

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial

Cultivo de arroz. Cesar-Valledupar. /O. Jaramillo



Autores
MARÍA CARMENZA GONZÁLEZ
GABRIEL DE JESÚS SALDARRIAGA
OMAR JARAMILLO

ESTUDIO NACIONAL DEL
agua
2010

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial

Para la estimación de la demanda hídrica nacional, en el marco del Estudio Nacional del Agua 2010 se seleccionaron los siguientes sectores, intensivos o extensivos en el uso del recurso hídrico: agua para uso humano o doméstico, agua en actividades industriales, agua en actividades de servicios, agua en el sector agrícola, agua en el sector pecuario y en acuicultura, y agua en el sector de energía. El método de estimación propuesto en el ejercicio de 2010 escala el marco conceptual, así como la metodología y las técnicas de medición utilizadas en el pasado. En lo sustantivo, en el presente estudio son tres los ámbitos de profundización y aplicación:

Primero, el grueso del cálculo tiene soporte en operaciones estadísticas objetivas y continuas que, dependiendo del dominio de medición, pueden ser censos, encuestas o registros administrativos. Su utilización garantiza atributos deseables, tales como confiabilidad estadística, certidumbre frente a la sostenibilidad en el tiempo, representatividad de los datos, oficialidad de las cifras utilizadas y replicabilidad del ejercicio; en suma, esto le confiere a la estimación misma un valor defendible.

Aun cuando para algunos aspectos de la medición es necesario recurrir a estadísticas derivadas o a coeficientes que permiten generalizar la estimación, la utilización de operaciones estadísticas reduce el sesgo hacia la asunción de una estimación presuntiva o aparente, a partir de estructuras rígidas que no siempre dan cuenta de la dinámica misma de los fenómenos observados.

La decisión de trabajar a partir de las operaciones estadísticas en estricto sentido responde a dos restricciones, reconocidas institucionalmente en el sector ambiental:

- No se dispone de un sistema de monitoreo sobre los caudales o volúmenes extraídos insumidos en las diferentes actividades de uso llevado a los diferentes niveles de desagregación temporal, espacial y temática. Es decir, que no se cuenta con un acervo estadístico que permita monitorear las tendencias y estado de la demanda hídrica nacional.
- No obstante, si bien se cuenta con datos sobre las concesiones de agua para el conjunto de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), el grueso de la información presenta restricciones importantes de uso, al no estar disponibles bajo un registro administrativo¹ que soporte el desarrollo de estudios y mediciones con fines estadísticos, conforme a la confiabilidad misma del registro.

El **segundo** aspecto que escala el estudio es la adopción de un cuerpo ampliado de conceptos no introducidos en mediciones anteriores o que, si bien en algunos componentes fueron referenciados, en el presente ejercicio son incorporados con mayores niveles de precisión y completos. Son ellos, en su orden:

1. El concepto ampliado de *cadena de consumo de agua y de consumo intermedio efectivo*, con lo

1 Registro administrativo es todo registro resultante de necesidades fiscales, tributarias u otras, creado con la finalidad de viabilizar la administración de los programas de gobierno o para fiscalizar el cumplimiento de obligaciones legales de la sociedad (CEPAL, II CEA, 2003: 10).

- cual se supera la limitación que acotaba el consumo a una solo etapa de la cadena de producción.
2. La eficiencia del uso consuntivo, que en esencia se deriva de la medición del agua extraída no consumida, cuya acepción en el pasado, de manera generalizada, hacía referencia a pérdidas o a pérdidas aparentes, aunque no siempre fueron incorporadas al cálculo. De manera puntual, hace referencia a la eficiencia del riego cuando se trata de la medición del balance agrícola y al volumen de agua no contabilizada como parte de los consumos del sector doméstico, servicios e industria.
 3. La medición del consumo informal o no registrado aplicado al dominio de la medición de la demanda pecuaria.
 4. La medición del consumo de agua en el manejo poscosecha o beneficio de las explotaciones agrícolas, en procesos *ex post* al crecimiento vegetativo, cuya finalidad es el control de sanidad, conservación y transformación del producto agrícola con destino a la comercialización. En este primer ejercicio, se realizó puntualmente en banano, en café y en la transformación de la hoja de coca, sin incluir la química final asociada a la obtención de base de coca y clorhidrato de cocaína.
 5. La inclusión de caudal ecológico y ambiental como un componente agregativo en la demanda y no como un factor de reducción o sustracción en la oferta hídrica.
 6. La inclusión del volumen de agua extraída en las actividades de generación de energía y producción piscícola como un componente agregativo en la demanda, no obstante su clasificación como uso no consuntivo.

7. La propuesta de inclusión de cuatro indicadores directamente asociados con el ejercicio de demanda hídrica como son: el agua virtual, el índice de agua extraída no consumida, la disponibilidad relativa del agua y la disponibilidad relativa de riego.

El **tercer** aspecto se refiere a la ampliación de las unidades de observación, dotando de una mayor cobertura al cálculo de la demanda; específicamente, identificando subuniversos demandantes de agua en actividades de pequeña industria y gran industria a partir de ajustes de cobertura: La identificación del consumo extensivo en la cadena de producción en el sector pecuario, al incluir el consumo en la fase de cría y levante, sacrificio formal y no formal, y el uso de agua en lugares de alojamiento y sacrificio, aplicado diferencialmente a la población de bovinos, porcinos y aves. La oferta agrícola, ampliada a partir de la inclusión de las coberturas de bosques plantados, pastos con manejo y cultivo de flores permanentes en invernaderos.

5.1. Conceptualización de la demanda hídrica en el marco del Estudio Nacional del Agua

La demanda hídrica, en el marco del Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se define como la extracción² hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

² Eliminación de agua de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal.

La extracción y, por ende, la utilización del recurso implican la 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:

1. El agua utilizada en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental). La inclusión de este último componente se sustenta en la regulación establecida en el Decreto 3930 de 2010, que define taxativamente el uso del agua en la preservación de flora y fauna, con la finalidad de mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos; y el uso del agua para la armonización y embellecimiento del paisaje con fines estéticos.
2. El volumen de agua extraída no consumida.

Para efectos de conceptualizar la medición de la extracción de agua en función del uso, es necesario acotar los conceptos que la definen y sus dominios de aplicación (Figura 5.1).

Uso efectivo. Se refiere a la cantidad de agua que es utilizada como insumo en los procesos de producción económica sectorial y en el consumo humano, como satisfactor de las necesidades fundamentales de la población, por ejemplo el consumo propio o vital (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios) y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas.

Caudal ecológico y ambiental. Aplicable a la demanda de los ecosistemas. El Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 lo define como "Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas".

Para las unidades de análisis del ENA, se define como un caudal variable expresado en magnitud de frecuencia, duración, predictibilidad y tasa de cambio para permitir el desarrollo de los ecosistemas lóticos, delimitados de acuerdo a criterios explícitos.

Una aproximación a su estimación se basa en el método de curva de permanencia o de duración de caudales. Este consiste en la construcción de una curva a

Conceptos	Universos de aplicación
Cadenas de consumo	Hogares
Consumo intermedio efectivo	Sector manufacturero
Requerimientos de riego	Sector pecuario y piscícola
Caudal ecológico y ambiental	Sector agrícola
Agua extraída no consumida	Sector energético
	Ecosistemas

Figura 5.1. Conceptos y universos de aplicación, demanda hídrica en el marco del ENA 2010.

partir de datos de caudales diarios, mensuales o anuales en la que se presenta la relación entre ciertos rangos de caudales y el porcentaje de tiempo en que cada uno de esos rangos es igualado o excedido. El caudal ambiental es expresado como un valor fijo, que corresponde a un rango de caudal que se mantiene igualado o excedido un cierto porcentaje de tiempo.

Agua insumida. Se refiere al volumen de agua que es incorporado como consumo intermedio en las actividades de producción de los diferentes sectores económicos, ya sea que se trate del sector primario –como en el caso de la oferta agrícola, silvícola y pecuaria–, del sector secundario o de transformación manufacturera –incluido el sector energético– o del sector terciario o de servicios. Así mismo, incluye el agua utilizada en el consumo propio de la población y de los hogares, con fines de mantenimiento y de aseo de las viviendas.

Consumo humano. Se refiere al agua que es utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; para satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y para preparación de alimentos en general, y en especial, los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración (Decreto 3930 de 2010).

En el Estudio Nacional del Agua 2010, el ejercicio planteado para hacer el cálculo del uso del agua para consumo humano coteja diferentes propuestas frente al umbral mínimo de consumo, dado un nivel de bienestar vs. la tendencia real de consumo actual de los hogares, acorde con la estratificación, el tamaño medio de los hogares, la caracterización climática y la continuidad del suministro, esta última en función de la complejidad de los sistemas de abastecimiento. En el agregado nacional, representa el volumen de agua

–en millones de metros cúbicos– utilizado por la población urbana y rural para suplir sus necesidades.

En Colombia, de acuerdo con la regulación económica, el consumo básico es del orden de 20 m³/suscriptor-mes (CRA, 1994), equivalente a 110 l/hab-día (SSPD, 2007). Sin embargo, este nivel ha sido considerado en varias investigaciones como un consumo elevado. Así por ejemplo, la OPS ha determinado el consumo básico entre 80 litros/habitante-día y un máximo de 100 l/hab-día. Esto, traducido al consumo de una familia de cinco miembros, equivale a 12 m³/ usuario-mes, variando de acuerdo con las condiciones de humedad y climatología. En el caso de Chile e Inglaterra, se adoptaron consumos básicos de 15 y 20 m³/suscriptor-mes respectivamente, como política general, sin importar la estacionalidad. Una última referencia hace alusión al consumo autónomo en Colombia, definido como aquel que suple las necesidades básicas, entre 65 y 110 l/hab-día (DNP, 2000).

Cadena de consumo de agua. En el marco del ENA 2010, es aplicable a la estimación de la demanda en el sector pecuario. Hace referencia a cada uno de los componentes del consumo de agua en la cadena productiva, teniendo en cuenta las etapas de cría, levante y sacrificio de ganado, más el consumo del recurso en labores de manejo de la población en los diferentes lugares de alojamiento y beneficio (porquerizas, galpones, plantas de sacrificio y hatos ganaderos). Igualmente, el consumo relacionado con el sacrificio informal o no registrado.

Consumo intermedio efectivo: Da cuenta del agua insumida como consumo intermedio en los procesos de transformación y de servicios. El agua en este dominio puede ser utilizada como materia prima, como transporte en la actividad de producción de celulosa y la producción de papel, como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento

como de enfriamiento, o como contenedor de residuos industriales.

Cada uno de estos usos es identificado a partir de la caracterización de las actividades industriales (Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIU, y Clasificación Central de Productos, CPC). En el caso de la actividad de servicios, da cuenta del agua utilizada en el sector institucional, por ejemplo, en hospitales, colegios, universidades y servicios hoteleros.

Necesidades de riego. Referidas a la cantidad de agua y al momento de su aplicación, a fin de compensar el déficit de humedad del suelo durante un periodo vegetativo. Se determinan utilizando la evapotranspiración del cultivo en consideración (ETc) menos el agua aportada por las precipitaciones. Cuando la precipitación efectiva es mayor que las necesidades de riego, la demanda o riego bruto es igual a cero (0). En caso contrario, cuando la precipitación efectiva es menor al uso consuntivo del cultivo, la demanda se define por la diferencia entre la ETc y el agua que se aporta por precipitación.

Agua extraída no consumida. Aplicable a las demandas antrópicas en su conjunto. Se define como el volumen de agua –expresado en m³– que es extraído del sistema hídrico y que no es utilizado efectivamente en ningún tipo de uso o consumo, que retorna al sistema con variaciones en las condiciones de calidad originales.

La demanda hídrica es igual al volumen total de agua extraída. Este volumen de agua extraído es igual a los consumos más el agua extraída no consumida. Bajo esta delimitación en función de la demanda, la extracción es definida en sus componentes de la siguiente manera:

$$Dh = \sum U$$

donde

Dh: demanda hídrica

U: uso sectorial, doméstico y ecosistemas

$$Dh = \sum c + Aenc$$

donde

Dh: demanda hídrica

c: consumos sectorial, doméstico y de ecosistemas

Aenc: agua extraída no consumida sectorial y doméstico

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

donde

Dh: demanda hídrica

Ch: consumo humano o doméstico

Csp: consumo del sector primario

Csm: consumo del sector manufacturero

Ccss: consumo del sector servicios

Cea: caudal ecológico y ambiental

Ce: consumo del sector energía (hidroeléctrica y termoeléctrica)

Ca: consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

La demanda hídrica en el marco del ENA 2010 considera sin distinción el uso del agua clasificado como consuntivo y no consuntivo, dado que la utilización del recurso, independientemente de esta clasificación, supone la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso y la no disponibilidad para otros usos compartidos o excluyentes.

Es importante resaltar que los diferentes usos en el caso puntual de la producción acuícola o el volumen

de agua turbinado para generación energética –con sus correspondientes tasas de retorno– implican retenciones o almacenamientos temporales, que inciden sobre el ciclo hídrico y sobre la disponibilidad misma del recurso. En estos casos, las afectaciones de calidad que caracterizan los retornos esperados, la temporalidad de la sustracción (almacenamientos) y el consumo excluyente y rival durante el periodo de sustracción determinan su inclusión como componentes agregativos de la demanda hídrica nacional.

La inclusión de la demanda hídrica asociada a la generación de energía y a la producción acuícola, clasificados como usos no consuntivos, toma como referencia el volumen de agua aprovechado en un año base, siendo este una variable de *stock* y no de flujo. La tasa de retorno al sistema es cercana al 100% luego de descontar la evaporación natural.

El caudal ambiental se privilegia como uso; por esta razón, los estimativos generales de volumen requerido para los ecosistemas asumen que debe estar disponible y, para garantizarlo en alguna medida, se consideró para el ENA como una sustracción de la oferta hídrica superficial y no se sumó en la demanda total.

5.2. Resultados alcanzados en la estimación de la demanda hídrica sectorial

Teniendo como soporte los conceptos y universos de aplicación, se presenta el consolidado de la demanda hídrica sectorial, incluidos el uso efectivo y los estimativos para la demanda extraída no consumida; también, los estimativos de demanda por cada sector seleccionado, conforme a las unidades de observación y a las premisas de cálculo adoptadas.

5.2.1. Demanda hídrica total nacional

La demanda hídrica agregada total nacional, conforme a los sectores seleccionados, con inclusión del agua extraída no consumida, alcanzó en 2008 un orden de magnitud de 35.877 Mm³. En la *Tabla 5.1* y en la *Figura 5.2*, se presentan los estimativos por sectores de la demanda por uso y su participación porcentual con respecto al total nacional. Lo mismo, en la *Figura 5.3*.

Tabla 5.1. Demanda hídrica nacional.

Usos del agua	Total (Mm ³)	Participación (%)
Servicios	528	1,5
Industria	1.577	4,4
Pecuario	2.220	6,2
Acuícola	2.584	7,2
Doméstico	2.606	7,3
Energía	6.976	19,4
Agrícola	19.386	54,0
Total	35.877	100

El componente de demanda extraída y no utilizada, resultado de la agregación de uso para los sectores, alcanza el 26% de la demanda total de agua (*Figura 5.3*).

La espacialización de la demanda hídrica nacional por subzonas hidrográficas conforme a la división política administrativa y regionalización de los datos primarios utilizados en la estimación se ilustran en la *Figura 5.4*.

En el contexto nacional, la estimación del componente de demanda hídrica realizada en los anteriores Estudios Nacionales del Agua deja ver una marcada subestimación frente al cálculo actual, producto de

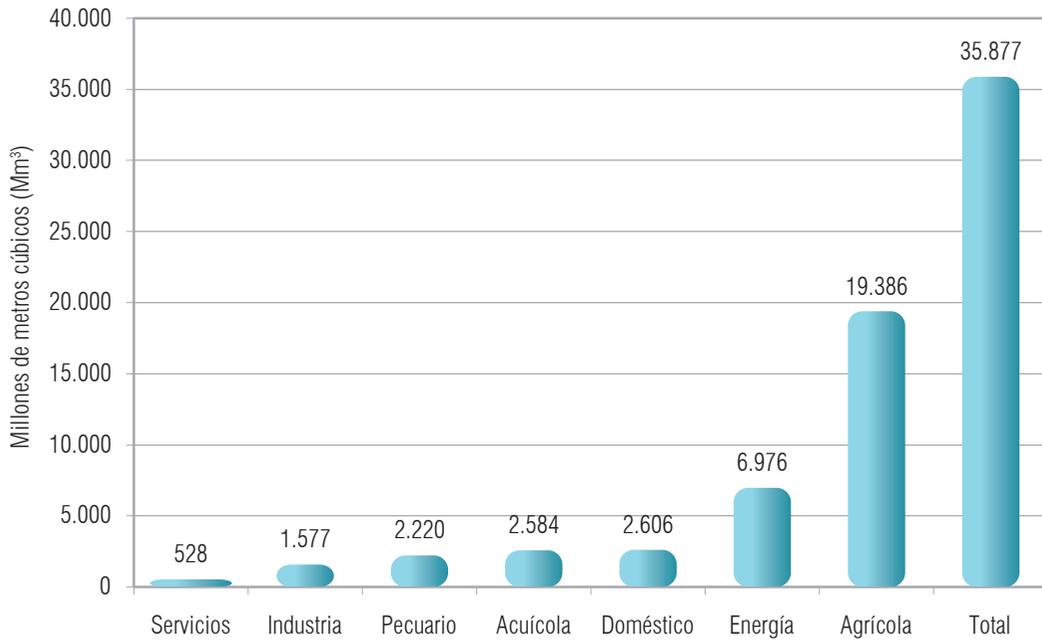


Figura 5.2. Demanda hídrica sectorial nacional agregada (2008).

1) una aproximación conceptual y metodológica de menor precisión, completa y cobertura; y 2) una posibilidad menos robusta de realizar la medición, dada

la información estadística disponible en su momento. En síntesis, la demanda proyectada para el año 2025 es igualmente inferior.

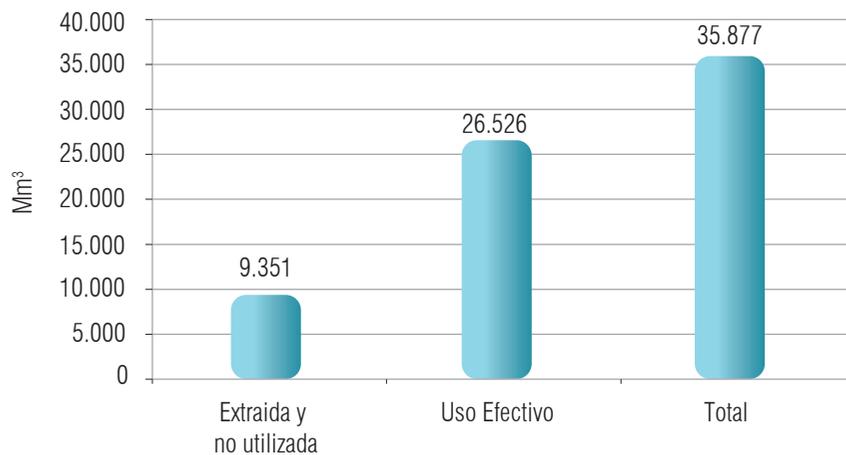


Figura 5.3. Estimación, usos efectivos y uso de agua extraída no consumida agregada.

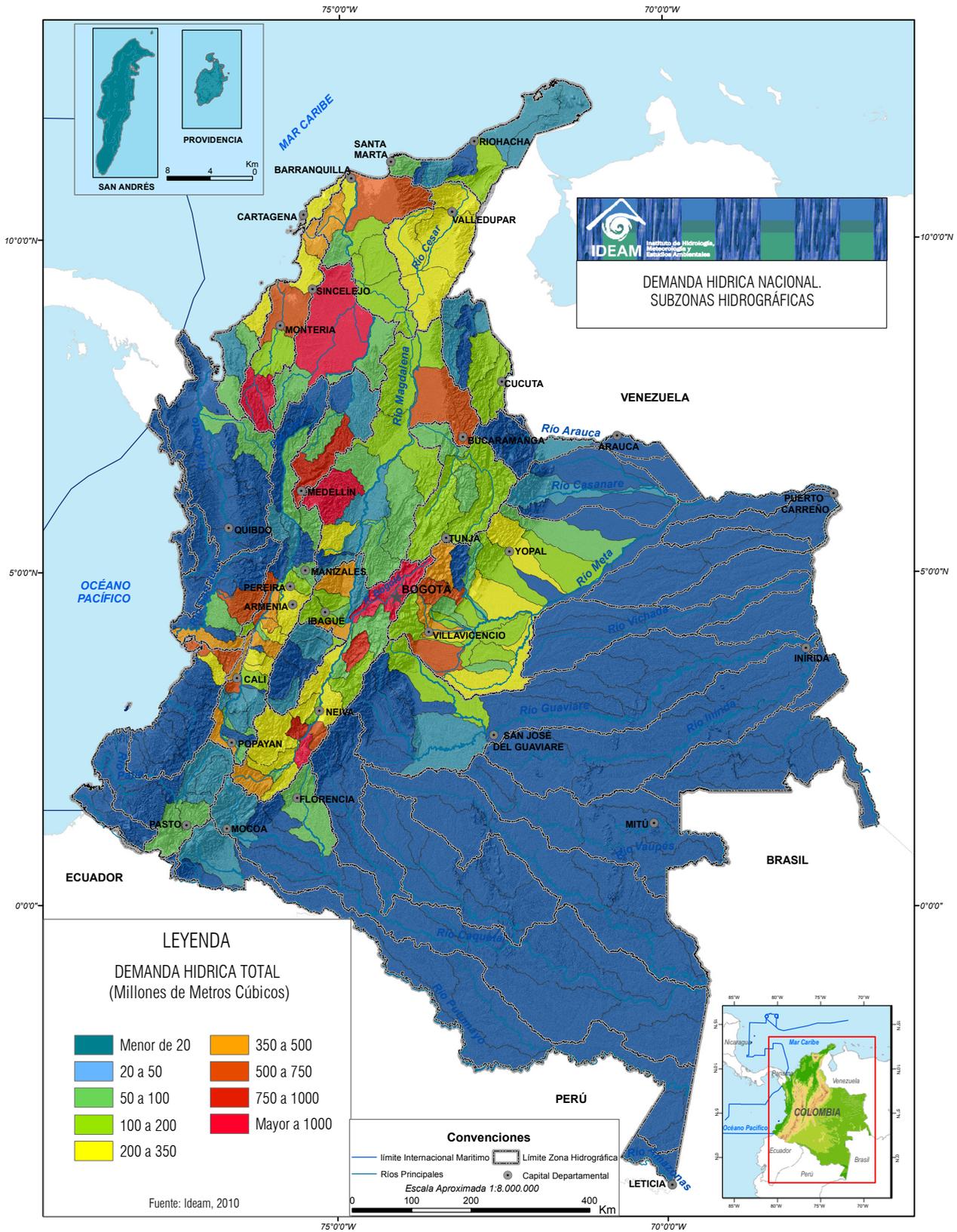


Figura 5.4. Demanda hídrica nacional.

