niño, los caudales de los ríos en general disminuyen en promedio hasta 30%; estas reducciones son mayores en los ríos Meta, Cabuyarito, río Batá y río Camoa en la cabecera del río Metica. Durante el evento de La Niña se presentan variaciones de aumento y disminución de caudales en las diferentes corrientes, con valores cercanos a la media del periodo de referencia.

En cuanto al potencial de aguas subterráneas en esta zona, se reconoce que las unidades superficiales en toda la cuenca están representadas por secuencias clásticas, con el predominio de arenas, limos y arcillas, en las que existen potentes niveles grueso granulares que se constituyen en acuíferos de considerable capacidad. Cabe esperarse una buena respuesta hidrogeológica en los sedimentos y formaciones plioleistocenas y más recientes que conforman los depósitos de origen aluvial, aunque su permeabilidad puede estar limitada por la presencia de arcillas.

Las terrazas aluviales y aluviones de los ríos son potencialmente buenos acuíferos por su porosidad, y se pueden esperar altas permeabilidades, en especial en los paleocanales que se reconocen en la cuenca. De hecho, se han excavado aljibes para abrevaderos y uso doméstico en sectores aledaños al campo.

#### 8.4.5. Área hidrográfica de la Amazonía

La Amazonía cuenta con altos rendimientos hídricos promedio, del orden de 81 l/s-km<sup>2</sup> en más del 80% del área. En este contexto, la presión de la demanda con respecto a la oferta disponible es muy baja. Las mayores demandas de agua se presentan

en los ríos Orteguzza, Alto Caquetá, río Caguán, río Putumayo y río Guayas.

En el marco de estos excedentes de oferta, es importante resaltar las altas presiones sobre la calidad del agua de centros urbanos como Florencia, así como las alteraciones potenciales de la calidad del agua por vertimientos a los sistemas hídricos de contaminantes químicos, provenientes de insumos empleados para el procesamiento de coca en las zonas hidrográficas de los ríos Putumayo, Caquetá y Vaupés. Estas zonas reciben cerca del 25% del total estimado a nivel nacional. Los análisis multiescenario de Cambio Climático para 2011-2040 indican que se tendrán condiciones similares a las actuales sobre el recurso hídrico para las zonas hidrológicas de la Amazonía; de igual manera, en escenarios 2070-2100, con variaciones entre -10% y 10%.

En relación con los efectos sobre el régimen hidrológico y la escorrentía en eventos extremos como El Niño y La Niña, en general las condiciones son de no cambio, o posibles disminuciones o aumentos que en ningún caso sobrepasaron el 10%.

En relación con el potencial de aguas subterráneas, las unidades superficiales en toda la cuenca están representadas por secuencias clásticas, con el predominio de arenas, limos y arcillas en los que existen niveles grueso granulares que se constituyen en acuíferos de considerable capacidad. Cabe esperarse una buena respuesta hidrogeológica en márgenes de grandes ríos y terrazas más recientes, aunque su permeabilidad puede estar limitada por la presencia de arcillas.

Las terrazas aluviales y aluviones del río son potencialmente buenos acuíferos por su porosidad, y de ellos se pueden esperar altas permeabilidades, en especial en los paleocanales que se reconocen en la

cuenca. Los acuíferos deben ser de baja continuidad lateral y de tipo libre a confinado.

## 8.5. Consideraciones finales

Teniendo como referente los objetivos de la *Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico*, se presentan las consideraciones finales basadas en los resultados del Estudio, con énfasis en temas que se consideran importantes en los procesos de planificación, toma de decisiones, coherencia e interacción entre lo nacional y lo regional.

El ENA 2010 aporta información de referencia, de carácter relevante, a partir de un análisis integral por unidades hidrográficas, concordantes con las unidades definidas en la política para la planificación, ordenamiento y gestión del agua. El Estudio considera los tres niveles de zonificación hidrográfica: 5 áreas, 41 zonas y 309 subzonas. En estas unidades, se evalúan las características y la dinámica hídrica, la interacción del agua con el medio natural, las presiones por el uso y las presiones por vertimiento de cargas contaminantes y sus posibles efectos sobre la calidad. Igualmente, se integra en el análisis el componente de riesgo basado en los efectos de la variabilidad y del cambio climático en la hidrología, también en estas mismas unidades espaciales de análisis.

