

Maestría en Ingeniería Civil

**Inventario de Fuentes de Abastecimiento de los Sistemas de
Acueducto de las Cabeceras Municipales de Colombia**

Natalia Bernate Suárez

Bogotá, D.C., 13 de junio de 2017



**Inventario de Fuentes de Abastecimiento de los Sistemas de
Acueducto de las Cabeceras Municipales de Colombia**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis
en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente**

**Jairo Alberto Romero Rojas
Director**

Bogotá, D.C., 13 de junio de 2017



La tesis de maestría titulada “Inventario de Fuentes de Abastecimiento de los Sistemas de Acueducto de las Cabeceras Municipales de Colombia”, presentada por Natalia Bernate Suárez, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Jairo Alberto Romero Rojas
Director de la tesis

Germán Ricardo Santos Granados
Jurado

Héctor Matamoros Rodríguez
Jurado

Bogotá, D.C., 13 de junio de 2017

Índice General

| | |
|--|----|
| Introducción | 9 |
| 1. Objetivos..... | 10 |
| 1.1 Objetivo General | 10 |
| 1.2 Objetivos Específicos | 10 |
| 2. Antecedentes..... | 11 |
| 3. Marco legal y normativo..... | 15 |
| 4. Marco Teórico..... | 17 |
| 4.1 Ciclo Hidrológico | 17 |
| 4.2 Tipos de fuentes..... | 18 |
| 4.3 Definición de caudales | 19 |
| 4.4. Definición de inventario de fuentes | 20 |
| 4.5 Calidad del agua | 21 |
| 4.5.1 Análisis físico | 21 |
| 4.5.2 Análisis químico..... | 23 |
| 4.5.3 Análisis bacteriológico | 25 |
| 4.6 Control de inundaciones..... | 26 |
| 5. Metodología..... | 27 |
| 5.1 Fuentes de información..... | 27 |
| 5.2 Procesamiento de la información | 28 |
| 5.2.1 Identificación de fuentes de abastecimiento por municipio | 28 |
| 5.2.2 Relación de caudales para cada fuente | 28 |
| 5.3 Análisis de información | 28 |
| 5.3.1 Periodos en los que ha ocurrido el caudal mínimo y el máximo para el caso de las fuentes superficiales | 29 |
| 5.3.2 Excedencia en los caudales captados en relación al caudal medio en las fuentes superficiales..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 5.3.3 Caudales fuentes subterráneas | 29 |
| 5.3.4 Fuentes superficiales y subterráneas cuyo caudal captado es superior al autorizado en las concesiones | 29 |
| 5.3.5 Número de fuentes sujetas a monitoreo de calidad del agua y control de crecientes | 30 |
| 6. Análisis de resultados..... | 31 |
| 6.1 Inventario de fuentes hídricas abastecedoras..... | 35 |
| 6.1.1 Tipos de fuente de abastecimiento..... | 36 |
| 6.1.2 Usos de las fuentes hídricas..... | 36 |
| 6.1.3 Periodos en los que ha ocurrido el caudal mínimo y el máximo en las fuentes superficiales..... | 38 |
| 6.1.4 Excedencia en los caudales captados en relación al caudal medio en las fuentes superficiales..... | 39 |
| 6.1.5 Caudales de fuentes subterráneas..... | 43 |
| 6.1.6 Fuentes superficiales con caudal captado superior al autorizado en las concesiones | 43 |
| 6.1.7 Fuentes subterráneas con caudal captado superior al autorizado en las concesiones | 45 |
| 6.1.8 Fuentes superficiales sujetas a monitoreo de calidad del agua y control de crecientes | 47 |
| 7. Conclusiones | 49 |
| 8. Bibliografía..... | 50 |
| 9. Anexos..... | 52 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación prestadores del servicio de acueducto 2016 en cabeceras municipales | 11 |
| Tabla 2. Marco legal y normativo sobre el recurso hídrico | 15 |
| Tabla 3. Marco legal y normativo sobre sistemas de información del recurso hídrico..... | 16 |
| Tabla 4. Fuentes superficiales ²⁰ | 27 |
| Tabla 5. Fuentes subterráneas ²⁰ | 27 |
| Tabla 6. Intervalos para análisis de frecuencia del caudal captado frente al caudal medio y mínimo de la fuente. | 29 |
| Tabla 7. Intervalos para análisis de frecuencias del caudal captado frente al caudal de diseño de los pozos..... | 29 |
| Tabla 8. Intervalos para análisis de frecuencias caudales captado y concesionados | 29 |
| Tabla 9. Cantidad de municipios por departamento con información | 31 |
| Tabla 10. Número de fuentes según el tipo | 36 |
| Tabla 11. Numero de fuentes por tipo de uso..... | 36 |
| Tabla 12. Municipios con uso para abastecimiento y vertimiento..... | 37 |
| Tabla 13. Número de fuentes superficiales por departamento según el uso del caudal captado frente al caudal medio de la fuente | 40 |
| Tabla 14. Municipios donde el caudal captado es superior al caudal medio de la fuente ... | 41 |
| Tabla 15. Número de pozos por departamento | 43 |
| Tabla 16. Número de fuentes superficiales por departamento según el uso del caudal captado frente al caudal concesionado | 44 |
| Tabla 17. Municipios donde el caudal captado es superior al caudal concesionado..... | 45 |
| Tabla 18. Número de pozos por departamento según el uso del caudal concesionado | 45 |

Lista de gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Municipios con información de fuentes abastecedoras superficiales..... | 33 |
| Gráfico 2. Municipios con información de pozos | 34 |
| Gráfico 3. Años en los cuales se reporta el caudal mínimo y máximo de las fuentes. | 39 |
| Gráfico 4. Municipios por departamento según de uso del caudal captado frente al caudal medio de la fuente | 42 |
| Gráfico 5. Municipios por departamento según de uso del caudal concesionado | 46 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribución de municipios por departamento con información de fuentes abastecedoras superficiales. | 32 |
| Figura 2. Distribución de municipios por departamento con información de pozos..... | 35 |
| Figura 3. Municipios con usos de abastecimiento y vertimientos | 38 |

Introducción

El recurso hídrico para consumo humano en Colombia se encuentra regulado en un marco normativo específico que define condiciones para su aprovechamiento y uso; y que busca, además, garantizar la continuidad y calidad del agua suministrada, la protección de las fuentes hídricas y de las cuencas hidrográficas.

En consecuencia, las personas prestadoras del servicio de acueducto del país, deben considerar tanto los parámetros físico- químicos característicos de las fuentes abastecedoras, como el comportamiento de los caudales de las mismas y la demanda de la población en los proyectos de diseño y optimización de los acueductos municipales.

En este sentido, el Decreto 1594 de 1984 de la Presidencia de la Republica, indica en su artículo 29 los usos del recurso hídrico, en el que se contempla, el uso para “Consumo humano y doméstico”. A su vez, el artículo 30 del mismo decreto, define el uso del agua para consumo humano y doméstico según las actividades en las que se emplea.

Por otra parte, en cuanto al aprovechamiento de las fuentes hídricas para el abastecimiento de agua, la Ley 142 de 1994, *“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.”*, dispone en sus artículos 3, 22 y 25, que quienes presten servicios públicos domiciliarios requieren, para poder operar, contratos de concesión con las autoridades competentes y obtener previamente los permisos ambientales y sanitarios que sus actividades hagan necesarios.

En este orden, toda persona prestadora del servicio público de acueducto debe contar con la respectiva concesión de aguas.

En este documento se presenta un inventario de fuentes de abastecimiento de agua, identificando los sistemas de acueducto que presentan abastecimiento deficitario en condiciones normales de operación y que en época seca, requieren de fuentes alternas; así como los pozos en los que los caudales de operación superan los caudales de diseño y que, en consecuencia, se encuentran en riesgo de ocasionar un desabastecimiento. Así mismo, el inventario relaciona los caudales captados y los concesionados, para establecer si las empresas prestadoras del servicio de acueducto, se encuentran tomando de las fuentes hídricas mayores caudales a los permitidos. Lo anterior, tomando como fuente de información el Sistema Único de Información – SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Superservicios.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar un inventario de las fuentes de abastecimiento, tanto superficiales como subterráneas, de los sistemas de acueducto de las cabeceras municipales de Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar para cada cabecera municipal las fuentes de abastecimiento superficiales y/o subterráneas de las que se aprovisiona.
- Identificar los sistemas hídricos superficiales municipales donde se capta un caudal superior al caudal medio de las fuentes.
- Identificar los sistemas hídricos subterráneos municipales donde se capta un caudal superior al caudal medio.

2. Antecedentes

El Decreto 1594 de 1984 [17], define en su artículo 29 los siguientes usos para el recurso hídrico:

- Consumo humano y doméstico;
- Preservación de flora y fauna;
- Agrícola;
- Pecuario;
- Recreativo;
- Industrial;
- Transporte;

En el artículo 30 del mencionado decreto se señala:

... “Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

- Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
- Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.”

El uso del recurso hídrico para consumo humano y doméstico, se ve reflejado en el aprovechamiento que hacen las empresas prestadoras del servicio de acueducto, para poder abastecer la demanda del líquido en las diferentes áreas rurales y urbanas.

De acuerdo con el Registro Único de Prestadores- RUPS de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios- Superservicios, en Colombia, para el año 2016, la prestación del servicio de acueducto en las cabeceras municipales, se encuentra a cargo de 1176 empresas de servicios que se clasifican como grandes y pequeños prestadores, dependiendo el número de suscriptores atendidos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación prestadores del servicio de acueducto 2016 en cabeceras municipales²¹

| Clasificación | Número de suscriptores atendidos | Número de prestadores | Municipios atendidos |
|-----------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
| Grandes Prestadores | >2500 | 252 | 312 |
| Pequeños Prestadores | ≤2500 | 924 | 780 |

Cabe mencionar que en algunos municipios existe más de un prestador del servicio de acueducto por tanto, el total de municipios atendidos no corresponde con el total de municipios del país.

Para el aprovechamiento de las fuentes hídricas, estos prestadores, requieren de permisos ambientales, tal como lo señala la Ley 142 de 1994 [2]:

“Artículo 22. Régimen de funcionamiento. Las empresas de servicios públicos debidamente constituidas y organizadas no requieren permiso para desarrollar su objeto social, pero para poder operar deberán obtener de las autoridades competentes, según sea el caso, las concesiones, permisos y licencias de que tratan los artículos 25 y 26 de esta Ley, según la naturaleza de sus actividades. (...)”

Sumado a lo anterior el artículo 25 de la misma ley, enseña que:

“(...) Quienes presten servicios públicos requieren contratos de concesión, con las autoridades competentes según la ley, para usar las aguas; para usar el espectro electromagnético en la prestación de servicios públicos requerirán licencia o contrato de concesión.

Deberán además, obtener los permisos ambientales y sanitarios que la índole misma de sus actividades haga necesarios, de acuerdo con las normas comunes.

Asimismo, es obligación de quienes presten servicios públicos, invertir en el mantenimiento y recuperación del bien público explotado a través de contratos de concesión.

Acorde con lo dispuesto en los artículos 3, 22 y 25 de la Ley 142 de 1994 [2], se tiene que quienes presten servicios públicos domiciliarios **requieren, para poder operar**, contratos de concesión con las autoridades competentes y además **obtener previamente** los permisos ambientales y sanitarios que la índole misma de sus actividades haga necesarios.