5.2.2. Demanda hídrica en el sector agrícola

El cálculo del uso del recurso hídrico en el sector agrícola se acota a partir de dos componentes: a) la estimación del agua extraída con fines agrícolas, mediante la agregación del uso consuntivo y el agua extraída no consumida; y b) el valor agregado por consumo de agua en las actividades de poscosecha, que aplica puntualmente a los cultivos de café, banano y transformación de la hoja de coca, sin incluir la química final asociada a la obtención de base de coca y clorhidrato de cocaína.

Se excluyen de la medición de demanda agrícola las tierras en descanso (rastrajo, barbecho) y los pastos naturales, cuya demanda se satisface mediante los ciclos de precipitación.

5.2.2.1. Premisas de cálculo

El uso del agua en la producción agrícola se establece en función de las necesidades de riego de los diferentes cultivos. Está referido a la cantidad de agua y al momento de su aplicación, a fin de alcanzar un equilibrio entre la cantidad de agua requerida por el cultivo, en compensación por la pérdida por evapotranspiración, y la precipitación efectiva. Entonces, la necesidad de riego representa la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo y la precipitación efectiva, más un componente de agua adicional para el lavado de sales de los suelos y para compensar la falta de uniformidad o eficiencia en la aplicación de los sistemas de riego.

El primer cálculo que se necesita es el del *uso consuntivo* del cultivo. Este se obtiene aplicando el *enfoque del coeficiente del cultivo*, conforme a la metodología propuesta por la FAO, a partir del método

de Penman-Monteith (Serie de Riego y Drenaje de la FAO, Nro. 56); en este, los efectos del tiempo atmosférico son incorporados en la ET_p , y las características del cultivo y los efectos promedio de la evaporación del suelo en el coeficiente K_c .

$$ET_c = K_c \times ET_p$$

donde

ET_c : evapotranspiración del cultivo [mm d^{-1}]

K_c : coeficiente del cultivo [adimensional]

ET_p : evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d^{-1}]

Coeficiente del cultivo (K_c) y duración del periodo de crecimiento (L_p). El K_c es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_p); representa el efecto integrado de cuatro características principales que diferencian a un cultivo en particular del cultivo de referencia (pasto).

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ET_p (cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada en un clima dado, por una cubierta vegetal continua y bien alimentada de agua; por lo tanto, incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal, en una región específica, en un intervalo de tiempo dado). Así, mientras la ET_p representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c cambia principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas.

La variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del

coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva, es necesario conocer tres valores de Kc: 1) los correspondientes a la etapa inicial (Kc ini), 2) la etapa de mediados de temporada (Kc med) y 3) la etapa final (Kc fin). La forma gráfica de la curva se ilustra en la Figura 5.5.

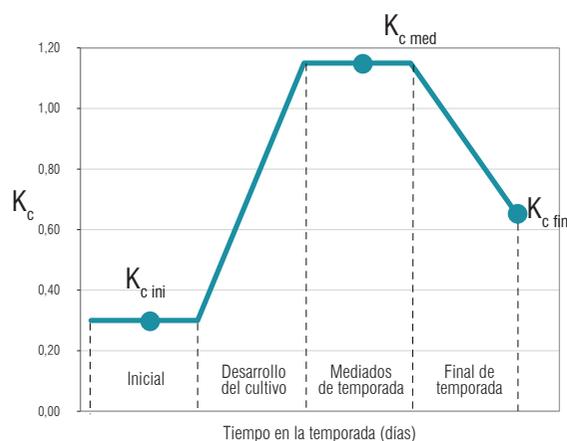


Figura 5.5. Curva del coeficiente del cultivo (FAO, 2006).

A partir de la curva del coeficiente del cultivo se puede determinar el valor de Kc para cualquier periodo, en forma gráfica o numérica. Una vez determinados los valores de Kc, la evapotranspiración del cultivo (ETc) puede ser calculada multiplicando los valores de Kc por los valores correspondientes de ETp.

El valor del coeficiente Kc para un periodo definido de la temporada de crecimiento se puede determinar considerando que el valor de Kc durante la etapa inicial y la etapa de mediados de temporada es constante e igual al valor de Kc durante la etapa considerada. Durante las etapas de desarrollo y final, el valor de Kc varía en forma lineal entre el valor de Kc correspondiente a la etapa previa (Kc prev) y el valor de Kc al comienzo de la próxima etapa (Kc prox), el cual corresponde al Kc fin en el caso de la etapa final:

$$Kc_i = Kc_{prev} + \left[\frac{i - \sum(L_{prev})}{L_{etapa}} \right] \times (Kc_{prox} - Kc_{prev})$$

donde

Kc_i : coeficiente del cultivo para el día i

i: número del día dentro de la etapa de crecimiento

[1-duración de la etapa de crecimiento]

L_{etapa} : duración de la etapa considerada [días]

$\sum(L_{prev})$: suma de las duraciones de las etapas previas [días]

Una vez conocido el uso consuntivo, se establece la *precipitación efectiva* (precipitación disponible), que explica el valor de la precipitación final luego de que, al volumen precipitado, se le descuenta el valor de infiltración y evaporación. Matemáticamente, se obtiene multiplicando la precipitación (mm) y el coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía se obtiene como el cociente entre la escorrentía y la precipitación (ambas expresadas en altura de agua). Esta operación estima el valor máximo de caudal de escorrentía provocado por lluvia como el producto de la superficie de cuenca, un valor máximo de intensidad de lluvia y un factor de escorrentía.

Conociendo estos dos valores: uso consuntivo y precipitación efectiva, se establece el riego requerido o riego bruto. Este muestra en esencia la condición de suficiencia o déficit de agua para atender los requerimientos de agua en las diferentes fases del cultivo. Si el uso consuntivo es menor que la precipitación efectiva se asume que no existe necesidad de riego complementario. Por el contrario, si el uso consuntivo es mayor o igual a uno (≥ 1), entonces es necesario suplir el déficit con sistemas de riego. El *riego bruto* se establece mediante la diferencia entre el uso consuntivo del cultivo y la precipitación efectiva (fracción de la precipitación que realmente se pone a disposición de la planta).

El riego neto cierra la estimación de la demanda hídrica por tipo de cultivo. Este se obtiene dividiendo el riego requerido o riego bruto por el factor de eficiencia de riego. El valor obtenido se expresa en m^3/ha -año.

La eficiencia de riego es una condición que se debe tener en cuenta para expresar con mayor certidumbre la irrigación con fines agrícolas. Así, del volumen total de agua irrigada solo una fracción –y no la unidad– va directamente al consumo de la planta; el resto se explica como “pérdidas” asociadas a la conducción del sistema de riego desde la captación hasta el riego in situ. El valor de eficiencia aplicado en el ENA es de 65% para el conjunto de cultivos, exceptuando el cultivo de arroz inundable, cuyo coeficiente es del 23%.

La cuantificación del total del agua extraída con fines agrícolas en la fase de crecimiento de los cultivos se establece mediante la agregación de los valores de la lámina de agua irrigada atribuibles al riego eficiente y el riego no eficiente. La *ineficiencia de riego* se define como el margen o porcentaje que se descuenta del volumen de agua dispuesta como riego (riego bruto), y que explica las pérdidas inevitables, entre otras, la percolación profunda, la escorrentía superficial y las originadas en la aplicación de sistemas de explotación o manejo técnico de los sistemas de riego. El valor que es atribuible a esta condición, en el marco del Estudio Nacional del Agua, es de 35% para la suma de cultivos, sin incluir el arroz, riego cuyo factor es de 83%.

El 83% explica, en esencia, los requerimientos totales de agua del cultivo de arroz de riego considerando, además de las necesidades fenológicas del cultivo, el agua asociada a la práctica cultural de este cultivo. Este supone la siembra en zonas o áreas con un marcado y sostenido déficit de agua, que requieren ser inundadas para la obtención del producto agrícola.

Por ello, la lámina de agua requerida es significativamente mayor que la demandada per se por el cultivo. De acuerdo con la consulta realizada a Fedearroz, federación de usuarios de riego y administradora de los distritos de riego de Usocoello y de Usosaldaña, la lámina de agua en zonas inundables se estima en cerca de 16.000 m^3 por hectárea por cosecha. Es importante señalar que este factor se aplica únicamente al segmento de la producción de arroz riego en zonas que demandan una suplencia de agua no aportada naturalmente.

5.2.2.2. Unidades de observación

Las siguientes son las unidades de observación para la estimación de la demanda por uso agrícola:

1. cultivos transitorios
2. cultivos permanentes
3. permanentes forestales
4. pastos con manejo
5. cultivo permanentes de flores.

5.2.2.3. Variables de cálculo

Estas son las variables utilizadas para el cálculo de la demanda de agua para uso agrícola:

- Área, producción y rendimiento de las unidades de observación para el año base seleccionado.
- Periodos de crecimiento o de longitud de tiempo acordes con las fases de crecimiento de los cultivos.
- Calendario de siembra acorde con la condición de permanentes o transitorios.
- Kc por tipo de cultivo asociado a cada una de las fases de crecimiento de los cultivos.

La fórmula de cálculo de la demanda agrícola es como sigue:

$$Da = 10 \sum_{d=1}^{lp} \left[\frac{(Kc \times ETp) - \frac{(P \times Ke)}{100}}{Kr} \right] \times A$$

donde

Da: requerimiento de agua del cultivo (m³/ha)

10: es el factor que aplica para convertir a m³/ha

lp: duración del periodo de crecimiento

Kc: coeficiente cultivo

ETp: evapotranspiración de referencia potencial

P: precipitación en mm

Ke: coeficiente de escorrentía

Kr: coeficiente de eficiencia de riego

A: área sembrada

Uso del agua en poscosecha. Los coeficientes estandarizados para café (como parte del proceso de lavado en el paso de café verde a café pergamino) son publicados por Cenicafé (2000), según el tipo de beneficio utilizado: son de 40 y 60 l/kgcps para beneficio húmedo y de 1 l/kgcps cuando se trata de beneficio ecológico. En el caso del cultivo de banano de exportación, el valor de referencia es publicado por Augura y el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica en un rango entre 7 y 15 l/kg.

Según indicador referenciado en la publicación *Consideraciones del cultivo de coca, insumos, rendimientos y análisis económico*, de la Dirección Nacional de la Policía Antinarcóticos (2002), las necesidades de agua requerida durante la transformación de hoja de coca en pasta de coca son equivalentes a 400 l/ha cosechada. El consumo de agua insumida en el proceso de obtención de pasta de coca es de 43 m³/kg.³

3 Dato suministrado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), con base en el censo de cultivos de coca, como una operación estadística ejecutada en el marco del Sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos.

Requerimientos de agua para cultivo de flores bajo condiciones de invernadero. La demanda asociada con la producción de flores se acota a los sistemas controlados bajo invernaderos. Para esta estimación, es necesario considerar los requerimientos de agua para las plantas, el agua requerida en la dilución de nutrientes y el agua insumida en otras prácticas culturales.

En producción de flores en viveros, se utiliza como criterio de riego aplicar 1 m³ por cama (30 m X 1,3 m), por semana (CIAT, 1999). Cuando se aplica semanalmente (siete días) 1 m³ de agua, se está haciendo una aplicación equivalente aproximada de 143 litros/día-cama. Conforme a esta relación, el valor específico aplicable como requerimiento de agua para riego en cultivo de flores bajo condiciones de invernadero es de 36,6 m³/ha-día. De acuerdo con las prácticas culturales del cultivo, es necesario considerar un periodo de descanso en el que no se utiliza riego, entre la cosecha o producción y la instalación de un nuevo cultivo, que en el año no supera los 20 días, ocupados en labores de desinfección, recomposición de la cama, entre otras.

5.2.2.4. Resultados estimados de demanda hídrica en el sector agrícola

El volumen de agua utilizado en el sector agrícola en 2008 alcanza un orden de magnitud de 19.386 Mm³, de los cuales 10.920 Mm³ son el consumo efectivo, con una participación de 56,33% con respecto al total, en tanto que el volumen de agua extraída no consumida por los cultivos es de 8.466 Mm³, con una participación de 43,67%. Un volumen de 37 Mm³ corresponde a usos del agua en labores y actividades de poscosecha, con una participación del 0,19% frente al total de agua utilizada en el sector (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Demanda hídrica agrícola en 2008.

Cobertura ENA agrícola	Demanda hídrica agregada anual	Consumo efectivo en cultivo	Agua extraída no consumida	Participación consumo efectivo en cultivo con respecto a la demanda hídrica anual	Participación agua extraída no consumida con respecto a la demanda hídrica anual
Pastos manejados	7.938	5.159	2.778	26,61%	14,33%
Bosques plantados	617	401	216	2,07%	1,11%
Cultivos permanentes	3.826	2.487	1.339	12,83%	6,91%
Cultivos transitorios	6.784	2.652	4.132	13,68%	21,32%
Cultivo de flores permanentes	183	183	0	0,94%	0,00%
Poscosecha de café	6	6	0	0,03%	0,00%
Poscosecha de banano	13	13	0	0,07%	0,00%
Cultivos ilícitos	18	18	0	0,09%	0,00%
Total agrícola con beneficio	19.386	10.920	8.466	56,33%	43,67%

La *Figura 5.6* ilustra la distribución y la demanda agrícola por subzonas hidrográficas.

Los pastos manejados y los cultivos transitorios son los de mayor demanda por uso de agua en el sector agrícola, con un porcentaje alto de agua extraída no consumida con respecto a la demanda hídrica anual, con 14% y 21%, respectivamente.

En la *Figura 5.7*, se presentan los mapas por subzonas hidrográficas, con desagregación en pastos manejados, cultivos permanentes, beneficio poscosecha (banano, café), cultivos transitorios, bosques plantados y cultivo de coca.

La estimación de la demanda hídrica en el sector agrícola, forestal y en pastos permite zonificar y categorizar la intensidad de uso y consumo del agua, para los diferentes arreglos productivos, en función del área ocupada, las prácticas culturales, la eficiencia del riego y las características fenológicas de los cultivos, lo que lleva a reconocer situaciones de déficit o de estrés hídrico –en zonas o en unidades geográficas de menor escala– o condiciones de presión no siempre determinadas por una restricción biofísica y

explicadas, en la mayor de las veces, por un manejo no eficiente o irracional del recurso hídrico que es incorporado en forma sectorial.

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 los niveles de producción alcanzados; b) la **productividad agrícola**, que determina los requerimientos de agua por unidad de área; 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; por una participación significativa en la oferta exportadora, incluida la producción de biocombustibles; y por aumentos en la productividad agrícola. Estas características, integradas, llevan a calificar estos sistemas de producción como “de *agua intensivos*”. La mayor presión del

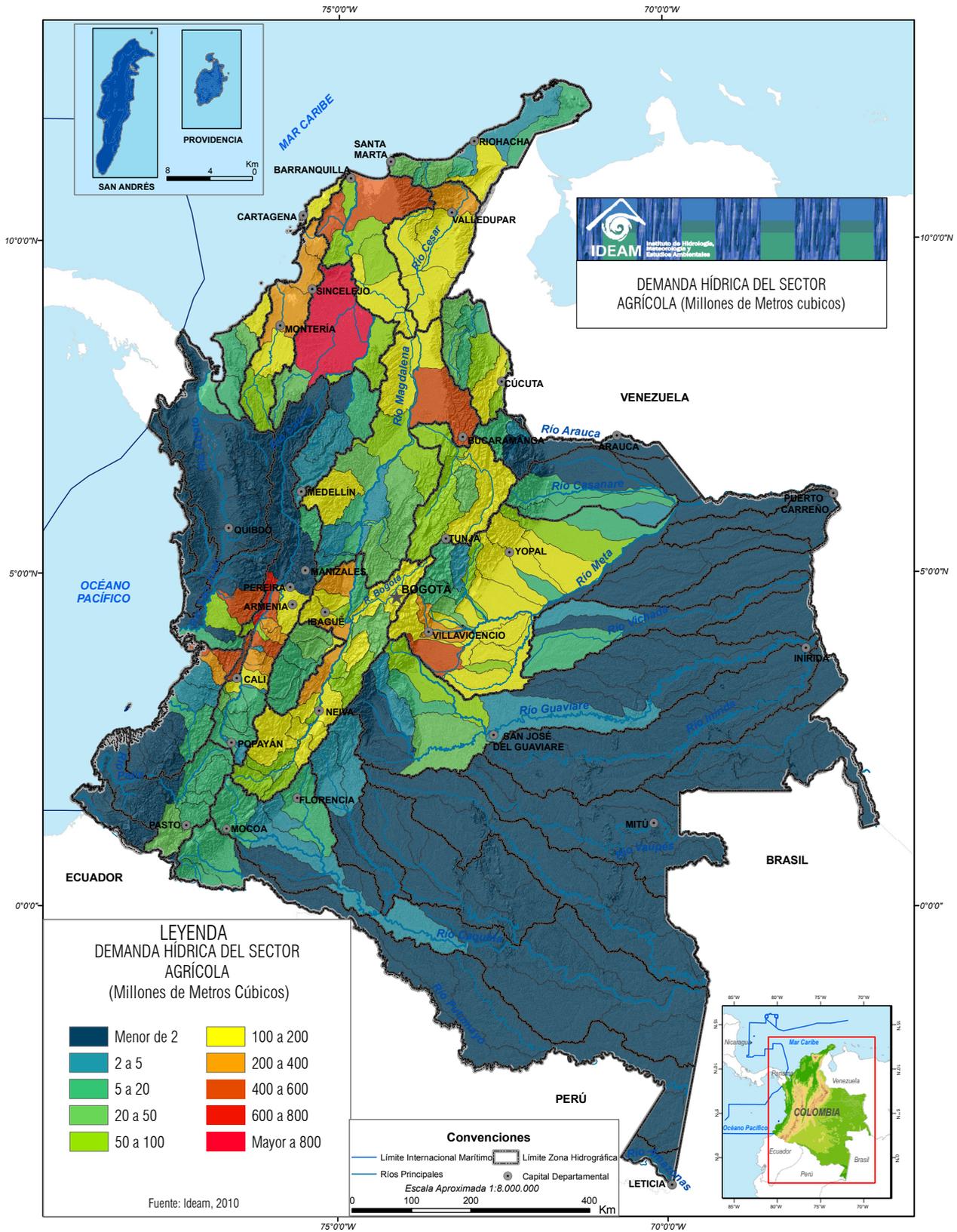


Figura 5.6. Demanda hídrica del sector agrícola.