Estos resultados son un insumo técnico de diagnóstico, esencial en el proceso de construcción del Plan Hídrico Nacional. El estudio aporta en los temas básicos considerados en la Política, como son: la oferta hídrica superficial y subterránea, la demanda de agua para los diferentes usos, la calidad del agua y el riesgo hidrológico. Se identifican zonas y subzonas hidrográficas críticas en relación con: deficiencias en condiciones de retención y regulación hídrica; disponibilidad de agua; alta vulnerabilidad al desabastecimiento; y

posibilidad de alteración potencial de la calidad del agua debido a altas cargas contaminantes de materia orgánica, químicos, agroquímicos y metales pesados. Igualmente, se identifican las cuencas de ríos con mayores alteraciones del régimen hidrológico y oferta hídrica por variabilidad climática y afectación de la escorrentía cuando se presentan fenómenos hidrológicos extremos, como El Niño y La Niña, y los posibles efectos ante escenarios de cambio climático.

El ENA 2010 contribuye de igual manera con la identificación de necesidades de fortalecimiento temático y de capacidades técnicas, para mejorar la toma de decisiones en el orden nacional y regional; esto también se constituye en insumo importante para la planificación y gestión del agua en Colombia.

En estas consideraciones finales, se relacionan algunos aspectos identificados para: a) la planificación hídrica, ordenamiento territorial y uso del recurso; b) sistemas de observación y monitoreo de las principales variables hidrológicas y ambientales; c) sistemas de información; d) investigación; y e) riesgo asociado con hidrología y recurso hídrico.

### a) Planificación hídrica y ordenamiento del uso del recurso

La base de la planificación es la evaluación y, en este sentido, el ENA 2010 aporta resultados y un conjunto de indicadores hídricos, generados para unidades de análisis coherentes con las propuestas por el MAVDT en la política para la GIRH, tales como:

- Las 5 áreas hidrográficas como cuencas objeto de Planificación Estratégica.

- Las 41 zonas hidrográficas como cuencas objeto de instrumentación y monitoreo de referencia nacional.
- Las 309 subzonas hidrográficas como nivel de las cuencas objeto de ordenación y manejo, POMCAS (planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas). Identifica dentro de estas subzonas algunas cuencas de menor nivel, en las que se dan las mayores presiones y donde los indicadores hídricos son desfavorables.
- Señala algunos elementos y estimaciones temáticas para la priorización de ecosistemas específicos, objeto de planes de manejo.

## b) **Sistemas de observación y monitoreo de las principales variables hidrológicas y ambientales**

La generación de información pertinente para la toma de decisiones tiene como pilar el monitoreo permanente de las variables hidrológicas, climáticas y ambientales en redes de estaciones de observación y medición, diseñadas en función de los objetivos nacionales, regionales y locales específicos.

En este aspecto, el ENA contribuye con insumos técnicos de diagnóstico para considerar en el proceso de optimización y reingeniería de la Red de Referencia Nacional a partir de la caracterización y análisis integral del agua en Colombia. Permite además identificar elementos para la complementación de esta red con las redes regionales y locales, para que se genere información con la resolución requerida para conocimiento y gestión del agua en esta escala. El Estudio también muestra aspectos temáticos que contribuyen en la definición de criterios e identificación de unidades hídricas, donde es necesario avanzar en programas de monitoreo sistemático con redes específicas que suplan las deficiencias de conocimiento

e información: a) ecosistemas determinantes en la conservación de la dinámica y oferta hídrica, como páramos, alta montaña, humedales, ecosistemas boscosos y sistemas acuíferos; b) cuencas y microcuencas, fuente de abastecimiento de agua potable para la población, dinámica de producción y transporte de sedimentos; y c) condiciones de calidad del agua, entre otros.

## c) **Sistema de información**

La información actualizada en el ENA sobre el estado del agua en Colombia contribuye con la consolidación del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), componente agua del Sistema de información ambiental (SIA), y en la construcción del sistema de información del recurso hídrico (SIRH). Además de información hidrológica, integra de una manera sistemática información sectorial y pública de entidades del SINA y de otras instituciones. Las estadísticas, datos, bases de datos –con los metadatos correspondientes–, documentos, gráficas e información son el soporte de las estimaciones y el análisis. Lo anterior, unido a los resultados de características hidrológicas, cantidad, disponibilidad, calidad y uso del agua en diferentes unidades de análisis espaciales y temporales, se constituye en información que estará disponible en el Sistema de Información Ambiental y en el SIRH.

Una fase fundamental del flujo adecuado de la información es el fortalecimiento de los sistemas con información de acceso fácil, oportuno y adecuado, que soporten la generación de conocimiento, planificación, gestión de agua y toma de decisiones en el país y sus regiones. La actualización periódica y sistemática del Estudio Nacional del Agua y del sistema de indicadores hídricos del ENA fortalecerá el desarrollo del sistema de información ambiental.

