



GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

GUSTAVO FRANCISCO PETRO URREGO
Presidente de Colombia

FRANCIA MÁRQUEZ
Vicepresidenta de Colombia

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

LENA ESTRADA AÑOKAZI
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MAURICIO CABRERA LEAL
Viceministro de Políticas y Normalización Ambiental

LILIA TATIANA ROA AVENDAÑO
Viceministra de Ordenamiento Ambiental del Territorio

CONSEJO DIRECTIVO

LILIA TATIANA ROA AVENDAÑO
Viceministra de Ordenamiento Ambiental del Territorio

PAOLA RICAURTE AYALA
Asesora de la Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Departamento Nacional de Planeación (DNP)

ELKIN ERNESTO RAMÍREZ NIÑO
Director técnico de la Dirección Técnica Geoestadística - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

ANDRÉS VÁSQUEZ LUNA
Director general (E) - Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge (Corpomojana)

LILIANA MARÍA OSPINA ARIAS
Viceministra de Infraestructura (representación de la ministra de Transporte)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

GHISLIANE ECHEVERRY PRIETO
Directora general

JUAN FERNANDO ACOSTA MIRKOW
Secretario general

FABIO ANDRÉS BERNAL QUIROGA
Subdirector de Hidrología

ELIZABETH PATIÑO CORREA
Subdirectora de Estudios Ambientales

RAYMOND ALEXANDER JIMÉNEZ ARTEAGA
Subdirector de Ecosistemas e Información Ambiental

DIANA CAROLINA RUEDA DIMATE
Subdirectora de Meteorología (E)

DIANA CAROLINA RUEDA DIMATE
Jefe de Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas

OLGA MARCELA VARGAS VALENZUELA
Jefe de Oficina Asesora de Planeación

WILMER ESPITIA MUÑOZ
Jefe de Oficina de Informática

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
Jefe de Oficina Asesora Jurídica

ADRIANA MARÍA OCAMPO LOAIZA
Jefe de Oficina de Control Interno

MIGUEL ÁNGEL AYALA TOVAR
Coordinador del Grupo de Comunicaciones y Prensa

Equipo de trabajo
GRUPO DE EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

Autora
CONSUELO HELENA ONOFRE ENCINALES

Edición técnica
ANA KARINA CAMPILLO PÉREZ
MARÍA COSTANZA ROSERO MESA
LUISA FERNANDA CRUZ CÁRDENAS

Revisión técnica
JULIA CRISTINA CADAVID GALLEGO
Coordinadora Grupo de Recurso Hídrico / Cornare
JUAN CARLOS BASTIDAS TULCÁN
Profesional especializado / Subdirección de Evaluación y Seguimiento Ambiental / Corpocaldas

Coordinación editorial
ANDRÉS FELIPE TAPIERO RÍOS
Grupo de Comunicaciones y Prensa - Ideam

Edición y corrección de estilo
DIVA MARCELA PIAMBA TULCÁN
Grupo de Comunicaciones y Prensa - Ideam

Diseño editorial y diagramación
ALEJANDRO SEPÚLVEDA GAUER
Grupo de Comunicaciones y Prensa - Ideam

Cítese como: Onofre Encinales, C. H. (2025). *Gestión de información para la evaluación de la demanda hídrica*. Ideam.

Publicación aprobada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

ISBN (digital): 978-958-5489-42-4

Créditos de las imágenes e íconos
Fotografía de portada: **Pixabay:** marcelot87
Fotografías auxiliares: **Unsplash:** Kaede Nakamura • Gowtham • Alexander Abero • Alex Simpson • Moheen Reeyad • Engin Akyurt • Poodar Chu • Paul Einerhand • Documerica • Sergio Aguirre • Joe Dudeck • Chris Weiher • Ehteshamul Haque • Juno Jo • Omid Roshan • Cristi Ursea • Nagy Arnold • Carlos Torres
Íconos auxiliares: **Noun project:** Syafii5758 • Krisna Arga Muria • ND'studios • Sura Dadi • Muhammad Hilmi Fajri • Hermawan.

Agosto de 2025, Bogotá, D. C., Colombia.

Distribución gratuita.

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Calle 25 D No. 96 B - 70 - Bogotá, D. C.
PBX: +57 (601) 352 7160
contacto@ideam.gov.co



GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

Contenido



INTRODUCCIÓN

6



ALCANCE

10



MARCO CONCEPTUAL

12



RELACIONAMIENTO DE LA DEMANDA HÍDRICA CON LOS MÓDULOS DE USO, LAS CONCESIONES Y LA HUELLA HÍDRICA

22

Relación de la demanda,
los módulos de uso y las
concesiones 23

Relación de la demanda
y la huella hídrica 25



MARCO NORMATIVO RELACIONADO CON LA DEMANDA HÍDRICA

28

Síntesis de principios, funciones y
finalidad de la administración del
agua 32

Roles institucionales
en relación con la evaluación
del agua 33



CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

38



CONSOLIDACIÓN, PROCESAMIENTO Y ESPACIALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN COMO INSUMO EN LA EVALUACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL

48

Sector agrícola	52	<i>Estimación del agua</i>	
<i>Determinación de</i>		<i>del cultivo de pasta de coca</i>	56
<i>áreas sembradas</i>	52	Sector pecuario y sacrificio de ganado	56
<i>Asignación de variables</i>		Sector piscícola	57
<i>a cada unidad de análisis</i>	53	Sector industrial	58
<i>Estimación del agua de riego y balance</i>		Sector de generación de energía	59
<i>hídrico en el suelo</i>	54	Sector minero	60
Uso de agua en labores de postcosecha	54	Sector de hidrocarburos	60
<i>Estimación del agua</i>		Uso doméstico de agua	61
<i>del cultivo de palma</i>	54	Sector servicios	62
<i>Estimación del agua</i>		Sector de la construcción	62
<i>del cultivo de café</i>	55		
<i>Estimación del agua</i>			
<i>del cultivo de banano</i>	55		



EJEMPLO CASO DE ESTUDIO: VALLE MEDIO DEL MAGDALENA

64

Fuentes de información y estado	66	Resultados finales	81
Método de cálculo por sector	75		

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

85

SIGLAS

86

LISTA DE FIGURAS

87

LISTA DE TABLAS

87

1

Introducción

El agua es un recurso estratégico fundamental para el desarrollo económico, ambiental y sociocultural de Colombia. Su gestión eficiente es crucial para garantizar la sostenibilidad del país, ya que el uso intensivo de este recurso abarca tanto necesidades básicas humanas como actividades productivas que sostienen la economía. Es así como, con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, articulada al ordenamiento y uso del territorio

y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, se ha buscado garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente. Particularmente, en el objetivo específico 2, se establece que se debe caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país (MAVDT, 2010).



En este sentido, es imperativa la planificación adecuada de la distribución del agua para los diferentes usos a lo largo del tiempo para asegurar su sostenibilidad. Factores como la recirculación del agua en los procesos productivos, la tecnología disponible y la conciencia ambiental influyen en la eficiencia del uso del recurso. Sin embargo, la creciente demanda de agua de los diferentes secto-

res ejerce una presión considerable sobre las fuentes hídricas del país.

En este contexto, la estimación de la demanda hídrica se convierte en un proceso esencial, que requiere no solo la cuantificación del uso del agua, sino también la consideración de factores económicos, sociales y tecnológicos que impactan la disponibilidad del agua y la eficiencia del uso.

En respuesta a esta situación, documentos como el *Estudio Nacional del Agua* (ENA) han establecido metodologías que permiten evaluar y proyectar la demanda hídrica en distintos sectores. Estos estudios revelan una alta dispersión a lo largo del territorio colombiano en sectores como el agrícola y pecuario, frente a una concentración geográfica y de impacto en sectores como la generación hidroeléctrica, hidrocarburos e industrial. Adicionalmente, el Conpes 3934 de 2018 alerta sobre un crecimiento acelerado en el consumo de agua, con la proyección de un aumento de al menos 64 % entre 2015 y 2030 (Departamento Nacional de Planeación, 2017), que se considera información valiosa para generar acciones y estrategias de gestión del recurso hídrico.

Con el objetivo de mejorar la estimación de la demanda hídrica, se ha avanzado en su conceptualización y en el desarrollo de me-

todologías de cálculo, tal como se evidencia en las diferentes versiones del ENA. Además, esta información es recogida y afinada en los lineamientos conceptuales metodológicos para las evaluaciones regionales del agua, que tienen por objetivo evaluar el estado, la dinámica y las tendencias de los sistemas hídricos como resultado de la interacción de procesos naturales y antrópicos para una adecuada administración, uso y manejo sostenible del agua en las regiones de Colombia (Ideam, 2013).

Posteriormente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en coordinación con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), en 2019 elaboró una metodología a nivel nacional para definir los módulos de consumo de agua, como un instrumento complementario a la estimación de la demanda, que debe constituirse en herramienta de uso continuo



por quienes realizan estimaciones de demanda de agua. Estos son pasos importantes para mejorar la evaluación de la demanda de agua y contribuir a una mejor gestión y a la toma de decisiones de las administraciones regionales y de los sectores.

A pesar de los avances metodológicos en la evaluación de la demanda, aún existen desafíos importantes, como la mejora en la gestión de los datos y la información, que son aspectos esenciales para una toma de decisiones eficaz en el manejo del recurso. En este sentido, es necesario fortalecer la gestión institucional y promover la concientización entre los actores locales sobre la importancia de actualizar y ajustar periódicamente las estimaciones de uso del agua. La correcta estimación de la demanda hídrica permitirá no solo una mejor administración del recurso, sino también la preservación de

los ecosistemas y el desarrollo sostenible de las actividades productivas.

Este documento, por lo tanto, tiene como objetivo presentar elementos conceptuales y metodológicos para la consolidación, procesamiento y espacialización de la información como insumo para la evaluación de la demanda hídrica sectorial. Así, inicia con un marco conceptual, y luego relaciona las herramientas de gestión y evaluación de la demanda hídrica. Después, ofrece un marco normativo relacionado con ella y algunas consideraciones generales para la selección de las fuentes de información. Luego muestra el procedimiento de consolidación, procesamiento y espacialización de la información como insumo para la evaluación de la demanda hídrica sectorial, y, finalmente, muestra un ejemplo de este proceso en el Valle Medio del Magdalena.





2

Alcance

El alcance de este documento es presentar los procedimientos generales para la consolidación, procesamiento y espacialización de la información como insumo para la evaluación de la demanda hídrica sectorial y para la estimación de la demanda, a partir de la información oficial y gremial disponible en el área de análisis.

Este documento acoge el marco conceptual del *Estudio Nacional del Agua* (ENA) y la Evaluación Regional del Agua (ERA), preparados por el Ideam, pues este es un documento complementario a dichos estudios. Este particularmente se dirige a las Autoridades Ambientales, quienes tienen como una de sus

obligaciones administrar el recurso. Para esa administración, las Autoridades deben tener conocimiento, además de cuánto recurso hídrico se extrae, de cuál es el uso y cuánto se destina para cada sector.

En ese sentido, aquí además se presenta un marco de normas relacionadas con la gestión del agua y la elaboración de las estimaciones de la demanda hídrica. Aunque dicho marco no pretende ser exhaustivo, sí da cuenta de leyes, decretos y guías relacionadas con la definición y estimación de la demanda de agua sectorial y territorial.

Para calcular la estimación de la demanda, se presentan métodos simplificados e



indirectos, que son necesarios en cuanto la mayor parte de las fuentes de información no son registros administrativos. Por eso, este documento presenta una cantidad de fuentes de información disponibles, conocidas y generales, aunque no limita el cálculo a estas fuentes.

En ese orden, idealmente el proceso de estimación debe dirigirse a fortalecer los registros administrativos para así obtener datos completos y confiables. Es por esa razón por la que este documento presenta los diferentes procedimientos de cálculo con el fin de que las corporaciones puedan completar en los territorios de su jurisdicción la esti-

mación de la demanda de los sectores relevantes, y deja abierta la posibilidad de utilizar otros procedimientos.

La unidad de análisis espacial objeto de este documento dependerá del propósito del cálculo de la demanda y podrán ser unidades hidrográficas (zonas hidrográficas, subzonas hidrográficas, unidades hidrográficas de mayor detalle y sistemas acuíferos) o unidades territoriales (departamento y municipio). De todos modos, las unidades de análisis deben permitir la agregación a subzonas hidrográficas con el fin de tener, en el futuro, la estimación de la demanda de agua del territorio nacional a partir de la información regional.

3

Marco conceptual

De acuerdo con lo indicado en la *Metodología para el diseño de módulos de consumo de agua*, elaborado por el MADS en el 2019, “el agua hace parte de los ecosistemas naturales que los grupos humanos organizados utilizan. Se podría entender que las interacciones hombre-agua son un macrosistema donde interactúan dos sistemas: el sistema de recursos naturales y el sistema social” (p. 8). Algunos apartes del documento resultan útiles para entender la

relación entre el sistema natural y el sistema social, y su influencia en el uso del agua.

El sistema de recursos naturales se entiende como una relación compleja entre diferentes elementos, variables y factores de la naturaleza que garantizan la producción y reproducción de un *stock* o inventario de recursos; de otro lado, el sistema social se define como un sistema de normas e instituciones que regulan las interacciones de los hombres,



permiten el logro de metas y resultados, y garantizan el bienestar social.

Los dos sistemas interactúan a través de la extracción que el sistema social hace del *stock* de los recursos naturales, con la finalidad de satisfacer sus necesidades, bien sea para el consumo individual o la producción de bienes y servicios. Dicha interacción evidencia una mutua interdependencia (Figura 1).

La distinción entre el recurso hídrico como acervo o *stock* y la extracción de unidades de

recurso agua como flujo es especialmente útil para analizar y comprender el funcionamiento del sistema de recursos naturales renovables “agua”. En un territorio particular, la extracción de agua para consumo o para ser usada en diferentes procesos de producción debería realizarse bajo unas condiciones que garanticen la estabilidad del acervo de recursos del sistema o, lo que es lo mismo, que garanticen su capacidad de recuperación.

Figura 1. Representación de un sistema

EJEMPLO DE UN SISTEMA SOCIOECOLÓGICO



Fuente: MADS (2019).

Figura 2. Eslabones para hacer efectivo el uso del agua en el proceso productivo



Fuente: modificado de MADS (2019).

El uso de agua es posible por la existencia de seis eslabones vinculados lógicamente (Figura 2). De manera general, se espera que la interacción entre esos eslabones procure la sostenibilidad del sistema.

El primer eslabón está definido por la oferta hídrica disponible en un territorio determinado, a la que los productores (organizaciones privadas) pueden acceder a través de un marco institucional en el que el Estado asume el papel de regulador (MADS, 2019).

El segundo eslabón, denominado de acceso, se define como la manera en que un usuario potencial puede extraer el agua del sistema natural (MADS, 2019). Estas formas de acceso pueden ser simples o complejas, y

dependen de las características de la fuente, las condiciones del sitio de captación, así como de y la cantidad de agua a extraer, entre otros factores.

El tercer eslabón, denominado de distribución, se refiere a la asignación de las cantidades de agua a los diferentes usuarios potenciales —productores, organizaciones y empresas privadas—, mediante las concesiones autorizadas y administradas por las autoridades ambientales. La distribución, manejada por el Estado a través de aquellos actos administrativos entre los posibles usuarios, es el eslabón que oficializa la demanda de agua entre la entidad encargada y los usuarios. Una vez el Estado otorga

una o un grupo de concesiones, se le facilitan ciertas condiciones a cada usuario, que hacen posible la extracción de una cantidad de agua. Sin embargo, es importante que la distribución contemple también los usuarios no formalizados mediante los censos de usuarios del recurso hídrico (MADS, 2019).

La extracción o cuarto eslabón corresponde a la cantidad de agua que se incorporará al proceso productivo (MADS, 2019).

El quinto eslabón, denominado uso del agua, hace referencia a la actividad de introducir el agua en el proceso productivo.

El sexto eslabón, relacionado con los retornos, puede manifestarse en diferentes momentos y condiciones del proceso productivo. Uno de estos casos es la fuga, que ocurre cuando el proceso no es eficiente y parte del agua se escapa de forma involuntaria (MADS, 2019). Otro corresponde al agua que queda después del proceso productivo y, al haber sufrido una alteración en su calidad, se convierte en un vertimiento.

La Figura 2 también describe la cadena de valor de los sistemas productivos, pues mediante sus eslabones se hace uso del agua dentro de la unidad económica. En cada eslabón hay un flujo de actividades para obtener el producto. El proceso productivo se desarrollará si dispone de suministros, instrumentos de distribución y mercadeo del producto para su consumo final. Cada actividad demandará agua, y esta cantidad dependerá tanto de la tecnología como de la cultura de uso, es decir que dependerá del uso eficiente y sostenible

del recurso. De esta manera, el uso eficiente se alcanza cuando la cantidad de agua extraída de una fuente es igual a la cantidad que se incorpora al proceso productivo, sin ningún o con un mínimo desperdicio.

Este enfoque de la demanda hídrica proporciona unos primeros conceptos que ubican el uso de agua en un sistema. Ahora, es necesario ahondar en otros conceptos más específicos que darán el fundamento para su estimación. Una de las bases documentales que recopila gran parte de estos conceptos específicos son las diferentes versiones del ENA y los lineamientos conceptuales y metodológicos para la ERA del 2013, publicados por el Ideam. Este proceso ha tenido lugar desde 2010, cuando se presentó un primer grupo robusto de definiciones, para luego, entre el 2013 y 2014, avanzar en el afinamiento de algunos de ellos, planteados en la actualización del ENA y en la construcción de los lineamientos de la ERA. Posteriormente, en 2018 estos se robustecieron aún más al relacionarlos de manera coherente con el concepto de huella hídrica. Finalmente, en 2022 se hizo una presentación integrada de los conceptos de demanda y de huella hídrica.