DEMANDA HÍDRICA AGRÍCOLA POR TIPO

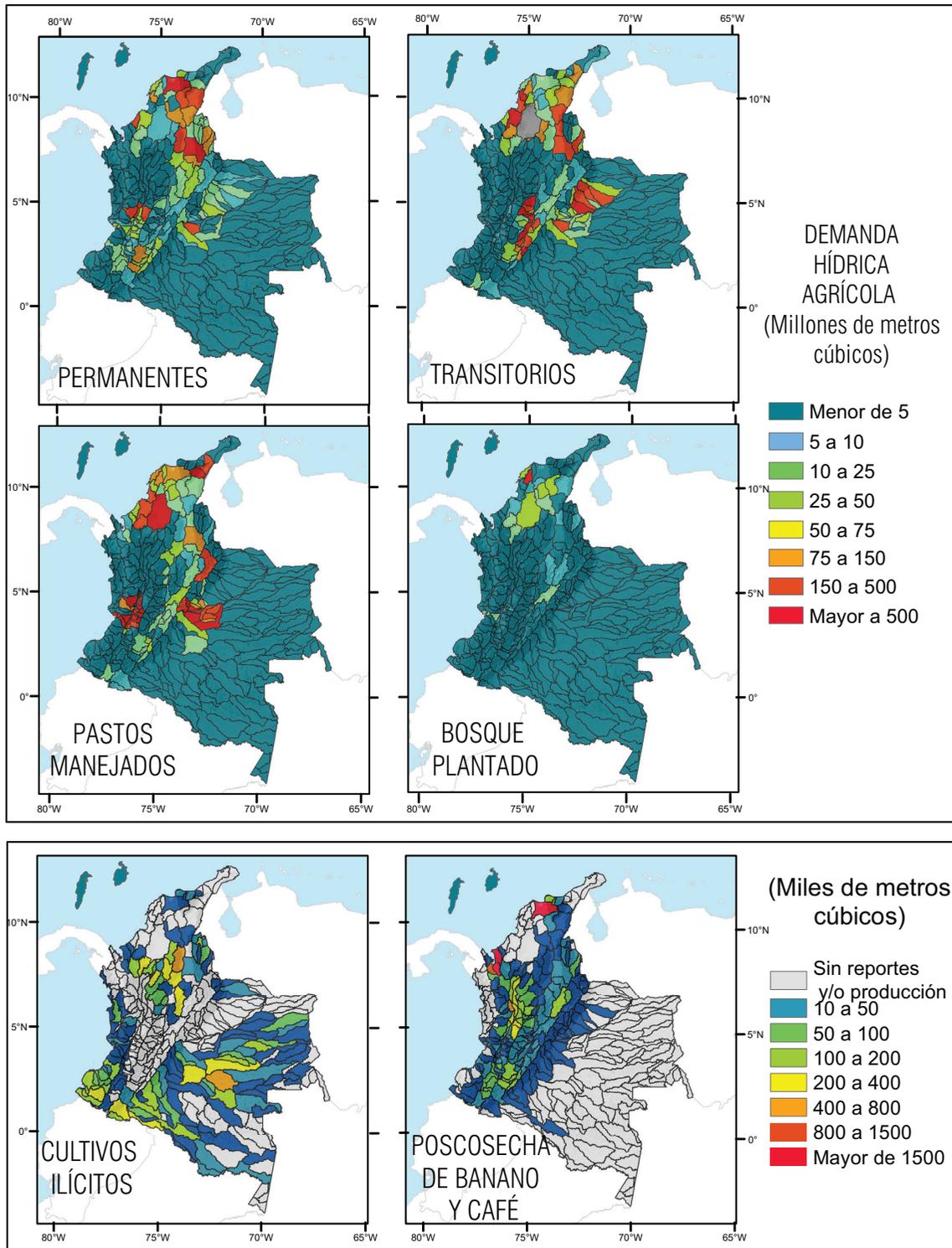


Figura 5.7. Demanda hídrica agrícola desagregada por tipo.

recurso hídrico –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los cultivos de café, palma africana, banano exportación y caña de azúcar, localizados en los departamentos del Valle del Cauca, Magdalena, Córdoba y Bolívar, y en la suma de departamentos cafeteros (*Tabla 5.10b en página 191*).

Estos cultivos se concentran principalmente en las subzonas hidrográficas del Brazo Morales; Ciénaga Grande de Santa Marta; ríos Lebrija, Cesar, Sogamoso, directos al río Cauca y río la Vieja, del área hidrográfica Magdalena-Cauca. En el Caribe, en las subzonas del Sinú y los ríos Catatumbo y sus afluentes Zulia y Nuevo Presidente. En la Orinoquía, en el río Metica. Y en el Pacífico, en el Sipi.

Cultivos transitorios. Al igual que en cultivos permanentes, los cultivos temporales o transitorios se caracterizan por una alta elasticidad del uso del recurso hídrico, pero se explica por otros factores que difieren de 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 «de *agua extensivos*”. La mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los cultivos de arroz y maíz, con una participación del orden de 91%, con desagregación geográfica mayormente en los departamentos de Tolima, Sucre, Huila, Casanare y Bolívar (*Tabla 5.14*). Estos cultivos se concentran en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, más que todo en las subzonas del Bajo San Jorge, la Mojana, Lagunilla, Saldaña, Cesar y Lebrija. Y en el Caribe, en el río Sinú.

En la evaluación de la presión sobre el recurso hídrico, es importante notar la afectación observada comparando estos dos sistemas de producción, y que resulta consecuente con la diferenciación que explica la intensidad y elasticidad del uso del recurso hídrico según se trate de permanentes o transitorios:

- a. Las áreas ocupadas (total anual) presentan una variación de tan solo el 3,5%; resulta mayor el área anual sembrada en cultivos transitorios.
- b. La demanda hídrica total anual presenta una variabilidad a razón de 1:1.8 entre permanentes y transitorios; es decir, que este último está cercano a duplicar la utilización del recurso hídrico, aun cuando las áreas ocupadas son aproximadamente equivalentes.
- c. El uso consuntivo (requerimiento de agua neta para el arreglo de cultivos) total anual presenta una variabilidad de 6,6%; el uso consuntivo resulta mayor en cultivos transitorios.
- d. El uso ineficiente (agua extraída no consumida) total anual presenta una variabilidad a razón de 1:3.1 entre permanentes y transitorios; es decir, que este último triplica el volumen de agua extraída de la oferta hídrica disponible, pero que no es insumida en su conjunto por los cultivos.
- e. Los resultados de la estimación de la demanda hídrica 2010 –vista integralmente desde las variables de utilización del recurso hídrico, participación del producto agrícola y concentración geográfica– son consecuentes con la tendencia registrada en el período 2000-2004, que muestra como los principales cultivos usuarios de agua: café, con un 34%; plátano y banano exportación, 13,3%; arroz, 13%; caña de azúcar, 10%; maíz, 7%; y palma, 5% de toda la huella hídrica nacional (Pérez R., Mario, 2007).

Conforme a lo expuesto, es de esperar que, en el mediano plazo, se presenten aumentos importantes en el uso del recurso hídrico explicados, en esencia, por el aumento de la productividad y por los incrementos en el área de producción y en el nivel de producto, variables de fácil constatación en las tendencias registradas en el sector agrícola, observadas a partir del comportamiento puntual de los cultivos en las dos últimas décadas y en las metas propuestas en el marco del Plan de Desarrollo 2010-2014, con proyección al 2025.

Pastos manejados. En esta cobertura, la mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción agrícola, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los departamentos de Meta, Sucre, Córdoba y La Guajira (Tabla 5.5). En la evaluación de la presión sobre el recurso hídrico es importante notar la afectación observada, comparando este cultivo frente a los sistemas de producción asociados a los cultivos permanentes:

- a) El área ocupada total anual presenta una variación del 56%, donde resulta mayor el área anual sembrada en pastos manejados con respecto al total de permanentes en 2008.
- b) La demanda hídrica total anual, el uso consuntivo (requerimiento de agua neta para pastos con manejo) y el uso ineficiente (agua extraída no consumida) presentan una variabilidad a razón de 1:2 entre permanentes y pastos manejados; es decir, que la intensidad de uso es dos veces mayor en pastos que en el total de cultivos permanentes del país.

De acuerdo con esta estructura, es de esperar que en el mediano plazo 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,⁴ y las proyecciones de crecimiento del hato ganadero, con una población estimada de 48 millones de reses para el 2019.

Bosques plantados: Para este sector, la mayor presión del recurso hídrico, –explicada tanto por el uso consuntivo como por requerimiento neto de la producción forestal, así como por el agua extraída no insumida (ineficiencia del riego)– está concentrada en los departamentos de Atlántico, Magdalena, Valle del Cauca, Sucre y Córdoba (Tabla 5.7). Con énfasis en las subzonas del Canal del Dique, Bajo San Jorge-Mojana, Alto San Jorge y arroyo Corozal en el Bajo Magdalena; Medio Sinú, en la zona hidrográfica del Sinú; río Ariguaní, en el Cesar; río Bogotá, en el Alto Magdalena; río Dagua, en la zona hidrográfica Amarales-Dagua; y río Suárez, en la zona del Sogamoso.

A continuación se presentan las consideraciones metodológicas y estimaciones de demanda para el sector agrícola en sus diferentes desagregaciones.

• Volumen de agua insumida en las coberturas de pastos manejados

El punto de partida para obtener la estimación del consuntivo en coberturas con pastos manejados supone conocer y establecer con precisión el área ocupada por tipo de especie. Esta es una condición fundamental, dado que se requiere diferenciar entre las áreas ocupadas con manejo, lo que a su vez define las prácticas culturales asociadas al cultivo (por ejemplo, ciclo de riego, ciclo de corte y rotación del

4 Relaciona la cantidad de hectáreas dedicadas a la ganadería (30,4 millones o 38,3 millones, incluidos 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).

área sembrada), de aquellas otras con pastos manejados, considerados permanentes, sin déficit o estrés hídrico.

Las especies consideradas en la delimitación del área ocupada con pastos de manejo son: forrajeras de corte, forrajeras no convencionales, gramíneas de corte, leguminosas erectas y leguminosas volubles. Estas se diferencian de las coberturas permanentes, que se identifican como gramíneas de pastura, leguminosas arbustivas, leguminosas postradas y pastoreo. Consecuente con esta ordenación, en 2008 las áreas ocupadas con pastos manejados eran del orden de 3.396.700 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (Kc), y el ciclo de siembra y terminación para las especies

señaladas son referenciados en la literatura especializada en el tema de Unesco-IHE y de FAO (Tabla 5.3).

El volumen de agua extraída estimada en coberturas de pastos con manejo era de 7.938 Mm³ en 2008; de esta cantidad, el consumo efectivo por cultivo es del orden de 5.159 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es del orden de 2.778 Mm³ (Tabla 5.4).

El volumen anual de uso de agua para pastos manejados, y el consumo efectivo en los cultivos y su participación por departamentos se presentan en la Tabla 5.5. En la Figura 5.7 está ilustrada la espacialización de la demanda hídrica nacional en pastos manejados por subzonas hidrográficas conforme a la división política, administrativa y regionalización de los datos primarios utilizados en la estimación.

Tabla 5.3. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para pastos manejados.

Especie Pasto manejado	Coeficiente K en zona tropical					Longitud tiempo de siembra – cosecha (días)				
	Kc inicial	Kc medio	Kc desarrollo	Kc final	Promedio	Etapas inicial	Etapas de desarrollo	Etapas media	Etapas final	Total
Forrajeras	0,52	0,89	0,89	0,74	0,76	11	20	34	72	137
Gramíneas de corte	0,90	0,90	1,25	0,55	0,90	11	20	34	72	137
Leguminosas erectas subarbustivas	1,05	1,05	1,13	0,55	0,95	11	20	34	72	137
Leguminosas volubles	1,05	1,05	1,13	0,55	0,95	11	20	34	72	137
Promedios pastos manejados	0,88	0,97	1,10	0,60	0,888	11	20	34	72	137

Fuente: FAO, 2006.

Tabla 5.4. Volumen de agua extraída (Mm³/año) para pastos manejados (2008).

Área total sembrada (ha)	Kc promedio	Factor eficiencia de riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
3.396.700	0,90	0,65	7.938	5.159	2.778

Tabla 5.5. Demanda anual de agua para pastos manejados y consumo efectivo por departamentos.

Departamento	Hectáreas	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	208.660	146	95
Arauca	358	1	0
Atlántico	8.232	99	64
Bolívar	14.608	147	95
Boyacá	36.740	115	75
Caldas	17.535	15	10
Casanare	774	2	1
Cauca	737	2	1
Cesar	10.979	58	37
Córdoba	37.833	279	182
Cundinamarca	47.412	92	60
Huila	39.403	171	111
La Guajira	19.620	259	168
Magdalena	15.310	157	102
Meta	1.546.970	1.509	981
Nariño	11.730	33	22
Norte de Santander	7.830	17	11
Quindío	1.923	0	0
Risaralda	624	0	0
Santander	56.452	75	49
Sucre	28.599	288	187
Tolima	28.829	90	59
Valle del Cauca	1.255.542	4.385	2.850
Total general	3.396.700	7.938	5.159

Tabla 5.6. Volumen de agua extraída para bosques plantados.

Área total sembrada (ha)	KC - Promedio	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
337.231	1	0,65	617	401	216

• Volumen de agua insumida en los bosques plantados

En el Estudio Nacional del Agua, se incluyen las coberturas forestales comerciales o bosque plantado con prácticas culturales definidas. Se excluyen las demás coberturas consideradas permanentes forestales, sin necesidades de manejo y sin déficit o estrés hídrico. De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria, el área ocupada en 2008 era de 337.231 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (Kc) es referenciada en la literatura especializada de Unesco-IHE y de FAO. El Kc referenciado para el proceso del cultivo forestal con periodo de siembra permanente es igual a 1 (uno).

El volumen de agua extraída estimada en coberturas de bosques plantados en 2008 era de 617 Mm³, del cual el consumo efectivo por cultivo es del orden de 401 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de cerca de 216 Mm³ (Tabla 5.6).

En la *Tabla 5.7* se presentan el volumen de uso de agua anual para bosques manejados, y el consumo efectivo en cultivo y su participación por departamentos; y en la *Figura 5.7*, la espacialización de la demanda hídrica nacional en bosques manejados por subzonas hidrográficas.

- **Volumen de agua insumida en cultivos permanentes**

En el Estudio Nacional del Agua, se incluye la cobertura de cultivos permanentes observados por la Encuesta Nacional Agropecuaria como son: banano, cacao, café, caña de azúcar, caña panelera, cítricos, otros frutales, plátano, otros permanentes y otros cítricos. Según la Encuesta Nacional 2008, el área ocupada por estos cultivos es del orden de 2.175.918 ha. La selección de

los coeficientes de cultivo (Kc) es referenciada por la Unesco-IHE y FAO (*Tabla 5.8*).

El volumen de agua extraída estimada en cultivos permanentes en 2008 (*Tabla 5.9*) era de 3.826 Mm³, de los cuales el consumo efectivo para el agregado de cultivos es del orden de 2.487 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de 1.339 Mm³.

En la *Tabla 5.10a* y en la *Tabla 5.10b* se registra la distribución del volumen de agua utilizada en cultivos permanentes; se diferencian la demanda hídrica total anual por cultivo y el consumo efectivo (uso consuntivo) por departamento.

La demanda hídrica nacional en cultivos permanentes, incluida la de flores, por subzonas hidrográficas, quedó ilustrada en la *Figura 5.7*.

Tabla 5.7. Demanda anual de agua para bosques plantados y consumo efectivo por departamentos.

Departamento	Hectáreas	Demanda Total anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	70.173	6,01	3,91
Atlántico	14.991	296,38	192,65
Bolívar	1.438	20,13	13,08
Boyacá	44.098	17,65	11,47
Caldas	90.761	0,00	0,00
Cesar	6.014	19,56	12,71
Córdoba	9.555	41,69	27,10
Cundinamarca	15.573	26,29	17,09
Huila	2.545	3,19	2,07
Magdalena	7.054	74,63	48,51
Meta	736	1,90	1,23
Nariño	4.985	6,33	4,12
Norte de Santander	5.753	10,70	6,95
Quindío	3.674	0,00	0,00
Risaralda	1.014	0,00	0,00
Santander	12.517	2,73	1,77
Sucre	4.803	44,32	28,80
Tolima	10.048	0,00	0,00
Valle del Cauca	31.499	45,98	29,89
Total general	337.231	617,46	401,35

Tabla 5.8. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos permanentes.

Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc desarrollo	Kc final	Kc promedio	Kc ENA
Cacao	1.00	1.05	1.05	1.05	1.04	1,038
Caña de azúcar	0.55	0.90	1.05	0.70	0.80	0.555
Café	1.05	1.10	1.10	1.10	1.09	1,088
Palma africana	0.95	1.00	1.00	1.00	0.99	1,075
Plátano	1.00	1.20	1.20	1.10	1.13	1.00
Banano	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Banano consumo interno	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Banano exportación	0.65	0.60	0.83	1.00	0.77	1.00
Mango	0.77	0.82	0.85	0.82	0.81	0.750
Naranja	0.70	0.65	0.65	0.65	0.66	0.750
Otros cítricos	0.70	0.65	0.65	0.65	0.66	0.750
Otros frutales	0.77	0.82	0.85	0.82	0.81	0.813
Aguacate	0.80	0.78	0.78	0.78	0.79	0.788
Otros permanentes	0.59	0.85	0.85	0.76	0.76	0.88

Fuente: FAO, 2006.

Tabla 5.9. Volumen de agua extraída (Mm³/año) para cultivos permanentes (2008).

Área total sembrada (ha)	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
2.175.918	0,65	3.826	2.487	1.339

Tabla 5.10a. Demanda anual de agua por cultivo permanente.

Volumen de agua extraída (Mm ³ /año) en cultivos permanentes (2008)				
Cultivo	Hectáreas	Volumen de agua extraída (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Volumen de agua extraída no consumida (m ³)
Banano de consumo interno	37.868	133	87	47
Cacao	96.148	164	107	58
Café	693.238	1.211	787	424
Caña de azúcar	223.307	110	72	39
Caña panelera	204.407	23	15	8
Cultivo de naranja	40.329	53	35	19
Mango	8.850	2	2	1
Otros cítricos	20.876	18	12	6
Otros frutales	123.352	125	81	44
Otros permanentes	33.776	19	12	7
Palma aceite	322.780	1.270	825	444
Plátano	370.987	697	453	244
Total	2.175.918	3.826	2.487	1.339

• **Volumen de agua insumida en cultivos transitorios**

En el Estudio Nacional del Agua 2010 se incluye la cobertura de cultivos transitorios observados por la Encuesta Nacional Agropecuaria, como son los de arroz, arveja, cebada, cebolla, frijol, haba, hortalizas, maíz, papa, sorgo, tabaco, tomate, trigo, yuca, zanahoria. Según la Encuesta Nacional 2008, el área ocupada por estos cultivos es del orden de 2.251.447 ha.

La selección de los coeficientes de cultivo (Kc) es referenciada en la Unesco-IHE y FAO (Tabla 5.11).

El volumen de agua extraída estimada en cultivos transitorios en 2008 (Tabla 5.12) es de 6.784 Mm³, de los cuales el consumo efectivo para el agregado de cultivos es del orden de 2.652 Mm³ y el volumen de agua extraída no insumida es de 4.132 Mm³.

En la Tabla 5.13 se registra la distribución del volumen de agua utilizada en cultivos transitorios y en la Tabla 5.14, el consumo efectivo (uso consuntivo) por departamento.

En la Figura 5.7, se ilustró la demanda hídrica nacional en cultivos transitorios, por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.10b. Demanda anual de agua para cultivos permanentes por departamento.

Departamento	Demanda total anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	1,41	0,92
Atlántico	15,51	10,08
Bolívar	383,73	249,42
Boyacá	14,47	9,40
Caldas	0,00	0,00
Casanare	134,73	87,57
Cauca	121,50	78,98
Cesar	392,64	255,21
Córdoba	183,28	119,13
Cundinamarca	31,41	20,42
La Guajira	8,91	5,79
Huila	368,70	239,65
Magdalena	469,19	304,97
Meta	243,39	158,21
Nariño	1,06	0,69
Norte de Santander	259,62	168,76
Otros departamentos	69,79	45,36
Otros departamentos estudiados	7,16	4,66
Quindío	57,73	37,53
Risaralda	0,00	0,00
Santander	317,22	206,19
Sucre	0,28	0,18
Tolima	77,12	50,13
Valle del Cauca	667,42	433,82
Total general	3.826	2.487

Tabla 5.11. Coeficientes de cultivo y ciclo de siembra para cultivos transitorios.

Cultivo	Coeficiente K en zona tropical				Longitud tiempo siembra-cosecha (días)					Calendario de siembra
	Kc inic.	Kc med.	Kc desarrollo	Kc final	Etapa inicial	Etapa de desarrollo	Etapa media	Etapa final	TOTAL	Fecha de siembra
Cebada	0,30	1,15	1,10	0,25	17,0	35,0	58,0	33,0	143,0	Marzo/abril, julio y noviembre
Trigo	0,30	1,15	1,10	0,30	30,0	140,0	40,0	30,0	240,0	Diciembre, noviembre y octubre
Arroz manual	1,10	1,05	1,50	0,95	30,0	30,0	80,0	40,0	180,0	Diciembre/mayo y mayo
Arveja	1,05	1,00	1,05	1,10	20,0	30,0	35,0	15,0	100,0	Marzo/abril y mayo
Cebolla cabezona	0,95	0,95	0,95	1,05	24,0	36,0	18,0	18,0	96,0	Abril/mayo y octubre
Maíz	0,30	1,20	0,55	0,50	20,0	35,0	40,0	30,0	125,0	Junio/octubre
Papa industrial	0,50	1,15	0,75	0,75	30,0	35,0	50,0	30,0	145,0	Abril
Sorgo	0,30	1,00	0,55	0,55	20,0	35,0	40,0	30,0	125,0	Mayo/junio
Tabaco	0,50	1,15	0,80	0,80	20,0	30,0	30,0	30,0	110,0	nd
Yuca	0,50	1,10	0,95	0,95	20,0	40,0	90,0	60,0	210,0	Periodo lluvioso
Frijol	0,40	1,15	0,90	0,90	20,0	30,0	30,0	10,0	90,0	Febrero/marzo
Hortalizas	0,59	1,06	0,90	0,77	25,0	36,0	40,0	18,0	119,0	Inicio de siembra acorde con estación de lluvias
Otros transitorios	0,59	1,06	0,90	0,77	17,0	35,0	58,0	33,0	143,0	Inicio de siembra acorde con estación de lluvias
Haba	0,95	1,00	0,60	0,60	15,0	25,0	35,0	15,0	90,0	Mayo, marzo/abril, nov.
Zanahoria	0,70	1,05	0,95	0,95	30,0	40,0	60,0	20,0	150,0	Febrero/marzo
Tomate	0,60	1,15	0,80	0,80	30,0	40,0	45,0	30,0	145,0	Enero, abril/mayo, octubre/nov..
Algodón	1,05	1,15	0,65	0,70	30,0	50,0	60,0	55,0	195,0	Marzo/mayo y septiembre
Soya	0,40	1,15	0,50	0,50	15,0	15,0	40,0	15,0	85,0	Mayo/diciembre

Fuente: FAD, 2006.

