

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

Río Magdalena-Estación Hidrológica Nariño. / H. Romero



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

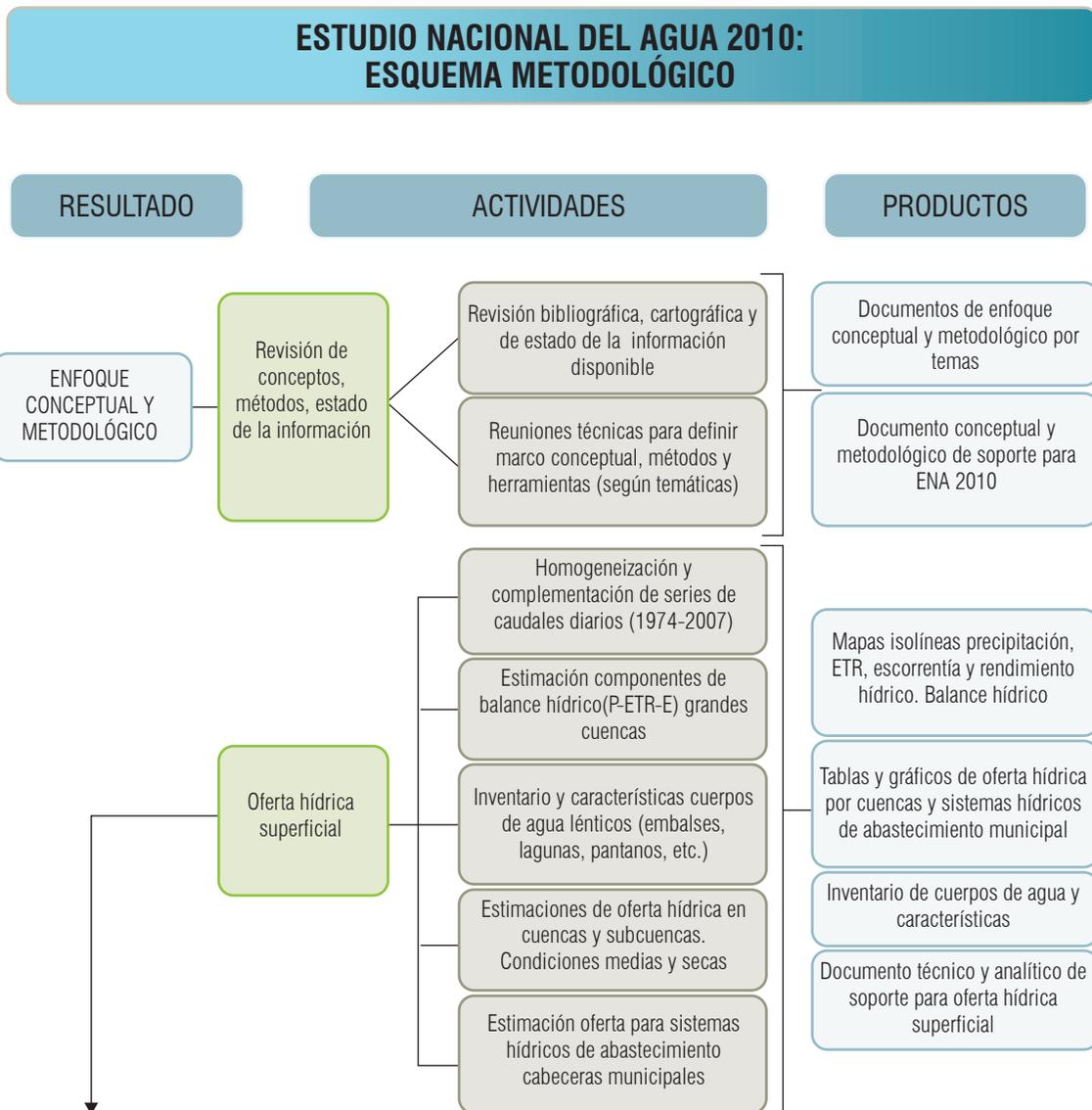
ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