En este orden, resulta claro que una persona prestadora del servicio público domiciliario de acueducto, para poder captar el agua para abastecer a una población ya sea de una fuente superficial o subterránea, debe contar con la concesión de aguas.

Para determinar el caudal a concesionar, se debe realizar el cálculo de la dotación y demanda, es decir, de los caudales medio diario, máximo diario y máximo horario, los cuales son la base para determinar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades básicas de acuerdo con la población atendida y con las particularidades de cada sistema abastecimiento, y por tanto, son los datos primordiales para el diseño o la ampliación de la infraestructura existente. Lo anterior según las condiciones de diseño indicadas en el Título B del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS 2000, reglamentada por la Resolución 1096 de 2000¹ [13] y la Resolución 2320 de 2009² [11] .

¹ Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS

² Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS–

En cuanto a estudios o documentos sobre inventarios del recurso hídrico de Colombia, existen varias publicaciones elaboradas por entidades como el reestructurado Instituto Colombiano de hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras- HIMAT³, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM a parte de los elaborados por las autoridades ambientales en cada una de sus jurisdicciones, en los cuales se presentan estadísticas sobre el recurso hídrico y la gestión integral del agua, de los cuales se citan los siguientes:

- En la publicación “*Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia*” [8] el HIMAT realizó una introducción al campo de conocimiento del recurso agua, así como sus usos y aplicaciones. En el libro se presenta un inventario de las cuencas hidrográficas, áreas de riego, estadísticas sobre la red meteorológica, volumen y área de cuerpos de agua, escorrentía, precipitación media mensual, caudales medios de las regiones hidrográficas, calidad del agua para cada uso, entre otros temas de interés sobre la gestión del agua.
- El IDEAM publica anualmente el “*Estudio Nacional Del Agua. ENA* [6]” en el que se presentan los resultados de la evaluación del agua en Colombia, la dinámica y situación actual del recurso hídrico; abarcando temáticas concernientes a la oferta superficial y subterránea, uso y demanda, condiciones de calidad, y las afectaciones al régimen hidrológico por variabilidad y cambio climático.

El ENA, se convierte entonces en una herramienta para ofrecer al sector de agua potable y saneamiento básico, información para la toma de decisiones y la planificación.

- En los documentos periódicos denominados “*Evaluación Regional del Agua – ERA* [5]”, el IDEAM presenta información sobre el comportamiento y estado del agua en Colombia, presiones y escenarios futuros para el mejoramiento de su gestión. Estos documentos permiten actualizar el Estudio Nacional del Agua. Los resultados e indicadores hídricos facilitan el seguimiento del estado del agua en las cuencas del país en sus diferentes niveles a partir del ingreso y disponibilidad de información en el Sistema de Información Ambiental y su correspondiente subsistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).
- La Corporación Autónoma Regional de Risaralda- CARDER- en el documento “*PLAN DE ACCIÓN VIGENCIA 2016-2019 “Risaralda Biodiversa, Sostenible y en Paz* [3]” incluyó el Capítulo SINTESIS AMBIENTAL DEL ÁREA DE SU JURISDICCIÓN- COMPONENTE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, presenta información sobre la oferta hídrica e Índice de Uso de Agua para las unidades hidrológicas definidas, demanda hídrica, estadísticas sobre caudal concesionado por uso, resultados del Monitoreo de Calidad y Cantidad del Recurso Hídrico, Caudales fuentes abastecedoras durante el periodo del fenómeno de el “Niño”, entre otros temas relacionados.

³ De acuerdo con el Decreto No. 1278 de 1994, se trasladaron las funciones en materia de hidrología y meteorología del HIMAT al IDEAM.

- La Corporación Autónoma Regional de Santander, cuenta con un Inventario de todas las subzonas hidrográficas y niveles subsiguientes sujetos a planes de ordenación y manejo de cuencas POMCAS[4] .

Así mismo, el IDEAM cuenta con el Sistema de Información del Recurso Hídrico- SIRH-, creado mediante el Decreto 1323 de 2007 [10] y que se define como el conjunto de elementos que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, bases de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilita la gestión integral del recurso hídrico.

Este sistema es alimentado por las Autoridades ambientales, las cuales tenían tres años a partir del 2013 para realizar sus Evaluaciones (Decreto 1640 de 2012), para lo cual debían avanzar en la consolidación de datos de Oferta, Demanda, Calidad y Riesgo. El SIRH facilita la estructuración de información y se constituye en insumo para el cálculo de los indicadores requeridos en las Evaluaciones Regionales del Agua [12].

Por su parte la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios administra el Sistema Único de Información SUI, en el cual los prestadores del servicio de acueducto de conformidad con lo establecido en la Resolución SSPD no. 20101300048765 de 14 de diciembre de 2010 deben registrar las fuentes de abastecimiento, así como la información relacionada con caudales y concesiones de agua [20].

3. Marco legal y normativo

En la Tabla 2 se relaciona la normativa relacionada con el manejo, uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el territorio Colombiano:

Tabla 2. Marco legal y normativo sobre el recurso hídrico

| GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO | | |
|---|--|--|
| NORMA | DESCRIPCIÓN | GENERALIDADES |
| Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente- Decreto-Ley 2811 de 1974 | Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. | Inicia el marco regulatorio moderno para el manejo de los recursos naturales renovables, la atmósfera y el espacio aéreo, las aguas en cualquiera de sus estados, la tierra, el suelo y el subsuelo, la flora y la fauna, entre otros. Se crea la tasa por uso de agua. |
| Decreto 1541 de 1978 | Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. | Reglamenta las concesiones de aguas superficiales y subterráneas |
| Ley 9 de 1979 | Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. | Conocido como el Código Sanitario Nacional. Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos. |
| Decreto 1594 de 1984 | Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. | La perspectiva de esta norma es la regulación de la calidad en función de los usos del agua y el control de los efluentes a la salida de los mismos. |
| Ley 99 de 1993 | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. | En esta política se define como prioridad la utilización de los recursos hídricos para consumo humano sobre cualquier otro uso y que el Estado incorpore los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables. |
| LEY 142 DE 1994 | Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. | Regula la prestación de los servicios públicos. Señala que para el aprovechamiento de las fuentes hídricas, los prestadores del servicio de acueducto requieren de permisos ambientales (concesión de aguas). |
| Resolución 1096 de 2000 | Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS." | Define criterios técnicos para el cálculo de la dotación y demanda de agua necesaria para abastecer una población. |
| Decreto 155 de 2004 | Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. | Modificado por el Decreto 4742 de 2005. Reglamenta las tasas de uso del agua. |

Tabla 2. Marco legal y normativo sobre el recurso hídrico (continuación)

| GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO | | |
|------------------------------------|---|---|
| NORMA | NORMA | NORMA |
| Resolución 2320 de 2009 | Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1096 de 2000 por la cual que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS | Modifica los criterios técnicos para el cálculo de la dotación. |
| Decreto 3930 de 2010 | Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. | Regulación de la calidad en función de los usos del agua y el control de los efluentes a la salida de los mismos. |
| Decreto 1076 de 2015 | Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible | Compila todas las normas anteriores con respecto a las concesiones de agua y cobro de las Tasas por Utilización. |

En la Tabla 3, incluye la regulación por la cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico, SIRH y el Sistema Único de Información, SUI.

Tabla 3. Marco legal y normativo sobre sistemas de información del recurso hídrico

| SISTEMAS DE INFORMACIÓN | | |
|--|--|---|
| NORMA | DESCRIPCIÓN | GENERALIDADES |
| Decreto 1323 de 2007 | "Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH-" | Crea el Sistema de Información de Recurso Hídrico, en el cual las autoridades ambientales registran información sobre este recurso. |
| Resolución SSPD 20101300048765 de 14 de diciembre de 2010 | "Por la cual se expide la Resolución Compilatoria respecto de las solicitudes de información al Sistema Único de Información - SUI de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo y se derogan las resoluciones 20094000015085, 20104000001535, 20104000006345, y 20104010018035" | Establece la obligación a los prestadores del servicio de acueducto de reportar información relacionada con las fuentes de abastecimiento, captaciones, concesiones de agua, y en general sobre todos los aspectos de la prestación del servicio. |

4. Marco Teórico

4.1 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico corresponde al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente inicialmente ocasionado por las precipitaciones y seguido de la escorrentía superficial y subterránea [19]. Es decir que el ciclo del agua relaciona tanto el sistema atmosférico como el sistema de aguas superficial y subterráneo.

También puede ser definido como la relación e interacción del agua en sus tres estados físicos (líquida, sólida y gaseosa) con el entorno. Es el mecanismo global que hace posible la transferencia de agua desde los océanos a la superficie y desde la superficie, o subsuperficie, y las plantas a la atmósfera que envuelve nuestro planeta. Como resultado de su análisis, las principales variables naturales de los procesos del ciclo agua son [7]:

A nivel de la atmósfera pueden ocurrir dos procesos, la precipitación y la evaporación:

- **Precipitación:** es el volumen de agua que cae por acción de la gravedad, sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, llovizna o granizo procedente de la condensación del vapor del agua, la cual depende directamente de la presión atmosférica, temperatura y humedad atmosférica.
- **Evaporación:** es la transformación del agua líquida en gas cuando se mueve desde la tierra o las fuentes de agua hacia la atmósfera. La fuente de energía para la evaporación es principalmente la radiación solar.

Una vez el agua cae a la superficie de la tierra ocurre el proceso de infiltración donde el agua de la superficie de la tierra penetra en el suelo. Una vez infiltrada, el agua pasa a formar parte de la humedad del suelo o del agua subterránea, la cual puede tomar las siguientes direcciones [7 y 19].

- **Evaporación:** ocurre cuando el agua se evapora desde el suelo húmedo, sin tener en cuenta la relación con la vegetación.
- **Transpiración:** es el transporte de agua desde el suelo a la atmósfera a través de las plantas, principalmente a través de las hojas. Es un proceso fisiológico natural de las plantas, consistente en que el agua almacenada en el suelo en forma de humedad es captada por las raíces, recorre la estructura de la planta y se evapora a través de unas células foliares denominadas estomas.
- **Evapotranspiración:** pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

- Escorrentía subsuperficial o hipodérmica: Tras un corto recorrido lateral antes de llegar a la superficie freática el agua sale a la superficie.
- Escorrentía Subterránea: Parte del volumen infiltrado al subsuelo percola a mayor profundidad, llegando al almacenamiento del agua subterránea; la otra parte se almacena en la región intermedia entre la superficie del terreno y el almacenamiento de agua subterránea de mayor profundidad.
- Escorrentía superficial: El agua de las precipitaciones que no se evapora ni infiltra escurre superficialmente, parte de estos escurrimientos saldrán del subsistema como evaporación o como infiltración al subsistema subterráneo o bien como escurrimiento por medio de los sistemas de drenaje como lagos, ríos, quebradas entre otros, que finalmente llegan al océano.

4.2 Tipos de fuentes

De acuerdo con el manual del IDEAM para el registro de fuentes hídricas por tipo y de conformidad con lo establecido en el Decreto 1541 de 1978 en su Capítulo 1 [16], estas se clasifican en 10 tipos, cuyas definiciones fueron tomadas del diccionario de la real academia RAE.