Tabla 5.12. Volumen total de agua extraída en cultivos transitorios.

Área total sembrada (ha)	Fact. Efic. Riego	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)	Agua extraída no consumida (Mm ³)
2.251.447	0,65	6.784	2.652	4.132

Tabla 5.13. Volumen de agua extraída por tipo de cultivo transitorio.

Cultivo	Área Semestre A (ha)	Área Semestre B (ha)	Área Anual (ha)	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³) con precipitación efectiva
Algodón	11.486	34.822	46.308	57,32	37,26
Arroz	578.577	409.153	987.730	5.658,05	1.920
Arveja	17.315	18.836	36.151	9,88	6,42
Cebada	4.002	1.791	5.793	0,39	0,25
Cebolla bulbo	10.304	6.342	16.646	8,60	5,59
Cebolla en rama	7.768	6.765	14.533	5,25	3,42
Frijol	46.545	48.242	94.787	9,95	6,47
Haba	9.329	1.713	11.042	0,26	0,17
Hortalizas	13.359	13.952	27.311	9,39	6,10
Maíz total	264.565	227.473	492.038	541,06	351,69
Papa total	148.245	97.038	245.283	53,33	35
Sorgo	13.914	28.611	42.525	9,28	6,03
Soya	3.959	19.786	23.745	0,39	0,25
Tabaco	6.895	1.928	8.823	5,01	3,25
Tomate	4.021	4.718	8.739	3,00	1,95
Trigo	17.641	3.924	21.565	10,23	6,65
Yuca	126.241	34.524	160.765	401,53	260,99
Zanahoria	4.715	2.948	7.663	1,50	0,98
Total general	1.288.881	962.566	2.251.447	6.784	2.652

• **Volumen de agua insumida en cultivo de flores**

La demanda hídrica en cultivos de flores permanentes alcanza un orden de magnitud de 183 Mm³ (Tabla 5.15). Debido a que los cultivos de flores en invernadero no están sometidos al régimen y precipitación imperantes, el método de cálculo para establecer el volumen de agua insumido no se ciñe a la propuesta aplicada en las demás coberturas incluidas en el ENA. En este orden de ideas, las necesidades de riego del cultivo se establecen operando el área sembrada en cultivo de

flores permanentes por el factor de riego (36,6 m³/ha-día), descontando el periodo de descanso.

Tabla 5.15. Volumen de agua consumida en cultivos de flores (2008).

Volumen de agua consumida en cultivo de flores (2008)		
	Área total sembrada (ha)	Volumen de agua extraída (m ³)
Antioquia	8,730	109,331,278
Cundinamarca	5,887	73,723,953
Total	14,617	183,055,231

Tabla 5.14. Demanda anual de agua y consumo efectivo para cultivos transitorios, por departamentos.

Cultivo	Área Semestre A (ha)	Área Semestre B (ha)	Área anual (ha)	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³)
Antioquia	34.920	20.611	55.531	3,38	1,15
Atlántico	3.052	2.079	5.131	23,66	15,38
Bolívar	56.955	57.309	114.264	472,67	199,46
Boyacá	109.547	47.182	156.729	29,15	18,95
Caldas	839	1.600	2.439	0,00	0,00
Casanare	110.000	51.534	161.534	574,96	197,44
Cauca	6.324	17.642	23.966	7,23	4,58
Cesar	42.731	50.350	93.081	419,68	155,06
Córdoba	95.631	52.581	148.212	427,61	216,75
Cundinamarca	100.412	69.007	169.419	61,82	40,18
La Guajira	3.406	17.064	20.470	131,12	55,30
Huila	45.421	49.709	95.130	632,87	217,29
Magdalena	10.144	11.423	21.567	55,10	35,82
Meta	182.468	69.395	251.863	323,27	110,37
Nariño	58.620	62.127	120.747	35,24	22,90
Norte de Santander	40.921	42.544	83.465	145,71	51,00
Otros departamentos	49.830	54.598	104.428	35,41	15,13
Quindío	675	934	1.609	0,26	0,17
Risaralda	1.137	1.153	2.290	0,00	0,00
Santander	28.452	19.198	47.650	0,00	0,00
Sucre	130.184	68.303	198.487	1.701,10	687,91
Tolima	150.473	160.746	311.219	1.649,03	579,62
Valle del Cauca	26.739	35.375	62.114	55,14	27,64
Vichada	0	103	103	0,05	0,04
Total general	1.288.881	962.567	2.251.448	6.784	2.652

- **Consumo de agua en poscosecha de cultivo de café**

El consumo de agua utilizada en la fase de poscosecha en el cultivo de café está concentrado en las labores de despulpe, remoción del mucílago y lavado. Estas se realizan mediante procesos de beneficio húmedo, aplicado en el país a cerca del 70% del total del café pergamino seco (cps) y el 30% restante corresponde al beneficio ecológico. La relación insumo-producto en el primero de estos se mueve en un

rango entre 40 y 60 l/kgcps; y es de 1 l/kgcps cuando se trata de beneficio ecológico (Cenicafé, 2000).

Para efectos de obtener el volumen de agua en beneficio húmedo se trabaja con un valor promedio equivalente a 45 l/kg. La operación entre la variable de producción y el coeficiente que pondera el sistema de beneficio, ya sea húmedo o ecológico, fija el volumen de agua utilizada en el café procesado en 5,841 Mm³ (Tabla 5.16).

Tabla 5.16. Volumen de agua consumida en el beneficio del café.

Producción cps (kg)	Producción CPS (beneficio húmedo)	Producción CPS (beneficio ecológico)	Factor para beneficio ecológico (1l/kgcps)	Factor para beneficio ecológico (45l/kgcps)	m ³ (beneficio húmedo)	m ³ (beneficio ecológico)	Volumen total de agua en beneficio (m ³ /año)
184.214.332	128.950.032	38.685.010	38.685.010	5.802.751.443	5.802.751	38.685	5.841.436

• Consumo de agua en poscosecha de cultivo de banano

El consumo de agua utilizada en la fase de poscosecha en el cultivo de banano tiene como finalidad la remoción del látex y el lavado de la fruta producida, así como el mantenimiento mismo de la infraestructura utilizada para tales efectos. La forma típica de remover el látex ha sido introduciendo los gajos (*clusters*) en grandes pilas o piscinas con agua en movimiento, en donde se espera que por diferencia de presión salga el látex de los canales laticíferos y se diluya en el agua.

Dependiendo de la variedad, época del año, estado de turgencia y de otros factores, el tiempo de permanencia mínimo de los gajos debería ser de al menos 20 minutos; eso aseguraría un nivel aceptable de

remoción del látex. Sin embargo, el problema es más complejo y no se limita al tiempo de permanencia, dado que el látex tiende a formar una capa que flota en el agua y que se puede adherir de nuevo a la superficie de la fruta; así mismo, tiende a reaccionar con contaminantes y a formar grumos que obstruyen las tuberías, se adhieren a las paredes y al fondo de la pila, etcétera; todo esto incrementa el uso de agua en labores de mantenimiento de tanques y como medio de dilución de contaminantes. En general, se estima que para procesar un kilogramo de banano se requieren de 7 a 15 litros de agua⁵.

Para efectos de obtener el volumen de agua en actividades de poscosecha, se trabaja con el menor valor del coeficiente 7 l/kg. La operación entre la variable de producción y este coeficiente fija el volumen de agua utilizada en 2008 en 12,715 Mm³/año (*Tabla 5.17*).

Tabla 5.17. Volumen de agua consumida en el beneficio del banano (2008)

Área, producción, rendimiento y unidades productoras del cultivo de banano exportación por departamentos. Año 2008			Consumo de agua en actividades de beneficio poscosecha			
Deptos	Área total sembrada (ha)	Producción total (t)	Producción (kg)	Consumo de agua (7l/kg)	m ³	m ³ /ha sembrada
Antioquia	32.115	1.366.957	1.366.957.000	9.568.699.000	9.568.699	7
Magdalena	12.109	449.455	449.455.000	3.146.185.000	3.146.185	7
Total	44.224	1.816.412	1.816.412.000	12.714.884.000	12.714.884	7

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretarías de Agricultura Departamentales, UMATA. Años 2006, 2007 y 2008 Convenio MADR-CCI.

5 Véase *Situación internacional y perspectivas para el manejo poscosecha de fruta de banano: un enfoque de tecnología comercial*, del Laboratorio de Tecnología Poscosecha del

Centro de Investigaciones Agronómicas en la Universidad de Costa Rica; y también en *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo del banano en la región del Magdalena*, editado por Augura en 2009.

• Consumo de agua en la obtención de hoja fresca de coca y conversión de hoja de coca a pasta de coca

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN, 1993) recomienda incluir dentro de las fronteras de la producción aquella que proviene de actividades ilegales, en este caso, la correspondiente a los cultivos y productos del narcotráfico. La recomendación técnica de este tratamiento está contenida expresamente en el SCN93: “Las transacciones en las que se compran o venden bienes y servicios ilegales tienen que registrarse no solo para obtener medidas exhaustivas de la producción y del consumo, sino también para impedir que aparezcan errores en otras cuentas, si los recursos intercambiados en las operaciones ilegales se presumen utilizados para otros fines”⁶

En el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, la inclusión del consumo de agua asociado a la producción de cultivos ilícitos se acota puntualmente al agua que es incorporada al proceso de obtención de hoja fresca de coca y de pasta de coca con información proveniente del SIMCI. Se excluye el consumo posterior en la obtención de la base de cocaína y la química final asociada a la obtención del clorhidrato de cocaína.

Se estima que por cada hectárea cultivada en coca se emplean aproximadamente 127 kg/ha de insumos sólidos, 447 l/ha de insumos líquidos y 400 litros de agua/ha cosechada (DIRAN, 2002). Una tonelada métrica de hoja de coca fresca, en promedio, es equivalente a 1,5 kg de pasta de hoja de coca (UNODC, 2009). El consumo de agua insumida en el proceso de obtención de pasta de coca es de 43 m³/kg.⁷

6 DANE (2009). Ficha metodológica enclave de los cultivos ilícitos, p. 1.

7 Dato suministrado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), con base en el censo de cultivos de coca, como una operación estadística ejecutada en el marco del sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos.

Para el cálculo del volumen de agua consumida en la obtención de hoja fresca de coca y pasta de coca, se utiliza la información oficial de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), de acuerdo con el censo de cultivos de coca de 2008 realizado en el marco del sistema de Monitoreo de Cultivos Ilícitos. Esta fuente reporta 89.953 hectáreas cosechadas en 2008 netas después de descontar el área erradicada. El volumen de pasta de coca para el mismo periodo de referencia es de 429 toneladas métricas.

El volumen total de agua insumido en los dos procesos –cosecha de hoja fresca de coca y conversión de hoja a pasta de coca– en 2008 estuvo cerca de 18,48 Mm³. Esta cifra se obtiene al agregar el resultado de 35.981 m³, que se obtiene de multiplicar el número de hectáreas cosechadas (89.953) por el factor de consumo de agua (400 l/ha cosechada), más 18,45 Mm³, que se obtiene de multiplicar la producción de pasta de coca (429 toneladas métricas) y el factor de consumo de agua en transformación de hoja fresca a pasta (43 m³/kg).

En la *Figura 5.7, (pag. 184)* se ilustra la demanda hídrica nacional en poscosecha de plantaciones de banano de exportación, café y cultivo de coca por subzonas hidrográficas.

5.2.3. Demanda hídrica en el sector pecuario

La estimación de la demanda hídrica pecuaria se define en términos del consumo de agua del hato (l/cabeza-día) y se realiza mediante la adopción de módulos de consumo aplicados diferencialmente en la cadena de producción. Se agrega así el volumen de agua utilizada en las fases de crecimiento, terminación y de sacrificio, y en los lugares de manejo y beneficio de la población de bovinos, porcinos y aves.

El concepto de población cubre la totalidad de los inventarios de población en bovinos, porcinos y aves, registrados en 2008 con las siguientes particularidades: a) en el caso del inventario ganadero y de porcinos, desagregado por grupos etarios y por finalidad o propósito productivo; b) en el caso de la población de porcinos y aves, se consideran tanto el inventario de animales de traspatio o en unidades agropecuarias de los hogares como el inventario en plantas de beneficio; c) el dato de población asociada al sacrificio incluye el sacrificio formal y el sacrificio no registrado. Este último se calcula con base en los siguientes porcentajes reportados por los gremios y asociaciones de productores, y validados mediante consulta directa a los sectorialistas de Cuentas Nacionales del DANE y a la coordinación técnica de la Encuesta Nacional Agropecuaria: bovinos 10%, porcinos 31% y aves 20%.

El concepto de cadena de consumo de agua incorpora la definición del consumo vital en las fases de cría, levante y terminación, más el consumo en sacrificio y el consumo en lugares de manejo y beneficio animal. Los valores específicos, aplicados al módulo de consumo vital de las tres poblaciones observadas, son publicados por Fedegan, en la guía Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina, y por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en las guías ambientales para el subsector porcícola y para el subsector avícola. Para el caso de la población de codornices, se adopta el valor promedio del módulo de consumo publicado por la Dirección de Genética y Tecnología de CIEM Colombia. Los valores específicos de consumo de agua en la fase de sacrificio, y en los lugares de manejo y beneficio animal son publicados por la Universidad de la Salle, en el estudio sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector pecuario.

La fórmula de cálculo de la demanda pecuaria es como sigue:

$$Dp = Cv + Cs + Cua$$

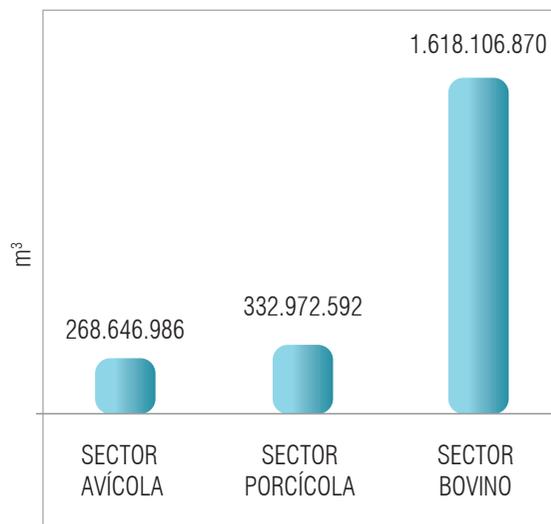
donde

- Dp: demanda pecuaria.
- Cv: consumo vital en la fase de cría, levante y terminación
- Cs: consumo en sacrificio
- Cua: consumo en lugares de manejo y alojamiento animal

5.2.3.1. Resultados estimación demanda hídrica en el sector pecuario

La demanda agregada de agua insumida en el sector pecuario en 2008 es del orden de 2.220 Mm³, con una participación del consumo en bovinos equivalente al 73%; seguido del consumo en porcinos del 15%; y en aves, del 12% (Véase Figura 5.8).

Figura 5.8. Volumen de agua insumida (m³) en el sector pecuario en 2008.



5.2.3.2. Demanda hídrica pecuaria según población animal

La cadena de consumo de agua en el **subsector de aves** da cuenta de una extracción del orden de 268 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) 12% en

sacrificio; b) 10% en cría y levante de aves de traspatio; c) 78% en unidades de alojamiento animal (Figura 5.9).

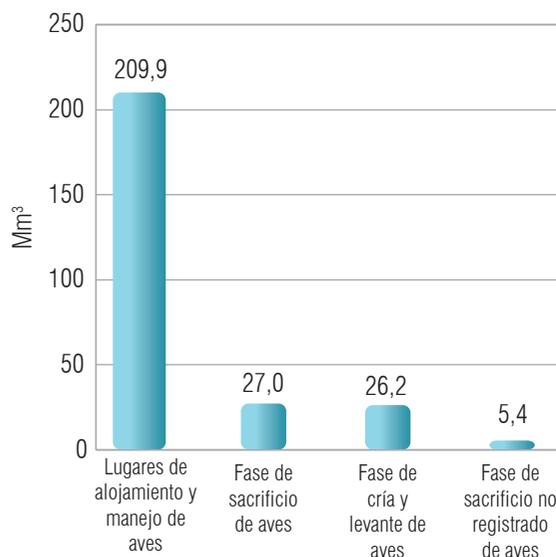


Figura 5.9. Demanda de agua en población de aves (2008).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

1. Definición de las estructuras de población conforme a la cadena productiva, así: a) El inventario inicial en la fase de cría y terminación de aves conforme a la Encuesta Nacional Agropecuaria para el 2008 en la categoría de animales de traspatio (gallinas, pollos, patos y codornices), encontradas el día de la visita en unidades agropecuarias familiares. b) El dato de población en la fase sacrificio formal, publicado por Fenavi, Federación Nacional de Avicultores de Colombia, una asociación del sector avícola; se utiliza la estadística de sacrificio de aves en plantas avícolas industriales para el año 2009, llevada a 2008 utilizando la tasa de crecimiento (1%) de la producción (en toneladas) de carne de pollo registrada entre 2008 y 2009. c) El dato de población en la fase sacrificio informal o no registrado, no observado en las encuestas nacionales, es estimado por Fenavi,

Dirección de Estudios Económicos (cadena del pollo), en el orden del 20% con respecto al sacrificio formal. Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adopta la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un inventario alto y, a la vez, el sacrificio legal es marginal o exiguo.

2. Asociación de los módulos de consumo conforme a la cadena de producción, así: a) para el consumo vital de agua, conforme a los valores registrados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en la guía ambiental para el subsector avícola; b) para los módulos de consumo en la fase de sacrificio y en los lugares en donde se llevan a cabo las labores de manejo y beneficio (galpones y plantas industriales de beneficio) se adoptan los valores específicos publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de aves.
3. Los datos de demanda hídrica en cada una de las fases de producción se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales.

En la *Tabla 5.18*, se relacionan los volúmenes de población, los módulos de consumo y la demanda hídrica puntual, conforme a la cadena de consumo ya descrita.

La cadena de consumo de agua en el **subsector de porcinos** da cuenta de una extracción del orden de 332,97 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) 92,92% en fase sacrificio; b) 2,9% en fase de cría y terminación; y c) 4,17% en lugares de mantenimiento y beneficio animal.

Tabla 5.18. Demanda hídrica del sector aves (2008).

Inventario avícola		Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/día-animales)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m ³ /año)
Pollos y gallinas	27.008.428	240 (l/día-100 animales)	23.659.383
Patos	793.302	370 (l/día-100 animales)	1.071.354
Pavos	593.003	650 (l/día-100 animales)	1.406.900
Codornices	362.189	58 (l/día-100 animales)	77.242
Total animales	28.756.922		26.214.879
Sacrificio registrado		Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-100 aves)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m ³ /año)
Total aves sacrificadas en plantas	463.849.556	16	27.088.814
Sacrificio no registrado			Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m ³ /año)
Total aves en sacrificio no registrado	92.769.911		5.417.763
Inventario avícola		Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-aves)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m ³ /año)
Pollos y gallinas	27.008.428	20	197.161.524,4
Patos	793.302		5.791.104,6
Pavos	593.003		4.328.921,9
Codornices	362.189		2.643.979,7
Total Animales	28.756.922		209.925.531
Total (m³/año)			268.646.986

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

- Definición de las estructuras de población conforme a la cadena de producción de la siguiente manera: a) Para la fase de cría, levante y terminación, se considera el inventario total de animales en 2008 con base en la estadística primaria de la Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la porcicultura, asociándole a este la estructura de población que publica la Encuesta Nacional Agropecuaria para el mismo año y que registra datos por grupos y orientación

o finalidad productiva con desagregación departamental. b) Para el caso del sacrificio registrado, se utilizan los datos de la Encuesta Nacional de Sacrificio que realiza el DANE con periodicidad anual y desagregación municipal. c) Para el sacrificio no registrado, se utiliza la estimación general de la Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la Porcicultura, que estima este valor en cerca del 30% con respecto al sacrificio legal (encuesta DANE). Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adopta la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un

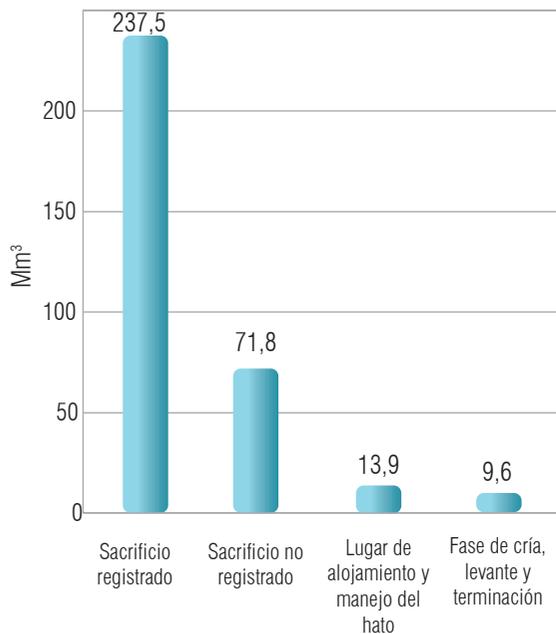


Figura 5.10. Demanda total de agua en población porcina (2008).

inventario alto y, a la vez, el sacrificio legal es marginal o exiguo.