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

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



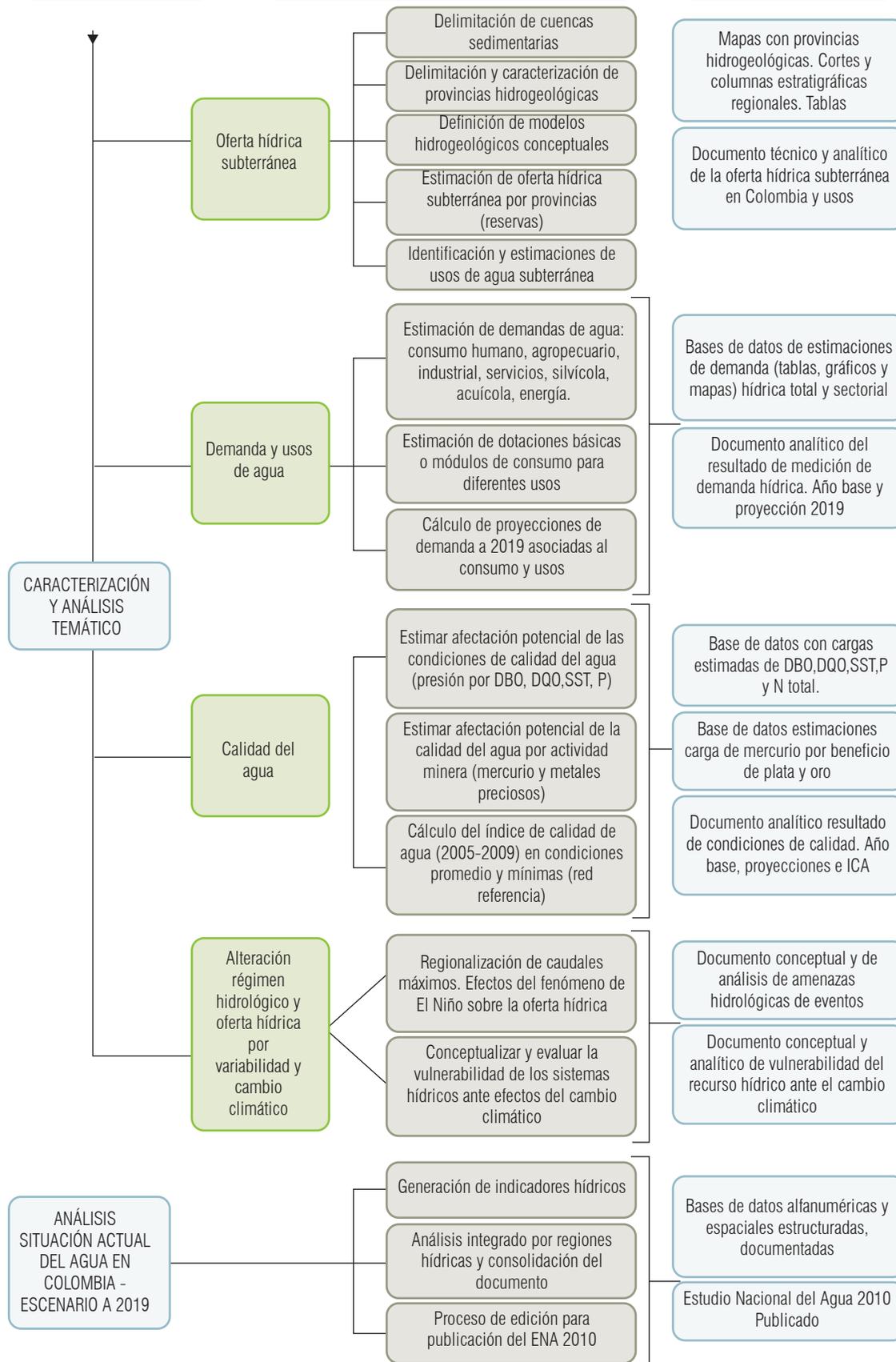


Figura 2.1. Estudio Nacional del Agua 2010. Esquema Metodológico.