- Estuario: desembocadura de un río caudaloso en el mar, caracterizada por tener una forma semejante al corte longitudinal de un embudo, cuyos lados van apartándose en el sentido de la corriente, y por la influencia de las mareas en la unión de las aguas fluviales con las marítimas.
- Arroyo: Caudal corto de agua, casi continuo.
- Ciénaga: Lugar o paraje lleno de cieno o pantanoso.
- Caño: Curso de agua de caudal irregular y lento, sin ribera arenosa, por el que desaguan los ríos y lagunas de las regiones bajas.
- Embalse: gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía eléctrica, etc.
- Pozo: perforación que se hace en la tierra para buscar una vena de agua.
- Jagüey: es un pozo o zanja llena de agua, ya artificialmente, ya por filtraciones naturales del terreno.
- Lago o Laguna: gran masa permanente de agua depositada en depresiones del terreno.
- Mar: es una masa de agua salada que cubre la mayor parte de la superficie terrestre.

- Pantano: terreno hundido de fondo más o menos cenagoso y abundante vegetación, donde las aguas se estancan de forma natural.
- Quebrada o Río: corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar.

4.3 Definición de caudales

Uno de los principales parámetros de evaluación de las fuentes superficiales y subterráneas es el caudal ya que su medición permite evaluar el comportamiento de las fuentes respecto a la oferta hídrica disponible para satisfacer las necesidades de uso sin agotar el recurso.

El caudal entendido como el volumen del líquido que pasa por una sección normal de una corriente de agua en una unidad de tiempo, generalmente, se expresa en unidades de litros por segundo.

En tal sentido, dentro del análisis de los caudales principalmente para las fuentes superficiales se deben considerar tres tipos de conceptos, cuya definición para efectos de abastecimiento de indica a continuación:

- **Caudal mínimo:** El caudal correspondiente al 95% de tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales diarios, Q95, debe ser superior a dos veces el caudal medio diario si la captación se realiza por gravedad o si el sistema de acueducto incluye sistemas de almacenamiento, o superior a dos veces el caudal máximo horario si la captación se realiza por bombeo. Si el caudal Q95 en la fuente es insuficiente para cumplir el requerimiento anterior, pero el caudal promedio durante un período que abarque el intervalo más seco del que se tenga registro es suficiente para cubrir la demanda, ésta puede satisfacerse mediante la construcción de uno o más embalses o tanques de reserva [15].
- **Caudal máximo:** Se refiere al caudal máximo de la serie histórica de datos de las fuentes, permite evidenciar situaciones de crecidas y afectaciones de la calidad del agua por el arrastre de sólidos y aumento de los niveles de turbiedad; los valores más altos ocurren en los periodos con mayor incidencia de lluvias.
- **Caudal promedio:** Es la media de los caudales medios mensuales para un mes dado durante un período de n años, a partir de la información de series históricas de la fuente.
- **Caudal de demanda:** corresponde a la cantidad de agua para abastecer las necesidades básicas de la población, teniendo en cuenta condiciones climáticas del municipio y el nivel de complejidad, obtenido con base al número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica del sistema de acueducto a ser diseñado [14]:.

4.4. Definición de inventario de fuentes

El inventario de fuentes, permite la identificación de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas como un mecanismo imprescindible para la planificación de su uso y adecuada descripción del funcionamiento hidrológico de la cuenca. En general el inventario permite tener un conocimiento de las características físicas, su distribución espacial y el estado de uso actual de las fuentes.

Generalmente los inventarios de fuentes incluyen aspectos tales como: número de fuentes, localización, usos del agua, el tipo de fuente, estado de uso y concesiones de agua, áreas ocupadas, grado de contaminación, focos presentes y potenciales de contaminación, características socioeconómicas, usos del suelo, infraestructura de captación, condiciones meteorológicas e hidrológicas y características de calidad del agua.

Dentro de las variables definidas para ser registradas dentro del sistema de información del recurso hídrico del IDEAM [7], se consideran las siguientes.

- Datos de parámetros y variables hidrológicas: registro de series históricas y actuales con diferentes niveles de agregación temporal (horario, diaria, mensual, multianual, etc.), niveles, caudales, concentración y transporte de sedimentos, entre otros.
- Datos de parámetros y variables meteorológicas: registro de series históricas con diferentes niveles de agregación temporal (horario, diaria, mensual, multianual, etc.), precipitación, temperatura, evaporación, entre otros.
- Condiciones del agua subterránea: registro de series históricas de niveles, caudales, y calidad del agua subterránea.
- Registro de usuarios del recurso hídrico, es el inventario de personas (naturales o jurídicas) que tienen permisos ambientales asociados al uso y aprovechamiento del recurso hídrico, ya sea a través de una autorización de concesión de aguas o permiso de vertimientos sobre el tramo de una fuente hídrica o de un tipo de punto de agua subterránea.
- Registro de puntos de agua subterránea: permite hacer el registro de las características técnicas de pozos, manantiales, aljibes y piezómetros, en relación a su localización topográfica, litología, construcción, métodos de extracción, niveles, fuentes potenciales de contaminación, entre otros.
- Datos de calidad: inventario de los puntos de monitoreo establecidos por la autoridad ambiental en cumplimiento de sus funciones de seguimiento a las características de los recursos hídricos de su jurisdicción.

- Instrumentos de gestión (planificación): identificación de acciones planteadas por la autoridad ambiental para regular el uso del agua y condicionar los vertimientos a cuerpos de agua, suelo y alcantarillados.

A nivel del análisis de las cuencas hidrográficas se pueden involucrar variables concernientes a las características biofísicas tales como tipo de suelo, topografía, rendimiento del agua. Aspectos hidrológicos e hidrogeológicos de la cuenca, uso de la tierra, cambios del uso del suelo, datos de cantidad y calidad del agua, tipos de ecosistemas presentes, nutrientes presentes en el agua, fuentes de contaminación puntual y no puntual, uso del recurso, extracciones y descargas, aspectos demográficos como población e indicadores socioeconómicos [9].

4.5 Calidad del agua

La caracterización de las fuentes hídricas se realiza a partir de la toma y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los principalmente utilizados para evaluar la calidad del agua [18], son los siguientes:

4.5.1 Análisis físico

Los análisis físicos del agua se describen a continuación:

- **Turbidez:** es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Los valores de turbidez sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua [1818].

- **Color:** Las causas más comunes del color en el agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferente estado de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente, debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de sal de ion metálico trivalente como el Al^{+++} o el Fe^{+++} .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido

al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa [18].

- **Olor y Sabor:** Los olores y sabores en el agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran materia orgánica en solución, H₂S, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc.

La determinación del olor y sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar, en muchos casos, la fuente de una posible contaminación.

Tanto el olor como el sabor pueden describirse cualitativamente, lo cual es muy útil en especial en casos de reclamos por parte del consumidor; en general los olores son más fuertes a altas temperaturas. El ensayo del sabor sólo debe hacerse con muestras seguras para consumo humano [18].

- **Temperatura:** La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura [18].
- **Sólidos Totales:** Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C, el valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos) [18].
- **Sólidos Disueltos:** conocidos como la porción de los sólidos de tipo filtrable, su determinación se realiza directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103-105°C, el incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable [18].
- **Sólidos Suspendidos:** clasificados como la porción de los sólidos no filtrable o material no disuelto, su determinación se hace directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103-105°C, el incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable [18].
- **Sólidos Sedimentables:** La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, en condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación se hace llenando un cono Imhoff con un litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora, en mL/L. La determinación de sólidos

totales en el agua potable es la de mayor interés, por ser muy pequeña la cantidad existente de sólidos suspendidos [18].

- **Conductividad:** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos [18].

4.5.2 Análisis químico

El análisis químico del agua incluye, entre otras, las características que se relacionan a continuación:

- **Alcalinidad:** La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido de sustancias alcalinas (OH⁻). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua [18].

En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos [18].

- **Acidez:** En el agua puede definirse como la capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como al costo que suponen la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión [18].
- **pH:** Grado de acidez o basicidad del agua, logaritmo negativo de la concentración molar del ión hidrógeno.
- **Dureza:** Es causada por iones metálicos divalente, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presente en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza son Ca⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺ y Mn⁺⁺ y dentro de los aniones están del HCO₃⁻, SO₄⁼, Cl⁻, NO₃⁻ y el SiO₃⁼ [18].
- **Nitrógeno Amoniacal:** Es todo el nitrógeno que existe como ion amonio o en equilibrio. El amoniaco es un agente importante en aguas crudas para suministro público debido a sus reacciones con cloro; constituye también un indicador de polución reciente en aguas

residuales. El amoníaco no ionizado, NH_3 , es un tóxico para la vida piscícola, su toxicidad es función principalmente de la concentración de NH_4OH y del amoníaco no ionizado, o sea depende el pH del agua. El amoníaco en agua, en las concentraciones típicas encontradas, no representa amenaza para la salud humana, es biodegradable y no persiste en el medio acuático [18].

- **Nitritos:** En aguas superficiales y subterráneas su concentración por lo general es menor a 0,1 mg/L. Su presencia indica, por lo general, procesos activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido a nitrato [18].
- **Nitratos:** El nitrato es uno de los más frecuentes contaminantes de aguas subterráneas en áreas rurales. Debe ser controlado en el agua potable principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules” [18].
- **Sulfatos:** El ion sulfato, uno de los aniones más comunes en las aguas naturales, se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta unos miles de mg/L. Como los sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos. El contenido también es importante, porque las aguas con alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor [18].
- **Sulfitos:** Se entiende por sulfitos los compuestos de azufre con número de oxidación +4. Se encuentran en algunos residuos industriales y aguas poluidas, pero generalmente son de interés en aguas de calderas donde se trata el agua con sulfito de sodio para reducir el OD del agua a un mínimo y prevenir la corrosión. En general, en aguas naturales no se encuentran sulfitos, pues las aguas que contienen sulfitos, al ser descargadas, reaccionan con el oxígeno para formar sulfatos [18].
- **Sulfuros:** Son los compuestos de azufre con número de oxidación -2. Entre ellos están el ácido sulfhídrico, H_2S o sulfuro de hidrógeno, e ion hidrosulfito, HS^- , así como sulfuros metálicos solubles en ácido y otros sulfuros insolubles. En las aguas subterráneas y superficiales son el resultado de la descomposición biológica anaerobia de la materia orgánica [18].
- **Cloruros:** El ion cloruro es una de las especies de cloro de importancia en agua, estos aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente. En aguas superficiales sin embargo, generalmente es menor que el de los bicarbonatos y sulfatos [18].
- **Hierro y manganeso:** Tanto el hierro como el manganeso crean problemas en los suministros de aguas. En general, estos problemas son más comunes en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnion anaeróbico de lagos estratificados, en algunos casos, también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses [18].

- **Fósforo:** Se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, pero un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitado de plantas, el cual es causa de condiciones inadecuadas para ciertos usos del agua. Las formas de importancia de fósforo en el agua son: Ortofosfatos, Polifosfatos (pirofosfatos, tripolifosfatos y metafosfatos) y fosfatos orgánicos [18].
- **Oxígeno Disuelto:** La determinación del OD sirve como base para cuantificar DBO, aerobividad de los procesos de tratamiento, tasas de aireación en los procesos de tratamiento aeróbico y grado de contaminación de los ríos. El OD se presenta en cantidades variables y bajas en el agua, su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos [18].
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un período de cinco días y a 20°C [18].
- **Demanda Química de Oxígeno:** La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente, representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida [18].
- **Detergentes:** Son compuestos que alteran la tensión superficial del agua y permiten la formación de burbujas estables de aire, gracias a su contenido de agentes superficiales activos o surfactantes [18].