Con base en esta referencia documental, se abordarán dichos conceptos específicos a partir de las siguientes preguntas orientadoras, para facilitar su comprensión: ¿qué es la demanda hídrica? y ¿qué es el caudal o flujo de retorno?

¿Qué es la demanda hídrica?

El concepto de demanda hídrica parte de la suposición de que el agua que se extrae del sistema natural es para ser usada. En este sentido, los conceptos de demanda, uso y extracción se hacen equivalentes. En consecuencia, el uso o la demanda hídrica se define como la extracción de agua de una fuente natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, los procesos productivos y las actividades esenciales de los ecosistemas existentes (Ideam, 2010a). De manera particular, el agua que permanece retenida por un tiempo es también una extracción, dado que limita o impide el uso de agua por otros usuarios o sectores.

La demanda hídrica incluye el volumen total de agua que es extraído del medio natural, donde una parte del agua entra en un proceso productivo o para el abastecimiento doméstico, y se transforma en insumo o materia prima en las cadenas de producción; y otra parte del agua extraída puede ser devuelta a la misma cuenca de donde se obtuvo (Ideam, 2022), a partir de los llamados flujos de retorno. La Figura 3 permite ilustrar estos conceptos de la demanda e introduce otros asociados como “agua como materia prima” que se explican a continuación.

Agua como materia prima: se refiere al agua que queda incorporada en el bien que se produce y se vende. El agua sufre una transformación y ahora hace parte del bien en el que se utilizó en el proceso productivo.

Agua como insumo: es el agua que se utilizó en el proceso productivo, pero no hace parte del bien que se obtuvo. No se transforma en el proceso productivo para integrar el bien objeto del proceso.

Cadena de uso de agua: es aplicable al uso que se hace del agua en cada una de las etapas de los procesos productivos sectoriales. Así, en el sector pecuario, hace referencia a la cantidad de agua utilizada en cada actividad unitaria de la cadena productiva, teniendo en cuenta las etapas de cría, levante, engorde y sacrificio (formal o informal) 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).

También hace referencia a las cadenas de uso del sector agrícola, que incluyen etapas como la siembra, el crecimiento, la cosecha



¡Recuerda!

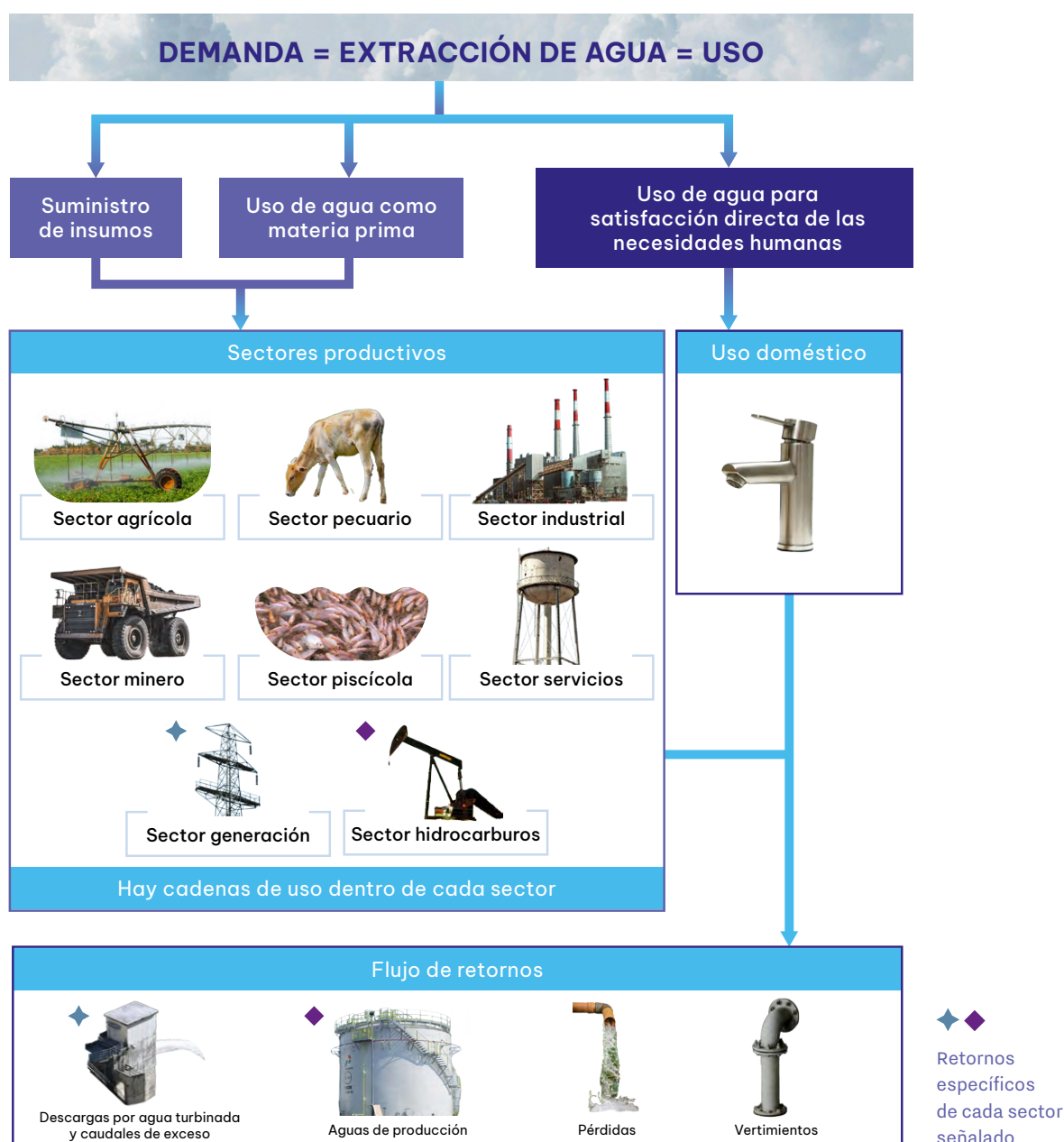
La extracción se realiza de fuentes superficiales o subterráneas; razón por la cual es necesario diferenciar la fuente en el cálculo de la demanda.

y la poscosecha, en las que se identifican necesidades de riego. En el sector industrial se refiere al procesamiento, lavado y enfriamiento en la obtención de los productos manufacturados (Ideam, 2010a).

En el sector piscícola, se incluyen las etapas de producción de semilla, engorde y sa-

crificio. Estas etapas incluyen los caudales incorporados y el volumen contenido en los estanques, el agua incorporada al pescado, el volumen de agua usado para mantenimientos y el volumen de agua en el beneficio de la producción (incluido en el ENA, 2018).

Figura 3. Conceptos de demanda hídrica



¿Qué es el caudal o flujo de retorno?

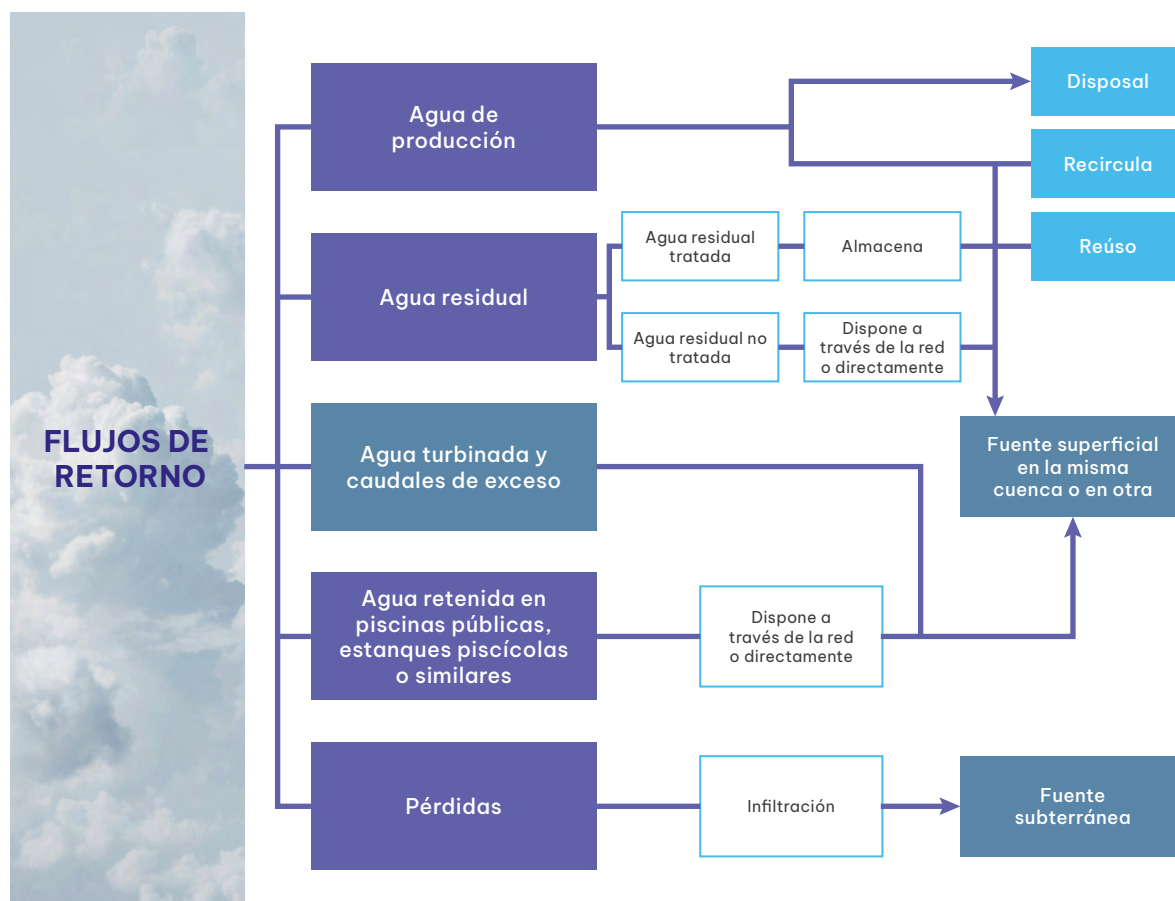
Es el volumen de agua que se reincorpora o es devuelto a la red de drenaje de la cuenca como remanente de los volúmenes usados o aprovechados en los procesos productivos de las actividades económicas y en el consumo humano. Las descargas por agua turbina-da y los vertimientos industriales conforman una parte del caudal de retorno (ENA, 2014).

La Figura 4, correspondiente al ciclo de retorno del agua, muestra que el agua residual puede tratarse y mantenerse dentro del pro-

ceso productivo, ya sea porque se reúsa en otras actividades o recircula en el mismo proceso. También, puede descargarse sin ningún tratamiento en la red construida o en la red natural. En relación con los flujos de retorno se han desarrollado algunos conceptos:

- **Recirculación:** consiste en el uso de aguas residuales en operaciones y procesos unitarios dentro de la misma actividad económica que las genera por parte del mismo

Figura 4. Concepto Flujos de Retorno



Fuente: modificada de Ideam (2018).

usuario generador. En la recirculación no debe existir contacto con el suelo al momento de su uso, salvo cuando se trata de suelo de soporte de infraestructura, es decir, el suelo donde está la infraestructura de la actividad económica (Resolución 1256 del 23 de noviembre de 2021).

- **Reúso del agua:** consiste en el uso de las aguas residuales por parte de un receptor, que podrá ser el mismo generador o no, para un uso distinto al que las generó. El reúso se autoriza en actividades agrícolas tales como irrigación de cultivos y actividades conexas o complementarias, y en actividades industriales tales como procesos manufactureros de transformación o explotación, generación de energía, minería e hidrocarburos (Resolución 1256 del 23 de noviembre de 2021).
- **Aguas de producción:** el agua de producción es un volumen de agua que se extrae en el proceso de producción del crudo como tal. Se retira “involuntariamente”, porque de lo contrario no habría la posibilidad de obtener el hidrocarburo. Es un agua fósil que no hace parte del ciclo del balance hídrico actual. Sin embargo, cuando se extrae, se usa en algunos casos para reinyectar en los pozos y realizar el recobro. En todos los casos, las aguas de producción se disponen de tal manera que vuelve a estar dentro de su “fuente original” o también son vertidas en las fuentes hídricas superficiales cumpliendo los parámetros de calidad establecidos en la Resolución 635 de 2015. No se suman a la demanda de agua en sus diferentes fases. Solo se registra cuánta agua se extrae durante la extracción de petróleo. Se registra el total y la gestión que se hace de ella. Esta agua se reinyecta, se dispone (*disposal*), se reúsa o se vierte en fuentes hídricas superficiales.
- **Aguas retenidas en actividades productivas que por la dinámica y tipo de producción hacen uso no consuntivo,** ejemplo: cultivos de trucha, o piscinas con fines recreativos. Cuando se hace mantenimiento de las infraestructuras, esta agua se dispone directamente a la fuente o a una red pública o privada. En estos casos se debe establecer la calidad de las aguas que retornan, pues el efecto sobre la fuente puede ser considerable.
- **El agua turbinada:** retorna a la misma fuente después de haber contribuido a la producción de energía.
- **Las pérdidas:** están asociadas al uso de agua desde la captación hasta la entrega nuevamente a la fuente por las actividades antrópicas, sean estas económicas o no. Las pérdidas de agua, una vez se extrae de la fuente para uso en los procesos productivos, se pueden aducir a uso ineficiente o a falta de mantenimiento de la infraestructura, entre otros. Por lo tanto, las pérdidas se asumen como el agua que, habiendo entrado en el proceso productivo, no se usa en este, sino que sale de él por exceso o por fuga. Los vertimientos no se consideran pérdidas.

4

Relacionamiento de la demanda hídrica con los módulos de consumo, las concesiones y la huella hídrica

La demanda hídrica es el resultado de la interrelación del sistema natural y el sistema socioeconómico que lo transforma. Por otra parte, la huella hídrica es una parte de la demanda hídrica y, por lo tanto, tiene una relación directa con ella. Las acciones antrópicas pueden incidir en el aumento o la disminución de extracciones del agua en

una fuente hídrica natural y, por lo tanto, aumentar o disminuir la huella hídrica. Bajo este enfoque, la demanda hídrica está relacionada con la capacidad del hombre de regular el uso, y para ello dispone de herramientas de gestión, como las concesiones y los módulos de consumo.



Relación de la demanda, los módulos de consumo y las concesiones

Los módulos de consumo o factores de uso de agua se definen como instrumentos de política pública

para la estimación de la cantidad de agua requerida en un proceso destinado a obtener un bien o un servicio bajo condiciones de uso eficiente y ahorro de agua y renta-

bilidad económica. Se expresa en unidades de volumen por unidad de producto, área o masa. (MADS, 2019, p. 14)

Los módulos de consumo de agua deben satisfacer las necesidades de información y conocimiento de la actividad respectiva, y

generar los insumos y productos útiles para facilitar el cálculo de la demanda de agua y por excelencia para otorgar las concesiones (MADS, 2019).

La relación de la demanda hídrica con los módulos de consumo y la concesión de agua es estrecha. Las concesiones de agua se otorgan con base en los módulos de consumo establecidos y avalados por las autoridades ambientales y que son representativos de una actividad económica o de una región. Sin embargo, dadas las particularidades que pueden presentarse en los procesos productivos de una actividad, se pueden presentar diferencias; por tanto, el módulo de consumo se convierte en un referente que deberá ser validado con el levantamiento de información en campo.

La demanda de agua estimada con base en el módulo de uso empleado para otorgar la concesión puede estar por encima o por debajo del uso real. Estas diferencias entre el caudal otorgado y el uso real se pueden deber a que se emplean módulos de uso desactualizados o que fueron obtenidos en áreas que no son representativas del lugar donde se quiere aplicar. Esto conlleva dos escenarios: el primero de sobrestimación en el caudal otorgado, en el que el uso resultante afectará paulatinamente la sostenibilidad de la fuente a mediano y largo plazo; y el segundo de subestimación del caudal otorgado para la concesión, que provoca de manera recíproca la subestimación de la demanda de las actividades económicas.

Relación de la demanda y la huella hídrica

La huella hídrica corresponde al volumen de agua usado para un proceso antrópico que no retorna a la cuenca de donde fue extraído o retorna con una calidad diferente a la original. La huella hídrica ofrece la posibilidad de un análisis multidimensional, espacial y temporalmente explícito, orientado a entender la interacción entre las actividades antrópicas y la relación del agua con la cuenca.

La evaluación ambiental de las huellas hídricas en una cuenca se basa en la comparación entre estas, las cuales reflejan el agua demandada (extraída del sistema) y no retornada, en relación con la disponibilidad de agua a nivel de cuenca. Para ello, se cuenta con la determinación previa del origen del agua, ya sea la humedad contenida en el sue-

lo, o los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Esta clasificación se diferencia mediante colores verde, azul y gris.

- **La huella hídrica verde** se define como la apropiación humana de agua almacenada en el suelo para un uso antrópico. Indica el grado de competencia del sector agropecuario con los ecosistemas naturales.
- **La huella hídrica azul** se define como la apropiación humana de agua de los sistemas hídricos superficiales, subsuperficiales y subterráneos para un uso antrópico que no retorna a la cuenca de origen. Señala los conflictos por uso en relación con la oferta hídrica disponible y, por tanto,

aporta a determinar la vulnerabilidad del agua en una cuenca.

- **La huella hídrica gris** se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor. Expresa la reducción de la disponibilidad por afectación a la calidad del agua.

