

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

Laguna de Tota-Boyacá. / O. Franco



Autores
OMAR FRANCO
MARTHA GARCÍA
OMAR VARGAS

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentan los elementos conceptuales básicos que orientan y soportan la evaluación de las características e interacciones de la oferta y la demanda para diferentes usos, las condiciones de calidad y de disponibilidad del recurso, y los riesgos asociados a la dinámica del agua en Colombia.

Se expone el enfoque conceptual general del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010, y se relacionan los indicadores que apoyan el análisis integral de la situación actual y de la proyectada al 2019, en concordancia con el horizonte temporal de Colombia II Centenario (DNP 2005).

1.1. El ciclo hidrológico: modelo conceptual del ENA 2010

El ciclo hidrológico y su balance de agua global constituyen el modelo básico para entender el funcionamiento del sistema hídrico y las interacciones entre el océano y el continente (Ideam, 1998). El ciclo hidrológico representa el proceso continuo de la circulación y transformación del agua en sus diversos estados en la esfera terrestre. Su dinámica es determinada por las condiciones de la radiación solar, la acción de la

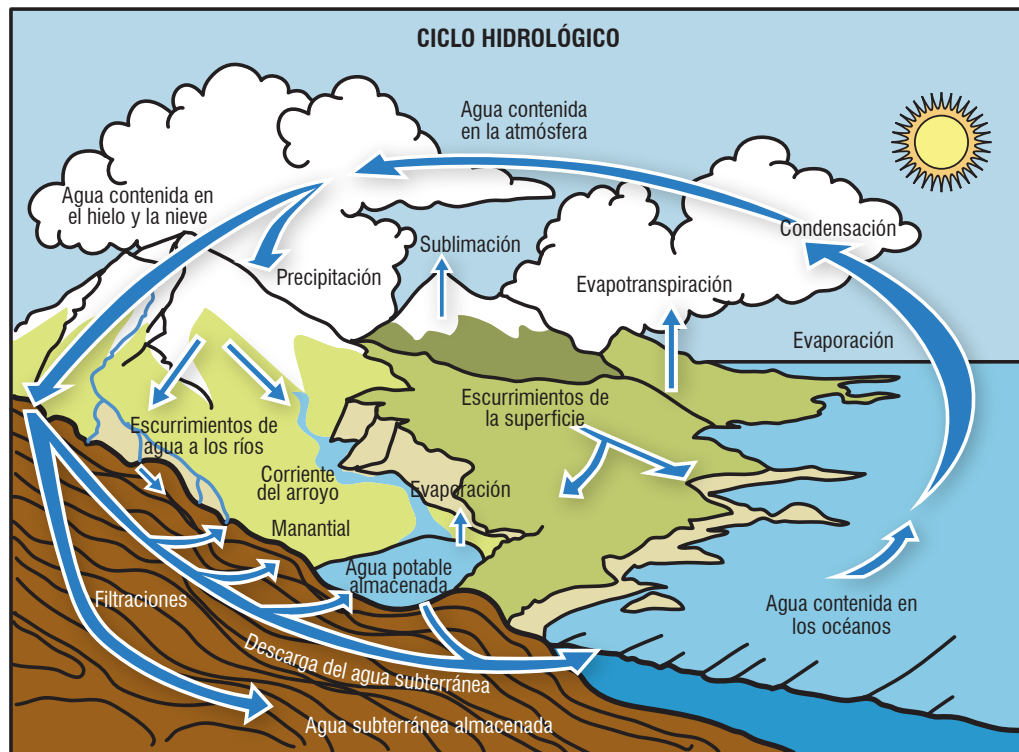


Figura 1.1. Diagrama del ciclo del agua (Modificado de USGS, sin fecha; recuperado en ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html).

gravedad y las interacciones de las capas superiores de la Tierra: atmósfera, litosfera y biosfera (*Figura 1.1*).

El ciclo, tal como se observa en la *Figura 1.1*, está gobernado por procesos naturales que ocurren de manera continua. El agua cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida; parte de ella puede evaporarse antes de tocar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenida por las hojas de las plantas (intercepción). De allí, una parte es evaporada de nuevo hacia la atmósfera, en tanto que la fracción restante cae hacia el suelo, en donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas, siguiendo la dirección de las mayores pendientes del terreno (Sánchez, F., 2010). La parte del agua que escurre a lo largo de las laderas puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, en donde se evapora o infiltra; o, por último, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forma el flujo superficial. Estos tres flujos –superficial, subsuperficial y subterráneo– conforman la escorrentía, que integra los cauces de las corrientes, alimenta los diferentes almacenamientos y drena finalmente al mar.