4.5.3 Análisis bacteriológico

En el agua en análisis bacteriológico se analiza a partir de los coliformes totales y fecales, cuya definición es la siguiente:

- **Coliformes Totales:** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan lactosa a temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano [18].
- **Coliformes Fecales o E-coli:** Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucuronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano [18].

4.6 Control de inundaciones

Para el control de crecientes o inundaciones se pueden establecer medidas tanto estructurales como no estructurales, tales como los que se mencionan a continuación [1]:

- Construcción de una presa aguas arriba.
- Construcción de bordos marginales.
- Dragado y limpieza de cauces.
- Rectificación de cauces.
- Identificación y corrección de constricciones en el cauce.
- Reubicación de zonas habitadas.
- Sistemas de alerta temprana.
- Implementación de planes de manejo de inundaciones (incluyendo evacuación).
- Planes de desarrollo urbano racionales, implementables e implementados.
- Construcción de bordos perimetrales.
- Diseños de construcción resistentes a inundación
- Retención de sedimentos sobre el cauce o en la cuenca aguas arriba
- Reforestación (o restitución de la cobertura vegetal del terreno)
- Aseguramiento y fondos de prevención o reparación
- Construcción de cauces paralelos de alivio
- Apilamiento de sacos de arena de protección

5. Metodología

5.1 Fuentes de información

El inventario de fuentes de abastecimiento de las cabeceras municipales del país, se realizó mediante el procesamiento de la información, registrada por los prestadores del servicio público domiciliario de acueducto en el Sistema Único de Información – SUI de la Superservicios, de conformidad con la obligación establecida en la Resolución SSPD No. 20101300048765 de 14 de diciembre de 2010 [20], específicamente los datos objeto de análisis corresponden a los formularios y variables definidas en la Tabla 4 para las fuentes superficiales y en la Tabla 5 para las fuentes subterráneas.

Tabla 4. Fuentes superficiales²⁰

| Artículo/Formulario | Variables registradas |
|--|--|
| Artículo 2.4.1.2 Formulario 1. Registro de fuentes | Departamento Municipio Nombre de la fuente Tipo fuente Uso en abastecimiento: SI/NO |
| Artículo 2.4.1.3 Formulario 2. Actualización de fuentes | Estado: EN OPERACIÓN/INACTIVA Fecha en que adquirió el estado |
| Artículo 2.4.1.4 Formulario 3. Caracterización de fuentes superficiales para abastecimiento | Concesión: SI/NO Fecha Inicial Fecha Final Caudal adjudicado (l/s) |
| Artículo 2.4.1.5 Formulario 4. Fuentes superficiales | Caudal mínimo en la fuente en épocas secas (l/s). Caudal máximo en la fuente en épocas de lluvia (l/s). Caudal medio diario en la fuente (l/s). Agua captada (m3) |

Tabla 5. Fuentes subterráneas²⁰

| Artículo/Formulario | Variables registradas |
|---|--|
| Artículo 2.4.1.15. Formulario 14. Registro de pozos | Departamento Municipio Nombre del Pozo Concesión: SI/NO Fecha inicial de la concesión Fecha final de la concesión Caudal de diseño del pozo (l/s) Caudal adjudicado (l/s) |
| Artículo 2.4.1.16. Formulario 15. Actualización de pozos | Estado: EN OPERACIÓN/INACTIVO Fecha en que adquirió el estado |
| Artículo 2.4.1.17. Formulario 16. Operación pozos | Volumen captado en el período (m3) |

Para cada fuente se relacionó la información correspondiente al último periodo reportado por el prestador de la cabecera municipal en el SUI, por tanto, pueden existir registros desde el año 2009 hasta el primer semestre del año 2016.

La información recopilada fue depurada, consolidada y organizada, identificando la fuente que abastece a cada cabecera municipal del país, estableciendo caudales máximos, medios, mínimos, captados y adjudicados, y determinando si se está dando cumplimiento a los caudales concesionados por las autoridades ambientales.

5.2 Procesamiento de la información

Se incluyeron tres aspectos; la identificación de fuentes por municipio, la relación de caudales y el cálculo de la demanda, como se explica a continuación.

5.2.1 Identificación de fuentes de abastecimiento por municipio

La identificación de los tipos de fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas de los sistemas de acueducto municipales, teniendo en cuenta las siguientes precisiones:

- Del Formulario 1. Registro de fuentes, se identificó cuáles tenían como uso el abastecimiento.
- Se relacionó para cada municipio la fuente de abastecimiento y el tipo de fuente; es decir, si es superficial o subterránea.
- Del formulario 2 y 15. Actualización de fuentes y Actualización de pozos respectivamente, se utilizaron únicamente aquellas fuentes con estado “En operación”.

5.2.2 Relación de caudales para cada fuente

Para el caso de las fuentes superficiales, se extrajo la información del caudal mínimo en época seca, caudal máximo en época de lluvia, caudal medio diario del Formulario 4. Fuentes Superficiales. Igualmente, del Formulario 3. Caracterización De Fuentes Superficiales Para Abastecimiento, se tomó la información sobre caudales concesionados y del Formulario 4. Fuentes Superficiales, se extrajo el dato de Agua captada (m³) anual. El detalle de esta información se encuentra disponible en el Anexo 1.

En tanto que para las fuentes subterráneas se tomó del Formulario 14. Registro de Pozos, la información sobre el caudal de diseño (L/s) y del Formulario 16. Operación Pozos, el dato del caudal captado y volumen captado en el periodo anual, este último expresado en m³/año, que para efectos del análisis se transformó a L/s. Estos datos se encuentran consolidados en el Anexo 2.

5.3 Análisis de información

El análisis incluyó la identificación del estado de las fuentes superficiales y subterráneas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

5.3.1 Periodos en los que ha ocurrido el caudal mínimo y el máximo para el caso de las fuentes superficiales

De la base de datos consolidada del SUI disponible en el Anexo 1, se extrajo información de los años en los cuales se registró el caudal máximo y mínimo de la fuente de abastecimiento.

5.3.2 Excedencia en los caudales captados en relación al caudal medio en las fuentes superficiales.

Con base en la información del Anexo 1, se identificaron los porcentajes de captación del agua para abastecimiento respecto al caudal medio de la fuente y al caudal mínimo de la misma, con el fin de hacer un análisis de frecuencias de ocurrencia de esta excedencia por departamento, bajo los intervalos señalados en la Tabla 6.

Tabla 6. Intervalos para análisis de frecuencia del caudal captado frente al caudal medio y mínimo de la fuente.

| Intervalo |
|--------------------------------|
| Q captado/Q medio de la fuente |
| Menor al Qmed |
| Mayor al Qmed |

5.3.3 Caudales fuentes subterráneas

Al igual que lo expresado en la sección 5.3.2 se identificaron los porcentajes de excedencia por departamento, teniendo en cuenta el caudal de diseño y el caudal captado para cada uno de los pozos, para adelantar un análisis de frecuencia de ocurrencia, con base en los intervalos de la Tabla 7.

Tabla 7. Intervalos para análisis de frecuencias del caudal captado frente al caudal de diseño de los pozos

| Intervalo |
|--------------------------|
| Q captado/Q diseño |
| Menor al Qdiseño% |
| Mayor al Qdiseño% |

5.3.4 Fuentes superficiales y subterráneas cuyo caudal captado es superior al autorizado en las concesiones

Para la verificación, se tomaron los valores registrados del caudal captado y del caudal concesionado reportados en el SUI, para comparación y posterior identificación de las fuentes donde se toma un caudal superior al concesionado, bajo los intervalos presentados en la Tabla 8.

Tabla 8. Intervalos para análisis de frecuencias caudales captado y concesionados

| Fuentes superficiales y Subterráneas |
|--------------------------------------|
| Menor a Q de concesión |
| Mayor al Q de concesión |

5.3.5 Número de fuentes sujetas a monitoreo de calidad del agua y control de crecientes

Con base en la información reportada en el SUI se identificaron las fuentes con monitoreo de la calidad del agua, así como la presencia de mecanismos para el control de crecientes en las fuentes superficiales.

6. Análisis de resultados

De acuerdo con el Registro Único de Prestadores- RUPS de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios- Superservicios, en Colombia, para el año 2016, la prestación del servicio de acueducto en las cabeceras municipales se encuentra a cargo de 1176 empresas de servicios que se clasifican como grandes y pequeños prestadores, dependiendo el número de suscriptores atendidos, como se indicó en la Tabla 1.

En algunos municipios existe más de un prestador del servicio de acueducto, por tanto el total de municipios atendidos no corresponde con el total de municipios del país.

De las 1176 empresas que operan el servicio de acueducto en las cabeceras municipales del país, tan solo 591 presentes en 542 municipios registraron en el Sistema Único de Información las fuentes abastecedoras, informando la existencia de 825 fuentes hídricas superficiales y 176 pozos (Tabla 10).

Tabla 9. Cantidad de municipios por departamento con información

| Departamento | Total | Municipios con información | |
|--------------------|-------|----------------------------|-------|
| | | Fuentes Superficiales | Pozos |
| Amazonas | 2 | 0 | 0 |
| Antioquia | 125 | 74 | 6 |
| Arauca | 7 | 5 | 0 |
| San Andrés | 2 | 0 | 1 |
| Atlántico | 23 | 4 | 0 |
| Bogotá D.C. | 1 | 1 | 0 |
| Bolívar | 46 | 8 | 1 |
| Boyacá | 123 | 62 | 4 |
| Caldas | 27 | 22 | 0 |
| Caquetá | 16 | 10 | 0 |
| Casanare | 19 | 14 | 1 |
| Cauca | 42 | 19 | 0 |
| Cesar | 25 | 15 | 0 |
| Chocó | 30 | 6 | 0 |
| Córdoba | 30 | 8 | 1 |
| Cundinamarca | 116 | 60 | 7 |
| Guainía | 1 | 0 | 0 |
| Guaviare | 4 | 3 | 0 |
| Huila | 37 | 23 | 1 |
| La Guajira | 15 | 7 | 2 |
| Magdalena | 30 | 7 | 2 |
| Meta | 29 | 5 | 1 |
| Nariño | 64 | 23 | 0 |
| Norte de Santander | 40 | 21 | 1 |
| Putumayo | 13 | 5 | 0 |
| Quindío | 12 | 12 | 1 |
| Risaralda | 14 | 8 | 1 |
| Santander | 87 | 42 | 0 |
| Sucre | 26 | 2 | 5 |
| Tolima | 47 | 26 | 1 |
| Valle del Cauca | 42 | 9 | 3 |
| Vaupés | 3 | 1 | 0 |
| Vichada | 4 | 1 | 0 |
| Total | 1102 | 503 | 39 |

Como se observa en el Gráfico 1 y en la Figura 1, los territorios que disponen de información sobre fuentes hídricas superficiales para más del 50% de sus municipios son Antioquia, Arauca, Bogotá D.C., Caldas, Caquetá, Casanare, Cesar, Cundinamarca, Guaviare, Huila, Norte de Santander, Quindío, Risaralda y Tolima.