En la Figura 5 se reúnen nuevamente los conceptos de demanda hídrica y se complementan con el concepto de huella hídrica azul.

Dentro de los componentes de huella hídrica, la huella hídrica azul es la que guarda mayor relación con la demanda, porque además de ser parte de ella representa el agua que no retorna (consumo) a la fuente natural, ya sea porque hace parte del producto (del sector que se contabiliza) o porque se eva-

pora o es trasvasada a otro sistema natural. El valor agregado que aporta la huella hídrica se refiere a la cuantificación del impacto de la apropiación humana de agua en la disponibilidad de agua, a partir de un proceso antrópico determinado. En este sentido, la relación entre la demanda y la huella hídrica azul representa el impacto del aprovechamiento o la eficiencia del uso del recurso hídrico en la unidad hídrica de análisis.

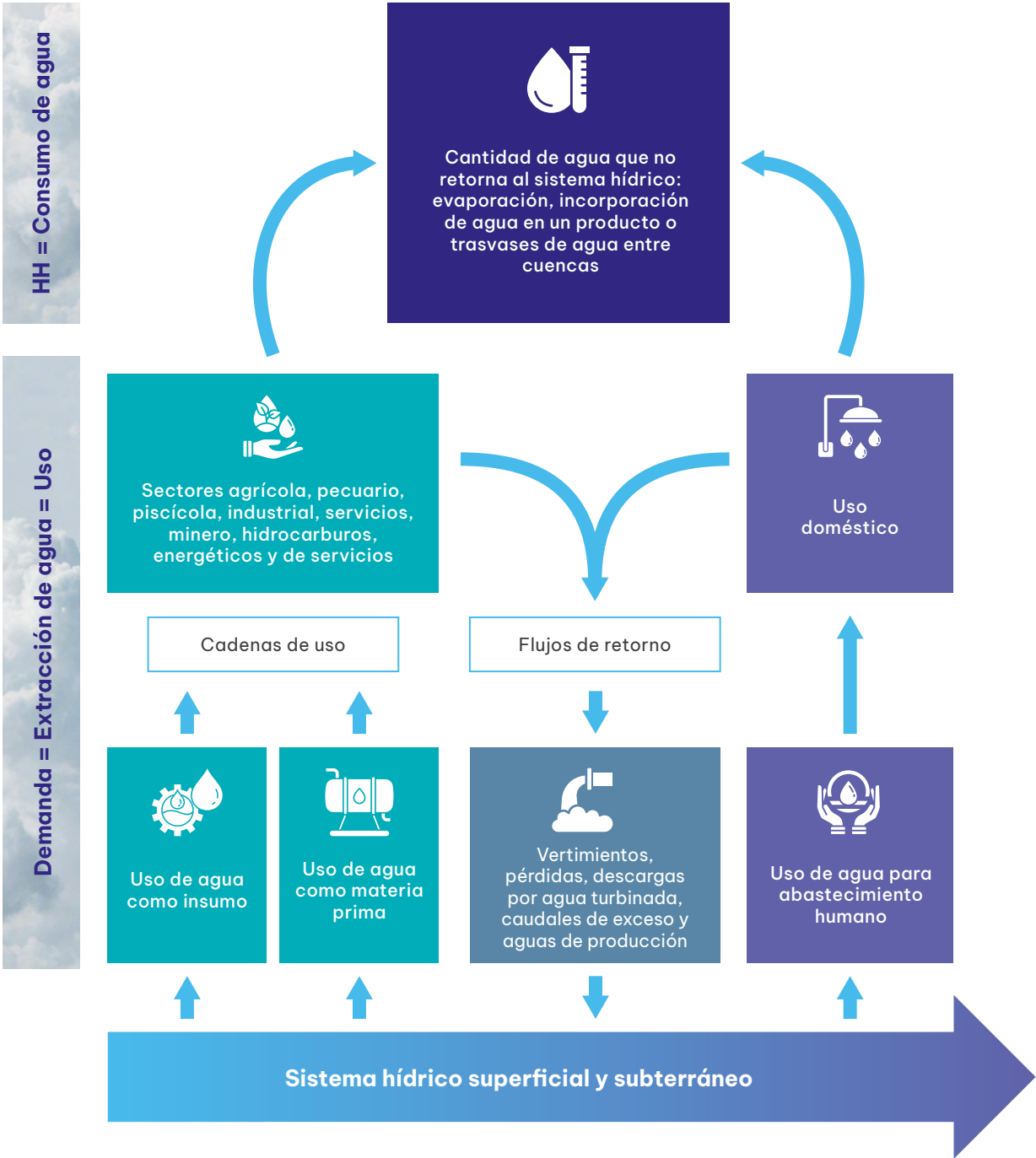
La relación entre la huella hídrica azul multisectorial (volumen de agua extraído que no retorna a la cuenca) en una unidad hidrográfica en un periodo de tiempo, frente a la demanda hídrica multisectorial (volumen de agua extraído) en una unidad hidrográfica para el mismo periodo (Ideam, 2023), corresponde al Índice de Eficiencia en el Uso del Agua o IEUA.



Sabías que...

Cuando se hace trasvase a otra cuenca, la huella azul puede ser igual a la demanda, dado que no hay retorno.

Figura 5. Huella hídrica en relación con la demanda de agua





5

Marco normativo relacionado con la demanda hídrica

La legislación sobre la demanda de agua en Colombia proporciona un marco general para su gestión como bien de uso común de los colombianos. Su propósito es regular las relaciones que surgen del aprovechamiento de tales recursos y la conservación del ambiente. Los instrumentos contenidos en la ley propenden por un

uso adecuado del recurso para garantizar su conservación. La toma de decisiones acerca de permitir el uso y la intensidad de uso es competencia de las Autoridades Ambientales, sopesando el bienestar de la sociedad y el consumo permitido de agua que contribuye al desarrollo económico (Ideam, 2013).



La legislación nacional que propicia la evaluación de la demanda hídrica se puede organizar en categorías funcionales como 1) aquellas que establecen los principios y la estructura de administración del agua; 2) aquellas normas que definen los instrumentos de planeación, regulación, información y económicos, que permiten determinar las fuentes

de datos o los contextos del estado del agua; y 3) las guías metodológicas que, siendo instrumentos desarrollados a partir de la legislación anterior, facilitan herramientas más específicas para el tratamiento de la información. El diagrama de la Figura 6 esquematiza la legislación y las guías existentes para la elaboración del documento.

Figura 6. Normatividad relativa a la demanda hídrica



Síntesis de principios, funciones y finalidad de la administración del agua

En general, la ley faculta a las autoridades ambientales para señalar las prioridades de uso de agua y para realizar proyectos que garanticen o protejan su disponibilidad. Además, les permite señalar condiciones y requisitos de uso, así como velar por la reducción de las pérdidas, asegurar el mejor aprovechamiento y controlar el uso por razones de interés social o de utilidad pública.

El marco normativo es amplio y da cabida a los principios que rigen a las autoridades ambientales, como velar por la protección del recurso hídrico y mantener el equilibrio entre

las necesidades de desarrollo y la reserva del recurso. Conforme a ello, estas deben tomar decisiones en relación con permitir o no la extracción o una mayor extracción del recurso como se ilustra en la Figura 7.

De acuerdo con el decreto 1541 de 1978, los recursos naturales son considerados del dominio público. Así, por el solo hecho de pertenecer al Estado, están dentro de la competencia de lo público, y por ello una de sus funciones es su administración y su control. Los decretos 1541 de 1978, 3930 de 2010 y 1155 de 2017, compilados en el decre-

Figura 7. Síntesis de los principios de la legislación



Fuente: Ideam (2013).

to 1076 de 2015, priorizan los usos del agua¹, no sin antes definir al agua como bien público. El primero de ellos interpreta que cuando se hable de “aguas” son aquellas de uso público y bajo el dominio que ejerce la nación. En ese orden de ideas, los ríos (corran estos por cauces naturales o artificiales y nazcan y mueran en predios diferentes), lagos, lagunas, ciénagas, pantanos, aguas que estén

en la atmósfera, aguas privadas que no sean usadas por tres años consecutivos, aguas subterráneas y aguas lluvias son de uso público, y al Estado “... (le) incumbe el control o supervigilancia sobre el uso y goce que les corresponde a los particulares, de conformidad con las reglas del Decreto-Ley 2811 de 1974 y las contenidas en el citado decreto” (Decreto 1076 de 2015).

Roles institucionales en relación con la evaluación del agua

La evaluación de la demanda, es decir, estimar la demanda hídrica y evaluar el estado de presión sobre las fuentes, se ha asumido desde dos ángulos diferentes: el primero, utilizando los procesos de planeación ambiental para establecer los volúmenes de agua usados en el área objeto de planeación (unidad hidrográfica de análisis). El segundo, que es el más adecuado, estableciendo como objetivo institucional la evaluación de la demanda de agua, las Evaluaciones Regionales del Agua y asumiendo la gestión del agua como un proceso de largo plazo. El primer caso se convierte en una actividad puntual cuyo fin se agota en estimar la demanda. En el segundo, se van perfilando los roles de las instituciones en relación con la evaluación. Así, hay instituciones de orden nacional que pro-

pician y lideran la formulación de estudios y la estructuración de información necesaria para la evaluación de la demanda y como insumo para la toma de decisiones pertinentes a escala nacional. También, hay instituciones regionales, como las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), que tienen como función general la administración de los recursos naturales, y que por ello deben liderar la ERA, tanto a escala regional como a escalas de mayor detalle. La Figura 8 ilustra los roles por tipo de institución, sean estas privadas, públicas, de orden internacional y de carácter regional.

Las instituciones privadas son quienes de primera mano conocen la estructura de producción de los sectores que representan. Por ello, uno de sus roles consiste en ser fuen-

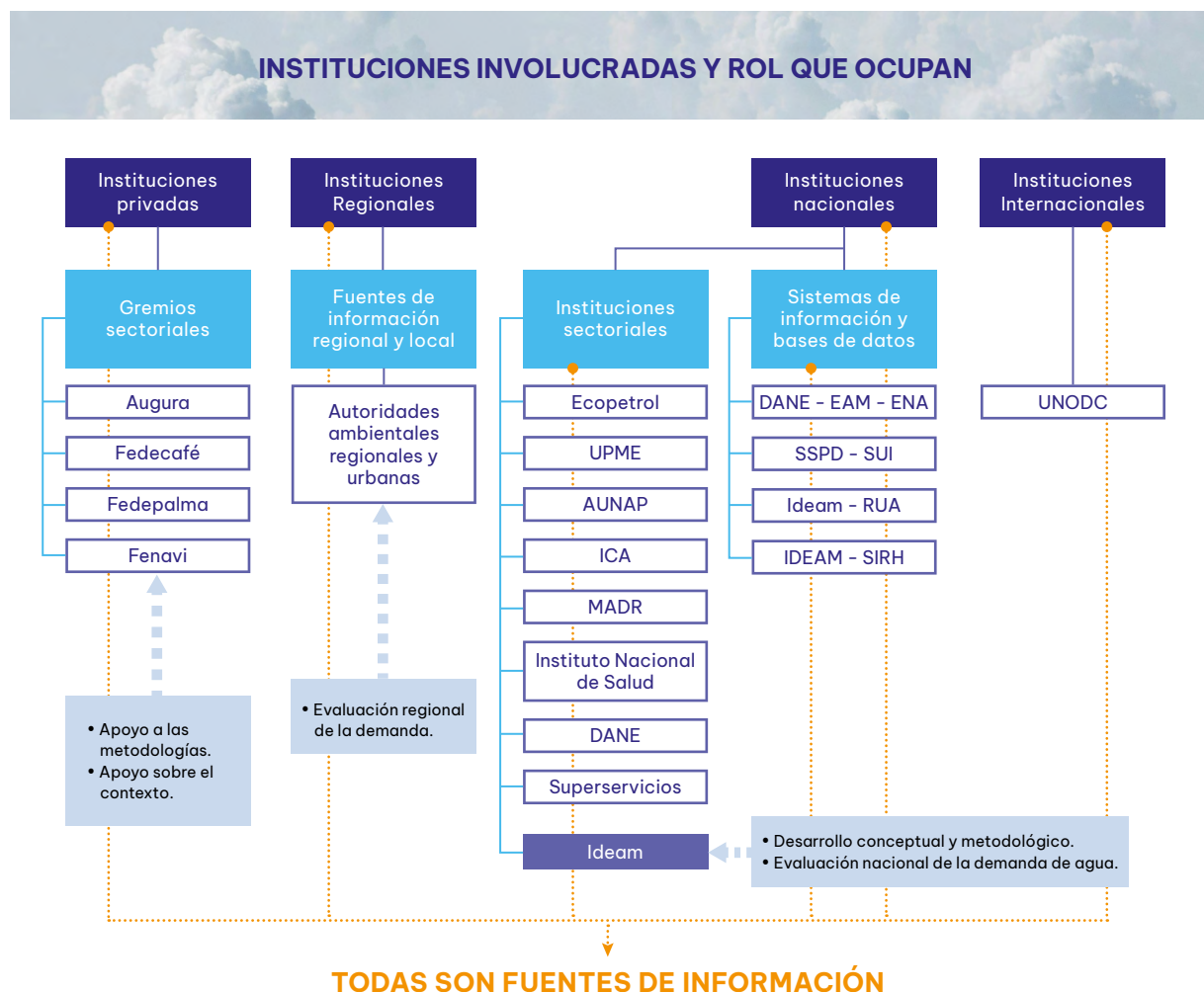
1 De acuerdo con el decreto 1541 de 1978, art. 41, contenido en el decreto 1076 de 2015, para otorgar concesiones de agua se tendrá el siguiente orden de prioridades: A. Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural; B. Utilización para necesidades domésticas individuales; C. Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca; D. Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca; E. Generación de energía hidroeléctrica; F. Usos industriales o manufactureros; G. Usos recreativos comunitarios, y H. Usos recreativos individuales.

tes de información que alimentan la contextualización, permiten entender la estructura de cada sector por tamaño y distribución espacial, y proporcionan información sobre las dinámicas de expansión o disminución de la actividad. En algunos casos pueden ser fuente de información sobre el agua involucrada en el proceso productivo.

Dentro de las instituciones públicas nacionales, sin duda el Ideam, como instituto de investigación, debe producir información y estudios que permitan establecer el estado

del recurso, con el fin de que las instituciones nacionales puedan determinar las políticas ambientales y de otros sectores con una base técnica. En este sentido, el Ideam produce el *Estudio Nacional del Agua* (ENA) y el informe del estado de los recursos naturales entre otros, con el fin de orientar a nivel nacional y regional sobre tales aspectos. El Ideam ha desarrollado los lineamientos conceptuales y las metodologías de cálculo para la evaluación del agua. También lidera el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) y el

Figura 8. Rol de las instituciones involucradas en la evaluación de la demanda



Registro Único Ambiental (RUA). Estas fuentes cada vez toman más importancia como insumo para la estimación y evaluación de la demanda. La generación de información del SIRH depende en buena medida de la gestión de las CAR, con base en las directrices del Ministerio y el Ideam. El segundo, depende de las autoridades ambientales y su gestión con las empresas que deben hacer trámites ambientales y por lo tanto diligencian el RUA.

Hay algunas instituciones que cumplen un papel fundamental como fuente de información para la evaluación de la demanda. El DANE, como departamento administrativo, produce las estadísticas del país, de las cuales se nutren los estudios del Ideam, y se convierten en fuente de información importante y básica para la estimación de la demanda para varios sectores como el agrícola, industria y pecuario. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y su sistema de información SUI proporciona la información necesaria para estimar el uso doméstico y el uso en sectores de servicios.

Los ministerios, en particular el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y otras instituciones como la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) la Unidad de Planeación Minero-Energetica (UPME) la Agencia Nacional de Minería (ANM) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) entre otras, también son fuentes de información tanto estadística como para la contextualización en el comportamiento de los sectores y el uso de agua en las diferentes actividades.

Las instituciones regionales y territoriales son fuente importante de información. En particular, las CAR son instituciones regiona-

les que se relacionan con todos los gremios e instituciones sectoriales y, por lo tanto, ellas son las llamadas a fortalecer las fuentes de información para elaborar las evaluaciones de demanda hídrica. Todo depende del grado de articulación que se construya entre el sector público y el privado, y la sostenibilidad de los procesos para mejorar los datos y mantenerlos a través del tiempo.

La Ley 99 de 1993 describe y establece las funciones de las CAR, que en general son administradoras de los recursos naturales y, en relación con la demanda de agua, se citan algunos fragmentos de las funciones misionales contenidas en el artículo 31:

- Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales [...].
- Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, [...], lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, ..., así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones se derivan de la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos.
- Promover y ejecutar programas de abastecimiento de agua a las comunidades indígenas y negras tradicionalmente asentadas

en el área de su jurisdicción en coordinación con las autoridades competentes.

De la misma manera, prevé funciones que soportan los procesos de demanda y garantizan la oferta hídrica:

- Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas [...].
- Promover y ejecutar obras de irrigación, avenamiento, defensa contra las inundaciones, regulación de cauces y corrientes de agua, y de recuperación de tierras que sean necesarias para la defensa, protección y adecuado manejo de las cuencas hidrográficas del territorio [...].
- Finalmente, le otorgan funciones que tienen que ver con la administración del recurso hídrico para garantizar su conservación.

Con la enumeración anterior, la gestión de las corporaciones con relación al agua debe lograr el equilibrio entre el uso y la conservación, con el fin de “mantener o restablecer un

adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos” (Decreto 1729/02, art. 4).