Esta compleja interacción entre la atmósfera y los procesos superficiales y subsuperficiales afecta el régimen, la cantidad, la distribución y la calidad del agua en las diferentes unidades hidrográficas. Por ello, los componentes del ciclo hidrológico difieren en sus características químicas, bioquímicas, variabilidad espacial y temporal, resiliencia, vulnerabilidad a la presión (incluidos usos de la tierra y cambio climático), susceptibilidad a la contaminación y capacidad de proveer servicios ambientales apropiados para ser utilizados en forma sostenible.

El **Estudio Nacional del Agua** se aborda desde el concepto de integralidad y enfoque sistémico de los ciclos y procesos de la naturaleza, y reconoce al agua

como elemento vital, estructurante del medio natural y decisivo en la dinámica de los procesos sociales y productivos. En este contexto se integran la oferta con los usos y aprovechamientos, que tienen lugar en las *unidades hidrográficas que definen los sistemas hídricos* a diferentes escalas en el ámbito nacional: las cuencas hidrográficas y las provincias hidrogeológicas.

Se parte de una línea de referencia que soporta el análisis del comportamiento y estado del agua en el medio natural, para evaluar las presiones sobre la cantidad y calidad, producto de las acciones antrópicas y de los posibles efectos e impactos por eventos climáticos extremos o procesos globales, como el cambio climático (*Figura 1.2*)

La caracterización de variables de oferta, demanda y calidad, y las correspondientes a alteraciones del régimen natural, permiten construir un sistema de indicadores hídricos que reflejan el estado de las situaciones que, en un enfoque sistémico con visión integral, son determinantes para la toma de decisiones en el marco de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)¹ adoptado en la “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia” (MAVDT, 2010). La conceptualización de este sistema de indicadores se ilustra en la *Figura 1.3*.

El modelo del sistema de indicadores hídricos establece un estado de referencia de las condiciones actuales que dan cuenta de variables determinantes para explicar las relaciones entre la oferta y la demanda del recurso hídrico superficial y subterráneo. Así

1 La evaluación de los recursos hídricos es un prerrequisito para todos los aspectos relacionados con la planificación, desarrollo y gestión integrada del agua, y un elemento fundamental para la toma de decisiones. Constituye, a su vez, un factor coadyuvante en la gestión para la preservación del medio ambiente como parte del desarrollo sustentable (WMO, UNESCO, 1991)