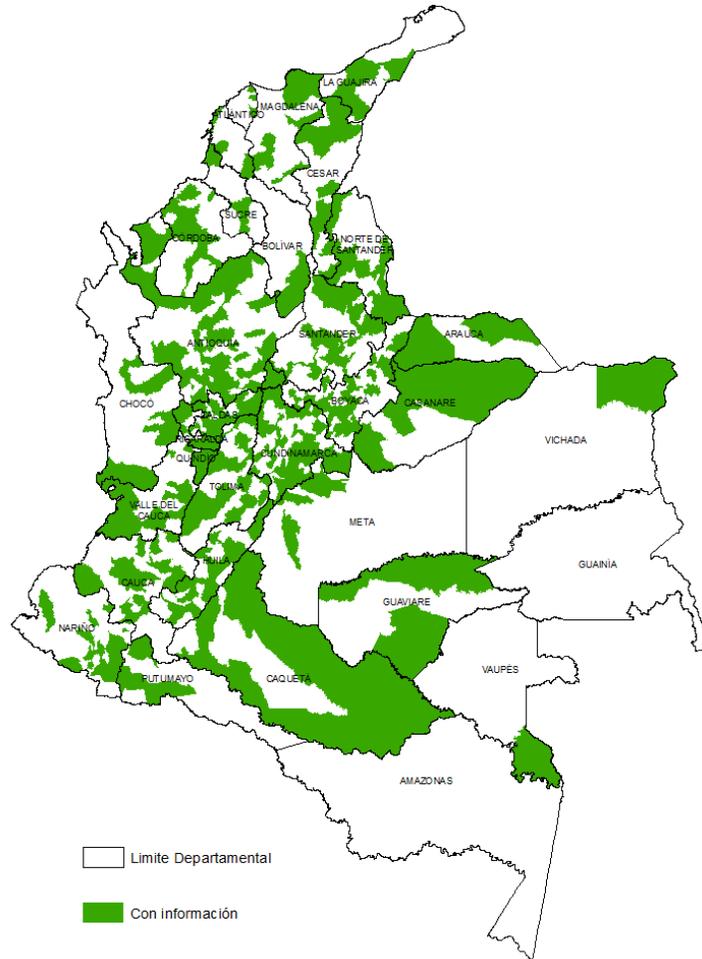


Figura 1. Distribución de municipios por departamento con información de fuentes abastecedoras superficiales.

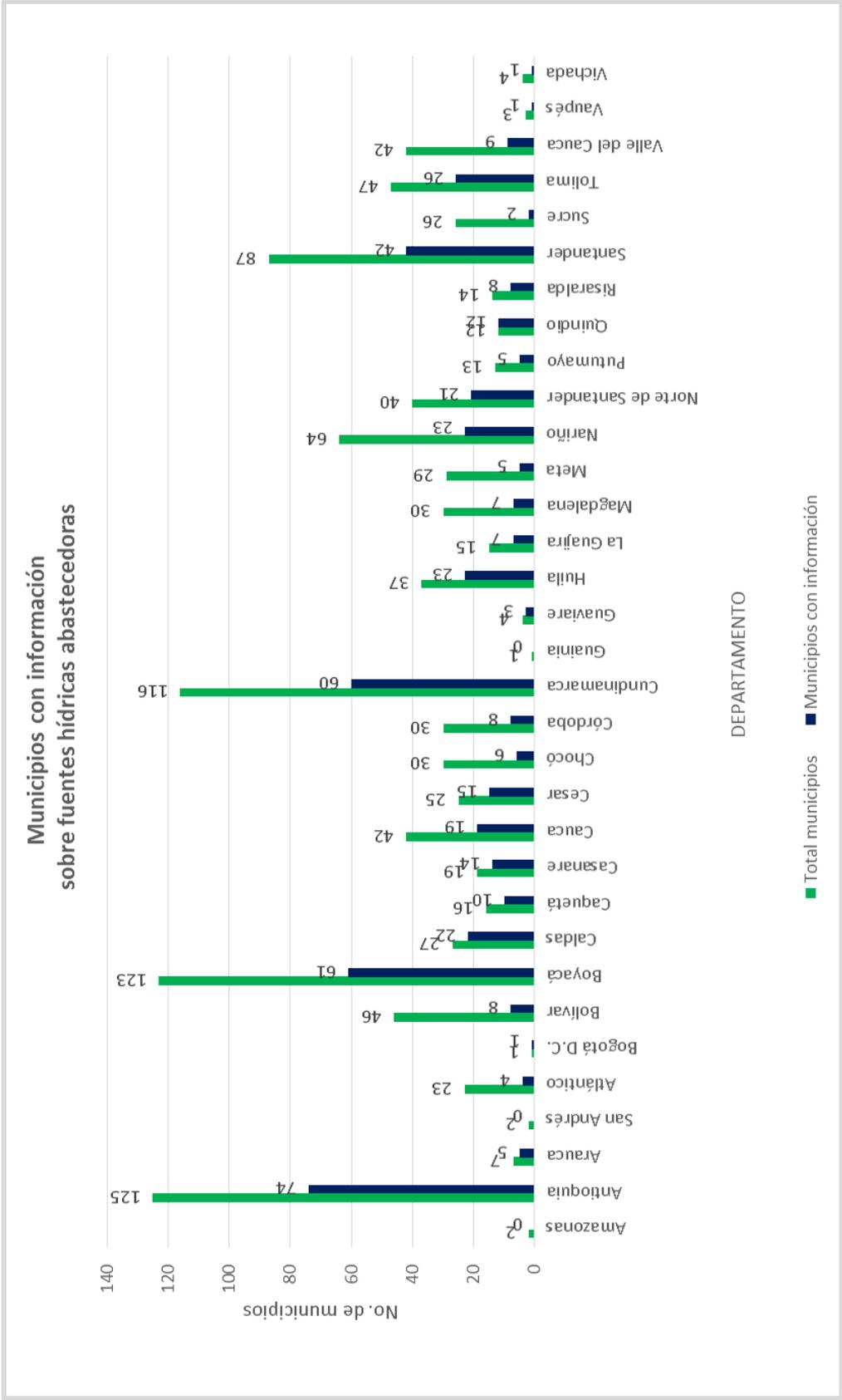


Gráfico 1. Municipios con información de fuentes abastecedoras superficiales

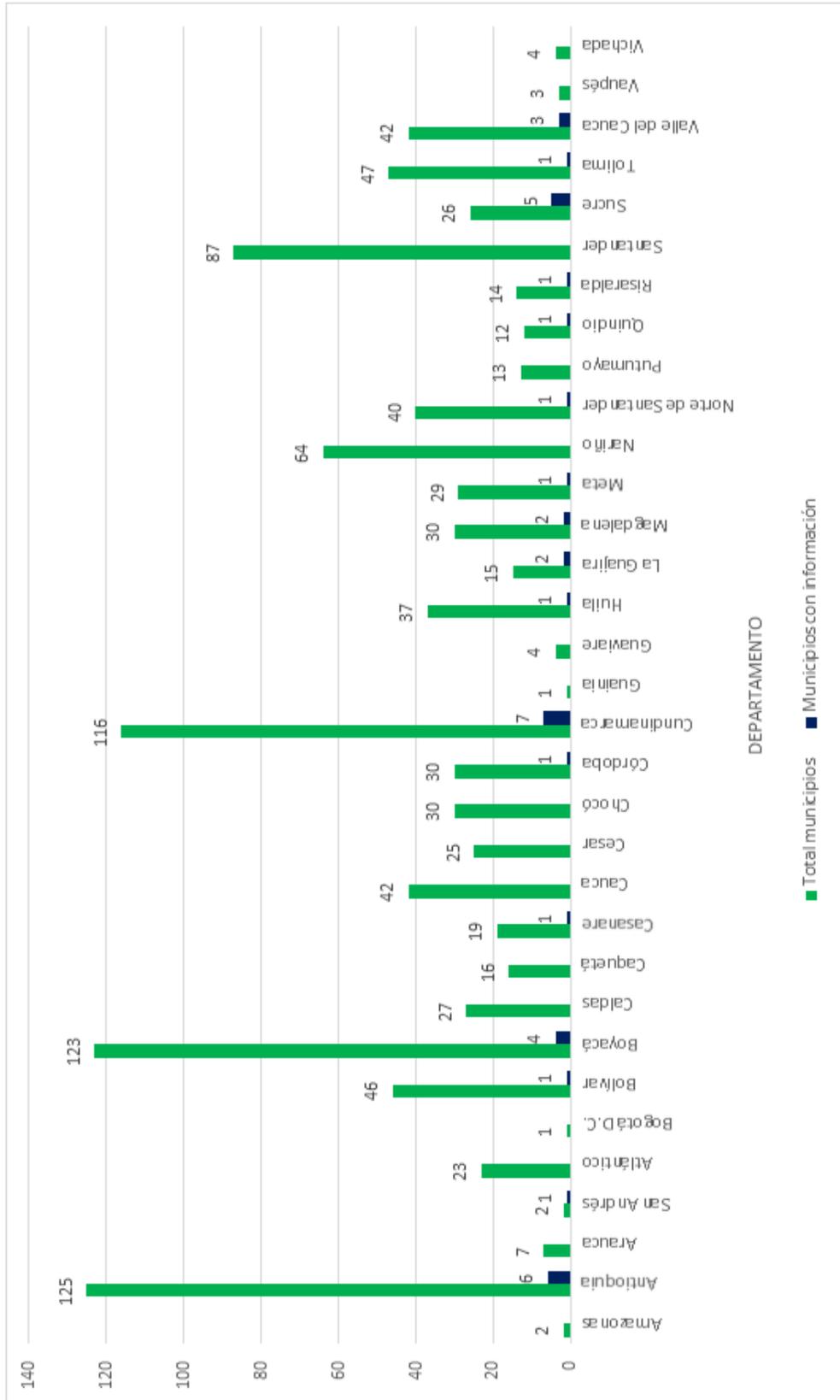


Gráfico 2. Municipios con información de pozos

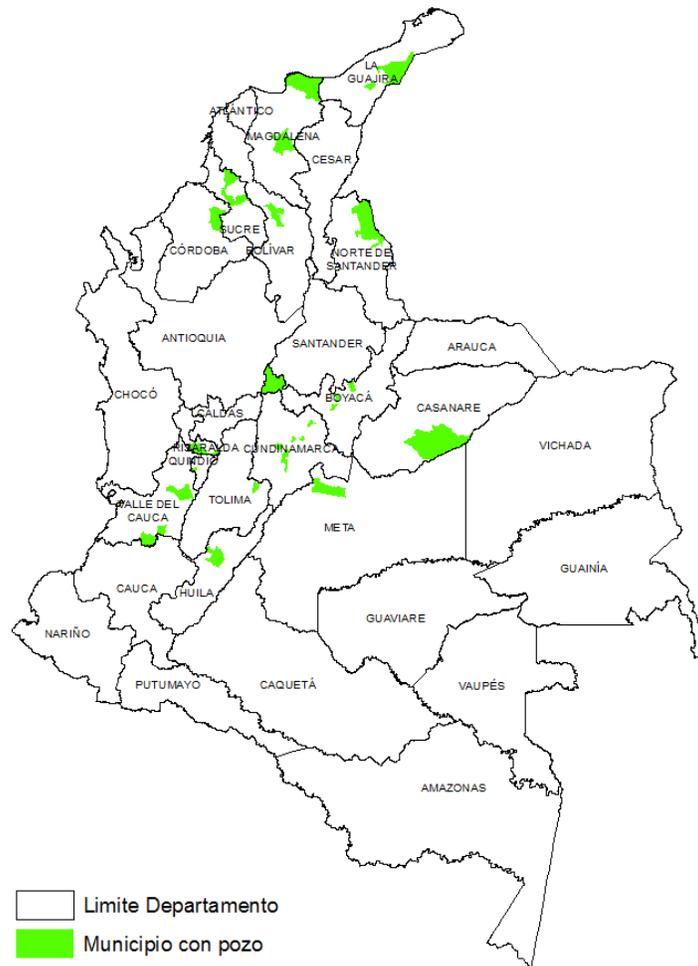


Figura 2. Distribución de municipios por departamento con información de pozos

Treinta y nueve (39) municipios son abastecidos a través de aguas subterráneas. Los municipios de Caucasia, Chigorodó y Turbo en Antioquia; Tunja, Duitama y Puerto Boyacá en Boyacá; Facatativá, Tocancipá y Tabío en Cundinamarca; Maicao en La Guajira; Santa Marta en Magdalena; Villavicencio en Meta; La Tebaida en Quindío; Pereira en Risaralda; y Candelaria y Tuluá en el Valle del Cauca, son alimentadas con aguas provenientes tanto de fuentes hídricas superficiales como subterráneas, Gráfico 2 y Figura 2.