En relación con las instituciones territoriales, como los departamentos y municipios, la Ley 99 de 1993, en sus artículos 64 y 65, le asigna atribuciones especiales a los departamentos en materia ambiental, para promover, cofinanciar o ejecutar (en coordinación con los entes directores y organismos ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras y con las CAR) obras y proyectos de irrigación, drenaje, recuperación de tierras, y a los municipios les solicita reglamentar usos del suelo y planear el ordenamiento, planear, ejecutar solo o conjuntamente obras para descontaminar las fuentes hídricas y realizar programas para disponer, reciclar y eliminar residuos sólidos.

Aunque estas funciones no están relacionadas directamente con la estimación de la demanda, estas se convierten en acciones que influyen en la organización de la demanda de agua y de los flujos de agua disponible en el territorio.

6

Consideraciones generales para seleccionar las fuentes de información para la estimación de la demanda hídrica

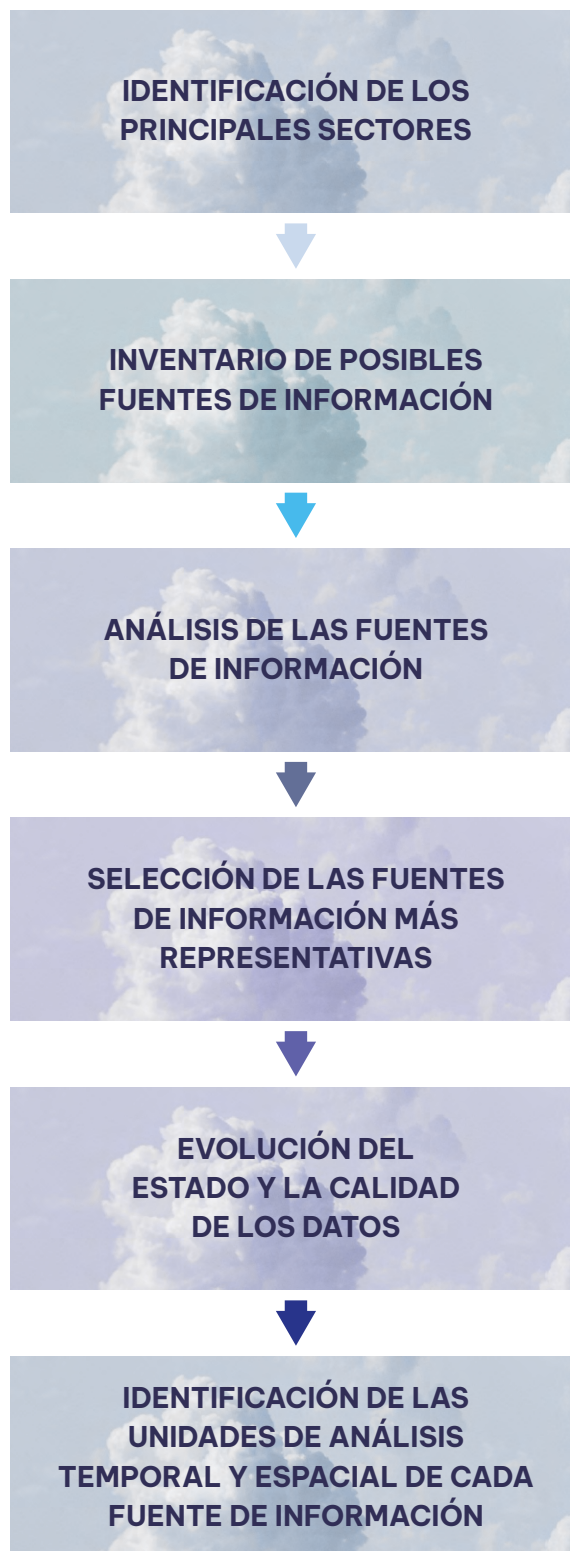


Gestionar la información para estimar la demanda hídrica es una actividad que consiste en identificar las fuentes de información, su nivel de oficialidad y capacidad para producir esa información de manera continua y sistemática, para luego evaluar el estado, la calidad y la completitud de los datos, y así determinar cuáles son las fuentes de información más representativas de cada sector económico.

En este sentido, es necesario que las corporaciones puedan priorizar fuentes de información que desarrollen registros administrativos, ya sea del nivel nacional o los existentes en su jurisdicción; sin embargo, se entiende que estas son fuentes poco frecuentes y por ello es necesario combinarlas con otras fuentes o combinar procedimientos con el fin de completar la cobertura.

Por lo anterior, uno de los pasos fundamentales para la estimación de la demanda hídrica es la selección de las fuentes de información, ya que determina el nivel de representatividad del cálculo. Para ello, se recomienda seguir una secuencia de pasos que faciliten la selección de fuentes de información de acuerdo con los principales sectores económicos de la región, la disponibilidad, la calidad y el estado de la información, así como las metodologías y los conceptos que hay detrás de la captura, estimación o cálculo de los datos a utilizar. La Figura 9 contiene los elementos centrales de esta secuencia:

Figura 9. Secuencia para seleccionar las fuentes de información para la estimación de la demanda



Identificación de los principales sectores

Esta actividad inicia con la investigación del contexto geográfico y económico del área de estudio. Para ello se recomienda consultar los planes de desarrollo y las cifras sectoriales económicas que reporta el DANE como fuente inicial de información. Posteriormente, se establecen los principales sectores económicos presentes y se detallan qué actividades sobresalen. Luego se realiza un análisis particular de uso de agua que contemple la identificación de las fases del proceso productivo y el uso del agua en cada fase, con el fin de centrar en ellos la búsqueda de información.

Inventario de posibles fuentes de información

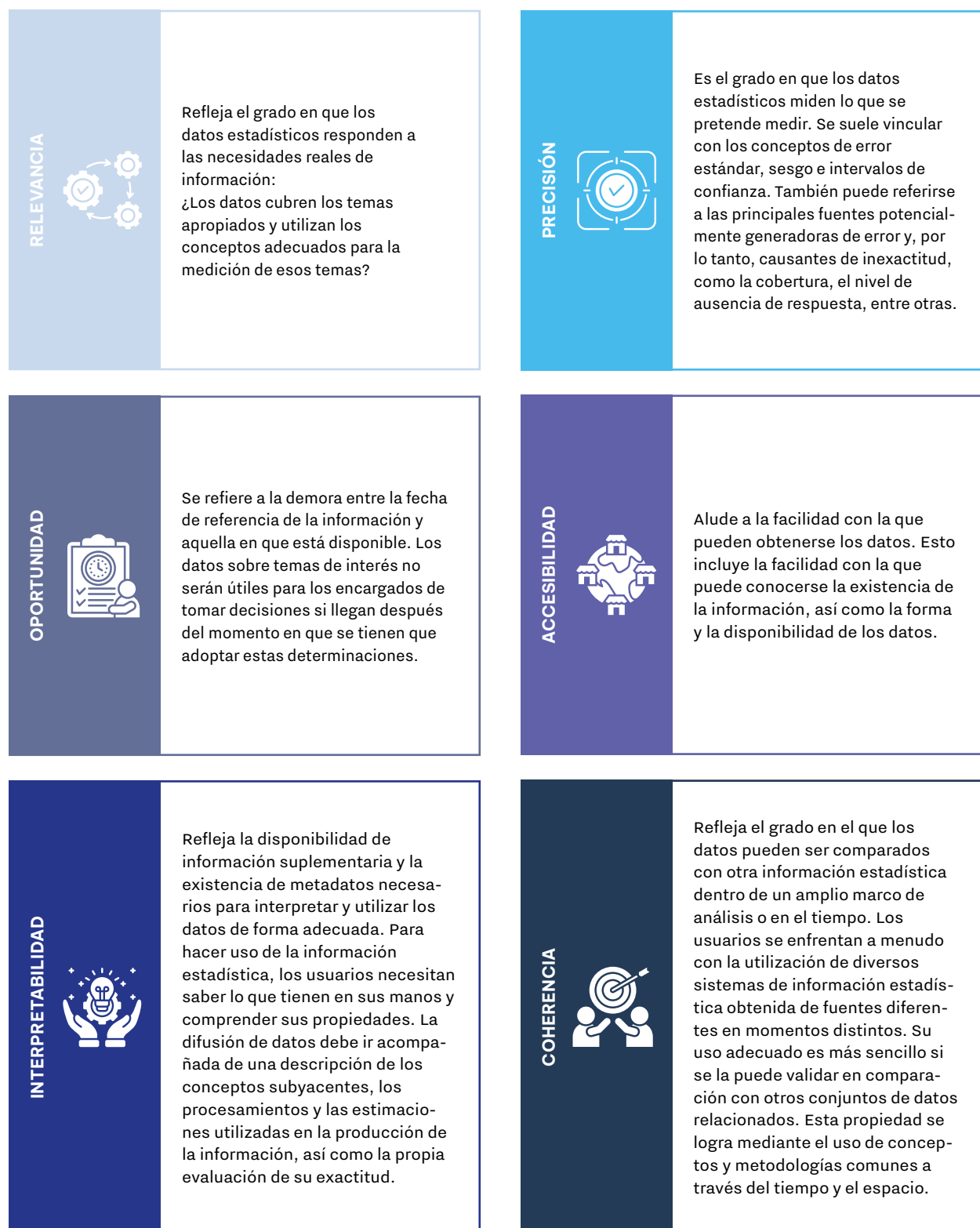
Este inventario se construye a partir de la búsqueda exhaustiva de posibles fuentes de información, tanto dentro de la entidad como en instituciones públicas afines al sector sobre el que se quiere realizar la estimación de la demanda, y aquellas de origen privado (gremios, particularmente). Como punto de partida para esta revisión, está la información disponible en los sitios web de las instituciones que pueden proveer datos; sin embargo, en algunos casos la información debe ser solicitada de manera directa a las instituciones. Para esto, se recomienda gestionar mesas técnicas que faciliten el flujo de la información y que además permitan aclarar los conceptos que originan dicha fuente de datos, el estado de la información, la estructura, la cantidad de datos existentes, la temporalidad, la distribución espacial o alguna otra variable que la defina, entre otras. Este proceso puede llevar un tiempo considerable y puede afectar el cronograma de trabajo planteado inicialmente.



¡Tenga en cuenta!

La información debe ser lo suficientemente detallada y precisa. Preferiblemente, escoja registros administrativos. Para solicitar la información (sea esta de un registro administrativo u otra base de datos) genere una matriz de ejemplos de datos, pues facilita la consolidación de la información y la comprensión de lo que se requiere por parte del proveedor de información. También, es importante solicitar información acerca de la manera como se obtuvo la información, cómo se adelantó el proceso constructivo de las bases de datos y los conceptos que hay detrás de cada dato reportado.

Figura 10. Criterios para seleccionar los datos



Fuente: Cepal y UNFPA (2014).

Análisis de las fuentes de información

Para analizar la calidad de las fuentes de información se debe considerar su completitud, su grado de actualización, y las características de los datos en cuanto a relevancia, precisión, oportunidad, accesibilidad, interpretabilidad y coherencia de acuerdo con los conceptos dados por Cepal y UNFPA (2014).

Adicionalmente, la calidad de la información involucra la objetividad, la utilidad y su integridad. La objetividad hace referencia a su exactitud, confiabilidad e imparcialidad. Por su parte, la utilidad está determinada por la veracidad y robustez de los datos soportados en documentaciones que den cuenta de las fuentes, métodos y supuestos empleados, que está ampliamente descrita en la Ley 2335 de 2023, por la cual se da los linea-

mentos en cuanto a las estadísticas oficiales. Finalmente, la integridad tiene que ver con la vulnerabilidad de la información frente a posibles exposiciones, de acuerdo con el Plan de Seguridad y Privacidad de la Información, que implemente la entidad generadora del dato, de conformidad a lo establecido por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

A partir del propósito de la información, los conceptos que soportan los datos y su calidad, se realiza un análisis comparativo de las diferentes fuentes de información que faciliten la identificación de las fuentes que representan de mejor manera el sector económico evaluado y su complementariedad con otras fuentes. Frente a esto, se recomienda construir un directorio o matriz comparativa de las diferentes fuentes que facilite su consolidación de manera ordenada y su depuración.



¡Uso de la información primaria!

Una de las fuentes primarias corresponde a la información levantada en campo que involucra mediciones, censos o inventarios, como es el caso de la información proveniente de los registros de usuarios del agua. Esta información puede ser utilizada como parámetro de verificación de los datos estimados, a partir de una metodología preestablecida para garantizar la estandarización del proceso.

Al final, esta debe convertirse en la fuente principal.

Selección de las fuentes de información más representativas

A partir de la matriz de análisis de comparación de las diferentes fuentes gremiales y oficiales por cada sector económico, establezca unos criterios de selección que permitan valorar la representatividad de información considerando el propósito de la información, los conceptos que soportan los datos y su calidad.

Es recomendable priorizar las fuentes oficiales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en algunos sectores, es probable que no haya información producida por entidades públicas. Por tanto, se debe buscar la información más representativa disponible de otras fuentes disponible.

Una vez realizado el análisis de comparación de las fuentes de información y habiendo seleccionado las fuentes, se recomienda concertar con las instituciones los datos que van a ser utilizados.



¡Tenga en cuenta!

La definición de los criterios puede basarse en conocimiento del territorio y sus particularidades, y que está presente en los expertos académicos, gremiales o institucionales de la misma región, así como en el criterio experto de otras entidades pertinentes.

Evaluación del estado y la calidad de los datos

Una vez seleccionada(s) la(s) fuente(s) por cada sector y luego de contar con una previa caracterización general de la información, es conveniente adelantar una revisión más detallada de la calidad de la información que contemple la consolidación de bases de

datos o tablas con una estructura homogénea, así como la validación, la depuración y la complementación de los datos faltantes. Adicionalmente, es necesario determinar la cobertura espacial y temporal de los datos y contrastarlos con el área de estudio y el periodo de análisis, respectivamente, para identificar faltantes de información y establecer criterios de complementación.

De manera particular, si al identificar los sectores relevantes y al hacer un análisis de fuentes se encuentra que no hay información suficiente o no tiene la calidad necesaria para obtener resultados confiables, se hace indispensable levantar la información mediante técnicas y procedimientos que involucren criterio experto o visitas a lugares representativos del sector y área de estudio. Otra herramienta útil es el uso de los módulos de demanda que se soporten en criterio experto que mejore su representatividad. De la misma manera, si se tiene información parcial, se debe explicar cómo se completará la información.

Así también, es conveniente atender las siguientes recomendaciones adicionales:

- Si bien al principio se puede abarcar una cobertura en la que se incluyan los sectores, las áreas y los usuarios más representativos, a futuro se debe propender por alcanzar una cobertura total del área de análisis: la identificación y caracterización del 100 % de usuarios junto con la totalidad de su demanda de agua.
- La rigurosidad del proceso debe guardarse en todas las actividades. Para ello, es necesario crear protocolos que incluyan aspectos como elaborar manuales sencillos, claros y completos para documentar el proceso de estimación de la demanda; utilizar metodologías y técnicas con soporte científico para levantar y complementar información donde existan vacíos; analizar y verificar los cálculos de demanda con periodicidad; y analizar y verificar conjuntamente los cálculos realizados en las áreas limítrofes con otras corporaciones con el fin de adoptar criterios uniformes.
- Siempre es oportuno establecer posibilidades de mejora de la información.



¡Tenga en cuenta!

Si dentro de las iniciativas de la entidad que adelanta la evaluación de la demanda hídrica está la de adelantar estrategias para la generación o levantamiento de información, se deben analizar las capacidades de la entidad para garantizar la sostenibilidad del proceso y revisar la posibilidad de optimizar los procesos y flujos de trabajo existentes.

Identificación de las unidades de análisis temporal y espacial de cada fuente de información

Los niveles de agregación espacial y temporal de la información son diversos y obedecen al propósito y las metodologías mediante los que son levantados. Es así que a nivel temporal se pueden encontrar agregaciones diarias, mensuales, trimestrales, semestrales, anuales y multianuales. La agregación espacial puede estar a nivel puntual (mayor resolución), por áreas territoriales (municipal, departamental y nacional) o unidades hidrográficas. En este sentido, es importante establecer las unidades espaciales y temporales de las fuentes de información, porque estas determinan la precisión del análisis e indican de qué manera se debe procesar la información para que sea usable en la estimación.



¡Tenga en cuenta!

El proceso para la selección de las fuentes de información se debe realizar para cada uno de los sectores económicos identificados en la zona de estudio.

7

Consolidación, procesamiento y especialización de la información como insumo en la evaluación de la demanda hídrica sectorial



La estimación de la demanda se basa en la metodología de cálculo desarrollada en el ENA 2010 y 2014. La demanda hídrica multisectorial es, en esencia, la sumatoria de las demandas sectoriales, incluidas las pérdidas, como se ilustra en la siguiente ecuación:

$$DH = Dd + Dss + Dpff + Dsa + Dsp + Dsi + Dc + De + Dm + Dh + Dsac + CR$$

Donde

<i>DH</i>	Demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y de los ecosistemas (Mm³/año)
<i>Dd</i>	Consumo humano y uso doméstico (Mm³/año)
<i>Dss</i>	Uso del sector servicios (Mm³/año)
<i>Dpff</i>	Uso preservación de los ecosistemas – fauna y flora (Mm³/año)
<i>Dsa</i>	Uso del sector agrícola (Mm³/año)
<i>Dsp</i>	Uso del sector pecuario (Mm³/año)
<i>Dsi</i>	Uso del sector industrial (Mm³/año)
<i>Dc</i>	Uso del sector de la construcción (Mm³/año)
<i>De</i>	Uso del sector energía (Mm³/año)
<i>Dm</i>	Uso de la minería (Mm³/año)
<i>Dh</i>	Uso de los hidrocarburos (Mm³/año)
<i>Dsac</i>	Uso del sector pesca, maricultura y acuicultura (Mm³/año)
<i>CR</i>	Caudal de retorno (Mm³/año)

Cada área de estudio tiene sus propias particularidades. Por esta razón, la metodología se diferencia en el tratamiento de la información de los sectores económicos en cada área de estudio. Sin embargo, debe guardar una coherencia en los métodos de cálculo para que sean comparables los resultados entre áreas de análisis, siguiendo la metodología general que se ilustra en la Figura 11.