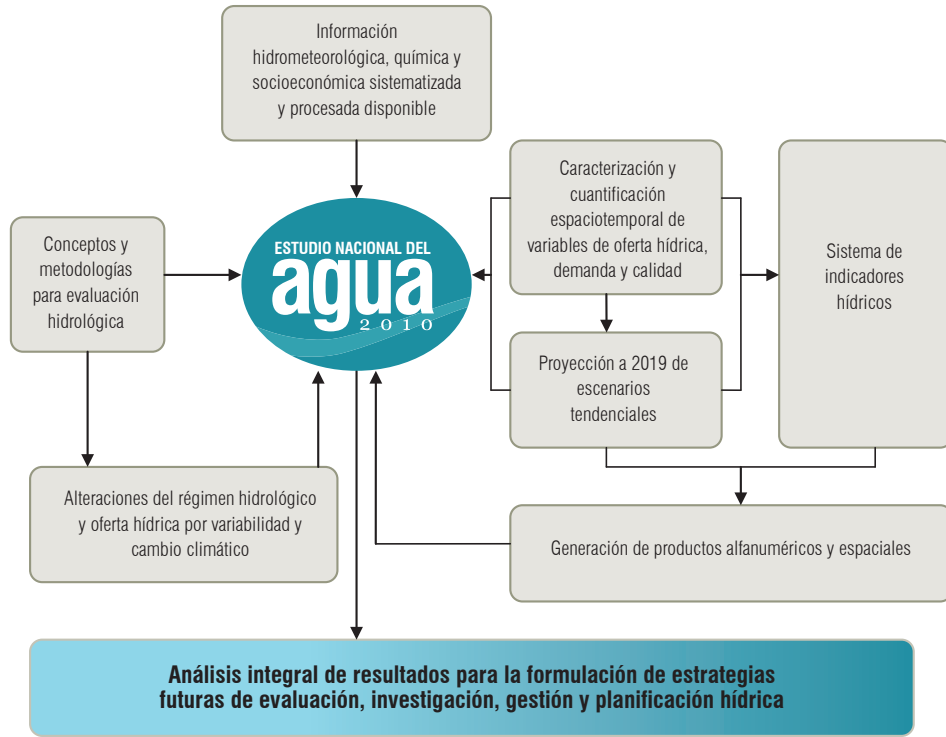


Figura 1.2. Estructura del Estudio Nacional del Agua 2010.

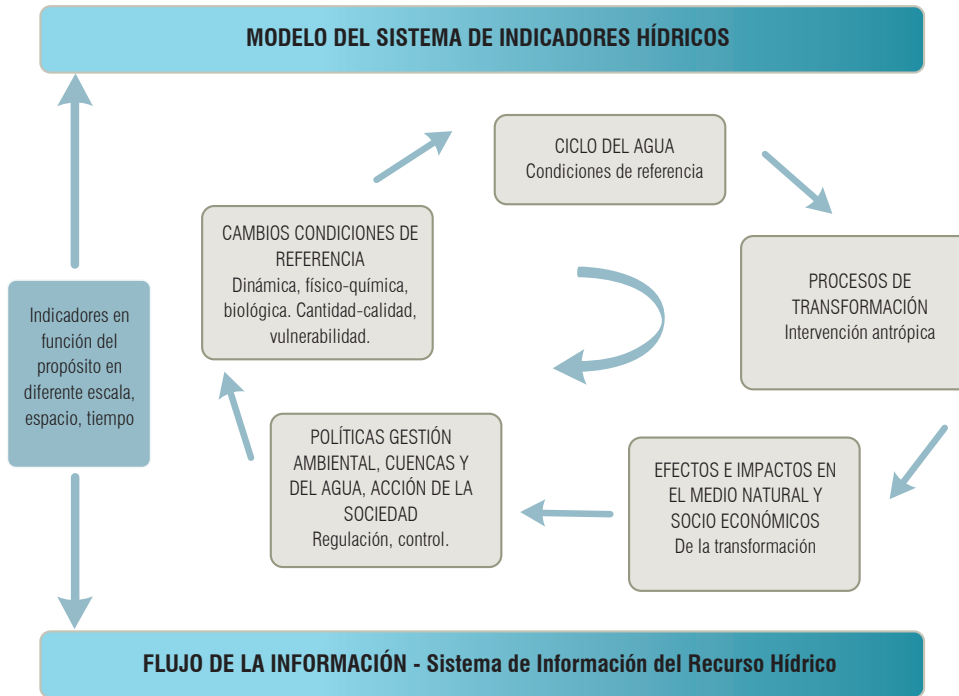


Figura 1.3. Modelo del Sistema de Indicadores Hídricos (García, M., 2009).

mismo, referencia los procesos de transformación por interacción antrópica y los efectos en las condiciones de calidad de los cuerpos de agua superficial y subterránea, las amenazas y vulnerabilidad de los ecosistemas por regulación hídrica (páramos, humedales, zona de recarga de acuíferos, etc.), y las potencialidades y restricciones de sistemas hídricos para el abastecimiento a la población y el aprovechamiento en las diferentes actividades socioeconómicas.

Los cambios en las condiciones de referencia se determinan a través del conjunto de indicadores desarrollados en el ENA 2010 que permiten el seguimiento a los cambios en la dinámica hídrica y estado del agua, en unidades de análisis espaciales y temporales definidas para el seguimiento a nivel nacional. Los indicadores que sintetizan las características del régimen hidrológico son el Índice de Aridez (IA) y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH). Los indicadores que, además de factores climáticos e hidrológicos, incorporan la interacción con las actividades antrópicas corresponden a: el Índice de Uso del Agua (IUA), el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH), el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad (IACAL). El soporte básico para el sistema de indicadores es el sistema de información del recurso hídrico, SIRH.