- Asociación de los módulos de consumo conforme a la cadena de producción así: a) para el consumo vital de agua conforme a los valores registrados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en la guía ambiental para el subsector porcícola; b) para los módulos de consumo en la fase de sacrificio y en los lugares en los que se llevan a cabo las labores de manejo y beneficio (porqueriza y plantas de beneficio), se adoptan los valores específicos publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de porcinos.
- Los datos de demanda hídrica en la población de porcinos, en cada una de las fases de producción, se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la

cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales.

En la *Tabla 5.19*, se relacionan los volúmenes de población, los módulos de consumo y la demanda hídrica puntual conforme a la cadena de consumo ya descrita.

La cadena de consumo de agua agregada en el **sector de bovinos** da cuenta de una extracción del orden de 1.618 Mm³/año, con las siguientes participaciones: a) el consumo vital en la fase de cría y terminación, 45%; b) el consumo en la fase de sacrificio, 31%; y c) el consumo en los lugares de manejo y beneficio en unidades de alojamiento animal, 24%.

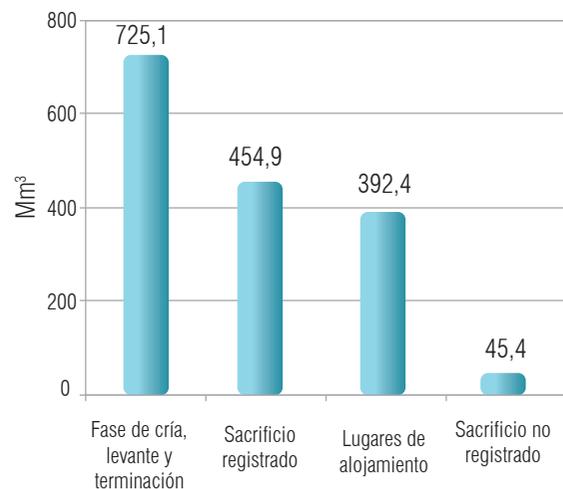


Figura 5.11. Demanda de agua en población bovina (2008).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) **definición de los volúmenes** y estructuras de población, las fases de cría, terminación y sacrificio; y b) la asociación de valores teóricos de consumo, acorde con la cadena de producción y el consumo en las unidades de alojamiento.

- Definición de las estructuras de población conforme a la cadena de producción así: a) El inventario inicial en la fase de cría y terminación, de acuerdo

Tabla 5.19. Demanda hídrica en el sector de porcinos (2008).

Inventario porcícola	Número de cabezas	Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m³/año)
Cerdas madres	413.581	18	2.717.226
Cerdas para reposición	95.956	18	630.432
Cerdos en ceba	867.721	8	2.533.744
Cerdos no clasificados	202.569	8	517.479
Cerdos en levante	1.314.805	5	2.399.520
Lechones lactantes y precebo	862.252	1.8	566.500
Reproductores	51.531	16	300.941
Total animales	3.808.415		9.665.841
Sacrificio registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m³/año)
Machos	1.330.543	300	237.517.655
Hembras	857.840		
Total animales	2.188.383		
Sacrificio no registrado	Número de cabezas		Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m³/año)
Número de animales	656.515		71.888.382
Inventario porcícola	Número de cabezas	Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m³/año)
Total animales	3.808.415	10	13.900.715
Total (m³/año)			332.972.592

con la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2008 que registra datos por grupos etarios y orientación o finalidad productiva (leche, carne, doble propósito), con desagregación departamental. b) El dato de población en la fase de sacrificio formal, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Sacrificio que realiza el DANE con periodicidad anual. En 2008, acorde con el diseño estadístico, se aplicó la encuesta a 280 plantas de sacrificio, de 1.142 que conforman el marco de lista de la encuesta. El sacrificio reportado da cuenta del 75% del total nacional, que se lleva a cabo en 72 municipios del país donde se localizan la totalidad de las plantas de sacrificio formalmente reconocidas. c) El dato

de población en la fase de sacrificio informal o no registrado, no observado en las encuestas nacionales, se estima cercano al 10% con respecto al total departamental del sacrificio formal. Este porcentaje es referenciado en estudios técnicos realizados por la Dirección de Comercialización del Ministerio de Agricultura, y resulta consistente con los órdenes de magnitud manejados en CCI-Minagricultura, en la Dirección de Cuentas Nacionales del DANE y en Fedegan-Estudios Económicos. Para la distribución departamental del nivel de sacrificio no registrado, se adoptó la siguiente condición de selección: departamentos en los que se registra un inventario ganadero alto y, a la vez, sacrificio legal marginal

o exiguo. Esta condición se cumple en Nariño, Quindío, Valle del Cauca y Casanare.

2. Asociación de valores teóricos de consumo acorde con la cadena de producción y el consumo en las unidades de alojamiento así: a) El consumo de agua atribuible a la primera fase de la cadena de producción se obtiene asociando a cada grupo etario; y para la población, según el propósito de la producción, los valores teóricos de consumo publicados en la guía de *Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina*, publicada por Fedegan. b) El consumo de

agua atribuible a la actividad de sacrificio se obtiene asociando a cada grupo de población entre 24 y 36 meses, y mayores de 36 meses –con una significativa concentración en este último grupo–, con los valores teóricos de consumo publicados por la Universidad de la Salle sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de bovinos. c) El consumo de agua en los lugares en los que se llevan a cabo labores de manejo y beneficio es publicado por la Universidad de la Salle y se adoptan sus valores sobre dotaciones de agua en infraestructura de beneficio para el subsector de bovinos.

Tabla 5.20. Demanda hídrica en el sector de bovinos (2008).

Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m3/año)
Machos y hembras de 0 -12 meses	5.256.673	20 - 30	55.620.484
Machos y hembras de 12-24 meses	6.082.501	45	97.065.887
Machos y hembras de 24-36 meses	6.476.802	80 - 110	212.270.468
Mayor de 36 meses	9.061.848	80 - 115	360.238.356
Total animales	26.877.824		725.195.195
Sacrificio registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m3/año)
Machos	1.653.753	500	301.809.923
Hembras	839.375		153.185.938
Total Animales	2.493.128		454.995.860
Sacrificio no registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio no registrado (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m3/año)
Número de animales	249.313	500	45.499.586
Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (l/día-cabeza)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m3/año)
Machos	9.464.395	40	138.180.168
Hembras	17.413.429		254.236.061
Total animales	26.877.824		392.416.229
Total (m3/año)			1.618.106.870

3. Los datos de demanda hídrica en cada una de las fases de producción se obtienen multiplicando el valor de la población por el valor específico registrado en la cadena de consumo del agua, según los módulos puntuales. En la *Tabla 5.20*, se presentan estas relaciones.

5.2.4. Demanda hídrica en sistemas de producción acuícola

La piscicultura es definida como la actividad dedicada al cultivo de peces mediante el manejo e implementación de buenas prácticas de desarrollo genético, incubación, alimentación, reproducción y sanidad de las especies. En Colombia, está orientada hacia la producción de a) camarón de cultivo en las costas Caribe y Pacífica; y b) piscicultura continental en estanques y en sistemas de tierra, con fuerte desarrollo en la zona Andina, en departamentos como el Huila, Antioquia, Valle del Cauca y el Tolima; y en la Orinoquía, en el departamento del Meta principalmente.

5.2.4.1. Unidades de observación

En primer lugar, una granja piscícola dotada con estanques, jaulas o jaulones, confinados con sistemas de recirculación de agua y sistemas de producción controlados sobre cuerpos de agua corriente, en donde se desarrolla dicha actividad, conforme al universo observado por la encuesta de producción piscícola realizada por el Ministerio de Agricultura y CCI para 2008. El universo de estudio definido por la encuesta corresponde a 9.493 granjas piscícolas con 25.550 estanques, los que ocupan un espejo de agua de 14.626.898 metros cuadrados dedicados a la producción de tilapia, cachama, trucha y otras especies, en los departamentos de Antioquia, Huila, Meta, Tolima y Valle del Cauca, con una cobertura en 182 municipios que explican el 70% de la oferta nacional.

Por otra parte, incluye el registro sobre concesiones de agua en la actividad piscícola no consideradas en el registro censal.

Se excluye de la medición la producción del cultivo de camarón de las costas Caribe y Pacífica, y de otras especies producto de la captura en aguas marinas y continentales.

5.2.4.2. Premisas de cálculo en piscicultura

La demanda de agua en la producción acuícola hace alusión al volumen de agua (m^3) utilizada en instalaciones o infraestructura en tierra (estanques, jaulas o jaulones), confinadas con sistemas de recirculación de agua para la siembra y producción de especies piscícolas. Así mismo, el agua insumida en los sistemas de producción controlados, en los que se introducen jaulas o jaulones directamente sobre cuerpos de agua, como embalses, ciénagas, lagos, lagunas y esteros, entre otros.

Para el cálculo de la demanda de agua, se utiliza la variable de producción en toneladas/año de peces de las especies tilapia, cachama y trucha. A este valor de producción se le asocia un valor específico correspondiente al rendimiento anual, a densidades finales (biomasa final), que se expresa en kg/m^3 (Fitzsimmons, 2000: 252-264), aplicable diferencialmente a la producción confinada con sistemas de recirculación en tierra y sistemas no confinados (jaulas sobre cuerpos de agua, por ejemplo, lagos, lagunas, embalses, etcétera). El dato de demanda, obtenido mediante esta operación (producción y biomasa final), se incrementa en un 30% con el objeto de considerar el recambio de agua en las fases iniciales de la cadena de producción, conforme a las prácticas culturales del cultivo en instalaciones o infraestructura en tierra.

Para el cálculo de la demanda, se adopta la variable de rendimiento anual a densidades finales (biomasa final), toda vez que muestra el dato objetivo de la población permanente durante todo el ciclo de producción, al descontar la tasa de mortalidad de la densidad de siembra inicial. La tasa de mortalidad, en el caso de los sistemas de producción de tilapia, en promedio nacional, es del 20% en sistemas de estanques en tierra y del 42% en sistemas de jaulas no confinados; para la producción de cachama, llega a ser del 7%; y para la producción de trucha, del 14%.

La fórmula de cálculo del uso consuntivo en la actividad acuícola es como sigue:

$$D_p = (P1 \times CSC) + (P2 \times CNC)$$

donde

D_p : demanda piscícola

$P1$: producción de peces en sistemas confinados

CSC : coeficiente rendimiento a densidades finales en sistemas de tierra

$P2$: producción de peces en sistemas no confinados

CNC : coeficiente rendimiento a densidades finales en sistemas no confinados

5.2.4.3. Resultados de estimación de la demanda hídrica en actividades de acuicultura

La demanda hídrica en la actividad de acuicultura en 2008 se estimó en un orden de 2.584 Mm³ (Figura 5.12); está compuesta por el uso consuntivo asociado en forma directa con los volúmenes de producción observados objetivamente mediante la encuesta de producción piscícola y el registro de concesiones de agua, en aquellas áreas en las que la encuesta no presenta ninguna observación o que la

representatividad con respecto a la desagregación departamental no es significativa.

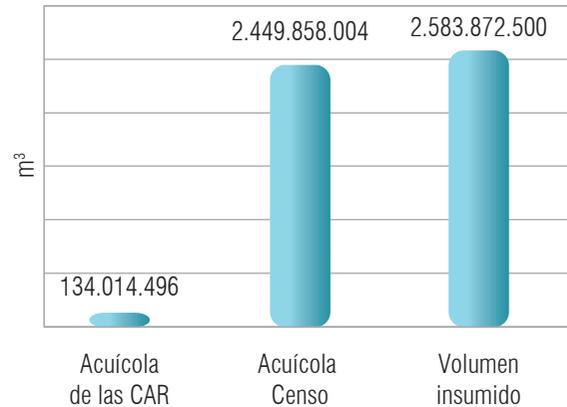


Figura 5.12. Volumen de agua insumido en actividades piscícolas (2008).

Para llegar a esta cifra de demanda en la actividad acuícola, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) definición de los niveles de producción departamental por tipo de especie, tomando como fuente de información la encuesta piscícola de 2008 realizada por la CCI y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; b) definición de los rendimientos a densidades finales diferenciales por tipo de especie y sistema de producción (en tierra o en sistemas no confinados –cuerpos de agua–); c) complementación de la estimación, a partir del cálculo de agua concesionada para aquellos departamentos en los que la encuesta piscícola no realiza ninguna observación.

En la Tabla 5.21 se registran los niveles de producción alcanzados en 2008.

El rendimiento anual a densidades finales varía de acuerdo con el tipo de especie y el sistema de producción, tal como se describe a continuación:

Tilapia. La producción se realiza en estanques de tierra de entre 10 m² y 2000 m², con una profundidad

Tabla 5.21. Producción piscícola por especie y por departamento (2008).

Departamento	Producción (toneladas)				Total Departamento
	Tilapia	Cachama	Trucha	Otras especies	
Antioquia	586	362	1.694	120	2.762
Boyacá	294	390	108	231	1.023
Córdoba	278	1.343	0	2565	4.186
Cundinamarca	1401	397	1.396	93	3.287
Huila	17.781	1.237	256	395	19.669
Sistemas en tierra	5.432	1.237	256	395	7.320
Sistemas de jaula	12.349				12.349
Meta	4.865	2.287	10	355	7.517
Santander	1.332	2.311	246	214	4.103
Tolima	1.918	1.072	439	305	3.734
Valle del Cauca	1.505	517	63	269	2.354
Otros departamentos	1.396	2.273	405	1235	5.309

Fuente: Encuesta de producción piscícola 2008. Oferta Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corporación Colombia Internacional (CCI).

promedio de 1,30 m por estanque y una columna de agua de 0,80 m. La fuente de agua puede ser de origen superficial y subterráneo, utilizada exclusivamente para mantener los niveles de agua constantes. El rendimiento anual a densidades finales en los sistemas de producción en tierra es de 300 gr/3,2 m³.

El rendimiento anual a densidades finales en sistemas productivos no confinados –en aquellos centros productivos de mayor especialización, como en el caso de Hidroprado (Tolima), en Betania (Huila) y en algunos reservorios de riego localizados en la

región de Risaralda y Valle del Cauca– puede variar de acuerdo con el sistema de producción y la tecnología utilizados. De acuerdo con estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la biomasa final en los sistemas antes citados es del orden de 64,63 kg/m³, de 47,77 kg/m³ y de 120 kg/m³, respectivamente (Salazar, 2002). El coeficiente oficial (biomasa final/m³) utilizado para el ENA 2010 es publicado por la dirección de cadenas productivas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2005), conforme se registra en la *Tabla 5.22*.

Tabla 5.22. Producción de tilapia en sistemas de estanques y jaulas.

Tilapia									
Sistemas de estanques							Sistema de jaulas		
Meta	Santander	Valle	Antioquia	Tolima	Huila	Promedio	Huila	Tolima	Promedio
Biomasa final: kg/m ³									
1,3	1,8	1,9	1,76	2,2	2,06	1,64	43	50	43
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)									
3,4	10	5	7	5	7	5,91	200	200	250

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

Tabla 5.23. Producción de cachama en estanques.

Cachama					
Meta	Santander	Valle	Tolima	Antioquia	Promedio
Biomasa: kg/m ³					
1	1	1,2	1	nd	1,04
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)					
1,89	1,13	1,2	2	1,5	1,54

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

Cachama. El cultivo de cachama se realiza en estanques de tierra rectangulares, con una superficie de 2,45 m² cada uno, y profundidad promedio de 1,7 m (no mayor de 2 m), con una pendiente de fondo de 0,2 a 0,5%. La fuente de agua podrá ser de origen superficial o subterráneo, utilizada solo para mantener el nivel óptimo de la columna de agua que sustituya las pérdidas ocurridas por filtración y evaporación en la época crítica de estiaje. Conforme a estas especificaciones, el rendimiento anual a densidades finales utilizado para la estimación del uso consuntivo en cultivos de cachama es de 1,5 kg/m³ (Tabla 5.23).

Trucha. Para el cultivo de esta especie se utilizan tanques de concreto rectangulares de 200 m², 50 m² y 25 m², con una profundidad promedio de 0,60 m. Como fuente de agua podrá utilizarse agua corriente de ríos o riachuelos. Se contempla la construcción de un desarenador inmediatamente después de la toma de agua, debido a que la trucha es sensible a los sólidos suspendidos en el agua. La densidad de siembra será de 34 truchas por m² en la etapa final en los tanques de 200 m². En el caso de la producción de trucha, la densidad final de siembra empleada puede variar entre 100 y 400 peces/m³, lo cual equivale a capacidades de carga o rendimientos a densidades finales de 30 a 130 kg/m³. Sin embargo, es necesario aclarar que este sistema requiere de un flujo libre y constante de agua de buena calidad, con alta productividad y una profundidad mínima de 4 metros en

los lugares en donde se instala. En la Tabla 5.24, se presentan los estimativos de la producción de trucha en estanques.

Tabla 5.24. Producción de trucha en estanques.

Trucha				
Santander	Valle	Tolima	Antioquia	Promedio
Biomasa =Kg/m ³				
39	13	65	60	44,25
Densidad de siembra (peces por m ² de espejo de agua)				
80	nd	85	60	75

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *La cadena de la piscicultura en Colombia* (2005).

El resultado correspondiente a la estimación de la demanda de uso de agua para la acuicultura, calculada a partir de volúmenes de producción de tilapia, cachama y trucha, sin ajustes por cobertura, se presenta en la Tabla 5.25.

El cálculo realizado a través de la producción piscícola en 2008 se complementa con el registro de concesiones reportado directamente por las CAR como concesiones de agua para este tipo de uso (Tabla 5.26 y Figura 5.13). El registro se utiliza para complementar la observación a través de la encuesta de producción piscícola realizada en 2008 por el Ministerio de Agricultura - CCI. El valor correspondiente a la demanda cubierta a través de concesiones de agua no incluidas en la muestra censal es del orden de 134.014.496 m³.

Tabla 5.25. Demanda hídrica producción acuícola (2008).

Departamento	Tilapia		Cachama		Trucha		Total departamento
	t/año	m ³ /rend. densidad final	t/año	m ³ /rend. densidad final	t/año	m ³ /rend. densidad final	m ³ /rend. densidad final
Antioquia	586	432.841	362	705.900	1.694	132.132.000	133.270.741
Boyacá	294	626.808	390	527.280	108	6.212.700	7.366.788
Córdoba	278	592.696	1.343	1.815.736			2.408.432
Cundinamarca	1.401	2.986.932	397	536.744	1.396	41.012	3.564.688
Huila			1.237.000	1.672.424.000	256	7.521	1.672.431.521
Sistemas en tierra	5.432	14.546.896			256		14.546.896
Sistemas de jaula	12.349	531.007.000					531.007.000
Meta	4.865	4.865.000	2.287	2.973.100	10	294	7.838.394
Santander	1.332	962.000	2.311	3.004.300	246	8.200	3.974.500
Tolima	1.918		10.721	13.937.300	439	8.780	13.946.080
Sistemas en tierra	1.151	3.291.288					3.291.288
Sistemas de jaula	767	38.360.000					38.360.000
Valle del Cauca	1.505	3.717.350	5.171	8.066.760	63	6.300	11.790.410
Otros departamentos	1.396	2.976.272	2.273	3.073.096	405	11.898	6.061.266
Total	33.274	604.365.083	1.262.255	1.707.064.216	4.873	138.428.705	2.449.858.004

Tabla 5.26. Concesiones en actividad acuícola (2008).

Corporación Autónoma Regional	m ³ /año
Carder	26.655.489
Cardique	2.964.384
Carsucre	49.434
Codechocó	427.836
Cormacarena	68.367.283
Corpomagdalena	622.080
Corpoamazonía	2.358.578
Corpochivor	5.706.266
Corpoguvio	127.554
Corponariño	15.062.018
CRC	2.938.291
CRQ	8.735.285
Total	134.014.496

Fuente: Registro concesiones CAR (2008).