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

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

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

2.1. Información para el ENA 2010

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

2.1.1. Sistema de Información Ambiental para Colombia, SIAC

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

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

2.1.1.1. Sistema de Información Ambiental, SIA

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

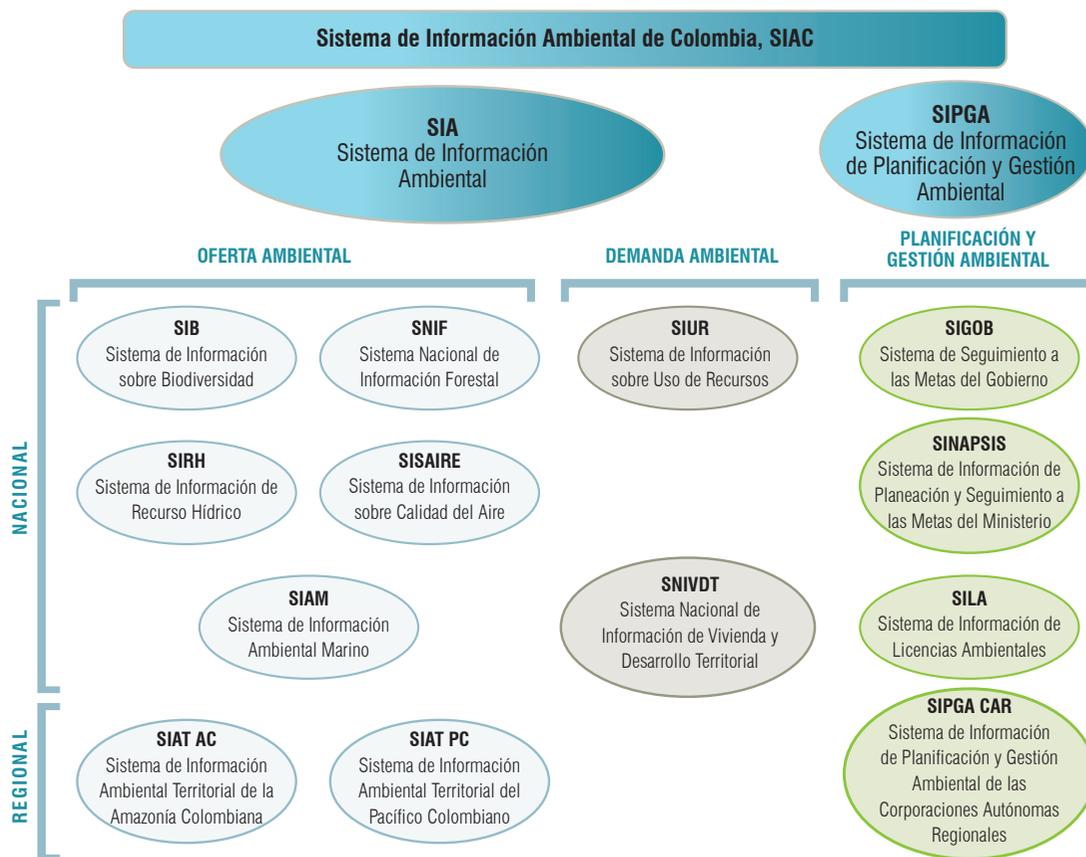


Figura 2.2. Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC (MAVDT, 2007).