1.2. Enfoque de componentes temáticos

La oferta hídrica se basa, fundamentalmente, en la **ecuación del balance hídrico**, que es la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como **ecuación de continuidad**. Este establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante un determinado tiempo, la diferencia entre las entradas y las salidas están condicionadas por la variación del volumen de agua almacenada. La **ecuación del balance**

hídrico para cualquier zona o cuenca natural, o para cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo, y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua.

Mediante el balance hídrico, se pueden caracterizar las diferentes regiones y establecer el rango de disponibilidad natural de agua, como resultado de la interrelación de los parámetros hidrológicos y meteorológicos (precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y escorrentía).

La caracterización de la oferta de agua subterránea comprende la cuantificación de reservas (*Figura 1.4*) en provincias hidrogeológicas. Estas reservas no tienen en cuenta los recursos temporales o variación de la reserva que dependen de las condiciones de la recarga actual y fluctúan entre los niveles N1 y N2 para las estaciones húmedas y secas respectivamente (Rodríguez, C.O., 1979). Estos volúmenes son despreciables en las provincias hidrogeológicas frente al cálculo de reservas permanentes (Freeze et ál., 1979).

El nivel mínimo, N2, se presenta a finales de la temporada de sequía, una vez que el agua subterránea ha sido drenada por los cauces superficiales, en forma de “flujo base”. La diferencia entre los niveles N1 y N2 permite calcular el volumen de agua drenado anualmente (de los acuíferos que tienen interconexión hidráulica con los cauces superficiales) y corresponde a lo que algunos autores denominan “recursos temporales” (o “estacionales”), que están asociados con la infiltración y recarga y, por lo tanto, se pueden calcular a partir de la ecuación del ciclo hidrológico cuando se dispone de suficiente y adecuada información hidroclimatológica e hidrogeológica.

La demanda hídrica, en el marco del ENA 2010, se define como una extracción del sistema hídrico destinada a suplir las necesidades o requerimientos del

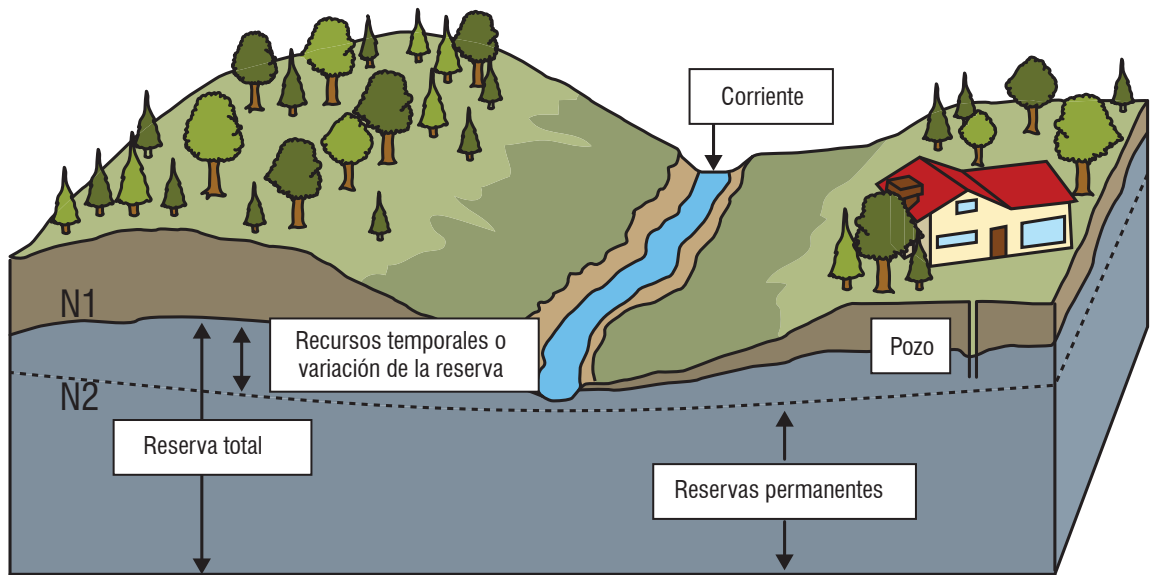


Figura 1.4. Distribución espacial de las reservas de agua subterránea de una cuenca (Modificado de Tarbuck y Lutgens, 1996).

consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

La extracción y, por ende, la utilización del recurso implican sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en estos los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. El concepto de extracción connota la utilización de agua desagregada en dos componentes (Figura 1.5):

1. El agua consumida efectivamente en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental).
2. El volumen de agua extraída no consumida.