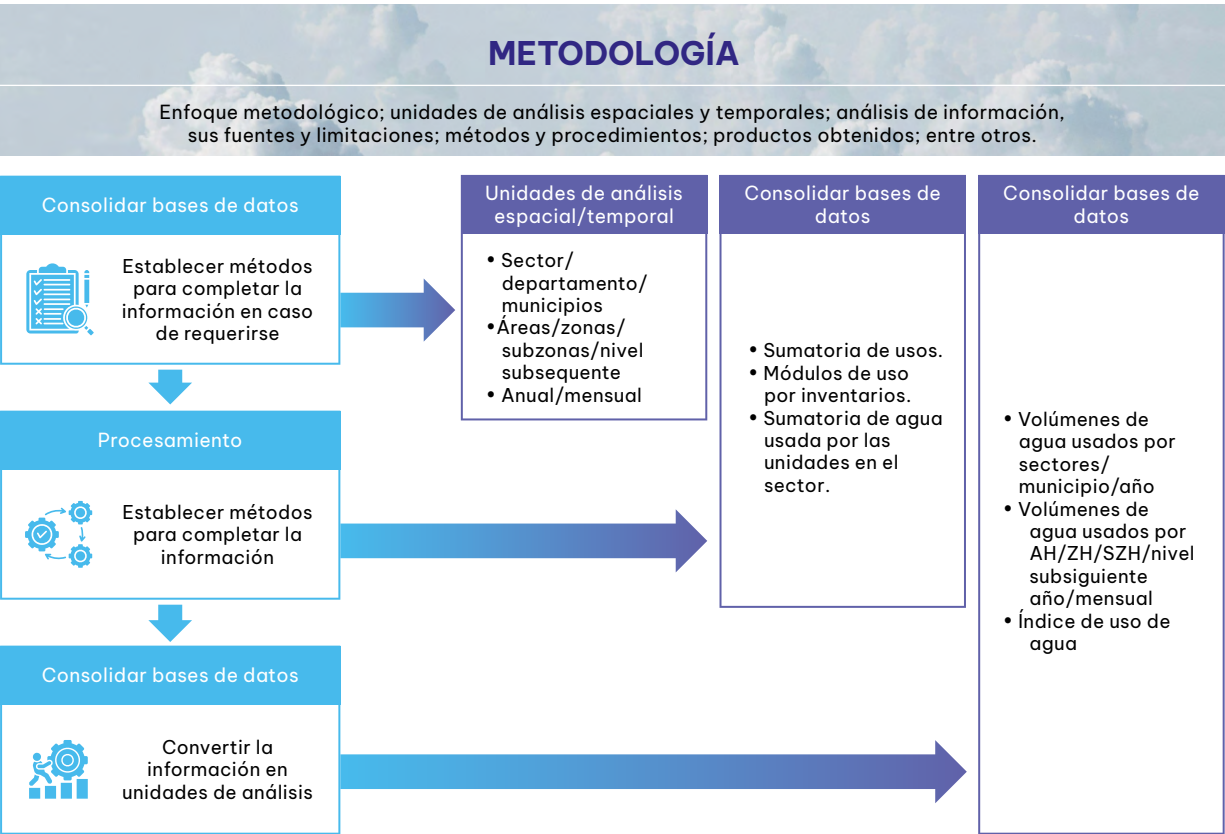
Así también, cada sector tiene un proceso distinto para realizar el cálculo debido a las diferencias en las fuentes de datos y al estado de la información.

Antes de avanzar en el detalle de cada sector, es importante establecer la unidad de análisis espacial y temporal sobre la cual se

hará la estimación de la demanda. Se recomienda que esta sea igual o mayor a la unidad de análisis de las fuentes de información.

Ahora bien, para la selección de la unidad espacial de reporte o resultados, si el propósito del cálculo pretende dar cuenta de las presiones por uso en el ciclo del agua, la unidad por excelencia será una unidad hidrográfica, que, según su escala y pertinencia, podría ser desde una subzona hidrográfica, un nivel subsiguiente o una cuenca específica o un sistema acuífero. Por otra parte, si la necesidad se enfoca en los análisis territoriales (municipio, departamento) o sectoriales, la agregación se deberá hacer en función de estas unidades.

Figura 11. Esquema de la metodología general para estimar la demanda



En la mayoría de los casos, la información base levantada se recopila a nivel de unidad territorial (municipio, departamento). En este sentido, para la espacialización de los resultados de la estimación de la demanda, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si la unidad de análisis es una unidad de mayor tamaño (departamento), la agregación será la suma de las estimaciones de todos los municipios que conforman el departamento.
- Si la unidad de análisis es hidrográfica, el criterio de distribución será a partir del cálculo del porcentaje de área del municipio dentro del polígono de la unidad hidrográfica, de tal forma que el aporte en

la demanda del municipio sea proporcional al área de participación del municipio dentro de la unidad hidrográfica.

- Si la agregación es por sector, no se requerirá espacialización y se deberá hacer la sumatoria de todos los municipios sin diferenciar departamentos.
- En el caso particular en el que se considere la jurisdicción de la autoridad ambiental como unidad de análisis, se deberá considerar las áreas municipales que son compartidas con otra autoridad ambiental regional o urbana, y usar el criterio de distribución en función del porcentaje de área del municipio dentro de la jurisdicción de la corporación que adelanta la estimación.

En cuanto a la escala temporal, estará definida a partir del nivel de detalle de la fuente de datos y los requerimientos del que adelante la estimación. Esta podría ser multianual, anual o mensual.

A continuación, se describen las acciones de la “consolidación de datos”, el “procesamiento” y la “espacialización de resultados” por cada sector.

Sector agrícola

Determinación de áreas sembradas

Para determinar las áreas sembradas, se establecen dos caminos que se describen a continuación.

Estimación cuando se conocen los polígonos de área sembrada del cultivo

La consolidación de bases de datos contempla el acopio de la siguiente información geográfica:

- La información cartográfica de polígonos de cultivo de fuentes gremiales u otra fuente verificada para el cultivo a analizar².
- La información cartográfica del Ideam, en cuanto a zonificación hidrográfica, precipitación y evapotranspiración mensual correspondiente al año de estudio.
- Modelo digital de elevación y cartografía básica nacional del IGAC, particularmente las delimitaciones municipales y departamentales.
- Mapas de suelo del IGAC o la generada por autoridades ambientales, con caracterís-

ticas granulométricas, con la variable de “capacidad de retención de agua” por metro de profundidad del suelo.

El procesamiento consiste en cruzar los polígonos de áreas sembradas por cultivo con (1) la delimitación de la unidad de reporte (hidrográfica, municipal, departamental u otra de interés) y (2) con las unidades de suelo. De esta manera, se constituyen unidades de análisis, que son polígonos con características uniformes de suelo y atributos de ubicación específica.

Estimación cuando no se conocen los polígonos de área sembrada del cultivo

La consolidación de bases de datos contempla el acopio de estadísticas de áreas sembradas, producción y rendimientos, calendarios de siembra y cosecha oficiales para Colombia y a nivel municipal, que se contrastan con información de los gremios y se verifica que sean congruentes.

El procesamiento consiste en hacer un análisis de usos del suelo, seleccionando únicamente los usos agrícolas del mapa *Corine*

2 Algunos gremios, como Fedepalma y la Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira (Asbama), tienen polígonos de ubicación de áreas sembradas de los cultivos.

Land Cover. Luego, se procede a espacializar los datos estadísticos de áreas sembradas de cultivos reportadas a nivel municipal, de forma proporcional al tamaño de los polígonos agrícolas identificados. Para esta espacialización, se consideran criterios como características de temperatura, precipitación y alturas idóneas para cada cultivo. Así, no se asignan áreas sembradas a polígonos que no cumplan los criterios del cultivo analizado.

En la espacialización se deberá tener en cuenta que las unidades de análisis son polígonos que potencialmente contienen los cultivos reportados en las estadísticas, por lo que cada polígono se empleará para evaluar el requerimiento hídrico de cada cultivo asignado. Se asume que el polígono comparte los cultivos asignados de forma proporcional al área del polígono.

Paralelamente a la consulta de las bases de datos estadísticas, se genera una aproximación espacial a la ubicación real de los cultivos. Con la información geográfica base del Ideam se definen áreas probables de ubicación de los cultivos, considerando el clima idóneo, y la identificación de áreas agrícolas en los mapas de uso del suelo. En este caso en el que no se conocen los polígonos de área sembrada del cultivo, cada polígono homogéneo puede contener uno o varios cultivos.

Asignación de variables a cada unidad de análisis

La consolidación de bases de datos contempla el acopio de las características de cada cultivo, según información agronómica específica para Colombia o según datos sugeridos por estudios globales como FAO 56. Esta incluye los tiempos de cultivo (que se establecen para cultivos transitorios en los calendarios de siembra y cosecha, que pueden variar regionalmente) y el acopio de información sobre sistemas de riego existentes y espacializados, para identificar si el cultivo está en un distrito de riego, así como tener el reporte del tipo de sistema de riego para establecer la eficiencia probable del sistema. Si se espera calcular la demanda de agua en una unidad productiva, se debe tener información sobre aplicación de riego (lámina de riego y tiempo de aplicación de riego). Igualmente, se recopila información climática de precipitación y evapotranspiración potencial a nivel mensual o diario si es el caso.

El procesamiento consiste en asignar atributos de los cultivos a las unidades de análisis y evaluar la existencia o no de riego. Se deben cruzar datos de tipos de suelo y datos climáticos para tener coherencia en la información de una zona que tenga los cultivos,



en correspondencia con sus características uniformes de suelos y precipitación.

La espacialización consiste en asignar los datos mensuales de precipitación y evapotranspiración de referencia a cada unidad espacial, mediante procesos de álgebra de mapas y análisis espacial. Estos son datos de entrada a los procesos de balance hídrico del suelo, a las características de los cultivos y la existencia o no de sistemas de riego.

Estimación del agua de riego y balance hídrico en el suelo

El procesamiento consiste en hacer un balance de agua en el suelo para cada unidad de análisis o polígono homogéneo y para cada cultivo, como lo describe la metodología (FAO, 2006), con el fin de establecer el requerimiento hídrico del cultivo.

Hay dos posibilidades dentro del balance hídrico: (1) evaluar el requerimiento y demanda “potencial” de agua de riego, asumiendo que se aplica el riego necesario para mantener el suelo en capacidad de campo en el caso de un déficit de lluvia; o (2) estimar la demanda “real” de agua con base en la aplicación real de riego. En cualquier caso, el balance

de agua del suelo considera la capacidad de retención de agua en el suelo, la precipitación, la evapotranspiración de referencia en la ubicación específica y la aplicación de riego diferenciando agua verde (proveniente de la lluvia) y agua azul (proveniente de riego), a nivel mensual o diario, según se requiera. En el caso de requerimiento “potencial”, se define como el agua que se necesitaría para el cultivo cuando hay un déficit de lluvia.

El resultado del balance de agua en el suelo establece el agua efectivamente evapotranspirada por la planta y se diferencia la evapotranspiración correspondiente al agua azul y al agua verde.

La espacialización consiste en agregar los resultados a la unidad espacial a la que se quiera reportar. En este caso particular, se incluye como unidad de análisis la agregación por productor y grupo de productores. Finalmente, a cada unidad de análisis se le asigna un resultado de huella hídrica verde y azul o un resultado de demanda, y se puede evaluar si la aplicación real de riego cumple o excede el requerimiento luego del balance, bien sea porque se regó y no era necesario, o se regó y no era suficiente para cumplir el requerimiento.

Uso de agua en labores de sector postcosecha

Estimación del agua del cultivo de palma

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Revisar el listado de las plantas de procesamiento de palma presentes en el área de estudio por tipología.
- Revisar el registro del volumen de fruto fresco procesado por planta de procesamiento.

- Revisar la correspondencia entre planta de procesamiento y el factor de uso.

El procesamiento consiste en multiplicar el volumen de fruto fresco por el factor de uso.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información base levantada se recopila a nivel de punto (georreferenciado), de manera que se deberán asignar mediante un análisis espacial el código o nombre de la unidad de análisis de reporte de la que hace parte cada punto.

Estimación del agua del cultivo de café

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Realizar el listado de municipios con el volumen de producción de café fresco equivalente y consolidar un inventario.
- Revisar la consistencia del inventario.
- Revisar los factores de uso de agua por tecnología de beneficio utilizada.
- Revisar la correspondencia entre factor de uso, municipio cafetero y tecnología.

El procesamiento consiste en multiplicar el inventario por el factor de uso correspondiente.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información base levantada se recopila a nivel de unidad territorial (municipio), de manera que se deberán hacer las transformaciones a la unidad espacial seleccionada para la estimación de la demanda, de acuerdo con lo indicado en el texto introductorio de este capítulo.

Estimación del agua del cultivo de banano

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Elaborar el listado de municipios con el volumen de producción de banano de exportación.
- Revisar la consistencia del inventario.
- Revisar los factores de uso de agua por tecnología de beneficio utilizada.
- Revisar la correspondencia entre factor de uso, municipio bananero y tecnología.



El procesamiento consiste en las siguientes actividades:

- Identificar con el gremio el uso de agua en postcosecha por caja de banano de exportación.
- Hacer la conversión de toneladas cosechadas y cajas de banano a exportar.
- Identificar el tamaño de las fincas y se establece el uso de agua por cada tipo de finca.
- Multiplicar el número de cajas por el factor de uso, de acuerdo con el rango del tamaño de las fincas en el área de estudio.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información base levantada se recopila a nivel de unidad territorial (municipio), de manera que se deberán hacer las transformaciones a la unidad espacial seleccionada para la estimación de la demanda, de acuerdo con lo indicado en el texto introductorio de este capítulo.

Estimación del uso de agua en la obtención de pasta y clorhidrato de cocaína

La consolidación de bases de datos contempla el acopio de la información requerida referente a las toneladas de hoja de coca que se convierten en pasta de coca.

El procesamiento consiste en multiplicar la producción de hojas de coca por el factor correspondiente.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información base levantada se recopila a nivel de unidad territorial (municipio), de manera que se deberán hacer las transformaciones a la unidad espacial seleccionada para la estimación de la demanda, de acuerdo con lo indicado en el texto introductorio de este capítulo.

Sector pecuario y sacrificio de ganado

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Revisar el listado de municipios con inventario ganadero presentes en el área de estudio por tipología de ganado.
- Revisar la consistencia del inventario.
- Revisar los módulos o factores de uso de agua por edad y sexo para el tipo de ganado y revisar su correspondencia. Así también, se sugiere que estos sean revisados y puestos en consideración de expertos, para establecer su validez en cada región.

El procesamiento consiste en multiplicar el inventario por edad y sexo por el factor correspondiente.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información base levantada se recopila a nivel de unidad territorial (municipio), de manera que se deberán hacer las transformaciones a la unidad espacial seleccionada para la estimación de la demanda, de acuerdo con lo indicado en el texto introductorio de este capítulo.

Para la estimación del uso de agua en sacrificio de ganado, la consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Verificar la existencia de las cabezas de ganado sacrificados por departamento.
- Verificar el factor de uso de agua por cabeza sacrificada.
- Verificar las plantas de sacrificio existentes

en el área de estudio por municipio y la cantidad promedio de cabezas sacrificadas.

El procesamiento consiste en multiplicar el factor por la cantidad de cabezas de ganado sacrificadas.

La espacialización se hará con base en la distribución del área de pastos por cada unidad de análisis del área de estudio.

Sector piscícola

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Distribuir la base por criterio de experto en producción de tilapia, cachama y trucha (tipología), de acuerdo con los municipios productores de cada uno de ellos.
- Establecer el factor de uso de agua en estanque o piscina para la producción por tipo.
- Establecer el factor de producción de biomasa para cada tipología de producción.
- Establecer el factor de uso de agua para el beneficio.
- Establecer la proporción de la producción que se exporta y la que va al mercado lo-

cal, para luego establecer el uso de agua total en beneficio.

El procesamiento consiste en multiplicar el inventario por los factores de uso de agua relacionados con uso de agua en alevinos, flujo de agua utilizado en conversión en biomasa y uso de agua en procesamiento. Este cálculo se hace para tilapia, trucha y cachama.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que existe información censal de las unidades productivas por municipio, levantado por Aunap. Luego, el criterio de distribución será en función de la unidad de análisis de resultados seleccionada.



Sector industrial

Una manera de estimar el uso de agua en manufactura es combinando registros como el RUA ³, el SIRH y la Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Estas tres bases de datos dan cuenta de un buen porcentaje de la cobertura de usuarios industriales de agua.. La consolidación de dichas bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Verificar la información del SIRH a partir del CIIU industrial, con el nombre de la actividad y con el nombre de la empresa.
- Seleccionar la información escogiendo el NIT, el nombre de la empresa, la actividad económica, el código CIIU, el caudal concesionado y el código Divipola.
- Verificar la base de RUA y escoger la información con base en el NIT, escoger el nombre CIIU, nombre de la actividad, volumen de agua consumido y código Divipola.
- Unir las bases de datos.
- Analizar los datos utilizando los valores del caudal concesionado para el año.
- Verificar que no se repita la información de las empresas en la fusión de las bases.
- Depurar la base de datos de manera que se identifiquen y se eliminen las inconsistencias.
- Agregar el código de identificación de la unidad de análisis de resultados.
- Solicitar al DANE la elaboración del reporte de la EAM y la Encuesta Ambiental Industrial (EAI) por unidad de análisis de resultados, en consideración con las restricciones de uso de la información que plantea esta entidad.
- A partir de la EAM y la EAI, escoger la información de la variable uso de agua como materia prima para las empresas que ya se tienen y de las que están exclusivamente en las bases de EAM y EAI.