El cálculo de la demanda hídrica en actividades de acuicultura privilegia el uso de la información censal, dado que no todas las autoridades ambientales reportan uso concesionado en actividades de acuicultura o piscicultura, como es el caso de AMVA, CAR, CDA, CDMB, Coralina, Corpocaldas, Corpocesar, Corpourabá, CSB, CVC, Damab, SDA y Parques Nacionales. Por lo demás, los órdenes de magnitud en aquellas con información evidencian claramente un subregistro u omisión frente a los volúmenes de producción registrados y la capacidad productiva instalada. Como se indicó antes, el valor correspondiente a la demanda cubierta a través de concesiones de agua no incluidas en la muestra censal es del orden de 134.014.496 m³. Este valor representa el 71,28% frente al total del agua concesionada en acuicultura

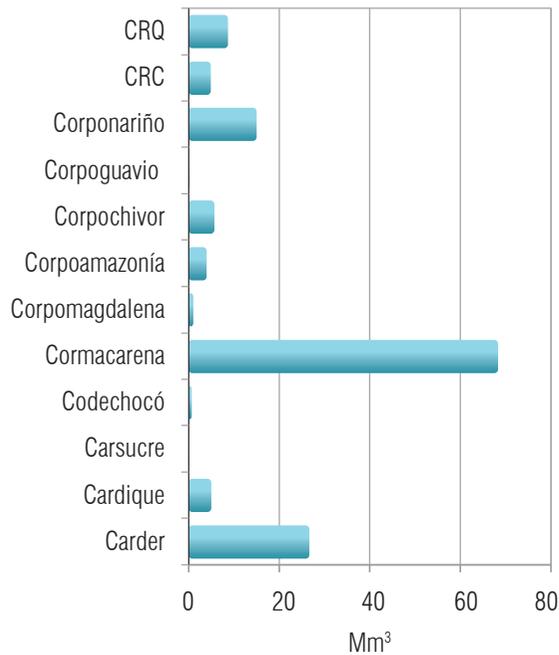


Figura 5.13. Concesiones en actividad acuícola (Registro concesiones CAR, 2008).

(188.069.794 m³). Este último valor representa 0,076% con respecto al volumen de agua estimado a través de la encuesta piscícola en 2008.

La demanda hídrica nacional del sector pecuario y piscícola por subzonas hidrográficas se ilustra en el mapa de la *Figura 5.14*.

5.2.5. Uso del agua en consumo humano o doméstico

En el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, el cálculo de la demanda de agua para uso doméstico se establece a partir de la estimación del consumo que un habitante requiere para satisfacer las necesidades fundamentales en un día. El ejercicio planteado coteja diferentes propuestas frente al umbral mínimo de consumo, dado un nivel de bienestar *versus* la tendencia real de consumo actual de los hogares

acorde con la estratificación, el tamaño medio de los hogares, la caracterización climática y la continuidad del suministro; esta última, en función de la complejidad de los sistemas de abastecimiento. En el agregado nacional, representa el volumen de agua, en millones de metros cúbicos (Mm³), utilizada por la población urbana y rural para suplir sus necesidades.

5.2.5.1. Fuentes de información

DANE: Censo general 2005 y Proyecciones de población 2025.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: Consumo residencial facturado según estratos.

5.2.5.2. Premisas de cálculo

El cálculo del uso del agua en el sector doméstico se aborda desde la definición de dos conceptos: 1) el consumo propio o vital de la población (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios), y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas, expresado a nivel per cápita en litros/habitante-día; y 2) el agua extraída no consumida, que se explica mediante el cálculo de las pérdidas en la cadena de conducción y suministro en red. Este último, conforme a los estándares establecidos en el Reglamento Sanitario del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000: 5% por aducción, 5% en plantas de tratamiento, 5% en conducción y pérdidas técnicas conforme al nivel de complejidad del sistema.

El consumo propio o vital de la población se establece a partir de la correlación entre el consumo facturado por los suscriptores residenciales, registrado por la SSPD en el Sistema Único de Información (SUI), y la ocupación de personas y hogares para el total de las viviendas con desagregación municipal (Censo 2005

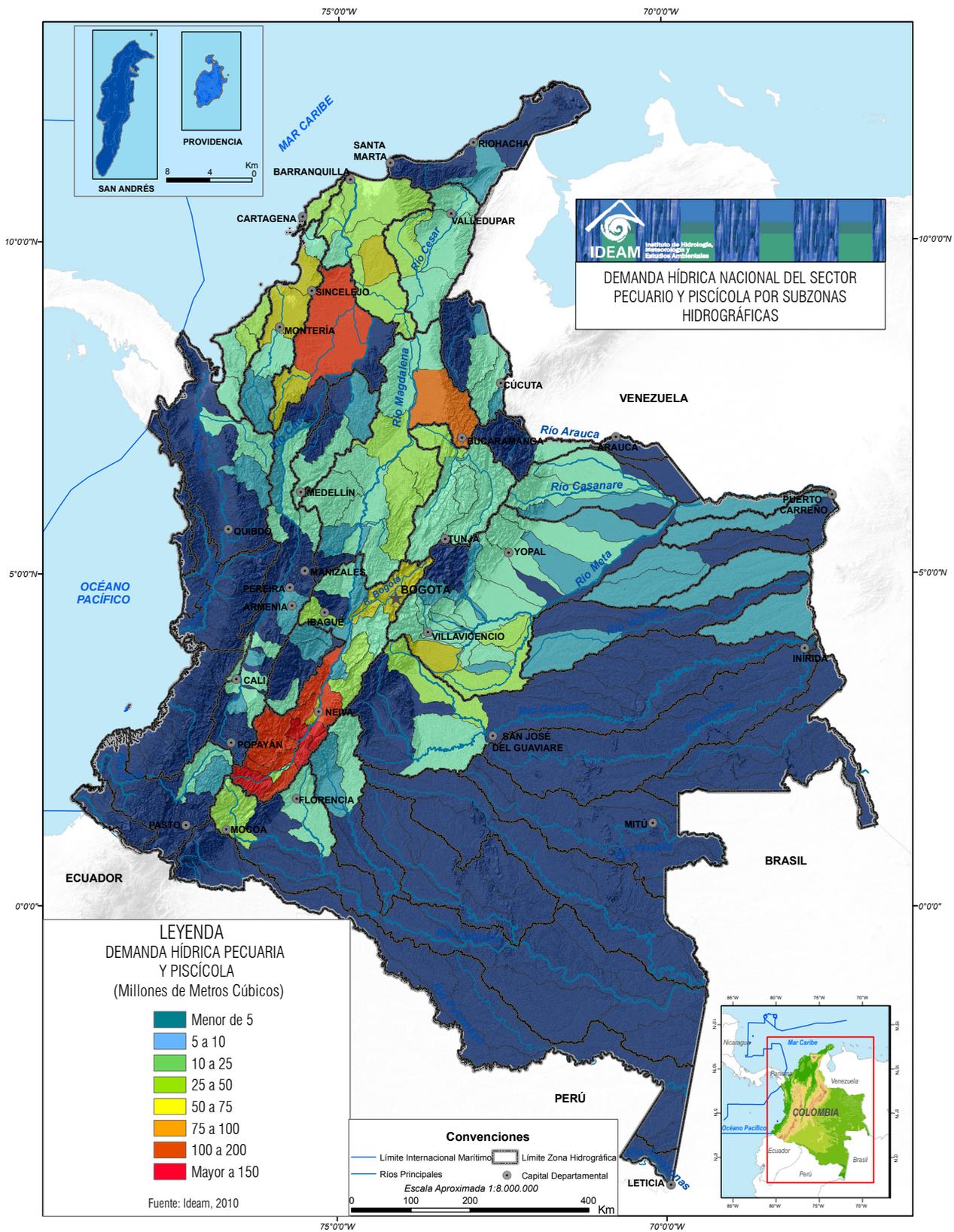


Figura 5.14. Demanda hídrica nacional del sector pecuario y piscícola por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.27. Relación de información de consumos de agua para el año 2008.

	Total	Cabecera	Resto
Número de habitantes Colombia 2008 (DANE)	44.450.260	33.402.146	11.048.114
Número de municipios con información de consumo (sin filtrar)		459 (41,0 %)	260 (23,2 %)
Número de municipios con información de consumo (filtrados)		394 (35,2 %)	153 (13,7 %)
Número de habitantes para los municipios con datos de consumo (sin filtrar)	31.897.992 (71,8 %)	29.087.721 (87,1 %)	2.810.271 (25,4 %)
Número de habitantes para los municipios con datos de consumo (filtrados)	29.290.901 (65,9 %)	27.559.717 (82,5 %)	1.731.184 (15,7 %)
Total municipios Colombia	1120		

del DANE) conectadas al sistema de abastecimiento por red. El consumo vital o propio marca la intensidad de uso a nivel de la población, diferenciando los niveles de consumo en el área urbana y rural municipal.

El volumen de agua extraída no consumida se establece como el producto entre el volumen total del agua extraída (total consumo facturado) por el factor de pérdidas, establecidos según el RAS.

La imputación del consumo vital o propio para el conjunto de municipios sin información (*Tabla 5.27*) se establece a partir del consumo registrado en los municipios, con información con un equivalente nivel de bienestar, visto a través del indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI) y de complejidad del sistema de abastecimiento mediante suministro en red.

Las siguientes son las variables requeridas para la estimación de la demanda hídrica doméstica: a) volumen total de población (número de habitantes); b) número total de viviendas a nivel municipal con desagregación urbano y rural; c) número de personas y hogares por vivienda; d) consumo facturado (m³)

por suscriptor residencial⁸ y número de suscriptores residenciales por estrato socio-económico. La fórmula de cálculo se muestra en la siguiente expresión:

$$DUD = Población \times Intensidad + pérdidas técnicas$$

donde *DUD* es la demanda de agua para uso doméstico. *Población* es el número de habitantes que pertenecen al área del municipio o zona estudiada; la población municipal se desagrega en cabecera municipal⁹ y resto del municipio¹⁰. *Intensidad*, es la cantidad de agua que requiere una persona para suplir sus necesidades diarias, expresada en litros/

8 La información de consumos en m³/suscriptor por estrato socio-económico también puede obtenerse de anuarios estadísticos departamentales y/o municipales, siempre y cuando estén disponibles.

9 Cabecera municipal: corresponde al área más densamente poblada del municipio y lugar donde funciona la sede de la Alcaldía Municipal. Su área geográfica está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por "acuerdos" del Concejo Municipal.

10 Resto del municipio: corresponde al área que está por fuera del perímetro urbano de la cabecera municipal. Puede estar constituido por centros poblados y población dispersa.

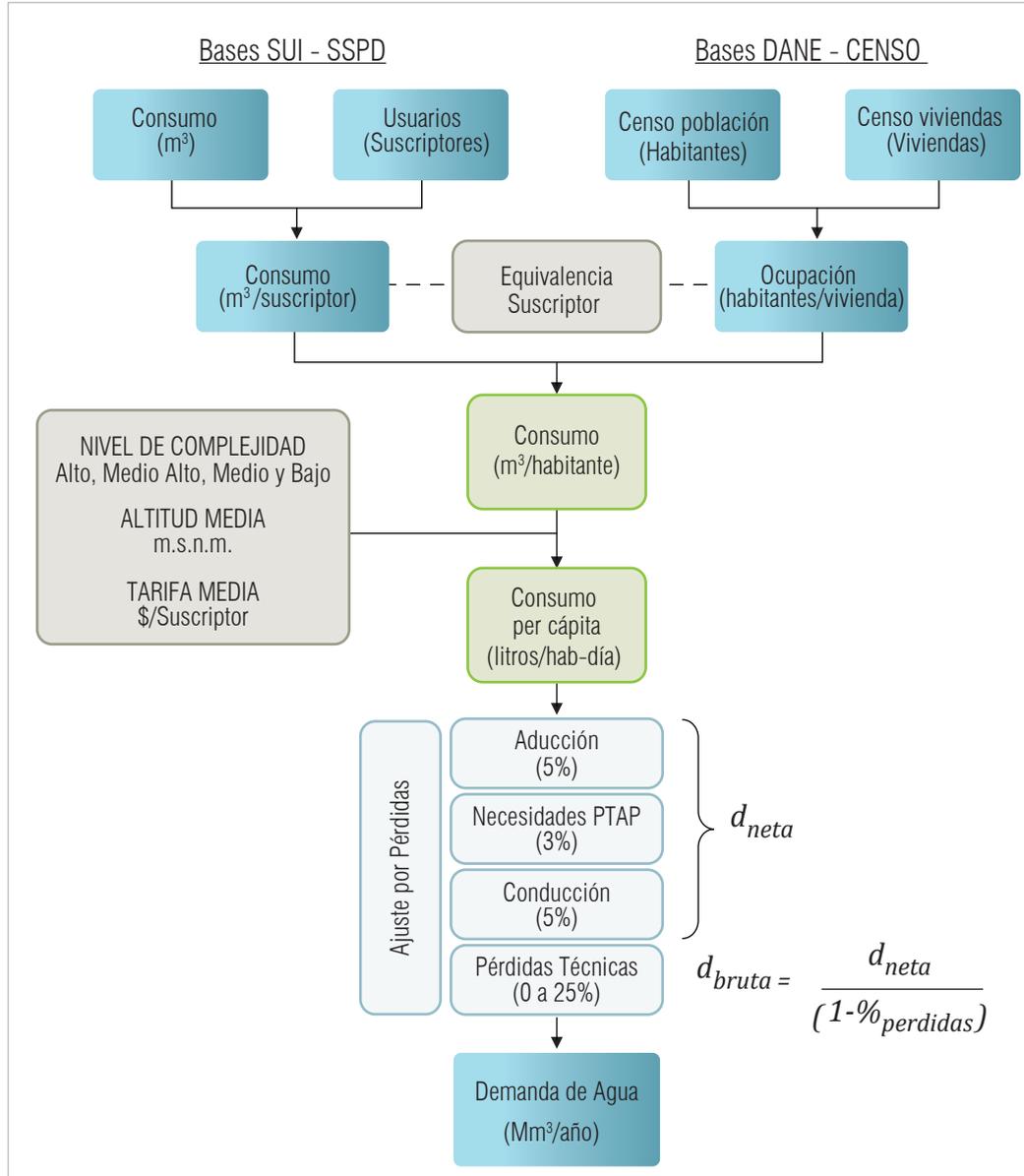


Figura 5.15. Diagrama general del cálculo para estimación de la demanda de agua para uso doméstico con desagregación municipal.

habitante-día¹¹. *Pérdidas técnicas*, es la cantidad de agua que es extraída y no consumida por pérdidas en el sistema de prestación del servicio de acueducto. En

la *Figura 5.15*, se ilustra de manera general la conceptualización señalada.

5.2.5.3. Resultados estimación demanda hídrica para uso doméstico

La cantidad total de agua demandada para uso doméstico en 2008 se estimó en 2.606 Mm³

11 Este dato se obtiene de la información que suministran las empresas de servicios públicos domiciliarios (acueductos) a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) a través del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

(incluidas pérdidas en el sistema), de los cuales el 82% (2.143 Mm³) corresponde a cabeceras municipales y el 18% (463 Mm³), al resto (Figura 5.16).

Del total de la demanda de agua para uso doméstico, el 30,7% (806,1 Mm³) corresponde al Distrito Capital de Bogotá (357,1 Mm³, equivalentes al 13,6%) y a los municipios de Cali (168,8 Mm³, el 6,4%), Medellín (155,5 Mm³, el 5,9%), Barranquilla (72,6 Mm³, el 2,8%) y Cartagena (52,2 Mm³, el 2,0%). Los restantes 1820,1 Mm³ (69,3%) son demandados por el resto de los municipios del país. La demanda de agua doméstica por subzonas hidrográficas se presenta en el mapa de la Figura 5.17.

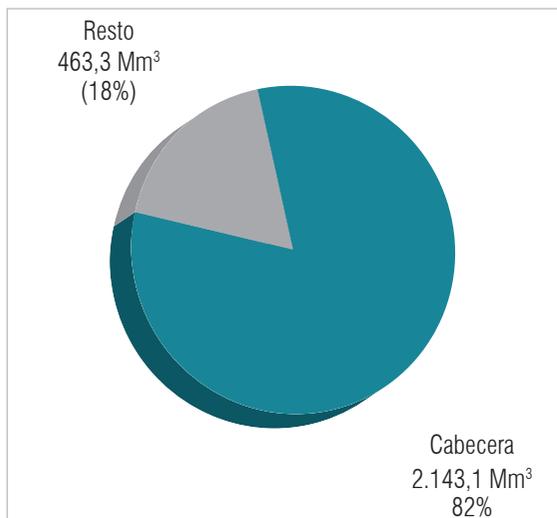


Figura 5.16. Participación de la demanda de agua según zona: cabecera y resto municipal (2008).

Para llegar a esta cifra, se agregan las estimaciones realizadas para: a) el consumo en municipios con información; b) imputación del consumo en municipios sin información; y c) estimación de las pérdidas según el RAS.

Para establecer el consumo de agua residencial para el grupo de municipios con información, se determina el consumo de agua per cápita (m³/año), a través del cociente que relaciona el consumo facturado por suscriptor y el número promedio de habitantes para el total de viviendas-municipio. En el ENA 2010, se identificaron rasgos de consumo per cápita entre 50 y 200 l/habitantes-día (Tabla 5.28). El segundo paso es establecer el consumo de agua doméstica para el total de la población con desagregación municipal. Este se obtiene al multiplicar el consumo per cápita por el dato de población censal, por municipio, diferenciando área urbana y área rural.

El consumo doméstico o residencial de agua para el conjunto de municipios sin información se obtiene asociándole a cada municipio el consumo per cápita registrado en municipios –con información sobre consumos facturados por los abonados residenciales– cuyas características de bienestar, según el indicador NBI y la complejidad de los sistemas de abastecimiento, sean equivalentes o similares a los municipios sin información.

El cálculo del agua extraída no consumida se obtiene de acuerdo a la estructura de pérdidas con base en los lineamientos establecidos en el Reglamento Sanitario del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000: por aducción 5%, en plantas de tratamiento 5%, en conducción 5% y pérdidas técnicas conforme al nivel de complejidad del sistema (Tabla 5.29).

Tabla 5.28. Consumos per cápita (litros/habitante-día) sin tener en cuenta pérdidas en el sistema.

Cabecera municipal		Resto del municipio	
Alto	122,3	0 a 36	110,5
Medio Alto	117,5	36 a 50	106,4
Medio	11,1	50 a 68	102,0
Bajo	104,1	68 a 100	99,1

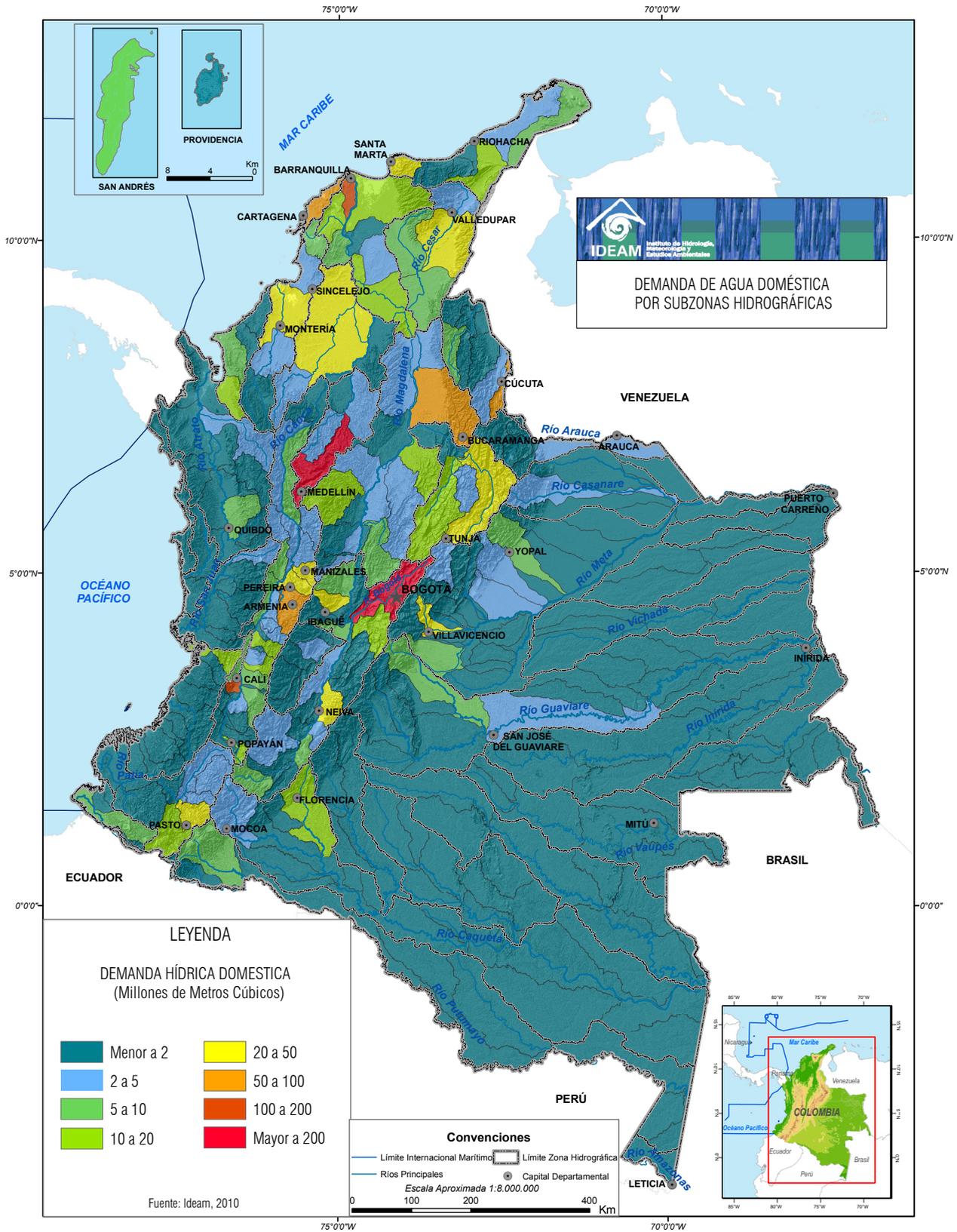


Figura 5.17. Demanda de agua doméstica por subzonas hidrográficas.