En el marco del ENA 2010, el uso consuntivo del agua está limitado a la estimación de la demanda hídrica

en los sectores manufacturero² (industrial), agrícola, pecuario, servicios y doméstico.

El concepto de calidad del agua que se plantea, apropiada la definición de la Directiva Europea Marco del Agua, que asume que es necesario proteger un cuerpo de agua más como un bien ambiental que como un recurso para ser explotado y que no pretende una caracterización en función del uso (Ideam, 2010).

La presión por contaminación se estima a partir de la carga potencial vertida a los sistemas hídricos superficiales por los sectores doméstico, agrícola, industrial

2 Para efectos de la investigación estadística, se define como la transformación mecánica o química de sustancias orgánicas e inorgánicas en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con máquinas o manualmente, en fábrica o a domicilio, o que los productos se vendan al por mayor o al por menor. Incluye el montaje de las partes que componen los productos manufacturados, excepto en los casos en que tal actividad sea propia del sector de la construcción (DANE, 2009).

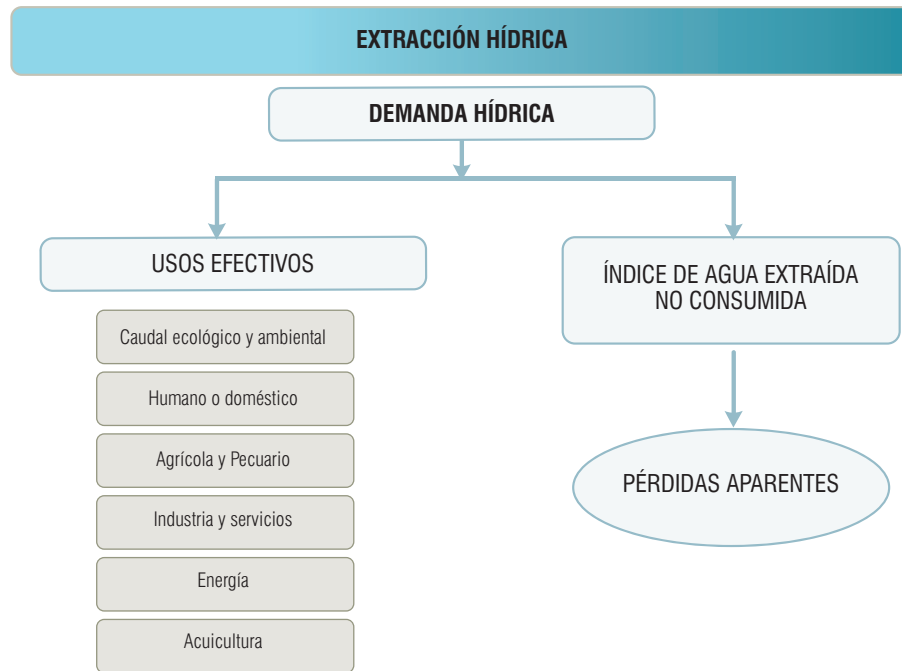


Figura 1.5. Dominios que definen la demanda hídrica.

(para cuarenta y tres actividades industriales EAM 2007 desglosadas a cuatro dígitos CIIU³) y minero (minería de oro y plata).

A través del índice de calidad físico-química del agua (ICA),⁴ se evalúan las tendencias de cambio en las condiciones de calidad de las corrientes hídricas, el deterioro y/o la recuperación. Se construye a partir de variables medidas en la red básica de referencia del Ideam, las cuales dan cuenta de diferentes

orígenes de contaminación: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD), sólidos totales en suspensión (SST), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE) y pH.

Las alteraciones por variabilidad climática y cambio climático del régimen hidrológico y de la oferta hídrica se evalúan a partir del análisis del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y de los efectos del cambio climático sobre la escorrentía media anual.

Las premisas conceptuales de los componentes temáticos e indicadores se precisan en los capítulos 3 al 8 de este estudio.

3 El CIIU es la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas; tiene como propósito agrupar las actividades similares por categorías que facilitan el manejo de información para el análisis estadístico y económico del sector empresarial.

4 La Comunidad Andina de Naciones, CAN, define el ICA como un número o una clasificación descriptiva de parámetros de calidad (5, 9, 23), cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones de las autoridades (CAN, 2004).