Sin embargo, los departamentos que cuentan con un número mayor de pozos en operación, son Boyacá y Sucre con 36 pozos, San Andrés y Magdalena con 17, Cundinamarca con 15 y Antioquia con 10 pozos.

6.1 Inventario de fuentes hídricas abastecedoras

En el Anexo 1, se presenta el inventario de fuentes hídricas superficiales por municipio y la siguiente información:

- Usos de la fuente hídrica
- Caudales mínimos en época seca
- Caudal medio diario de la fuente
- Caudal máximo en época de lluvias.
- Caudal concesionado
- Volumen de agua captado en m³/año y en l/s

En el Anexo 2, se encuentra la información consolidada por departamento y por municipio de los pozos reportados en el SUI.

6.1.1 Tipos de fuente de abastecimiento

De las 1000 fuentes reportadas por los prestadores en el SUI, se observa que 824 corresponden a fuentes hídricas superficiales y 176 a pozos, como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10. Número de fuentes según el tipo

| Tipo de fuente | No. de fuentes de cada tipo |
|------------------------|------------------------------------|
| Arroyo | 12 |
| Caño | 14 |
| Ciénaga | 3 |
| Laguna | 7 |
| Quebrada | 473 |
| Río | 315 |
| Subterránea o Acuífero | 176 |
| Total general | 1000 |

Estas 1000 fuentes abastecen un total de 523 municipios, lo anterior considerando que 193 municipios cuentan con más de una fuente hídrica. Las quebradas y ríos son las principales fuentes hídricas utilizadas para el suministro de agua para consumo humano.

6.1.2 Usos de las fuentes hídricas

Las 1000 fuentes hídricas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, también tienen otro tipo de usos, tales como los señalados en la Tabla 12.

Tabla 11. Numero de fuentes por tipo de uso

| Tipo de Uso | No. de fuentes por uso |
|----------------------|-------------------------------|
| Abastecimiento | 1000 |
| Vertimiento | 206 |
| Recreativo | 86 |
| Generación eléctrica | 24 |

Tabla 12. Municipios con uso para abastecimiento y vertimiento

| Departamento | Total Municipios | No. Municipios vertimiento y abastecimiento | Municipios | No. Fuentes |
|---------------------------|------------------|---|---|-------------|
| Antioquia | 125 | 24 | Valparaíso, Rionegro, El Santuario, Andes, Ciudad Bolívar, Jardín, Salgar, Segovia, Sopetran, San Jerónimo, Olaya, Amalfi, Ituango, San Pedro de los Milagros, Santa Rosa de Osos, Titiribí, Venecia, La Ceja, San Vicente Ferrer, Olaya, Retiro, Apartado, Puerto Berrio, Chigorodó y Támesis. | 28 |
| Arauca | 7 | 3 | Arauca, Arauquita y Saravena | 3 |
| Atlántico | 25 | 2 | Barranquilla y Malambo | 2 |
| Bogotá, D.C. | 1 | 1 | Bogotá, D.C. | 1 |
| Bolívar | 46 | 3 | Cantagallo, Cartagena de Indias y Simití | 3 |
| Boyacá | 123 | 16 | Garagoa, Chiquinquirá, Mongua, Guateque, Mongui, Beteitiva, Tota, Raquirá, Susacon, Ventaquemada, Pesca, Toca, San Pablo de Borbur, Caldas, Nobsa y San Miguel de Sema | 16 |
| Caldas | 27 | 9 | Aránzazu, Anserma, La Dorada, Manzanares, Marulanda, Risaralda, Victoria, Villamaria y Manizales. | 9 |
| Caquetá | 16 | 6 | Solano, Albania, Florencia, Curillo, San Vicente del Caguán y Morelia | 8 |
| Casanare | 19 | 3 | Hato Corozal, Aguazul y Trinidad | 3 |
| Cauca | 42 | 7 | Santander de Quilichao, Florencia, Bolívar, San Sebastián, Balboa, Timbio y Popayán | 8 |
| Cesar | 25 | 8 | Pailitas, El Copey, La Paz, Rio de Oro, Agustín Codazzi, Valledupar, San Alberto y Curumaní | 8 |
| Chocó | 25 | 3 | Condoto, San José del Palmar y El Litoral del San Juan | 3 |
| Córdoba | 30 | 5 | Planeta Rica, Montelibano, Montería, Cereté y Puerto Escondido | 5 |
| Cundinamarca | 116 | 15 | Ubaque, Madrid, Girardot, Ricaurte, Fomeque, Villeta, Guataquí, Fosca, Susa, Ricaurte, Guaduas, El Rosal, Nocaima, Nimaima, Pasca y Tocancipá | 17 |
| Guaviare | 4 | 1 | Calamar | 1 |
| Huila | 37 | 9 | Garzón, Campoalegre, Colombia, Tarqui, Teruel, Tello, Pital, Baraya y Hobo | 9 |
| La Guajira | 15 | 5 | Distracción, San Juan del Cesar, El Molino, Villanueva y Urumita | 5 |
| Magdalena | 30 | 4 | Fundación, Pijino del Carmen, Chivolo y Plato | 4 |
| Meta | 29 | 3 | Acacias, Restrepo y Villavicencio | 7 |
| Nariño | 64 | 12 | Buesaco, Pupiales, Funes, Guaitarilla, Puerres, Cumbal, Consacá, San Pablo, Pasto, Yacuanquer, Gualmatán y Samaniego | 14 |
| Norte de Santander | 40 | 8 | Los Patios, Bochalema, Durania Pamplona, Ocaña, El Carmen y San Cayetano | 10 |
| Putumayo | 13 | 2 | San Francisco y Mocoa | 2 |
| Quindío | 12 | 3 | Córdoba, Calarcá y Armenia | 3 |
| Risaralda | 14 | 4 | Santa Rosa de Cabal, Pereira, Dosquebradas y La Celia | 4 |
| Santander | 87 | 11 | Rionegro, Matanza, Charalá, San Gil, Cerrito, Barbosa, Málaga, Cepita, Aratocha, Piedecuesta y Bolívar | 13 |
| Sucre | 26 | 1 | San Onofre | 1 |
| Tolima | 42 | 10 | Icononzo, Rioblanco, Flandes, Purificación, Guamo, Prado, Casabianca, Melgar, Honda e Ibagué | 12 |
| Valle del Cauca | 47 | 5 | Cali, Versalles, Tuluá, Candelaria, Cartago y Candelaria | 7 |

Doscientos seis (206) fuentes de abastecimiento también son utilizadas para la descarga de vertimientos, situación que puede generar su contaminación cuando los mismos se realicen aguas arriba de la bocatoma. (Ver Anexo 1). Esta condición se presenta en 183 municipios, ubicados principalmente en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Boyacá. El detalle de los municipios por departamento y el número de fuentes con esta característica se relaciona en la Tabla 12 y en la Figura 3.



Figura 3. Municipios con usos de abastecimiento y vertimientos

6.1.3 Periodos en los que ha ocurrido el caudal mínimo y el máximo en las fuentes superficiales

De las 824 fuentes superficiales, tal como se observa en el Gráfico 3, durante los años 2012 y 2009 se presentó el mayor número de fuentes con caudales mínimos y máximos; para el 2012 se identificaron 224 y 213 mientras que para el año 2009 fueron 176 y 161, respectivamente.

Este comportamiento resulta extraño ya que el año 2009 fue impactado por el fenómeno de “El Niño” por lo cual no es entendible que se hayan presentado varias fuentes con caudales máximos; caso similar se observa para el año 2012 que registra mayor número de fuentes con un caudal mínimo lo que no es coherente ya que ese año fue afectado por el fenómeno de “La Niña”.

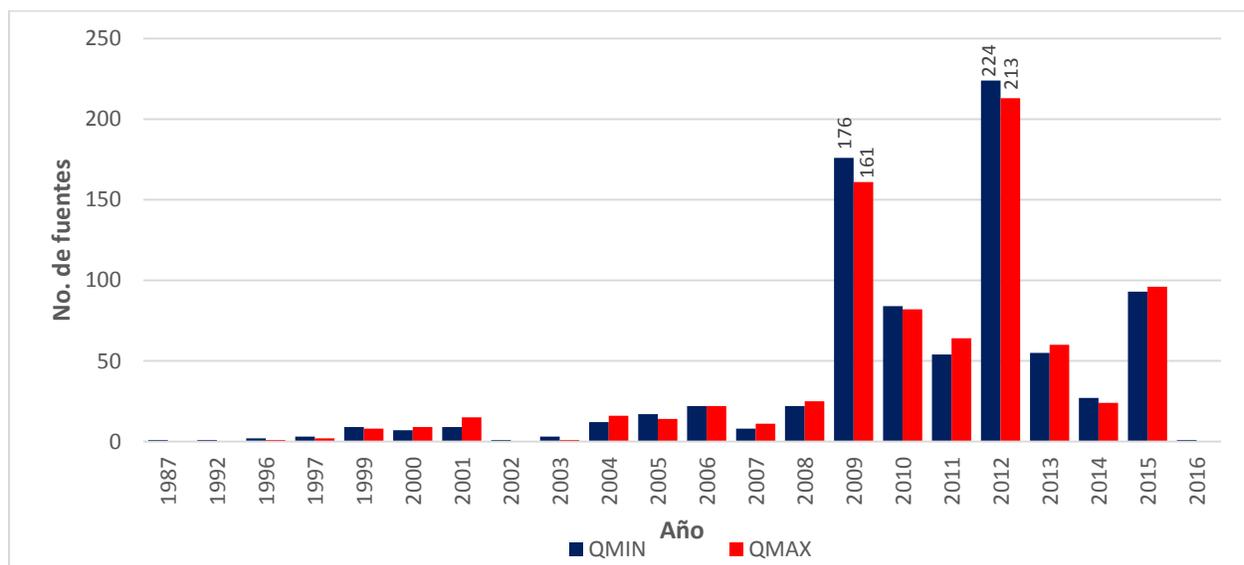


Gráfico 3. Años en los cuales se reporta el caudal mínimo y máximo de las fuentes.