Tabla 5.29. Porcentajes de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta.

Nivel de complejidad	Porcentaje
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio alto	25 %
Alto	20 %

Fuente: Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Título B.

5.2.6. Uso del agua en el sector industrial

El agua utilizada en las actividades industriales o de transformación está incluida como una entrada más para el consumo intermedio asociado a las actividades de extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, al acabado de productos y a las actividades de construcción. Igualmente, como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento como de enfriamiento; y el agua que, aun en estado de vapor, es aprovechada en cualquier otro proceso de transformación. De manera general, los principales consumos del agua en la industria están relacionados con a) transferencia de calor y/o enfriamiento; b) **aplicación a procesos**; c) **recirculación**; d) **reutilización**; y e) **otros servicios industriales** conexos o auxiliares, por lo general, prestados a terceros.

5.2.6.1. Unidades de observación en industria

La totalidad de los establecimientos manufactureros del país con diez o más personas ocupadas o que el valor de la producción sea superior a \$130,5 millones de pesos anuales para 2007,¹² censados por la

¹² El promedio anual de establecimientos observados es igual a 9186. El censo realizado en 2007 se aplicó a 7257 establecimientos.

Encuesta Anual Manufacturera (EAM), con reporte de la variable de agua como materia prima. Esta variable denota la intensidad de consumo de agua, frente a otros establecimientos manufactureros que no la insumen, como factor representativo dentro de la estructura de producción.

Los establecimientos industriales que se abastecen de las redes de agua potable y vierten sus desechos en las redes de alcantarillado municipales, y las pequeñas industrias que comparte un espacio dentro de viviendas conectadas a la red.

Los establecimientos industriales que se abastecen directamente de fuentes superficiales o subterráneas, mediante concesiones de aprovechamiento no incluidos u observados en los anteriores subuniversos.

5.2.6.2. Premisas de cálculo y criterios metodológicos de la demanda hídrica en la industria

El cálculo de la demanda hídrica en el sector manufacturero se obtiene por la agregación de los consumos en cada uno de sus componentes: a) consumo de agua en la actividad industrial; b) consumo de agua en actividades de construcción en las que se presta el servicio de agua temporalmente; y c) volumen de agua extraída no consumida.

La fórmula de cálculo de la demanda industrial es como sigue:

$$Csm = Gi + Pi + C + K$$

donde

Csm: consumo del sector manufacturero y servicios

Gi: gran industria

Pi: pequeña industria

Tabla 5.30. Volumen de agua utilizada en la industria por componente.

	Industrial ESP (m ³ /año)	Pequeña industria (m ³ /año)	Gran industria (m ³ /año)	Ajustes cobertura (m ³ /año)	Total (Mm ³)
Volumen de agua insumida	86.479.450	111.508.078	80.297.820	1.264.236.594	1.543
Volumen de agua extraída no consumida	34.591.780	Nd	Nd	Nd	35
Volumen de agua utilizada	121.071.230	111.508.088	80.297.820	1.264.236.594	1.577

C: construcción

K: ajuste por cobertura

5.2.6.3. Resultados de estimación de demanda hídrica en la industria

De acuerdo con el método de cálculo utilizado para la estimación de la demanda de agua (suma de las extracciones) en los procesos propios de la actividad industrial, esta consumió en 2008 cerca de 1.577 Mm³/año de agua con inclusión del agua extraída no contabilizada (35 Mm³) y de 1.543 Mm³/año sin inclusión de este último. Las estimaciones por componente se presentan en la *Tabla 5.30*.

El cálculo realizado cubre la estimación puntual de los siguientes elementos: a) demanda suplida por las empresas de servicios públicos; b) demanda de agua en unidades de vivienda con establecimientos industriales; c) demanda de agua en establecimientos de gran industria; d) volumen de agua captado reportado por las CAR y por la Encuesta Ambiental Industrial (EAI); e) corrección a los valores alcanzados por agua extraída no insumida.

• Demanda cubierta por las empresas de servicios públicos (ESP)

Con base en el registro del SUI de la SSPD, se realiza la estimación del consumo de agua reportado por los suscriptores clasificados como industriales, el consumo de agua en actividades de construcción y el agua

extraída no consumida. El dato correspondiente a la demanda hídrica industrial agregada suplida por la ESP para 2007 es del orden de 121.071.230 m³, compuesta por el consumo directo de los suscriptores abonados en industria (63.808.681 m³), el consumo en actividades de construcción con suministro de agua temporal (22.670.769 m³) y el volumen de agua extraída no consumida (34.591.780 m³).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) **Consumos facturados** y complementación del consumo para los suscriptores industriales con información en el periodo 2006-2009 y sin información en 2007. El dato para la complementación es el menor consumo registrado en los tres años con observación. b) Imputación del consumo promedio anual reportado por la SSPD¹³ (5.157 m³) aplicado a 97 suscriptores industriales que en la consulta de 2007 registran consumo no disponible. c) **El 90% del consumo facturado en la categoría de otros suscriptores en 2007**, con base en el cual se asigna el consumo en actividades de construcción.

d) El volumen de agua no contabilizada que incluye, entre otras, pérdidas desde la captación, transporte y distribución del servicio de agua potable cercanas al 40% del valor agregado para comercio, oficial y otros.

¹³ En SSPD 2007, informe anual de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

En la *Figura 5.18* y en la *Figura 5.19*, se observa el agua extraída con fines industriales suplida por las ESP y la composición del consumo total.

- **Demanda de agua en unidades de vivienda con establecimientos industriales (pequeña industria)**

Esta estimación se aplica para el cálculo del uso

consuntivo de agua en pequeños establecimientos industriales no cubiertos por la Encuesta Anual Manufacturera, que es la que observa el comportamiento de la gran industria. La demanda de agua asociada a los establecimientos de pequeña industria en unidades de vivienda es de 111.508.088 m³/año, resultado de multiplicar el número de establecimientos de pequeña industria, con desagregación departamental y consumo promedio anual por suscriptor.



Figura 5.18. Agua extraída con fines industriales, suplida por ESP en 2007.

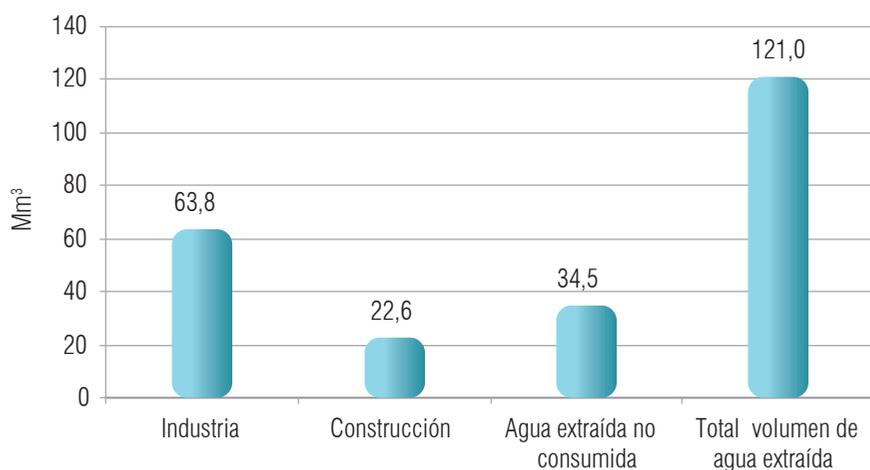


Figura 5.19. Composición del consumo con fines industriales (elaborada con base en el registro SUI (SSPD, 2006-2009).

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) Para la definición del universo de establecimientos de pequeña industria, se utiliza el dato censal de viviendas con establecimientos industriales. En el Censo General 2005, se identificaron un total de 159.930 establecimientos de industria, de los cuales 78.638 se encuentran dentro de una vivienda¹⁴. b) El consumo promedio anual por suscriptor industrial específico para cada departamento, calculado con base en el consumo industrial facturado y el número de suscriptores por municipio, tomando como fuente de información el registro del SUI del SSPD (2007). La *Tabla 5.31* muestra los consumos de la pequeña industria en 2007, calculados por departamento.

• Demanda de agua en establecimientos de gran Industria

Para el cálculo de la demanda en establecimientos de gran industria, se consideran dos componentes base para la estimación:

1. El uso consuntivo del agua como materia prima en la gran industria, identificado con el código 018000016 de la clasificación de productos adaptada para Colombia (CPC), incluido en el capítulo nueve (9) de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM); y una imputación del consumo cuando el reporte de la EAM no registra información sobre este producto.
2. Un ajuste por cobertura para aquellos establecimientos industriales no cubiertos por la Encuesta Anual Manufacturera, diferentes a pequeña industria.

14 Véase el Cuadro 4.28, sobre unidades económicas por actividad económica, del Censo general 2005 del DANE.

Tabla 5.31. Consumo de la pequeña industria (2007).

Departamento	Total consumo (m ³)
Antioquia	22.612.568
Atlántico	7.895.946
Bogotá	28.983.560
Bolívar	3.991.328
Boyacá	1.907.432
Caldas	4.088.390
Caquetá	394.412
Cauca	805.132
Cesar	628.764
Córdoba	1.334.236
Cundinamarca	3.069.528
Chocó	165.496
Huila	2.410.456
La Guajira	589.504
Magdalena	1.844.154
Meta	865.532
Nariño	3.774.440
Norte de Santander	1.906.465
Quindío	1.910.682
Risaralda	2.574.378
Santander	7.928.906
Sucre	1.384.368
Tolima	3.557.578
Valle del Cauca	5.341.336
Arauca	385.056
Casanare	1.003.896
Putumayo	41.666
San Andrés	45.656
Amazonas	21.744
Guainía	18.120
Guaviare	15.060
Vaupés	1.757
Vichada	10.542
Total	111.508.088

Para el primer numeral, se tiene que el universo de establecimientos observados por la EAM en 2007 fue de 8.284, de los cuales 7.257 cumplieron con los parámetros de inclusión establecidos por la encuesta. De estos, 1.526 son intensivos en consumo de agua como materia prima (CPC 018000016); y con datos directos

de consumo, 888 establecimientos. Para el resto, es decir 638, se realiza una imputación sobre el consumo aparente, utilizando la relación técnica entre volumen de agua insumido y valor de la producción para la misma rama de actividad afín a la que, registrando datos sobre el valor de la producción, no reporta consumos de agua como materia prima. El cálculo del consumo de los establecimientos de industria, conforme al dato primario registrado en la EAM y la imputación para el resto, se aproxima a 80.297.820 m³/año.

La segunda parte del cálculo se realiza mediante un ajuste por cobertura para gran industria. Como ya se indicó, el censo de establecimientos manufactureros se aplicó a una muestra de 7.257 en 2007. Si bien, en este caen los establecimientos que mayormente contribuyen a la producción sectorial, es necesario establecer los consumos de agua para los establecimientos con características similares al universo de la EAM no incluidos en esta, reportados por otras fuentes de información.

Este ajuste se realiza a partir del análisis del volumen de agua concesionada, tomando como fuentes de información a las Corporaciones Autónomas Regionales y la Encuesta Ambiental Industrial del DANE de 2008.¹⁵ Esta última, para completar el cálculo en aquellas Corporaciones en las que se reconoce la vigencia de concesión; empero, el dato de captación presenta algunas restricciones de uso, ya sea que por su orden de magnitud resulta inconsistente o porque el mismo no está disponible.

En el marco de los balances hídricos de oferta utilización hídrica es necesario estimar, como un componente más de la extracción efectiva, el volumen del

agua no contabilizada en los diferentes procesos de producción. La no contabilización del consumo total se explica, en parte, por el consumo no facturado o por la elusión del consumo. Igualmente, por el exiguo control y seguimiento realizado por las autoridades ambientales regionales al registro de concesiones otorgadas y por una ineficiente gestión del recurso administrado por las ESP.

Con el objeto de tener en cuenta esta subestimación en el ajuste por cobertura para gran industria, se incrementó el volumen de total captado (las CAR + EAI), tomando como criterio de contraste el indicador de intensidad industrial IDI municipal,¹⁶ de acuerdo con la *Tabla 5.32* para los municipios: a) **el 30% para las concesiones administradas por Corponor, Corpourabá, Damab y Valle de Aburrá; y b) el 20% para las concesiones administradas por la CRA, CAR, Corpocaldas, la CVC y la SDA.**

Los resultados, conforme a los criterios antes señalados, muestran que el volumen de agua captado –según el directorio de usuarios que denotan usos industriales de las CAR–, en 2008 llega a ser del orden de 1.145.950.367 m³. La desagregación de volúmenes concesionados por Corporación se presenta en la *Tabla 5.33*. Este valor no referencia la totalidad del registro de concesiones, dado que este presenta las siguientes restricciones u omisiones: a) en algunas corporaciones, el registro no incluye el valor de volumen concesionado o, en su defecto, el volumen captado; b) la magnitud registrada distorsiona el valor total de captación para la suma de corporaciones; y c) no es posible identificar el uso industrial en la consulta del directorio de usuarios, así como tampoco el tipo de uso.

15 El DANE viene realizando esta operación estadística desde 1997 para establecer el gasto ambiental realizado por los establecimientos industriales, con fines de protección, conservación y recuperación de los bienes y servicios ambientales.

16 El índice de densidad industrial es publicado por el DANE (indicadores de competitividad). IDI = cociente entre el número de establecimientos y el área total de cada municipio.

Acorde con estas novedades, se excluyen del cálculo las siguientes autoridades ambientales: CRA, CAM, CAR, Corpocaldas, Codechocó, Corpochivor, Corpoguvio, CVC y SDA.

El volumen de agua captado por los establecimientos de industria, reportado en la Encuesta Ambiental Industrial, es de 431.163.355 m³; su distribución por Corporación se ilustra en la *Tabla 5.34*.

Tabla 5.32. Indicador de identidad industrial.

COD DEPTO	DEPTO	COD MPIO	MUNICIPIO	IDI							
				2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
5	ANTIOQUIA	1	Medellín	2,0916	1,9358	1,8607	1,9842	1,6754	1,6163	1,6351	1,5895
		266	Envigado	0,6453	0,6577	0,7074	0,8811	0,7446	0,7694	0,7694	0,7446
		360	Itagüí	12,4939	11,8160	11,7676	13,9952	12,4939	12,3002	11,8160	11,4286
		631	Sabaneta	4,2730	4,0816	4,5918	5,7398	5,7398	5,7398	5,5485	5,8673
8	ATLÁNTICO	1	Barranquilla	1,5982	1,5585	1,5302	1,6719	1,5302	1,5132	1,4338	1,4622
		78	Baranoa								
		296	Galapa	0,0103	0,0103	0,0103	0,0103	0,0205	0,0205	0,0308	0,0308
		433	Malambo	0,0590	0,0492	0,0590	0,0590	0,1082	0,1180	0,0983	0,1082
		758	Soledad	0,3377	0,3576	0,3774	0,4172	0,4172	0,3774	0,3973	0,4370
54	NORTE DE SANTANDER	1	Cúcuta	0,0960	0,0951	0,0854	0,0863	0,0669	0,0705	0,0713	0,0722
		405	Los Patios	0,0240	0,0240			0,0320	0,0240	0,0240	0,0240
		498	Ocaña	0,0094	0,0057	0,0038	0,0038	0,0038	0,0057	0,0057	0,0057
		518	Pamplona	0,0101	0,0101	0,0067	0,0067				
		874	Villa del Rosario			0,0537	0,0537	0,0967	0,0859	0,0859	0,0752
68	SANTANDER	1	Bucaramanga	1,4929	1,3801	1,3005	1,3005	1,2806	1,1943	1,1877	1,1877
		81	Barrancabermeja	0,0073	0,0089	0,0089	0,0089	0,0113	0,0105	0,0113	0,0105
		276	Floridablanca	0,1115	0,1013	0,1013	0,1013	0,1216	0,1115	0,1216	0,1216
		307	Girón	0,0519	0,0519	0,0499	0,0499	0,0639	0,0659	0,0699	0,0579

Fuente: DANE, 2007

Tabla 5.33. Volumen de agua concesionado según las CAR para 2008.

CAR	(m ³ /año)	CAR	(m ³ /año)
AMVA	2.273.951	Corpoboyacá	29.684.724
Carder	48.857.463	Corpocesar	13.817.947
Cardique	668.563	Corponariño	1.661.158
Carsucre	422.236	Corponor	1.045.276
CDA	4.334	Corporinoquia	2.148.867
CDMB	161.577.422	Corpourabá	1.825.966
Coralina	15.048	Cortolima	37.765.264
Corantioquia	146.525.760	CRC	214.631.228
Cormacarena	198.308.252	CRQ	3.612.418
Cornare	92.890.018	CVS	2.050.354
Corpamag	92.813.287	Damab	90.813.787
Corpoamazonía	2.537.041	Total concesionado	1.145.950.367

Fuente: Consulta con autoridades ambientales.

Tabla 5.34. Volumen de agua captado para uso industrial según la EAI.

EAI - Volumen de agua captado para uso industrial (m³)	
CRA	40.484.756
CAR	17.236.925
CALDAS	862.774
CVC	176.994.743
SDA	195.584.158
Total	431.163.355

Fuente: Encuesta Ambiental Industrial 2007.

El valor final del ajuste por cobertura en gran industria es de 1.264.236.594 m³, obtenido por la diferencia entre el volumen captado a través de las CAR y la EIA (1.577.113.722 m³), y los consumos ya registrados a través de las empresas de servicios públicos, la Encuesta Anual Manufacturera y las viviendas con pequeños establecimientos industriales (312.877.128 m³). Se restan los consumos, a fin de evitar una doble contabilización.

5.2.7. Uso del agua en el sector de servicios

Se define la actividad de servicios como el conjunto de actividades desarrolladas por las unidades económicas, encaminadas a generar y poner a disposición de las personas, los hogares o las empresas una amplia gama de servicios, cada vez que estos sean demandados y sobre los cuales no recaen derechos de propiedad por parte del usuario.

Es importante tener en cuenta que los servicios no son susceptibles de ser almacenados ni transportados y, en consecuencia, no pueden ser transados en forma independiente de su producción. Por otra parte, no existe un traslado de la propiedad del producto; se vende por parte del productor y se compra por

parte del consumidor un derecho al uso del servicio, cada vez que este sea requerido (DANE, 2008).

5.2.7.1. Premisas de cálculo y criterios metodológicos

El cálculo de la demanda hídrica en el sector de servicios se obtiene por agregación de los consumos de agua en las actividades de servicios, incluido el suministro en espectáculos y actividades recreativas temporales¹⁷, y el agua extraída no consumida. Esta última se suma como un valor de referencia que explica la razón entre el volumen de agua producida y el agua suministrada a través de los sistemas de conducción en red.

Se utiliza la información de los consumos facturados (m³/año) para las categorías de suscriptores comerciales, oficial y otros, con desagregación departamental y municipal, tomando como fuente primaria de información el registro oficial de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), actualizado y disponible en el Sistema Único de Información (SUI). El cálculo se complementa con la información sobre captaciones en usos oficiales, recreativos y de servicios reportado por las Corporaciones autónomas regionales.

No se presenta duplicidad o doble contabilización entre el registro de concesión y el uso reportado por la SSPD, dado que el registro de las CAR identifica sin traslape las concesiones otorgadas a las empresas de servicios públicos (ESP) para atender la demanda mediante suministro por red, y por separado, las específicas para el tipo de uso clasificado como "servicios". El

17 Decreto 302 de Mindesarrollo. "[...] servicio temporal: el que se presta a obras en construcción, espectáculos públicos no permanentes y servicios residenciales de carácter ocasional con una duración no superior a un año prorrogables a juicio de la empresa".

consumo, en este último caso, es identificado a través del directorio de usuarios con concesiones no clasificados como uso doméstico en hoteles, hospitales, colegios, fundaciones, instalaciones de la administración pública, clubes deportivos, espacios recreacionales y otros establecimientos de servicio (lavanderías, autolavado, estaciones de combustible, etcétera).

Se excluye el consumo de agua atribuible al servicio prestado por personas naturales y viviendas con esta actividad económica y el consumo de agua en servicios de restaurantes y comidas. Esta medición es por lo demás compleja, toda vez que en su gran mayoría son actividades económicas asociadas a un hogar, que comparten espacios dentro de una misma vivienda. La condición de incertidumbre¹⁸ asociada a este tipo de traslapes o conjuntos borrosos introduce limitaciones de orden estadístico y conceptual a la hora de diferenciar el gasto de agua en distintos usos o en usos compartidos; más aun, cuando para este tipo de arreglos no existen, por ejemplo, registros administrativos que permitan diferenciar con claridad el tipo de actividad o sector que origina la demanda de agua, así como tampoco censos universales que indiquen el número de personas ocupadas, el número de personas atendidas y el tipo de actividad económica, cuando la vivienda funge como establecimiento comercial o de servicios, incluidos los de alojamiento no permanente.