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

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

2.1.1.2. Sistema de observación y monitoreo

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

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

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

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

2.1.2. Sistema Estadístico Nacional

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

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

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

2.2. Unidades de análisis para el ENA 2010

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

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

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

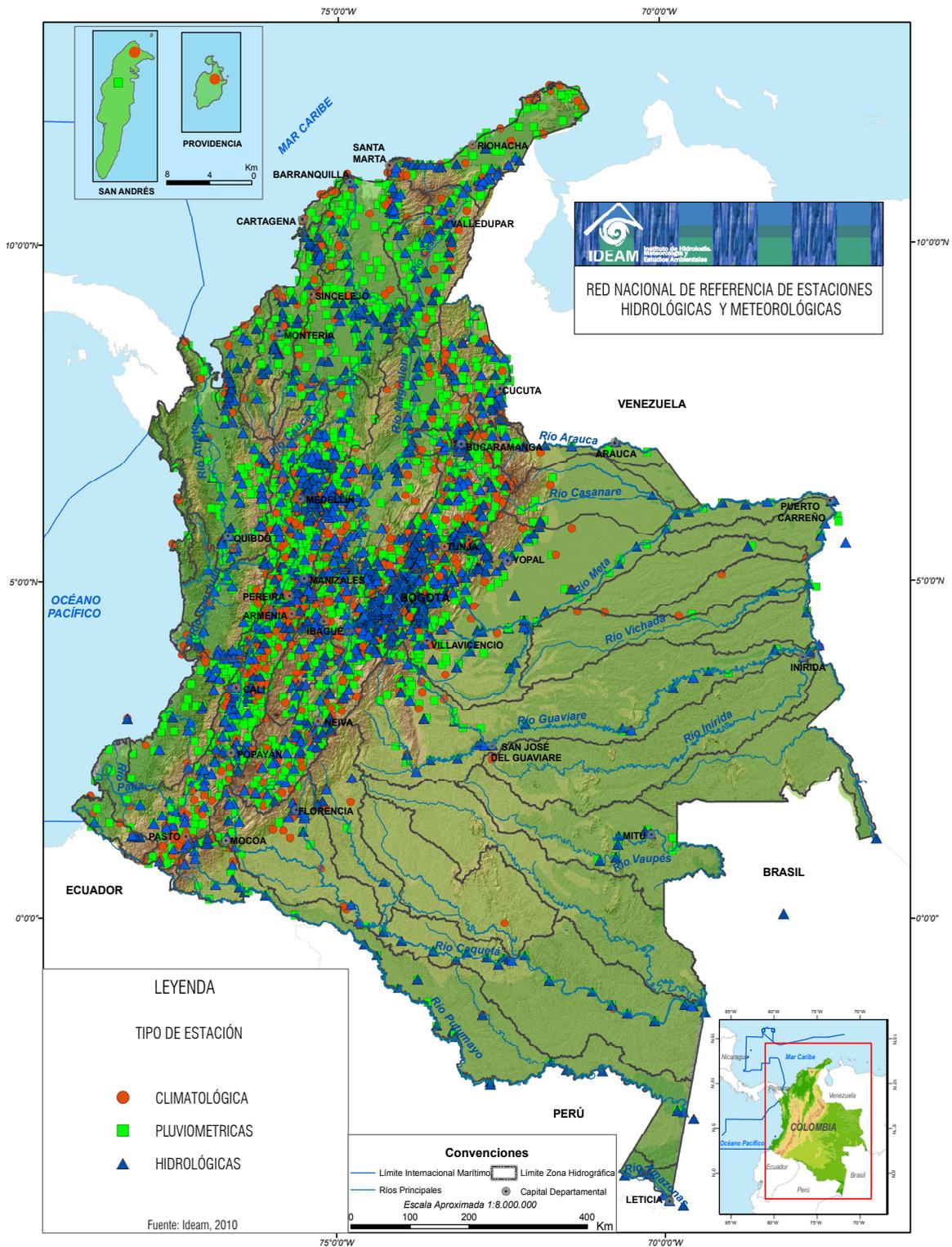


Figura 2.3. Red nacional de referencia de estaciones hidrológicas y meteorológicas.