El procesamiento consiste en agregar la información del municipio a la unidad de análisis de resultados seleccionada. Cuando una empresa está presente en todas o en al menos dos de las bases de datos, se escoge el valor más alto registrado.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información en la mayoría de los casos viene a nivel de punto (georreferenciada) y, además, la información tiene asociados los atributos de municipio y subzona hidrográfica, que pueden facilitar el proceso de agregación espacial a la unidad de análisis de resultados seleccionada.

3 El RUA es el registro administrativo que da cuenta del uso de agua de todos los establecimientos que realizan trámites ambientales. Este debe convertirse a futuro en la fuente principal de datos, pues registra no solo la concesión, sino el agua que entra al proceso de producción industrial.

Sector de generación de energía

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- En el caso de los embalses se debe revisar la base de datos de los embalses, identificar los presentes en el área de estudio y verificar en esta base la existencia de la variable volumen útil diario m^3 .
- Con respecto a las plantas térmicas, se debe consolidar y organizar la base de datos por tipología del área de estudio con la variable generación Kw-h y verificar el factor de uso por tipo de térmica.
- En cuanto a las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), se debe verificar la información recibida de los operadores de PCH y distribuir en la base de datos por municipio.

El procesamiento consiste en las siguientes actividades:

- Hacer la sumatoria de los volúmenes útiles diarios mensualizados para el área de estudio.

- En el caso de las térmicas, hacer la multiplicación de factor de uso correspondiente y volumen de energía producida y complementar con la información recibida de las operadoras.
- Para el caso de las PCH, se suman los datos recibidos.

La espacialización se hará teniendo en cuenta que la información de embalses y plantas térmicas viene en la mayoría de los casos a nivel de punto (georreferenciada), lo que facilita la agregación a la unidad de análisis de resultados seleccionada. En los casos en que no se cuente con la localización, se pierde la posibilidad de espacializarlo, de manera que se pueden presentar diferencias entre el total de agua demandado y el total de agua espacializado. Esto último ocurre con mayor frecuencia en las plantas térmicas y en las PCH.



Sector minero

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Verificar la información por cada municipio minero en cuanto a los tipos de minerales explotados y el volumen del mineral en la unidad de medida usualmente registrada.
- Verificar los módulos de uso de agua de cada mineral.

El procesamiento consiste en multiplicar el volumen de mineral por tipo y por el correspondiente módulo de uso, de acuerdo con las unidades de medida.

La espacialización se puede hacer a partir de la base de datos de la ANM de títulos mineros vigentes y en explotación, la cual viene georreferenciada (tiene coordenadas geográficas). Con esta información, se hace una distribución proporcional espacial de los usos del agua a escala de unidad de análisis de reporte en función de los títulos mineros representados por centroides. La distribución se hace a partir del número de centroides de un municipio determinado con relación al total de centroides identificados en la unidad de análisis de reporte donde se localiza dicho municipio.

Sector de hidrocarburos

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Solicitar la información por bloque y pozo asociado a municipio, a cada operador del uso de agua en el proceso productivo, de exploración, de producción, transporte y refinación.
- Verificar con cada operador las unidades y las cifras correspondientes a cada pozo en explotación, incluyendo el agua de producción.

El procesamiento consiste en sumar los volúmenes de agua utilizados por los distintos operadores, diferenciando por municipio.

La espacialización se puede hacer a partir de la información suministrada por Ecope-

trol, la cual se encuentra espacializada, y a partir de la información de los demás operadores, que se encuentra agrupada por municipio. Así que la espacialización se hace con base en la distribución del área de los campos en los municipios.



Uso doméstico de agua

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Verificar la existencia de los consumos de agua por municipio para el año base de la estimación, y dos años más para verificar la consistencia de los valores registrados de consumo.
- Verificar el número de municipios presentes en cada base de datos.
- Verificar el número de acueductos por municipio.
- Verificar los volúmenes registrados, comparándolos con un factor de uso estimado.
- Completar los datos faltantes una vez verificada su consistencia. Para esto se debe tener en cuenta que se pueden encontrar dos tipos de faltantes: el primero, vacíos de información en la serie mensual y, el segundo, municipios sin dato.

El procesamiento consiste en las siguientes acciones:

- Sumar las bases de datos completas.
- Verificar los datos a partir de varios criterios: factores de uso estimados por la superintendencia, los suscriptores registrados y los factores estimados de uso por suscriptor.

La espacialización se puede hacer usando como criterios de distribución la localización de los centroides de las cabeceras municipales. Para el caso del uso doméstico en áreas rurales, se distribuye de manera proporcional al área rural dentro de la unidad de análisis de reporte.



Sector servicios

La consolidación de bases de datos contempla las siguientes actividades:

- Verificar la existencia del tipo de servicios en la base de datos municipal y la variable consumo m^3 .
- Organizar la tabla con el municipio y volumen de agua consumida en comercial, oficial, provisional, temporal y otros.

El procesamiento consiste en hacer la sumatoria de los volúmenes de agua usados por municipio.

La espacialización se puede hacer usando como criterios de distribución el porcentaje del área urbana dentro de la unidad de análisis de reporte a la que pertenezca.

Sector de la construcción

La consolidación de bases de datos se hace a partir de la consulta por corporación de las bases de información del SIRH, y consiste en extraer los registros correspondientes a las concesiones otorgadas a las constructoras organizadas por municipio.

El procesamiento consiste en hacer la sumatoria de los volúmenes de agua usados por municipio.

La espacialización de esta información es compleja, debido a que las bases de datos oficiales en muchos casos no cuentan con datos de georreferenciación, lo que dificulta su agregación espacial. Sin embargo, se pueden hacer agregaciones por sector.



A large, mossy rock in the foreground of a river with a waterfall. The rock is dark and covered in green moss. In the background, a river flows over a series of rocks, creating a waterfall. The water is white and foamy as it falls. The scene is captured in a long-exposure style, giving the water a soft, blurred appearance. The overall tone is natural and serene.

8

Ejemplo caso de estudio: Valle Medio del Magdalena



El ejemplo de cálculo de esta guía se basa en un caso de estudio desarrollado por el Ideam, adelantado en el marco del acuerdo de cooperación AC n.º 4 3034153 2020, suscrito con Ecopetrol, con objeto de la “Actualización y seguimiento de la línea base ambiental hidrológica y de calidad de agua superficial del Valle Medio del Magdalena - VMM” (Ideam y Ecopetrol, 2023).

El área de estudio corresponde a la región del Valle Medio del Magdalena, donde confluye la totalidad del departamento de Santander y parte de Antioquia, Bolívar y Boyacá. Es una región que alberga importantes recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que se utilizan para abastecimiento humano, agricultura, ganadería, actividades industriales y de producción de hidrocarburos.

Por su parte, en el contexto hidrográfico el área de estudio comprende las subzonas hidrográficas del río Opón, río Lebrija me-

dio-bajo y otros directos al Magdalena y río Sogamoso. Adicionalmente, se decidió integrar las subzonas hidrográficas de los ríos Carare, Fonce, Suárez y Chicamocha, teniendo en cuenta el aporte en cantidad y calidad que estas pueden tener sobre las subzonas hidrográficas inicialmente consideradas, como resultado de procesos naturales y antrópicos (Figura 12). Estas subzonas constituyen el área de influencia. El área de estudio tiene una extensión de 44.441 km², y abarca 218 municipios en los departamentos de Cesar, Santander, Boyacá, Norte de Santander, Bolívar, Antioquia, Casanare, Arauca y Cundinamarca.

Este ejemplo de cálculo permite hacer una descripción del estado de la información recopilada en la región y las metodologías de cálculo por sector, las cuales se detallan a continuación.

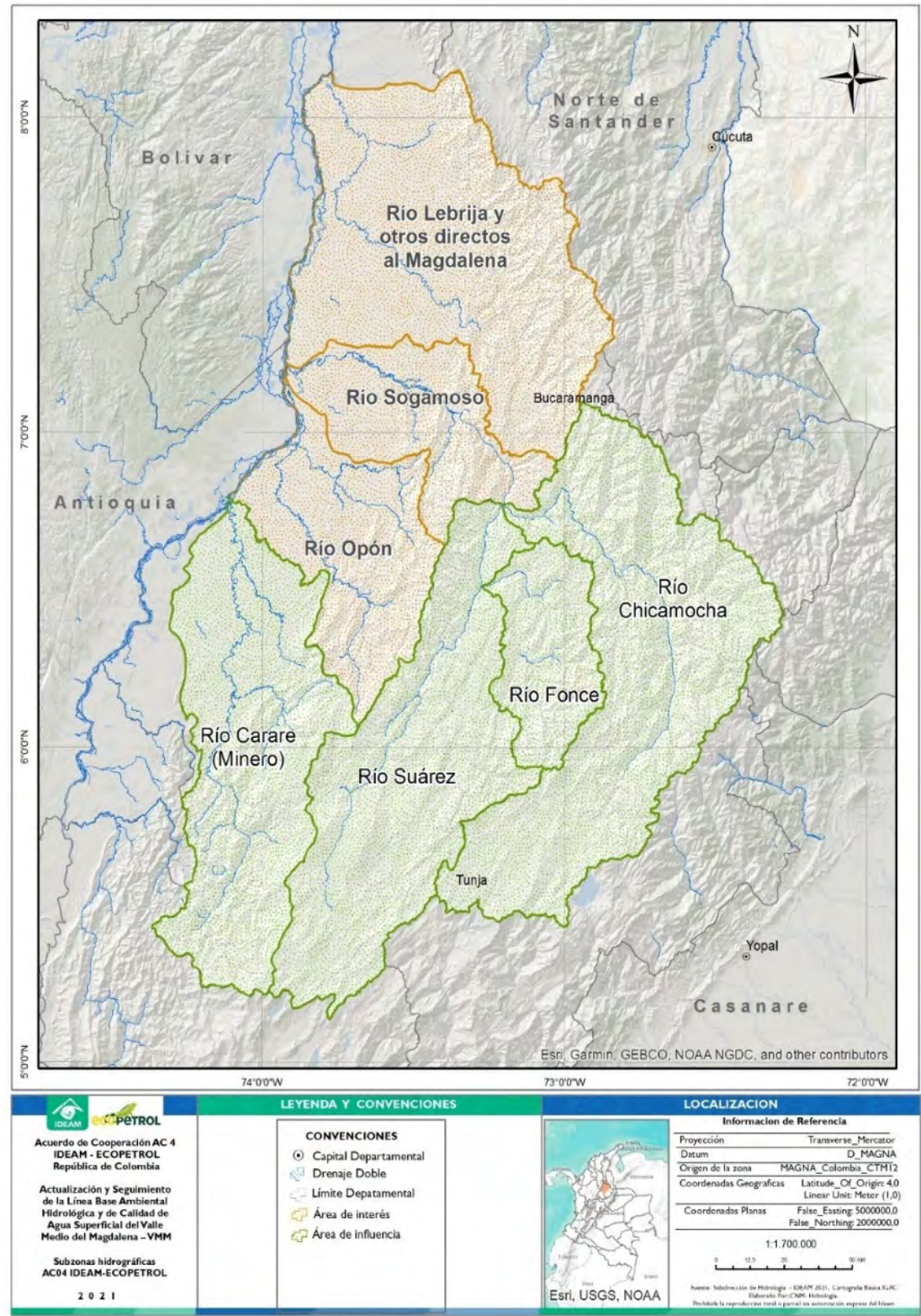
Fuentes de información y estado

El proceso de estimación de la demanda hídrica en el VMM arranca con un proceso de alistamiento de la información que inicia con la identificación de las fuentes disponibles de los principales sectores económicos en el área de estudio, para luego establecer las variables o datos útiles para el cálculo y, finalmente, identificar las principales características de la información que permitan

establecer criterios de su uso. El resultado de este ejercicio se consolida en la Tabla 1.

Adicionalmente, en este proceso de alistamiento se definieron como unidad de análisis para la estimación de la demanda unidades territoriales (departamentos y municipios) y unidades hidrográficas (subzonas y el nivel subsiguiente).

Figura 12. Localización del área de interés y área de influencia



Fuente: Ideam y Ecopetrol (2023).

Tabla 1. Fuentes de información y estado

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Unidades de análisis			
IGAC	Cartografía Básica Nacional	Límites municipales y departamentales	Cartografía en escala 1:100.000
Ideam	Zonificación Hidrográfica Nacional	Subzonas hidrográficas	Cartografía en escala 1:500.000, bajo nivel de detalle en los límites. (Ideam, 2013)
CAS	Zonificación Hidrográfica Regional – Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas del río Lebrija	Nivel subsiguiente a la subzona hidrográfica	Solo cubre el río Lebrija
Sector agrícola			
DANE	Encuesta Nacional Agropecuaria	Áreas sembradas por departamento	En el DANE hay datos municipales y gran parte de la información está concertada con los gremios y no tiene información de cultivos tradicionales. En este sentido, tiene categorías distintas a las presentadas por el Ministerio. Por ejemplo, en EVA se puede encontrar el caucho, pero en el DANE está agrupado con otros cultivos. El DANE presenta datos de arroz en categoría distinta a las EVA. Por ejemplo: en el DANE, se considera arroz manual y mecanizado, mientras que en las EVA es definido como arroz seco manual y seco mecanizado
Ministerio de Agricultura	Agronet Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA).	Áreas sembradas por municipio y departamento	
		Pastos	

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Ideam	Mapa de coberturas o usos del suelo. Zonificación climática para Colombia	Usos del suelo Zonas climatológicas	Como no se tiene información de polígonos de cultivo, se asigna una zona de cultivo bajo una metodología que establece la probabilidad de su existencia en un área con ciertas características climáticas y de usos del suelo. Mapa de zonificación climática para Colombia (Ideam, 2007): se empleó la capa (vector) de zonificación climática con el fin de emplearla en el proceso de polígonos homogéneos. (Ideam, 2015). Mapa de coberturas terrestres para Colombia (Ideam, Instituto Sinchi y PNN, 2021): se empleó la capa (vector) de cobertura terrestre para Colombia (cobertura_tierra_2018).
Sector postcosecha			
Cultivo de palma			
Fedepalma	Reporte de palma	Toneladas de fruto fresco que entra a procesar. Nombre y localización de la planta de transformación primaria de aceite de palma. Módulo de uso de agua de cada planta.	La información es actualizada permanentemente en sus bases de datos. Se puede verificar que las plantas se encuentran en el área de estudio a partir de las páginas web de cada empresa. La información suministrada por Fedepalma viene verificada, pues son los reportes de las plantas que están afiliadas a la Federación. Los módulos de uso fueron levantados por Cenipalma en el año 2017. No se cuenta con una actualización de esos usos.
Cultivo de café			
Ministerio de Agricultura	Agronet Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)	Toneladas de café pergamino por municipio.	Es la información reportada por las Umata al sistema de información del Ministerio de Agricultura. Tiene problemas de precisión, pues es una autoevaluación.
Federación Nacional de Cafeteros	Uso del agua y carga contaminante del sector cafetero	Módulo de uso de agua para beneficio tradicional. Módulo de uso de agua para beneficio orgánico.	El módulo de uso del agua fue obtenido de la literatura.

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Cultivo de caucho			
Compañía Cauchera Colombiana	Visita a la compañía cauchera colombiana	Metros cúbicos de agua usada en el proceso de transformación del látex en TSB 10 Technical Specific Rubber	Información obtenida en visita de campo, donde se reconoce el proceso productivo y se entrevista al ingeniero encargado de la planta.
Cultivo de banano			
Ministerio de Agricultura	Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)-	Uso de agua por caja de banano exportada	
Augura		Banano de exportación	Es información verificada con el gremio para el lavado de banano para la exportación.
Pasta de coca			
SIMCI - UNOCD	Reporte de área productiva, producción de hoja de coca fresca y producción de clorhidrato de cocaína	Número de toneladas de hoja de coca. Módulo de uso de agua para producción de pasta de coca.	
Sector pecuario			
ICA	Censo pecuario nacional	Inventarios de bovinos, porcinos, avícolas, bufalinos, equinos, caprinos y ovinos	Bases de datos publicadas anualmente por el ICA como parte de su registro de vacunación. Se cuenta con datos para los 1.123 municipios a los que se aplican los módulos de uso.
Ministerio de Agricultura	Agronet Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)		Para el ganado bovino y porcino, existe información distribuida por edad y sexo, por lo que se puede tener mayor detalle, y se aplican módulos de uso para cada categoría. En la plataforma de Agronet también se encuentra esta información y otra más recogida de las EVA.
Ideam	<i>Estudio Nacional del Agua</i>		Módulos de uso obtenidos de: Bovinos: ENA 2018 verificados con la CAS (Ideam, 2019). Porcinos: ENA 2018 (Ideam, 2019). Caprinos y Ovinos: literatura y ENA 2010 (Ideam, 2010), conversación con dueño de granjas de ganado menor.