6.1.4 Excedencia en los caudales captados en relación al caudal medio en las fuentes superficiales

Con base en esta información se calculó el porcentaje de uso del caudal captado para abastecimiento frente al caudal medio y el porcentaje de uso del caudal captado respecto al caudal mínimo de la fuente; se utilizó, solamente la información de 571 y 587 de las 824 fuentes superficiales registradas debido a que no se reportaron cifras completas para estas variables, y en otros casos, por inconsistencias en los valores reportados.

Los resultados registrados en la Tabla 14, muestran que 471 fuentes superficiales equivalente al 82% captan un caudal menor al caudal medio de la fuente, mientras que 18% de las fuentes utilizan un caudal superior al caudal medio de la misma.

Tabla 13. Número de fuentes superficiales por departamento según el uso del caudal captado frente al caudal medio de la fuente

| Departamento | # de fuentes según uso del caudal medio | | Sin información | Total |
|--------------------|---|-----------------|-----------------|------------|
| | Menor al Qmedio | Mayor al Qmedio | | |
| Antioquia | 105 | 7 | 45 | 157 |
| Arauca | 2 | | 3 | 5 |
| Atlántico | 1 | | 5 | 6 |
| Bogotá, D.C. | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Bolívar | 4 | 3 | 2 | 9 |
| Boyacá | 44 | 15 | 28 | 87 |
| Caldas | 52 | 9 | 19 | 80 |
| Caquetá | 5 | 1 | 10 | 16 |
| Casanare | 11 | 4 | 5 | 20 |
| Cauca | 18 | 1 | 4 | 23 |
| Cesar | 8 | 1 | 6 | 15 |
| Chocó | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Córdoba | 2 | 2 | 4 | 8 |
| Cundinamarca | 57 | 19 | 22 | 98 |
| Guaviare | 2 | | 1 | 3 |
| Huila | 16 | | 12 | 28 |
| La Guajira | 7 | | | 7 |
| Magdalena | 5 | 5 | 1 | 11 |
| Meta | 7 | 2 | 3 | 12 |
| Nariño | 9 | 4 | 20 | 33 |
| Norte de Santander | 25 | 2 | 7 | 34 |
| Putumayo | 4 | | 4 | 8 |
| Quindío | 4 | 5 | 12 | 21 |
| Risaralda | 10 | 2 | | 12 |
| Santander | 39 | 8 | 19 | 66 |
| Sucre | 1 | 1 | | 2 |
| Tolima | 19 | 5 | 12 | 36 |
| Valle del Cauca | 9 | | 4 | 13 |
| Vaupés | 1 | | | 1 |
| Vichada | | 1 | | 1 |
| Total | 471 | 101 | 252 | 824 |

Los departamentos que concentran un mayor número de fuentes con uso superior al caudal medio de la fuente, se ubican en Cundinamarca, 19; Boyacá, 15; y Caldas 9; como se observa en el Grafico 4.

La condición de uso obliga a que las empresas que captan agua en los municipios listados en la Tabla 14, requieran del uso de fuentes alternas de abastecimiento teniendo en cuenta que en condiciones normales el caudal disponible según la norma no es suficiente para garantizar la demanda de agua

Tabla 14. Municipios donde el caudal captado es superior al caudal medio de la fuente

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO |
|---------------------------|---|
| Antioquia | La Ceja, Titiribí y Urrao |
| Bogotá, D.C. | Bogotá, D.C. |
| Bolívar | Córdoba |
| Boyacá | Páez, Soata, Sora y Tuta |
| Caldas | Manizales y Villamaría |
| Caquetá | Valparaíso |
| Cundinamarca | Bituima, Chocontá, Fosca, Quipilé, Susa y Villagómez |
| Meta | Villavicencio |
| Nariño | Pasto y San Pablo |
| Norte de Santander | Cacota, Herrán y Pamplona |
| Santander | Concepción, Guapota, Lebrija, Málaga, San Gil y Socorro |
| Tolima | Cajamarca e Ibagué |
| Casanare | Aguazul, Paz de Ariporo y Villanueva |
| Vichada | Puerto Carreño |

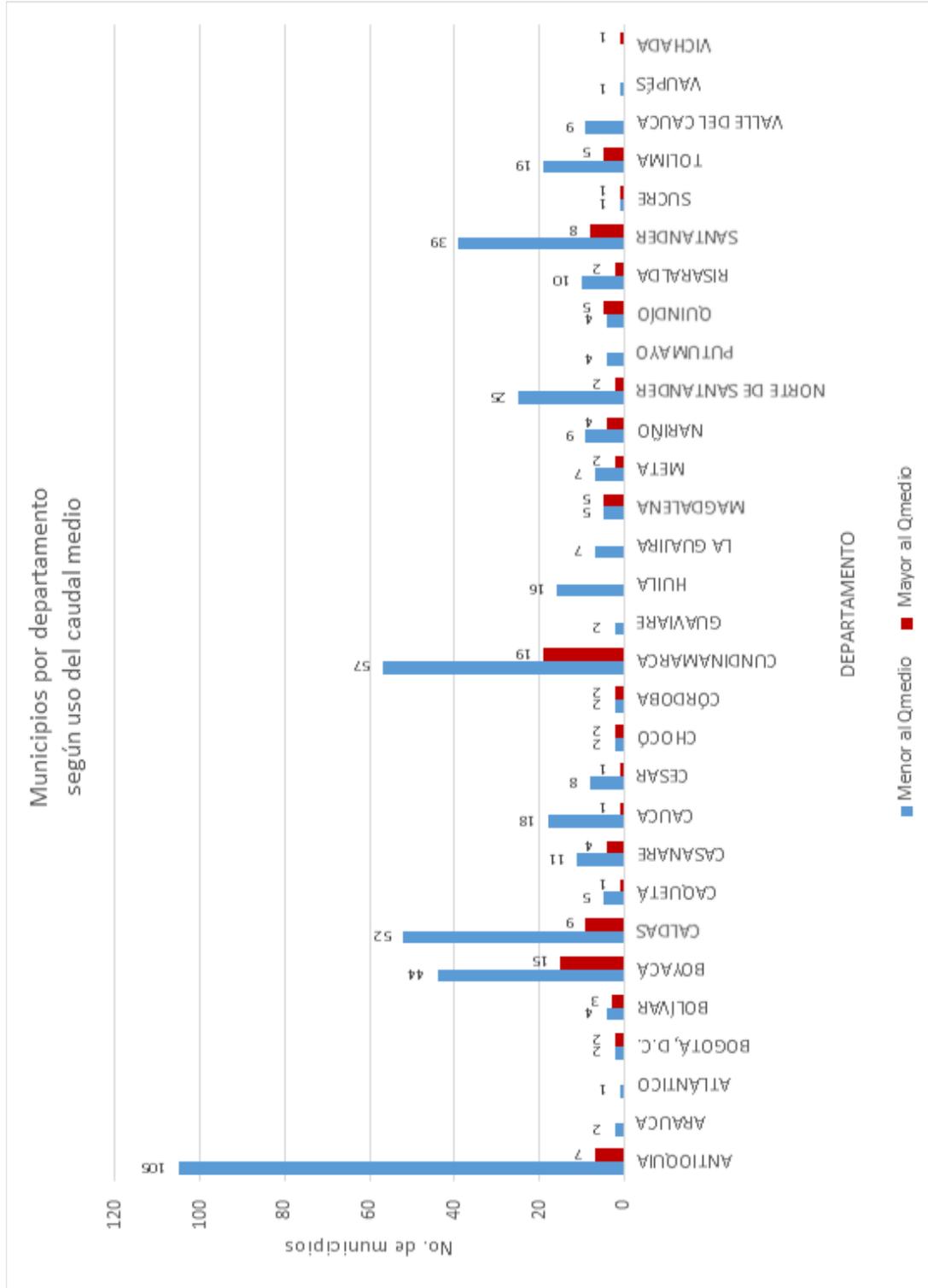


Gráfico 4. Municipios por departamento según de uso del caudal captado frente al caudal medio de la fuente

6.1.5 Caudales de fuentes subterráneas.

En la Tabla 16 se relaciona el número de pozos por departamento. Para el análisis se contó con información de 85 de los 176 pozos, encontrándose que en todos los casos el caudal captado es inferior al caudal de diseño.

En cinco (5) pozos se capta un caudal superior al 80% del caudal de diseño del mismo, ubicados dos en el municipio de Funza - Cundinamarca, dos en Corozal – Sucre y uno en Caucasia – Antioquia.

Tabla 15. Número de pozos por departamento

| Departamento | N° de pozos | Sin información | Total |
|--------------------|-------------|-----------------|------------|
| Antioquia | 4 | 6 | 10 |
| Bolívar | | 1 | 1 |
| Boyacá | 18 | 19 | 37 |
| Casanare | 2 | | 2 |
| Córdoba | 1 | 3 | 4 |
| Cundinamarca | 3 | 13 | 16 |
| Huila | | 2 | 2 |
| La Guajira | 3 | | 3 |
| Magdalena | 17 | | 17 |
| Meta | 2 | 3 | 5 |
| Norte de Santander | 1 | | 1 |
| Quindío | | 3 | 3 |
| Risaralda | 4 | 3 | 7 |
| San Andrés | | 17 | 17 |
| Sucre | 27 | 9 | 36 |
| Santander | | 7 | 7 |
| Tolima | | 1 | 1 |
| Valle del Cauca | 3 | 4 | 7 |
| Total | 85 | 91 | 176 |

6.1.6 Fuentes superficiales con caudal captado superior al autorizado en las concesiones

Se contó con información de 630 fuentes superficiales de las cuales 241 utilizan un caudal superior al caudal concesionado y 389, se ubican dentro de los términos autorizados por las Corporaciones Ambientales, como se señala en la Tabla 16.

Cundinamarca, 46; Antioquia, 39; Boyacá, 26; y Santander, 25 son los departamentos que registran un mayor número de fuentes donde el caudal captado supera al concesionado por las Autoridades Ambientales, como se muestra en la Tabla 16 y Gráfico 5.

Los municipios donde el caudal captado supera al caudal concesionado se relacionan en la Tabla 18, encontrándose que los territorios de Entrerrios – Antioquia, Málaga – Santander, Soata y Socha – Boyacá, Bituima – Cundinamarca y Líbano – Tolima, se capta más del 500% del caudal concesionado (Anexo 1).