Este proceso de fortalecimiento requiere ser complementado con estrategias de generación de información estadística válida, en temas en los que se identificó que hay deficiencias en la obtención sistemática de información y de calidad, como es el caso del agua subterránea y de los temas mencionados en monitoreo.

La demanda hídrica es uno de los principales resultados del Estudio Nacional del Agua 2010 para la cual es determinante el acceso a información sectorial básica que, en muchas ocasiones, tiene restricciones de uso y accesibilidad. Igualmente, en este tema se requiere un registro confiable de concesiones, que sería el instrumento apropiado para obtener información de uso y demanda. En ambos casos, implica avanzar en la adopción de un instrumento efectivo de gestión de información oficial para fines públicos.

Los temas básicos en los que se identificó que hay que definir estrategias de generación sistemática de información, evaluación y análisis a nivel nacional, entre otros, son los siguientes:

- Páramos, humedales y ecosistemas estratégicos para la seguridad del abastecimiento de agua de los diferentes sectores, en particular, abastecimiento de agua potable.
- Disponibilidad y uso de agua subterránea.
- Microcuencas fuente de abastecimiento de acueductos.
- Erosión y transporte de sedimentos
- Información de uso de agua en sectores no considerados en ENA 2010 y definidos en el Decreto 3930 de 2010; uso del agua, en particular, en minería, hidrocarburos y transporte.
- Calidad de agua.

Este fortalecimiento requiere obtener información regional sistemática en los temas de la Política también

considerados en este estudio, con conceptualización y desarrollo de metodologías para estudios regionales de agua que generen información e indicadores, a escalas más detalladas, para la planificación y gestión del agua en la región, en coherencia con los estudios nacionales y en forma articulada, de tal manera que se avance en el acceso a mayor información actualizada sobre el agua, y cada vez con mayor resolución. Esto implica un proceso de articulación institucional, para mejorar la capacidad de transferencia y la divulgación de la información.

#### d) Investigación

En el desarrollo de los componentes del Estudio, se identifican los temas en los que hay incertidumbres o sobre los que no se tiene el conocimiento adecuado y que deben ser objeto de investigación.

Es importante abordar la investigación en el marco del Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental PENIA y las directrices del Sistema Nacional Ambiental (SINA) proponiendo una agenda de investigación pertinente en el tema del agua, acorde con las necesidades de conocimiento e información a nivel nacional, regional y local.

Algunos de los temas identificados se orientan a:

- Generación de escenarios a partir de modelación hidrológica de variabilidad y cambio climático; hidrogeológica, de condiciones de calidad del agua y de dinámica del ciclo del agua; e interacción con actividades sectoriales.
- Evaluación de la degradación de cuencas, con énfasis en los procesos de pérdida de suelo y su relación con el transporte de sedimentos en corrientes hídricas.

- Conocer la dinámica hídrica, funciones hidrológicas y ecosistémicas de humedales, páramos y ecosistemas alto-andinos asociados.
- Interacción de agua superficial y subterránea.
- Investigación sobre la sostenibilidad de la actividad minera en zonas donde la oferta hídrica disponible evidencia crecientes conflictos entre sectores productivos y demanda para el consumo humano.

Lo anterior implica fortalecer la capacidad para desarrollar investigación pertinente en un proceso de articulación institucional que se oriente a dar respuesta a las necesidades de conocimiento e información y a optimizar recursos.

### e) **Riesgo asociado con la hidrológica y recurso hídrico**

En este tema, el ENA 2010 aporta análisis de fenómenos extremos hidrológicos ante eventos como

El Niño y La Niña, y sobre los posibles efectos sobre la hidrología del país ante escenarios de cambio climático. Así mismo, identifica la necesidad de avanzar en la evaluación de amenazas hidrológicas, en el entendido de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. En particular, muestra la necesidad de profundizar en el desarrollo conceptual y metodológico para la evaluación de amenazas de origen natural: inundaciones, avenidas torrenciales, avalanchas y sequías; y de origen antrópico, como la contaminación y los procesos de erosión.

La evaluación de la probabilidad de ocurrencia de eventos hidrológicos o de contaminación potencialmente desastrosos en un cierto período de tiempo, en sitios específicos, será la base para evaluar la vulnerabilidad, de manera que permita la gestión adecuada del riesgo asociado a estos fenómenos.