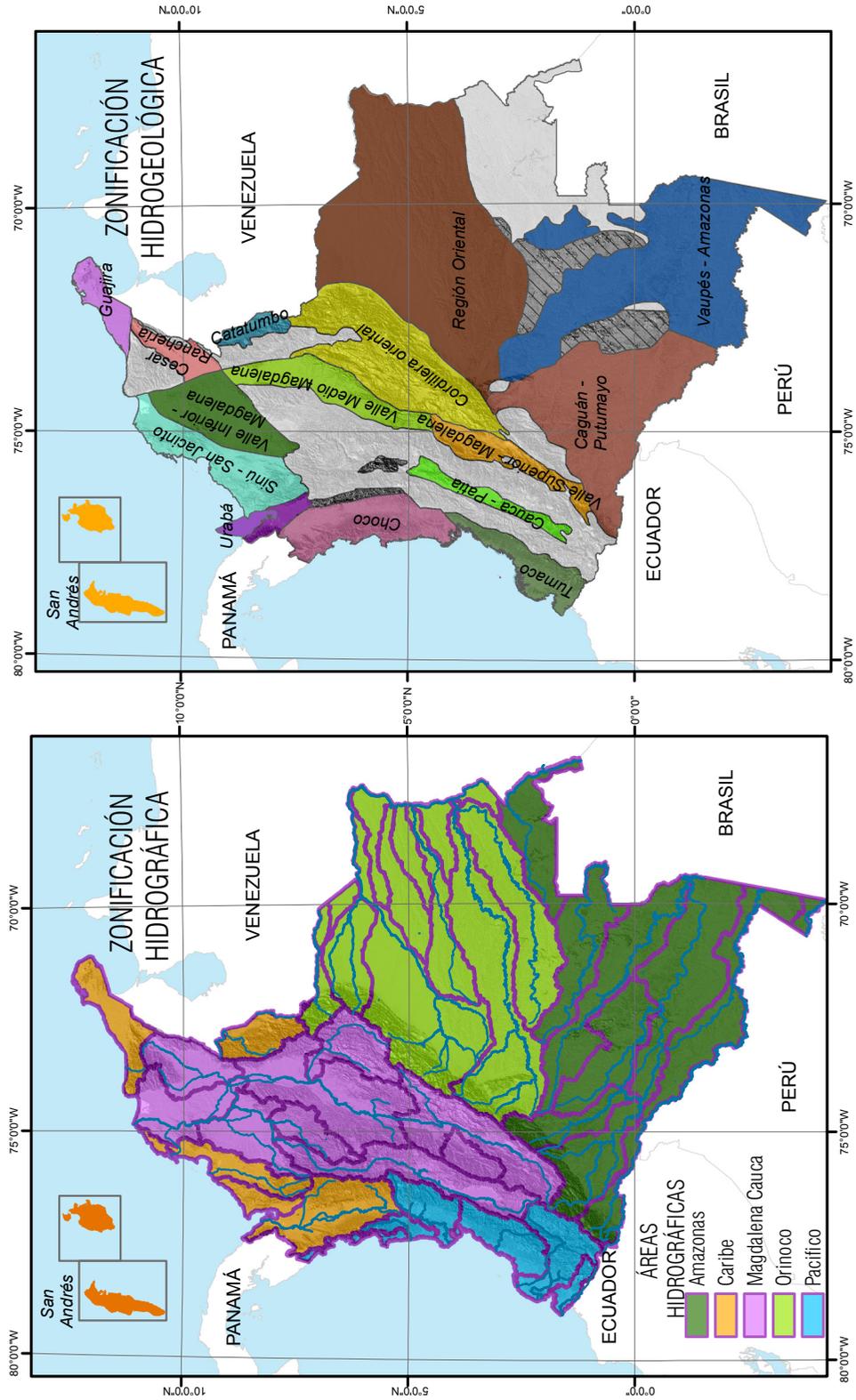


Figura 2.4. Zonificación hidrográfica e hidrogeológica de Colombia.

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

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

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

2.3. Modelamiento espacial

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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