La fórmula de cálculo de la demanda de servicios es como sigue:

$$C_{ss} = C_s + O_f + O_t$$

donde

C_{ss} : consumo sector servicios

C_s : comercio

O_f : oficial

O_t : otros

5.2.7.2. Resultados de estimación de la demanda hídrica en servicios

Con base en el registro del SUI, se realiza la estimación del consumo de agua reportado por los suscriptores clasificados como comerciales y oficiales, el consumo de agua en espectáculos y actividades recreativas temporales y el agua extraída no consumida. La agregación de estos tres componentes dio como resultado en 2008 del orden de 354.382.556 m³/año.

Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo: a) Consumos facturados y complementación del consumo para los suscriptores del sector comercial y oficial con información en el periodo 2007-2009, y sin información y consumo no disponible en 2008. El dato para la complementación es el menor consumo registrado en los tres años con observación. b) El 10% del consumo facturado en la categoría de "otros suscriptores", con base en el cual se asigna el consumo de agua en actividades de recreación y espectáculos públicos. c) El volumen de agua no contabilizada, que incluye, entre otros, pérdidas desde la captación, transporte y distribución del servicio de agua potable cercanas al 40% del valor agregado para comercio, oficial y otros (SSPD, 2006: 147). En la *Figura 5.20*, se observa la composición del consumo.

El cálculo anterior se complementa con la información sobre concesiones en usos oficiales, recreativos

18 Dos grandes clases de incertidumbre se han formulado hasta el momento: la incertidumbre debida a la deficiencia de información, conocida también como ambigüedad y la incertidumbre lingüística o vaguedad. La primera de ellas ha sido desarrollada al interior de la teoría de los conjuntos clásicos. En la vaguedad, la incertidumbre se origina por una deficiente especificación de cada alternativa. En estos casos, la única teoría que se ha formulado para el tratamiento formal de la vaguedad es la teoría de los conjuntos borrosos.

y de servicios, reportado por las corporaciones autónomas regionales. Se opta por esta variable bajo la premisa de que el servicio es asignado a un usuario particular y, por ende, no está disponible para otro tipo de uso diferente al registrado en el formulario que ampara la concesión. El volumen de agua concesionado para el desarrollo de las actividades de servicios por esta fuente es del orden de 144.823.997 m³.

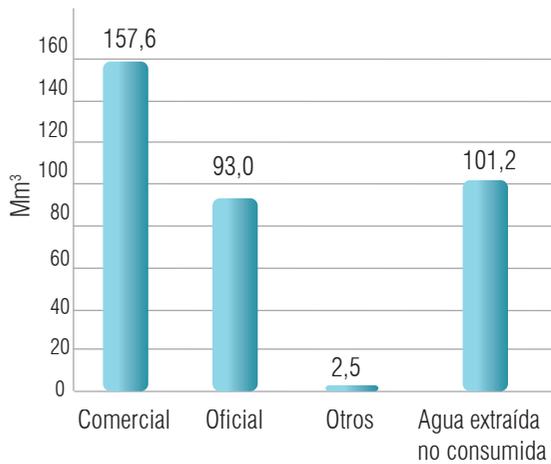


Figura 5.20. Agua consumida en el sector servicios según las ESP.

Este último valor es objeto de corrección con la finalidad de incorporar al cálculo: a) la omisión derivada del registro de concesiones que no permite identificar con suficiente objetividad el tipo de uso; y b) guardar una mayor paridad o correlación con los indicadores propios de la actividad económica sectorial, por ejemplo, tamaño del sector, consumo de energía, intensidad de uso (agua).

En consideración a ello, se aplica un incremento de línea base (en el escenario más conservador)¹⁹ del 20% generalizado sobre el volumen total captado. Con esta corrección, el volumen total captado por el sector de servicios no incluido en la demanda suplida por las ESP es de 173.788.796 m³. La demanda hídrica total agregada en el sector de servicios es del orden de 528 Mm³, la distribución por fuente se presenta en la *Tabla 5.35* y el volumen concesionado por la Corporación Autónoma, en la *Tabla 5.36*.

La estimación de la demanda hídrica en servicios e industria se realiza privilegiando la disponibilidad de la estadística primaria, a partir de registros administrativos que acotan los datos registrados por la SSPD y las CAR para concesiones de agua.

Tabla 5.35. Demanda hídrica (m³) en actividades de servicios (2008).

Agua suministrada por ESP		CAR - Volumen de agua concesionado	Total
Uso efectivo	No utilizado		
253.130.397	101.252.159	173.788.796	528.171.352

¹⁹ Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: "El agua, una responsabilidad compartida", coordinado por WWAP, durante el Cuarto Foro Mundial del Agua en Ciudad de México, México, en 2006.

Tabla 5.36. Volumen concesionado por las autoridades ambientales a establecimientos de servicios.

CAR	m ³ /año	Participación (%)
AMVA	2.180.265	1.51
CAM	4.152.372	2.87
CAR	5.926.759	4.09
Carder	12.729.822	8.79
Cardique	108.168	0.07
Carsucre	2.164.979	1.49
CDA	17.280	0.01
CDMB	2.249.453	1.55
Codechocó	94.608	0.07
Coralina	838.227	0.58
Corantioquia	264.384	0.18
Cormacarena	578.534	0.40
Cornare	6.109.018	4.22
Corpamag	2.671.187	1.84
Corpoamazonía	2.671.187	1.84
Corpoboyacá	1.845.424	1.27
Corpocaldas	13.288	0.01
Corpocesar	4.470.953	3.09
Corpochivor	478.795	0.33
Corponariño	277.285	0.19
Corponor	18.358.367	12.68
Corporinoquia	378.303	0.26
Corpourabá	1.017.450	0.70
Cortolima	33.997.418	23.47
CRC	25.280.249	17.46
CRQ	93.315	0.06
CVC	1.662.690	1.15
CVS	393.873	0.27
Damab	7.252.160	5.01
SDA	6.548.180	4.52
Total	144.823.997	100.00

Fuente: Reporte de autoridades ambientales al MAVDT.

La demanda hídrica nacional de los sectores industria, servicios y energía por subzonas hidrográficas se presenta en la *Figura 5.21*.

5.2.8. Demanda hídrica en el sector energía

La utilización del agua en generación de energía se registra como un componente más de la demanda, teniendo en cuenta tres premisas que determinan la condición de uso en un momento dado: a) la tipificación del uso del agua en actividades de generación de energía como uso industrial (Decreto 3930 de 2010, Cap. IV, Art. 16); b) el almacenamiento más o menos prolongado en embalses y otros reservorios no naturales, requerido para mantener los estándares de generación que implican una oferta de agua no disponible, durante cierta temporalidad, siendo por tanto el uso excluyente y rival frente a otras demandas in situ; y c) **si bien se reconocen tasas de retorno cercanas al 100%**, la calidad del agua y la variación en el régimen hidrológico que retorna introduce restricciones de uso frente a otras demandas en competencia.

5.2.8.1. Unidades de observación

Registro sobre el caudal útil por regiones y sistemas de generación eléctrica reportado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

5.2.8.2 Premisas de cálculo

Para el cálculo del consumo de agua en generación de energía se considera el volumen de agua que es utilizado en los sistemas convencionales y combinados de generación hidráulica y térmica.

Uso de agua en generación de energía hidroeléctrica. Para establecer el uso del agua en generación a través de sistemas que utilizan el agua como fuerza hidráulica, se trabaja con el volumen efectivamente utilizado y no con el volumen total que es sustraído del sistema hídrico y que se almacena en reservorios no naturales durante un periodo de tiempo dado.

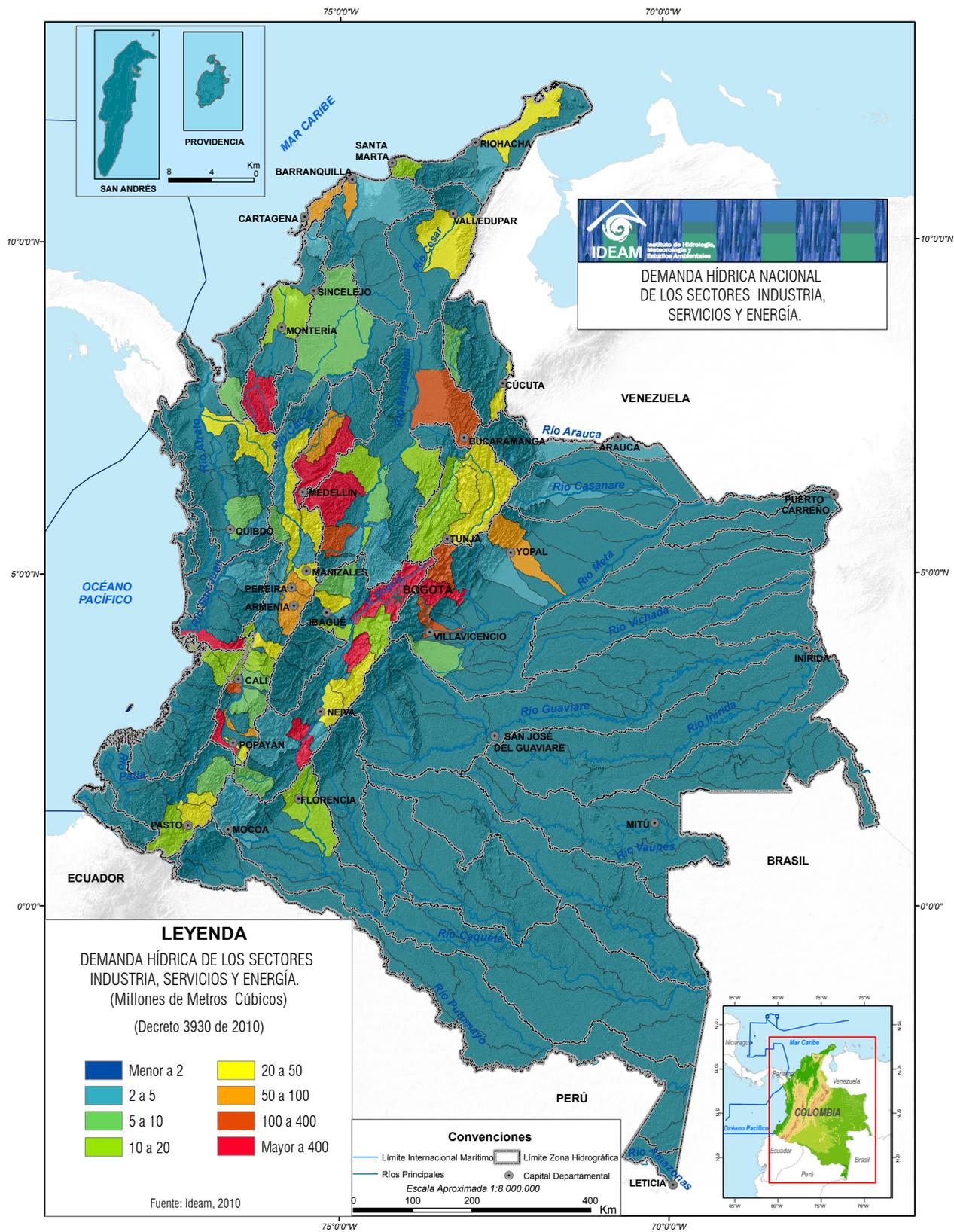


Figura 5.21. Demanda hídrica nacional de los sectores industria, servicios y energía.

El dato es reportado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), que muestra por región (Antioquia, Centro, Caribe, Oriente y Valle), y con periodicidad mensual, los indicadores técnicos de operación para cada uno de los sistemas de generación.

Para el cálculo del volumen de agua utilizada se consideran, de esta información, los siguientes conceptos:

- Volumen útil diario: volumen almacenado por encima del nivel mínimo técnico, reportado diariamente por los agentes (según acuerdo Nro. 294 del CON), se expresa en $\text{Mm}^3/\text{día}$ y en $\text{GWh}/\text{día}$.
- Relación entre el volumen (Mm^3) y el volumen máximo técnico del embalse. Se expresa en %.
- Volumen máximo técnico: se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico y equivale a la suma del volumen mínimo técnico y del volumen útil del embalse.
- Volumen mínimo técnico: el volumen máximo técnico menos el volumen útil del embalse

Uso de agua en generación de energía termoeléctrica. En los procesos intermedios asociados a la generación de energía mediante centrales térmicas, se utiliza vapor de agua esencialmente para el movimiento de turbinas y sistemas de recirculación. En el caso de las centrales termoeléctricas a carbón, se requiere un volumen adicional para el enfriamiento del vapor que sale de las turbinas. De acuerdo con los estándares técnicos de operación, aplicables a los sistemas de ciclo combinado en centrales térmicas, el factor unitario de agua insumido en estos procesos está en el rango de 14 gal/kWh a 24 gal/kWh.²⁰

20 Southern Illinois University Carbondale, 2006.

La fórmula de cálculo del uso de agua en generación de energía para el Estudio Nacional del Agua es como sigue:

$$Dhe = Vh + Vt$$

donde *Dhe* es la demanda hídrica en el sector de energía. *Vh* representa el volumen en Mm^3 usado para generación hidráulica; se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico, obtenido por la agregación del volumen mínimo técnico y el volumen útil diario. Y *Vt* es el volumen en Mm^3 usado para generación térmica; se determina a partir de la producción de energía en el año 2008 (7.733 GWh) por el valor promedio del factor unitario (19 gal/kWh).

5.2.8.3. Resultados de estimación de demanda hídrica en el sector de energía

El volumen total de agua utilizada en generación hidráulica y térmica en 2008 es del orden de 6.976 Mm^3 (Figura 5.22 y Tabla 5.37). Para llegar a esta cifra, se utilizan los siguientes criterios y parámetros de cálculo:

1. Para establecer el dato de agua utilizada en generación de energía mediante fuerza hidráulica se adopta el indicador de operación técnica, a partir del cual se establece la relación entre el volumen (Mm^3) y el volumen máximo técnico del embalse.²¹ Para el reporte del Estudio Nacional del Agua se utiliza el primer factor de esta relación: volumen (Mm^3). Según este indicador, el agua utilizada en generación de energía mediante fuerza hidráulica en 2008 fue de 6.311 Mm^3 .

21 Se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del nivel mínimo físico, obtenido por la agregación del volumen mínimo técnico y el volumen útil del embalse.

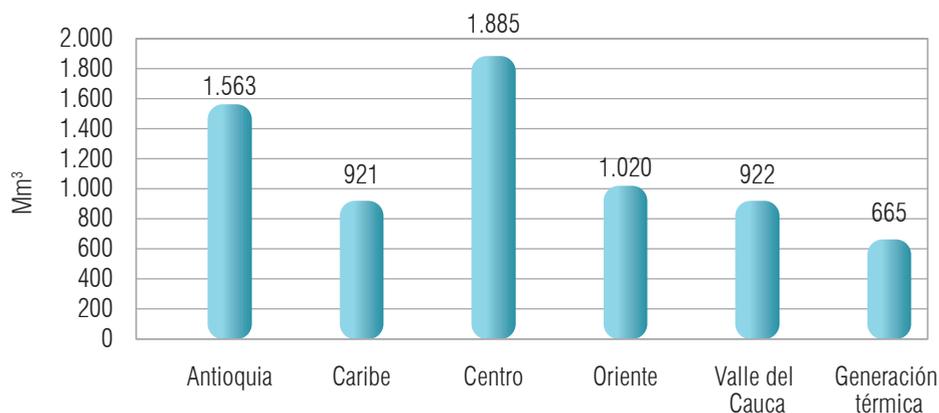


Figura 5.22. Volumen de agua utilizado en generación energética (2008).

- Para el cálculo del agua utilizada en generación de energía mediante centrales térmicas, se multiplica la producción de energía en el año 2008 (7.733 GWh) por el valor promedio del factor unitario (19 gal/kWh). Conforme a esta operación, el volumen de agua incorporada a los procesos térmicos para el año de referencia es de 665 Mm³.

Tabla 5.37. Demanda Hídrica Nacional en Energía (2008).

Región	Volumen
	(Mm ³) ¹
Antioquia	1.563
Caribe	921
Centro	1.885
Oriente	1.020
Valle del Cauca	922
Generación térmica	665

¹ Volumen Mm³: utilizado para establecer la relación entre volumen (Mm³) y el volumen máximo técnico del embalse.

5.2.9. Resultados de la estimación del caudal ambiental

El caudal ambiental el ENA se define como una sustracción de la oferta hídrica superficial, no agregativa de la demanda total, necesaria para garantizar el volumen requerido para los sostenibilidad de los diferentes ecosistemas, siendo por tanto un uso que se debe estimar dentro de los balances hídricos de oferta-utilización.

Los estimativos de volumen de agua asociado a este caudal se consideran en el capítulo sobre *agua superficial* como una oferta que debería estar disponible. Los volúmenes de agua calculados para caudal ambiental en el país alcanzan los 920 km³ que representan cerca del 40% de la oferta hídrica promedio del país.

5.3. Conclusiones

Uno de los principales resultados del Estudio Nacional del Agua 2010, en lo relacionado con la demanda hídrica, es la adopción de dos conceptos que introducen no solo un replanteamiento frente a las propuestas de medición desarrolladas en estudios anteriores, sino que dota de un mayor espectro de precisión a la definición de las tasas ambientales, como son el concepto de uso del agua y el de oferta disponible.

El primer concepto hace referencia al uso del agua, que guarda coherencia con la regulación establecida en el marco del Decreto 3930 de 2010 del MAVDT, en contraste con la acepción que en el pasado se reducía a la medición del consumo de agua. El segundo concepto se refiere a la oferta hídrica disponible. Ambos conceptos, al acotar la cadena de uso del recurso hídrico espacial y temporalmente, modifican de forma sustancial la percepción sobre: a) la situación de escasez en función de la relación entre demanda hídrica agregada y oferta hídrica natural; b) el consumo no excluyente o el consumo rival entre diversas demandas en competencia; y c) la eficiencia del uso, tanto en los procesos productivos como en la provisión del recurso para el consumo humano propiamente dicho.

El concepto de uso de agua, visto integralmente, da cuenta de: 1) La extracción de un volumen dado de agua, que suple el consumo efectivo en las diferentes actividades antrópicas, y el agua extraída no consumida, valorada como un indicador del nivel de eficiencia asociado al estado de gestión del recurso, consecuente con el desarrollo de estas actividades. 2) El almacenamiento del recurso hídrico en sistemas y reservorios no naturales, que lleva a valorar el *stock* reservado como una oferta de agua no disponible, durante cierta temporalidad, siendo por tanto el consumo excluyente y rival frente a otras demandas in

situ; y 3) El caudal ecológico, definido como una sustracción de la oferta natural, medido objetivamente a través de la curva de duración de caudales, incidente claramente en la lectura asociada a la razón de escasez²². Si bien, no es agregativo en la demanda hídrica total, es considerado un uso más dentro del conjunto de usos estimados en el ENA.

El dimensionamiento del uso del agua permea, a su vez, el concepto de oferta hídrica disponible, al incluir el caudal ecológico y el agua como parte de la demanda hídrica agregada, en actividades que suponen una sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes.

La estimación de la demanda hídrica agregada en el Estudio Nacional del Agua 2010 muestra resultados muy superiores a los obtenidos en estimaciones anteriores, producto de la adopción de un marco conceptual ampliado, la cobertura alcanzada a través de las unidades de observación y una mayor precisión, consecuente con la confiabilidad e integridad de la información estadística utilizada. Sin embargo, es importante señalar que esta puede ser aún mayor al incluir otros sectores no observados en la medición del ENA 2010, como es el caso del sector minero, hidrocarburos y de navegabilidad, o al superar algunas restricciones de uso y calidad de la información disponible.

El Ideam, en el marco del Estudio Nacional del Agua 2010, teniendo en cuenta la creciente importancia del sector minero, propone el desarrollo de la estimación del uso y consumo del recurso hídrico en el sector minero, a partir de una investigación técnica independiente que permita escalar el limitado

²² En desarrollos anteriores, el caudal ecológico fue valorado como una reducción de la oferta natural, según porcentaje adoptado no medido objetivamente.

conocimiento sobre la gestión del recurso hídrico en este sector y reducir la incertidumbre sobre la sostenibilidad de la actividad minera en zonas con un marcado déficit o escasez hídrica, o donde la oferta hídrica disponible evidencia crecientes conflictos entre sectores productivos competidores (minería *versus* agricultura) y de demanda para el consumo humano.

El problema central de la estimación de la demanda hídrica no subyace en el grado de complejidad que denota su conceptualización, la ruta metodológica a seguir o la adopción de métodos o técnicas de medición que, por lo demás, son de acceso corriente en la investigación económica. Contrario a ello, las restricciones de uso y accesibilidad a la información básica denotan el mayor cuello de botella.

Las principales restricciones en cuanto a uso y acceso a la información recaen en: a) la condicionalidad al uso de la información que impone la reserva estadística; b) la incertidumbre frente a la confiabilidad del registro de concesiones; c) **el subregistro identificado** en los reportes derivados del Sistema Único de Información (SUI); d) la disparidad y asimetría de datos observable al comparar el resultado de las mediciones a través de encuestas o censos frente al registro administrativo de los gremios y asociación de productores. Esta situación, en su conjunto, demanda la adopción de un instrumento efectivo de *gestión de información oficial para fines públicos, como es el caso del Estudio Nacional del Agua*.