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Sector sacrificio de ganado			
DANE	Encuesta de sacrificio de ganado (ESAG)	Inventarios de bovinos, porcinos, avícolas, bufalinos, equinos, caprinos y ovinos	Se cuenta con una encuesta nacional ESAG del DANE, que tiene representatividad departamental, pero no municipal. El país y la región no cuenta con un registro de las cabezas de ganado sacrificadas y es necesario fortalecer la información de esta actividad.
ICA	Agronet		
Invima	Lista de plantas de sacrificio autorizadas en el país por municipio. Tipo de planta	Plantas de sacrificio del país	Se cuenta con la lista de las plantas de sacrificio por municipio y su característica (procesamiento de bovinos, porcinos o aves). Se tiene información puntual (de una sola planta) sobre ovinos y caprinos. No se calcula para equinos, pues no se tiene ninguna información.
CAS		Módulos de consumo de ovinos y caprinos	Se utilizan los módulos de uso recogidos y validados por la CAS y productores de ovinos y caprinos.
Ideam	<i>Estudio Nacional del Agua</i>	Módulos de uso de bovinos, porcinos, caprinos y ovinos	Módulos de uso obtenidos de: Bovinos: ENA 2018 verificados con la CAS (Ideam, 2019). Porcinos: ENA 2018 (Ideam, 2019). Caprinos y Ovinos: literatura y ENA 2010 (Ideam, 2011), conversación con dueño de planta de sacrificio de ganado menor.
Sector piscícola			
Ministerio de Agricultura (Aunap)	Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (Sepec).	Inventario departamental de producción de tilapia, cachama y trucha.	Es una información parcial, no se encuentra para todos los departamentos y no es uniforme. Está en diversas tablas, sin posibilidad de relacionarse. Se puede encontrar alguna información depurada por las entidades.
Ideam	Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).	Espejos de agua existentes y extensión de alevinos. Profundidad de las piscinas. Producción estimada de pescado por municipio. Factores de conversión en biomasa. Factores de uso de agua en el beneficio.	

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Sector industria			
DANE	Encuesta anual manufacturera. Encuesta ambiental industrial	Uso de agua como materia prima. Uso de agua concesionada al usuario industrial que debe realizar reportes ambientales	La encuesta anual manufacturera y la ambiental industrial son realizadas anualmente por el DANE.
Ideam	Registro Unificado Ambiental Manufacturero (RUA). SIRH. Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH)	Caudal otorgado al usuario para su actividad económica industrial	El RUA es el registro autodeclarado por los usuarios del agua, y el RURH es el reportado por la autoridad ambiental, a partir de información entregada por los usuarios y visitas. Estas dos últimas no tienen los registros completos de los caudales otorgados y en algunos casos hay errores en los datos, que se expresan como volúmenes y no como caudales. También, presentan actividades que pertenecen a otros sectores como los de transformación primaria (poscosecha de palma y refinación) o las clasificaciones erradas como las actividades de comercio, servicios o construcción. Se validan y se eliminan los registros que no corresponden o generan duda.
SSPD	Sistema Único de Información (SUI). Bases de datos por municipios de agua suministrada por los acueductos	Caudal otorgado al usuario para su actividad económica industrial	La información registrada por la Superservicios comprende el número de metros usados por la industria y pagados de acuerdo con los reportes de las empresas de acueducto municipal.

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Sector energía			
UPME	Reportes de hidroenergía.	Volumen de agua que permanece embalsada durante el año y promedio diario mensualizado	Se presentan dos tipos de datos para hidroeléctricas: el relacionado con el agua que permanece embalsada, y el agua turbinada de PCH. Se agrega la información de los registros obtenidos de los operadores. El agua turbinada de las hidroeléctricas que hacen parte del sistema nacional interconectado es información que proviene directamente de los operadores y está en sus registros de operación diaria. También se pueden usar módulos de consumo obtenidos de la literatura.
Operadores de hidroeléctricas y PCH	Reportes solicitados a operadores	Agua turbinada	
XM	Base de datos XM	La información de gwh producida por las termoeléctricas se obtiene de XM, y el agua usada en el proceso, de los operadores.	
Operadores de termoeléctricas	Base de datos XM	Agua usada en los procesos de generación de energía termo y para el enfriamiento	
Sector minería			
UPME – ANM	Reportes de producción nacional de minerales asociados a pago de regalías SIMCO	Producción de metal, o mineral por municipio en toneladas	Los registros de producción por municipio no necesariamente corresponden a la producción que hace el municipio, sino al registro de la venta (en el caso del oro); así que hay alguna distorsión en el cálculo de uso de agua. Se distribuyen los metales en cada municipio del área y se multiplica por el módulo de uso dispuesto por la UPME.
UPME	Portal web de la UPME (Base de datos de minerales UPME, 2017)	Módulos de uso de agua por cada mineral/ metal reportados en el portal web de la UPME (Base de datos de minerales UPME, 2017).	

Fuente generadora	Producto	Variables o datos	Características de la información
Sector hidrocarburos			
Ecopetrol	Caudales concesionados y usados	Agregación de los registros de uso de agua en las diferentes etapas de la exploración	La información suministrada por pozo con la localización municipal y por subzona hidrográfica facilita la identificación del proceso productivo y el uso de agua. Se hacen reuniones de aclaración con Ecopetrol, por ejemplo, sobre el registro del recobro.
ACP	Informe de desempeño ambiental	Módulos de uso de agua del proceso productivo	
ANH	Producción fiscalizada de petróleo y gas	Datos de la producción de barriles por campo y por petrolera	
Sector doméstico			
SSPD	Registros del SUI	Agua facturada por los acueductos para consumo doméstico por municipio por número de suscriptores	Las bases de datos no registran toda la información o registran información parcial, generalmente de cabeceras. Como en los municipios pequeños no hay micromedición, el vacío de información real de uso de agua en labores domésticas es alto. Esto exige depurar la base de datos y definir criterios para completar los datos, diferenciando agua en el área rural y en la urbana.
Sector servicios			
SSPD	Registros del SUI	Agua facturada por los acueductos para consumo para comercio y servicios oficiales por municipio	Se aceptan los datos de la base de datos. No existe un buen registro de usos por servicios, en especial.
Sector construcción			
Ideam	SIRH – RURH.	Agua facturada por los acueductos para consumo en actividades de construcción por municipio	Se revisan los datos de la información del RUA y de SIRH.

Método de cálculo por sector

Este se hace de manera posterior a la consolidación y evaluación de la información en el área de estudio. Este ejemplo de método de cálculo puede ser tomado como referente, sin embargo, deberá ser ajustado de acuerdo con las características de la información, las unidades de análisis, los usos predominantes y

las características socioeconómicas en la región, de tal forma que se llegue a una adecuada representación de la demanda hídrica en el área de estudio. A continuación, se detalla el referente del método de cálculo por sector y la metodología de espacialización.

Tabla 2. Referentes de cálculo

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Agrícola (Dsa)	Se estima el uso de agua para 29 cultivos presentes en el área de estudio que corresponde al 98 % del área sembrada. La metodología consiste inicialmente en la identificación de áreas sembradas de los cultivos y de los pastos empleados en ganadería. El cálculo se realiza mediante el establecimiento de polígonos agroclimáticamente homogéneos. Posteriormente, se procede a estimar las variables necesarias para el cálculo del requerimiento hídrico del cultivo en cada polígono. Luego, para estimar la demanda hídrica en la fase de cultivo-cosecha, se realiza un balance hídrico, en el cual se determina si la precipitación efectiva es suficiente para satisfacer las necesidades o el requerimiento hídrico del cultivo, considerando todas sus características fisiológicas y las condiciones del suelo. Las dos condiciones básicas son las siguientes: • Si la precipitación efectiva es mayor o igual al requerimiento hídrico del cultivo, no se requiere riego. • Si la precipitación efectiva es menor al requerimiento hídrico del cultivo; el faltante de agua debe ser proporcionado al cultivo por medio de riego. En este caso, se asume que el agua para riego es proporcionada por fuentes hídricas superficiales o subterráneas. Por lo tanto, es agua captada y usada en un proceso antrópico y se debe incluir tanto en la demanda multisectorial como en el cálculo del Índice de Uso del Agua. El cálculo del agua en la postcosecha se estima teniendo en cuenta la información suministrada por las fuentes respectivas para caucho (Confecaucho), palma (Fedepalma) y café (Agronet), y utilizando módulos de uso del agua, validados en el ENA (Ideam, 2010) y, en el caso de caucho, con la visita realizada en campo.	• Se emplearon los polígonos definidos para el área de estudio (52.410 polígonos). • Se seleccionó la zona de estudio (SZHs, subcuencas Nivel 4 y municipios) y se descartaron municipios con áreas despreciables dentro de la zona de estudio (208 municipios total o parcialmente incluidos en el área de estudio). • Se realizó el procedimiento de asignación de áreas sembradas de cultivo dentro de cada municipio del área de estudio (considerando los porcentajes del municipio dentro del área de estudio).

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Pecuario <i>(Dsp)</i>	Se estima la demanda de agua para bovinos, bufalinos, equinos, porcinos, caprinos y ovinos, utilizando módulos de consumo por animal (por edad para bovinos y porcinos) verificados en la zona a partir de los inventarios de vacunación del ICA en 2019. $Dp = Cv + Cua + Cs$ Donde: <i>Dp</i>: demanda pecuaria. <i>Cv</i>: consumo vital en la fase de cría, levante y terminación. <i>Cua</i>: consumo en lugares de manejo y alojamiento animal. <i>Cs</i>: consumo en sacrificio (explicada más adelante).	Para ganado bovino, equino y bufalino, el criterio de distribución es el área de cobertura de pasto. Se hace la distribución de acuerdo con el porcentaje de área cubierta en pastos del municipio en la respectiva subzona hidrográfica y en el nivel de la unidad de análisis del estudio. Para aves, caprinos, ovinos y porcinos, la distribución se hizo en función en proporción al área del municipio por unidades de análisis.

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Sacrificio de ganado (Cs)	El cálculo de la demanda hídrica del sacrificio de ganado se realizó diferenciado para ganado bovino–bufalino y para el resto de los animales (porcícola, ovino y caprino). Para el cálculo del sacrificio de ganado bovino–bufalino, se asumió que el número de animales sacrificados es proporcional a todas las plantas de sacrificio identificadas en el respectivo departamento. Una vez cuantificada la cantidad de animales sacrificados por planta, se procedió a identificar qué plantas se localizan en la zona de estudio. A partir del cálculo del número de animales sacrificados, se procede a estimar la demanda hídrica mediante la siguiente ecuación: $Cs_{sac-bov_buf-cuenca} = \sum (Inv_{bov,buf} \times F_{sac-animal} \times DT_{municipio-cuenca})$ $Cs_{sac-bov_buf-cuenca}$ = demanda hídrica sacrificio de ganado bovino y bufalino por SZH y unidad de análisis, m³/año. $Inv_{bov,buf}$ = Inventario de animales sacrificados bovinos y bufalinos, número de animales. $F_{sac-animal}$ = Factor de uso de agua que considera la etapa de sacrificio, m³/animal. $DT_{municipio-cuenca}$ = Se asume que las plantas de sacrificio se ubican en las cabeceras municipales, lo que permite distribuir la demanda a nivel de SZH y unidad de análisis. Para las otras actividades que también presentan sacrificio, se asume que todo el inventario se sacrifica y espacialmente se distribuye uniformemente sobre todo el municipio (no se tiene un criterio técnico para identificar concretamente los sitios donde se realiza el sacrificio. Adicional, presentan mayor grado de informalidad). $Cs_{sac-por,avi,cap,ovi-cuenca} = \sum (Inv_{por,cap,ovi} \times F_{sac-animal} \times DT_{municipio-cuenca})$ $Cs_{sac-por,avi,cap,ovi-cuenca}$ = demanda hídrica sacrificio de ganado porcícola, avícola, caprino y ovino por SZH y unidad de análisis, m³/año. $Inv_{por,cap,ovi}$ = Inventario de animales sacrificados porcícola, caprinos y ovinos, número de animales. $F_{sac-animal}$ = Factor de uso de agua que considera la etapa de sacrificio del respectivo animal, m³/animal. $DT_{municipio-cuenca}$ = Se asume que el sacrificio se realiza de forma proporcional al área del municipio que se ubica en la respectiva SZH y unidad de análisis.	Se asignó a cabeceras municipales por la existencia de las plantas de sacrificio. Las cabeceras siempre pertenecen a una única unidad de análisis.

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Sector piscícola (Dsac)	Estimación a partir de revisión de concesiones, opinión de expertos e información de la Aunap. Además, se complementa con visitas a piscícolas, con el fin de establecer conjuntamente el uso de agua. Se establece el proceso productivo y su cadena de uso. Se verifican los módulos de uso de agua para las especies presentes en la zona y se determina el uso de agua en la producción de alevinos, engorde y sacrificio. La estimación incluye factores como el agua que permanece en las piscinas, el flujo de agua para oxigenar (su cantidad depende de la especie), el agua que se convierte en biomasa, el agua que se utiliza para el mantenimiento de las piscinas y el agua que se utiliza para el beneficio.	No se espacializa porque no hay información completa y porque las fuentes no tienen una evaluación de la calidad del dato.
Sector industrial (Dsi)	A partir de la información del SIRH y del RUA, la encuesta anual manufacturera y la ambiental industrial se integran para consolidar una sola base de información de establecimientos industriales del área de estudio, teniendo en cuenta que, si los registros aparecen en las cuatro bases de datos, se tomará el valor de uso de agua más alto registrado. Se incluyen aquellos registros únicos en cada una de las bases y se verifica la existencia de registros en algunas de las bases de datos, haciendo el mismo ejercicio de establecer el valor más alto registrado. Considerando que para este sector se dispone básicamente de dos fuentes de información, cada una de ellas tiene un procesamiento diferente. En el caso de los datos del SIRH – RUA, estos representan un cálculo directo, ya que se reporta el volumen de agua captado para cada registro (empresa manufacturera). En el caso de la información del SUI, se debe aplicar un factor de pérdidas, ya que corresponde al uso de agua facturado por medio de una empresa de acueducto, por lo que es necesario considerar las pérdidas en la infraestructura de transporte. La estimación se realiza de la siguiente forma: $DHI_{cuenca} = \sum (UAI_{SIRH-RUA} + UAI_{SUI}) \times DT_{mpio-cuenca}$ DHI_{SZH} = Demanda hídrica sector industrial por SZH, m³/año. $UAI_{SIRH-RUA}$ = Uso de agua reportado por el SIRH – RUA, m³/año. UAI_{SUI} = Uso de agua reportado en el SUI, m³/año. $DT_{mpio-cuenca}$ = Porcentaje de área del municipio en la zona de estudio en términos de SZH y unidad de análisis. $UAI_{SUI} = Vol_{mpio} \times P_{mpio}$ Vol_{mpio} = Volumen de agua reportado en el SUI por municipio, m³/año. P_{mpio} = Pérdidas de agua del sistema de acueducto por municipio	SIRH y RUA registran las coordenadas de cada establecimiento. Por lo tanto, su georreferenciación indica exactamente a qué unidades de análisis pertenece. En el caso de la información de la Superintendencia, se asigna el valor a cabeceras municipales.

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Sector energía (De)	Agregación de las cifras de los registros de la UPME de las grandes hidroeléctricas y las termoeléctricas presentes. Se verifica la localización de cada hidroeléctrica, embalse, central térmica y pequeña central hidroeléctrica (PCH) en el área de estudio. Se solicita la información de hidroeléctricas a filo de agua a los operadores de termoeléctricas, y se agrega el uso de agua reportado. Se presentan dos tipos de datos para hidroeléctricas: el primero relacionado con el agua que permanece embalsada y, el segundo, al agua turbinada de las hidroeléctricas que hacen parte del sistema nacional interconectado. Este último no se agrega al total de la demanda de agua de la zona, pero se registra de manera separada. El agua turbinada de las PCH se agrega al uso total del agua. De las termoeléctricas que no reportaron información se utilizaron módulos de uso consultados en la literatura.	Existen las coordenadas de cada embalse central, hidroeléctrica, termoeléctrica y PCH. Por lo tanto, su georreferenciación dice exactamente a qué unidades de análisis pertenece.
Sector minero (Dm)	Se estima a partir de los módulos de uso establecidos para cada mineral y la base de producción de los minerales en cada municipio. El cálculo es el siguiente: $Dm = P_1 * (mdu_1) + P_2 * (mdu_2) + P_3 * (mdu_3) + \dots + P_n * (mdu_n)$ Donde: n = Mineral 1, 2, 3, ..., n Dm = Uso de agua del sector minero. P_n = producción del mineral n en toneladas. mdu_n = módulo de uso del mineral n.	Para distribuir a nivel de unidad de análisis la demanda hídrica del sector minero, se adoptó el criterio relacionado con el número de títulos por municipios y su distribución en dicha unidad. A cada polígono o título se le identificó su centroide; de esta manera se podría cuantificar claramente la cantidad de puntos (centroides) por unidad de análisis. De acuerdo con el porcentaje de títulos en el municipio dentro de la unidad de análisis, se calcula proporcionalmente. Por ejemplo, si el 50 % de los títulos de Segovia están en la unidad de análisis x, entonces el 50 % de la demanda de Segovia se asigna a esa unidad.

Sector	Referente de método de cálculo	Metodología de espacialización
Sector hidrocarburos <i>(Dh)</i>	En el caso de Ecopetrol, se agregan los registros de uso de agua en las diferentes etapas de la exploración, producción, transporte y refinación del petróleo, sin incluir el agua que se extrae de zonas profundas. En el caso de los demás campos presentes en el área, la estimación se realiza con base en módulos de consumo identificados por la Asociación Colombiana del Petróleo (ACP).	Existen las coordenadas de cada pozo y refinería de Ecopetrol, por lo tanto, la georreferenciación indica exactamente a qué unidades de análisis pertenece. La producción que corresponde a los demás operadores se distribuye en proporción al área del municipio donde están ubicados.
Doméstico <i>(Dd)</i>	La estimación de la demanda de la población habitante en el área de estudio se realiza a partir del número de viviendas, el tamaño del hogar y los módulos de uso de agua existentes para la zona. $Chj: Pob * intensidad + pérdidas técnicas$ Donde Chj es la demanda de agua para uso doméstico. Pob: es el número de habitantes que pertenecen al área de estudio. Intensidad: es la cantidad de agua que requiere una persona para suplir sus necesidades diarias, expresada en litros/habitante-día. Pérdidas técnicas: es la cantidad de agua que es extraída y no consumida por pérdidas en el sistema de prestación del servicio de acueducto, siendo 30 % para las ciudades mayores de 50.000 habitantes, 60 % para los municipios entre 20.000 y 50.000, y 70 % para las de menos de 20.000 habitantes.	El uso urbano se distribuye en las cabeceras y el uso rural se distribuye en proporción al área total del municipio.
Servicios <i>(Dss)</i>	La estimación se basa en los registros del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI). Además, se verifica con las concesiones de agua de la actividad en la CAS.	Se asocia a cabeceras municipales.
Construcción <i>(Dc)</i>	Se realiza una agregación del uso en las concesiones de agua, a partir del registro en el SIRH.	No se espacializa porque no hay información completa y porque las fuentes no tienen una evaluación de la calidad del dato.

Resultados finales

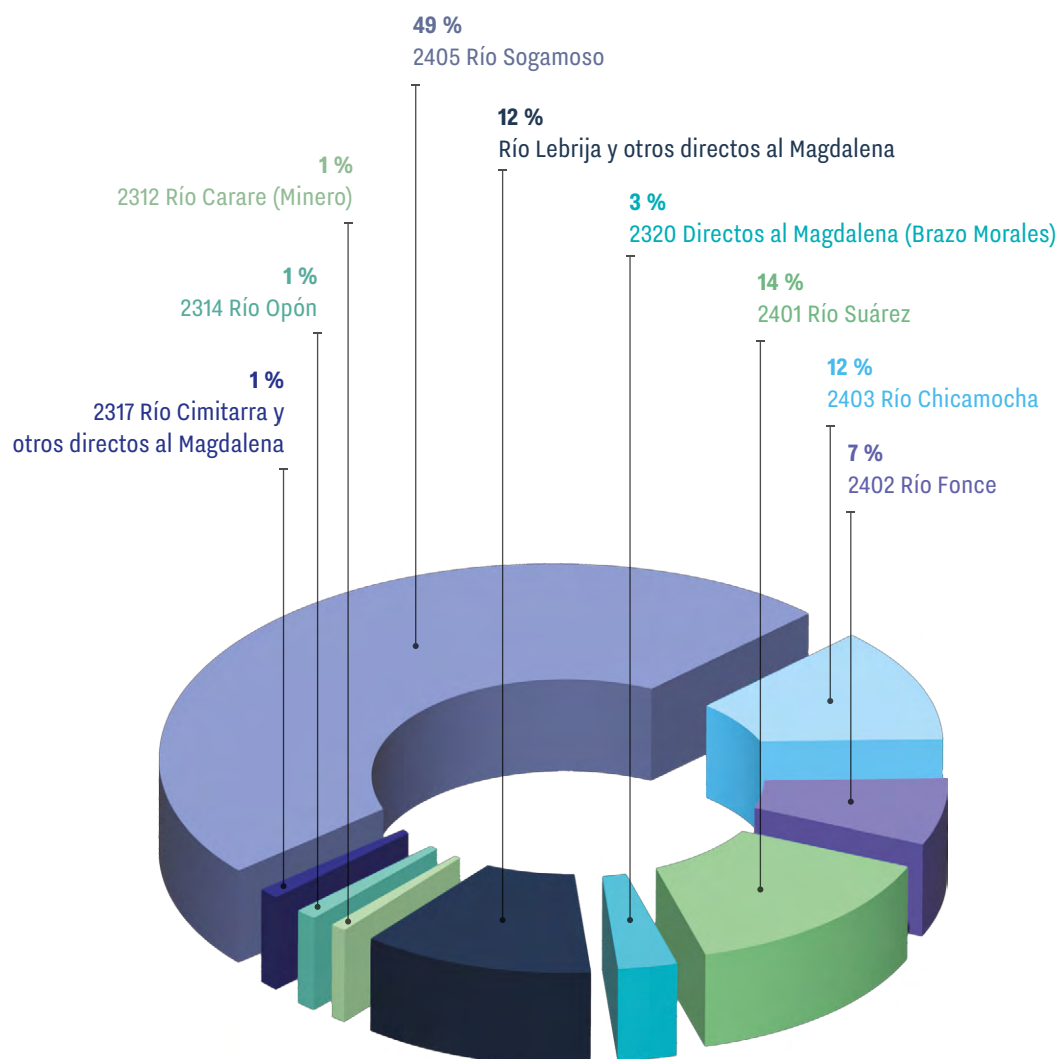
- La Tabla 3 y la Figura 7 muestran la distribución del uso del agua para las subzonas hidrográficas del área de interés y de influencia objeto del caso de estudio del Valle Medio del Magdalena (Ideam y Ecopetrol, 2023). Allí se resalta la subzona hidrográfica 2405 río Sogamoso, con un 49 % del total de la demanda. El sector energía aporta gran parte del uso del agua.

Tabla 3. Uso del agua a nivel de subzona hidrográfica

Subzona hidrográfica	Agrícola	Pecuario	Sacrificio	Energía	Otros embalses	Hidrocarburos	Industria	Minería	Doméstico	Servicios	Total
	Mm³/año										
Río Carare (Minero)	13,4	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	10,2	0,2	38,7
Río Opón	3,0	7,3	0,2	0,0	0,0	6,0	0,1	0,2	10,5	0,9	28,3
Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	32,6	6,3	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	5,2	5,2	0,2	54,2
Río Lebrija y otros directos al Magdalena	121,8	34,0	3,2	206,4	0,0	1,5	2,4	0,2	84,0	13,3	466,8
Directos al Magdalena (Brazo Morales)	104,3	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	8,6	0,3	124,6
Río Suárez	99,0	19,4	0,6	357,9	18,8	0,0	1,0	3,8	39,9	2,3	542,7
Río Fonce	21,9	3,7	0,2	254,3	0,0	0,0	0,0	0,2	8,9	0,9	290,2
Río Chicamocha	274,7	21,1	1,4	99,5	42,2	0,0	5,6	2,8	51,0	4,2	502,4
Río Sogamoso	38,1	15,8	2,3	1848,9	0,0	23,3	0,1	0,1	13,9	1,5	1.943,9
Total	708,7	128,2	8,0	2767,0	61,0	35,5	9,3	18,4	232,1	23,7	3.987

Fuente: Ideam y Ecopetrol (2023).

Figura 13. Distribución porcentual de la demanda anual del agua en las subzonas hidrográficas del área de interés e influencia para el año 2019



Fuente: Ideam y Ecopetrol (2023).

La Tabla 4 registra el uso del agua en los sectores en el área de estudio.

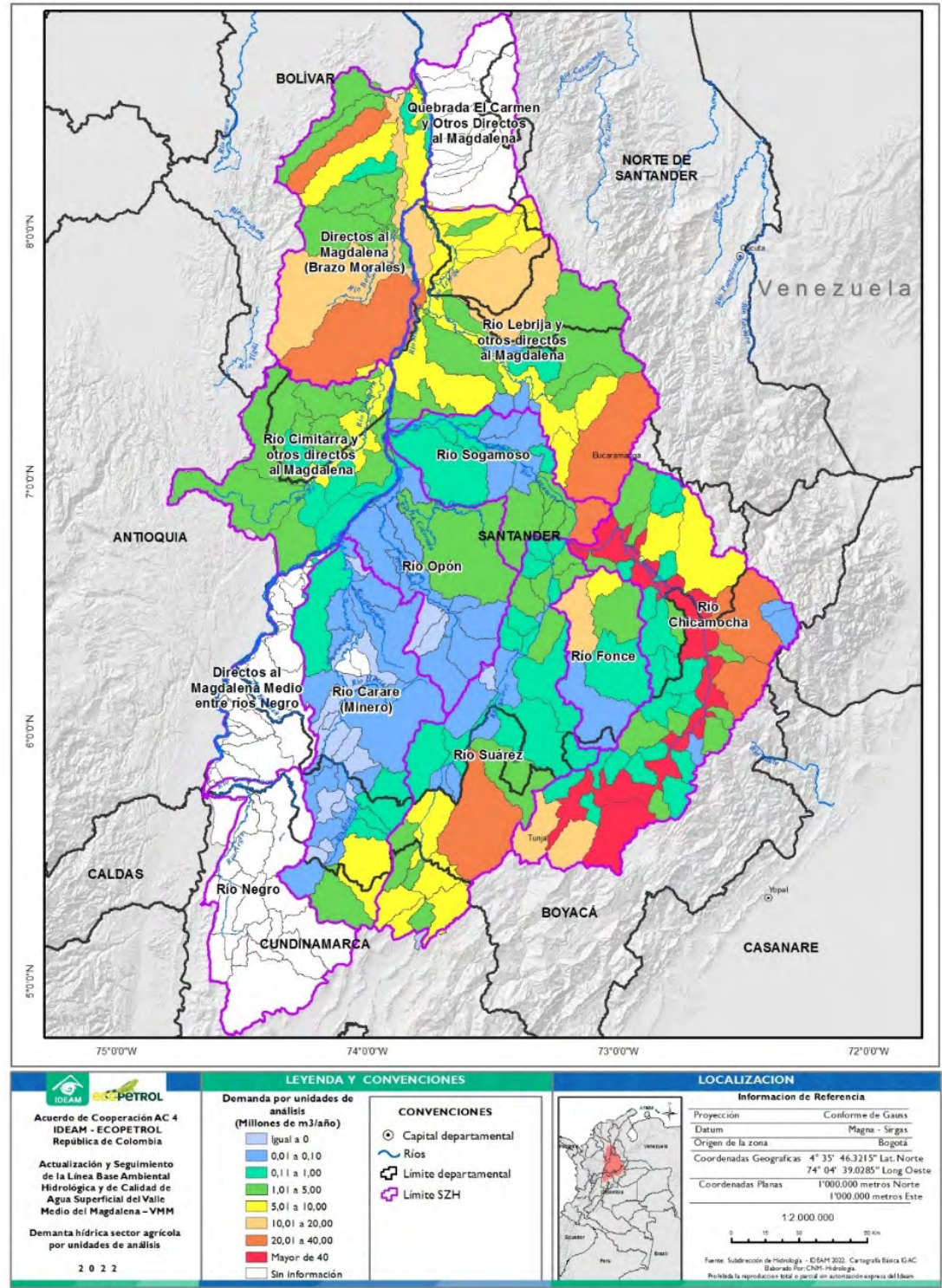
Tabla 4. Uso de agua en los sectores económicos presentes en el Valle Medio del Magdalena

Sector	Uso de agua (m³/año)	Porcentaje
AGRÍCOLA	698.517.877	17,52 %
Permanentes	247.100.460	35,37 %
Transitorios	107.365.301	15,37 %
Pastos	344.052.115	49,25 %
POSTCOSECHA	11.395.131	0,29 %
Café	1.860.722	16,33 %
Palma	9.519.808	83,54 %
Caucho	14.600	0,13 %
PECUARIO	146.987.901	3,69 %
Bovinos	99.521.580	67,71 %
Bufalinos	2.032.325	1,38 %
Porcinos	272.454	0,19 %
Equinos	2.706.415	1,84 %
Caprinos	134.515	0,09 %
Ovinos	348.562	0,24 %
Avícola	41.972.048	28,55 %
SACRIFICIO	6.209.704	0,16 %
Bovinos y Bufalinos	173.480	2,79 %
Porcinos	67.637	1,09 %
Ovinos	28.648	0,46 %
Caprinos	11.056	0,18 %
Avícola	5.928.882	95,48 %
PISCÍCOLA	10.214.806	0,26 %
INDUSTRIA	9.627.177	0,24 %
CONSTRUCCIÓN	3.356.849	0,08 %
MINERÍA	18.357.163	0,46 %
HIDROENERGÍA	2.767.037.978	69,39 %
Embalse Topocoro	1.848.879.167	66,82 %
Sogamoso	12.434.900.000	311,82 %
PCH	910.072.686	32,89 %
Térmicas	8.086.125	0,29 %
Otros Embalses	60.900.000	2,20 %
HIDROCARBUROS	35.579.005	0,89 %
DOMÉSTICO	255.672.210	6,41 %
SERVICIOS/OFICIAL	24.853.813	0,62 %
TOTAL	3.987.809.618	100,00 %

Fuente: Ideam y Ecopetrol (2023).

El siguiente mapa presenta el resultado de la demanda sectorial y total en el Valle Medio del Magdalena.

Figura 14. Demanda hídrica para el sector agrícola por unidades de análisis



Fuente: Ideam y Ecopetrol (2023).

Referencias bibliográficas

- Cepal y UNFPA. (2014). *Los datos demográficos: alcances, limitaciones y métodos de evaluación*. Naciones Unidas.
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Macroeconomía y crecimiento verde: análisis y retos para Colombia*. Departamento Nacional de Planeación.
- FAO. (2006). *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Estudio FAO Riego y Drenaje). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2007). *Mapa de zonificación climática para Colombia*. Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2013). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua ERA 2013*. Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam. (2022). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Ideam.
- Ideam, Instituto Sinchi y Parques Nacionales Naturales (PNN). (2021). *Mapa Nacional de Coberturas de la Tierra. Escala 1:100.000, periodo 2018. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*. Ideam.
- Ideam y Ecopetrol. (2023). *Documento final con la evaluación de la demanda y calidad del agua en el Valle Medio del Magdalena con la información recopilada durante el 2022*. Ideam.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2013). *Calendarios de siembra y cosecha*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2018). *Guía para el uso eficiente y ahorro del agua: una visión colectiva para el uso sostenible y responsable del agua*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/4.-Anexo-4-Guia-Uso-Eficiente.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2019). *Metodología para el diseño de módulos de consumo de agua*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/5.-Anexo-5-Metodologia-Estimacion-Modulos-de-Consumo-del-Agua.pdf>
- UPME. (2017). *Captación de agua del sector minero colombiano. Sistema de Información Minero Colombiano*. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/captacion-de-agua-sector-minero.aspx>

Siglas

ACP: Asociación Colombiana del Petróleo

ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos

ANM: Agencia Nacional de Minería

Asbama: Asociación de Bananeros
de Magdalena y Guajira

Augura: Asociación de Bananeros de Colombia

AUNAP: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander

DANE: Departamento Administrativo
Nacional de Estadística

Divipola: División Político Administrativa de Colombia

EAI: Encuesta Ambiental Industrial

EAM: Gestión de Activos Empresariales

ENA: Estudio Nacional del Agua

ERA: Evaluación Regional del Agua

EVA: Evaluaciones Agropecuarias Municipales

FAO: Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura

Fedecafé: Federación Nacional de Cafeteros

Fedepalma: Federación Nacional de
Cultivadores de Palma de Aceite

Fenavi: Federación Nacional de
Avicultores de Colombia

HH: Huella Hídrica

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

Ideam: Instituto de Hidrología,
Meteorología y Estudios Ambientales

IEUA: Índice de Eficiencia en el Uso del Agua

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MAVDT: Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial

PCH: Pequeña Central Hidroeléctrica

POMCAS: Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas

PORH: Planes de Ordenación del Recurso Hídrico

PUEEA: Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua

RUA: Registro Único Ambiental Manufacturero

RURH: Registro de Usuarios del Recurso Hídrico

Sepec: Servicio Estadístico Pesquero Colombiano

SIAC: Sistema de Información Ambiental de Colombia

SIRH: Sistema de Información del Registro Hídrico

SIUR: Subsistema de Información sobre
Uso de Recursos Naturales Renovables

SSPD: Superintendencia de Servicios
Públicos Domiciliarios

SUI: Sistema Único de Información
de Servicios Públicos

UNFPA: Fondo de Población de las Naciones Unidas

UNODC: Oficina de las Naciones
Unidas contra la Droga y el Delito

UPME: Unidad de Planeación Minero-Energética

UPRA: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

Lista de figuras

Figura 1. Representación de un sistema	7
Figura 2. Eslabones para hacer efectivo el uso del agua en el proceso productivo	8
Figura 3. Conceptos demanda hídrica	10
Figura 4. Conceptos flujo de retorno	11
Figura 5. Huella hídrica en relación con la demanda de agua	13
Figura 6. Normatividad relativa a la demanda hídrica	15
Figura 7. Síntesis de los principios de la legislación	17
Figura 8. Rol de las instituciones involucradas en la evaluación de la demanda	18
Figura 9. Secuencia para selección de las fuentes de información para la estimación de la demanda	21
Figura 10. Características de los datos	22
Figura 11. Esquema de la metodología general para estimar demanda	25
Figura 12. Localización del área de interés y área de influencia	34
Figura 13. Distribución porcentual de la demanda anual del agua en las subzonas hidrográficas del área de interés e influencia para el año 2019.	44
Figura 14. Demanda hídrica para el sector agrícola por unidades de análisis	45

Lista de tablas

Tabla 1. Fuentes de información y estado	35
Tabla 2. Referentes de cálculo	39
Tabla 3. Uso del agua a nivel de subzona hidrográfica	43
Tabla 4. Uso de agua en los sectores económicos presentes en el Valle Medio del Magdalena	44



Ambiente



IDEAM