Tabla 16. Número de fuentes superficiales por departamento según el uso del caudal captado frente al caudal concesionado

| Departamento | No. de fuentes | | Sin Información | Total |
|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------|------------|
| | Menor al Qconcesion | Mayor al Qconcesión | | |
| Antioquia | 84 | 39 | 34 | 157 |
| Arauca | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Atlántico | 5 | | 1 | 6 |
| Bogotá, D.C. | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Bolívar | 3 | 4 | 2 | 9 |
| Boyacá | 39 | 26 | 22 | 87 |
| Caldas | 50 | 15 | 15 | 80 |
| Caquetá | 9 | 1 | 6 | 16 |
| Casanare | 13 | 4 | 3 | 20 |
| Cauca | 7 | 14 | 2 | 23 |
| Cesar | 6 | 3 | 6 | 15 |
| Chocó | 3 | 2 | 2 | 7 |
| Córdoba | 5 | 2 | 1 | 8 |
| Cundinamarca | 35 | 46 | 17 | 98 |
| Guaviare | 2 | | 1 | 3 |
| Huila | 11 | 8 | 9 | 28 |
| La Guajira | | 7 | | 7 |
| Magdalena | 4 | 5 | 2 | 11 |
| Meta | 8 | 3 | 1 | 12 |
| Nariño | 11 | 5 | 17 | 33 |
| Norte de Santander | 20 | 11 | 3 | 34 |
| Putumayo | 2 | 2 | 4 | 8 |
| Quindío | 8 | 2 | 11 | 21 |
| Risaralda | 9 | 1 | 2 | 12 |
| Santander | 25 | 25 | 16 | 66 |
| Sucre | 1 | 1 | | 2 |
| Tolima | 15 | 8 | 13 | 36 |
| Valle del Cauca | 8 | 3 | 2 | 13 |
| Vaupés | 1 | | | 1 |
| Vichada | 1 | | | 1 |
| Total | 389 | 241 | 194 | 824 |

Tabla 17. Municipios donde el caudal captado es superior al caudal concesionado

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO |
|--------------------|--|
| Antioquia | Medellín, El Carmen de Viboral, Entrerrios, La Unión, Olaya, Retiro, San Jerónimo, San Luis, Santa Bárbara, Segovia, Sopetran y Taraza |
| Arauca | Fortul y Tame |
| Bolívar | Córdoba |
| Boyacá | Ciénega, Cuitiva, Duitama, Guican, Miraflores, Monguí, Nuevo Colón, Páez, Samacá, San Eduardo, Sativasur, Soatá, Socha, Susacon y Umbita |
| Caldas | Manizales, Riosucio, Salamina y Supia |
| Caquetá | Florencia y Valparaíso |
| Cauca | Bolívar, Miranda, Piendamó, Santander de Quilichao, Silvia y Timbio |
| Cesar | Valledupar, Aguachica y Pailitas |
| Cundinamarca | Bituima, Carmen de Carupa, Chocontá, El Colegio, Guachetá, Guasca, Junín, Paime, Quipilé, Simijaca, Villagómez y Villeta |
| Huila | Colombia, Garzón, Santa María, Suaza y Tarqui |
| La Guajira | Riohacha, Distracción, El Molino, San Juan del Cesar y Villanueva |
| Magdalena | Ciénega |
| Meta | Villavicencio y Acacias |
| Nariño | Cumbal, Puerres y Yacuanquer |
| Norte de Santander | Cúcuta, Abrego, Cacota, Chitaga, El Carmen, Herrán, La Esperanza, Pamplona y Toledo |
| Quindío | Calarcá |
| Santander | Concepción, Curiti, Guavata, Málaga, San Benito, San Gil, Simacota, Socorro y Tona |
| Tolima | Flandes, Fresno, Líbano, Melgar y Ortega |
| Valle del cauca | Cali y Yumbo |

6.1.7 Fuentes subterráneas con caudal captado superior al autorizado en las concesiones

La comparación entre el caudal captado y el autorizado se realizó para 99 de los 176 pozos registrados, debido a restricciones en la información.

Tabla 18. Número de pozos por departamento según el uso del caudal concesionado

| DEPARTAMENTO | Menor al Q de concesión | Mayor al Q de concesión | Sin | |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|------------|
| | | | Información | Total |
| Antioquia | 4 | | 6 | 10 |
| Bolívar | 0 | | 1 | 1 |
| Boyacá | 23 | 1 | 13 | 37 |
| Casanare | 2 | | | 2 |
| Córdoba | 1 | | 3 | 4 |
| Cundinamarca | 3 | | 13 | 16 |
| Huila | 0 | | 2 | 2 |
| La Guajira | 3 | | | 3 |
| Magdalena | 17 | | | 17 |
| Meta | 3 | 1 | 1 | 5 |
| Norte de Santander | 0 | 1 | | 1 |
| Quindío | 3 | | | 3 |
| Risaralda | 3 | 1 | 3 | 7 |
| Santander | | | 7 | 7 |
| San Andrés | 0 | | 17 | 17 |
| Sucre | 26 | 4 | 6 | 36 |
| Tolima | 0 | | 1 | 1 |
| Valle del cauca | 3 | | 4 | 7 |
| Total | 91 | 8 | 77 | 176 |

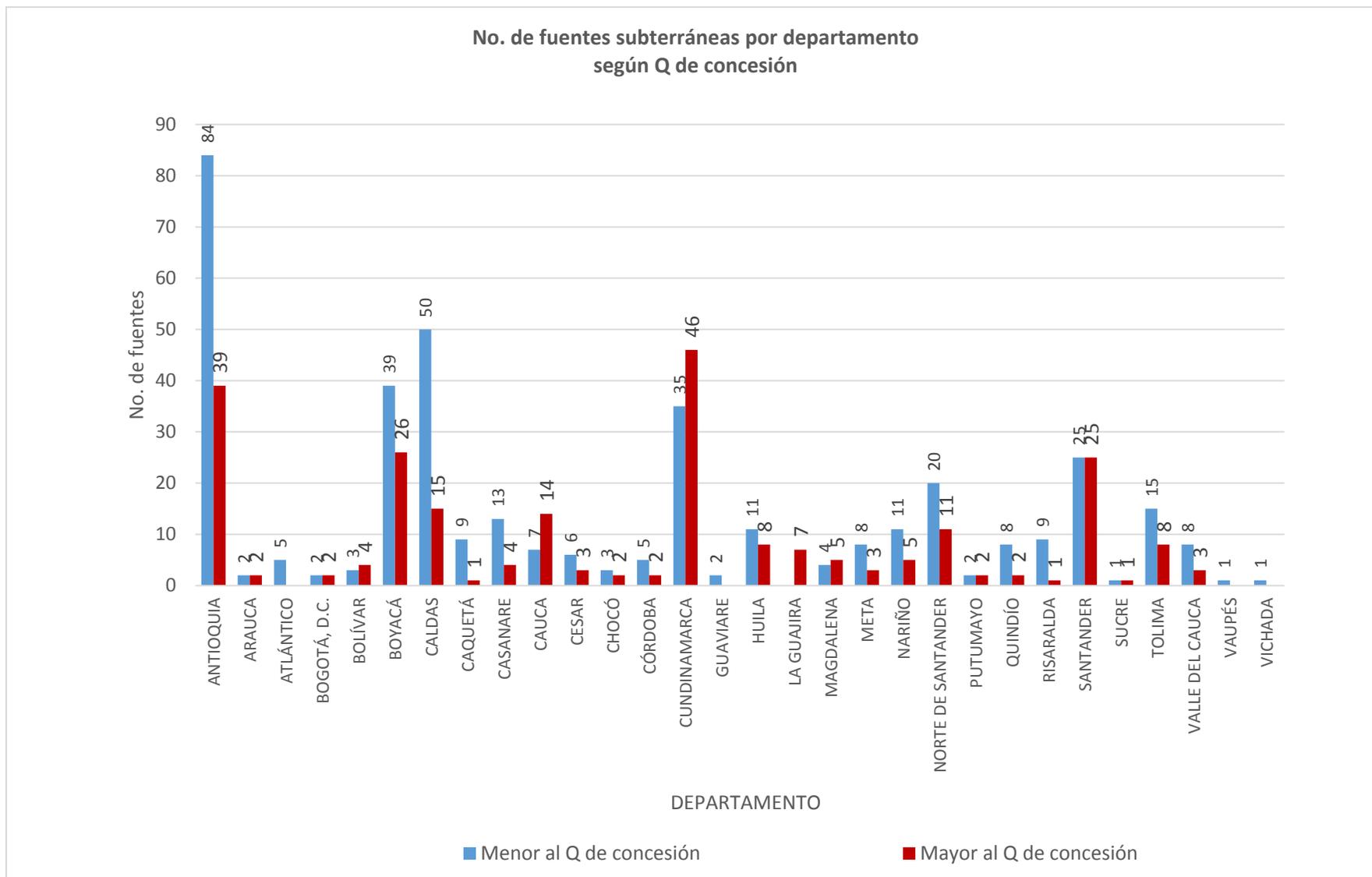


Gráfico 5. Municipios por departamento según de uso del caudal concesionado

En ocho (8) pozos se superó el caudal concesionado por la autoridad ambiental mientras que 91 utilizan el agua dentro de los caudales permitidos por dichas autoridades, como se observa en la Tabla 19.

Los municipios donde el caudal captado de pozos es superior al concesionado se encuentran ubicados en Puerto Boyacá en Boyacá; Villavicencio en Meta; Tibú en Norte de Santander; Pereira en Risaralda; y Corozal en Sucre.

6.1.8 Fuentes superficiales sujetas a monitoreo de calidad del agua y control de crecientes

El número de fuentes de abastecimiento superficial por departamento que tienen control de calidad del agua y crecidas se señala en la Tabla 19.

Tabla 19. Monitoreo de calidad del agua y control de crecientes por departamento

| DEPARTAMENTO | MONITOREO CALIDAD DEL AGUA | | | | CONTROL DE CAUDALES | | | |
|--------------------|----------------------------|------------|----------|------------|---------------------|------------|----------|------------|
| | NO | SI | ND | TOTAL | NO | SI | ND | TOTAL |
| Antioquia | 29 | 127 | 1 | 157 | 134 | 22 | 1 | 157 |
| Arauca | | 5 | | 5 | 3 | 2 | | 5 |
| Atlántico | | 6 | | 6 | 6 | | | 6 |
| Bogotá, D.C. | | 5 | | 5 | 3 | 2 | | 5 |
| Bolívar | 1 | 8 | | 9 | 3 | 6 | | 9 |
| Boyacá | 33 | 54 | | 87 | 73 | 14 | | 87 |
| Caldas | 2 | 78 | | 80 | 73 | 7 | | 80 |
| Caquetá | 3 | 13 | | 16 | 13 | 3 | | 16 |
| Casanare | 5 | 15 | | 20 | 15 | 5 | | 20 |
| Cauca | 10 | 13 | | 23 | 21 | 2 | | 23 |
| Cesar | 1 | 14 | | 15 | 9 | 6 | | 15 |
| Choco | 2 | 5 | | 7 | 4 | 3 | | 7 |
| Córdoba | 4 | 4 | | 8 | 7 | 1 | | 8 |
| Cundinamarca | 42 | 57 | | 99 | 87 | 12 | | 99 |
| Guaviare | 1 | 2 | | 3 | 2 | 1 | | 3 |
| Huila | 8 | 19 | 1 | 28 | 19 | 8 | 1 | 28 |
| La Guajira | | 7 | | 7 | 6 | 1 | | 7 |
| Magdalena | | 11 | | 11 | 4 | 7 | | 11 |
| Meta | | 12 | | 12 | 8 | 4 | | 12 |
| Nariño | 7 | 26 | | 33 | 25 | 8 | | 33 |
| Norte de Santander | 19 | 15 | | 34 | 31 | 3 | | 34 |
| Putumayo | 2 | 6 | | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| Quindío | 1 | 20 | | 21 | 21 | | | 21 |
| Risaralda | 2 | 10 | | 12 | 8 | 4 | | 12 |
| Santander | 20 | 53 | | 73 | 57 | 16 | | 73 |
| Sucre | 1 | 1 | | 2 | 2 | | | 2 |
| Tolima | 14 | 22 | | 36 | 29 | 7 | | 36 |
| Valle del Cauca | 1 | 12 | | 13 | 11 | 2 | | 13 |
| Vaupés | | 1 | | 1 | 1 | | | 1 |
| Vichada | | 1 | | 1 | 1 | | | 1 |
| Total | 208 | 622 | 2 | 832 | 680 | 150 | 2 | 832 |

De las 824 fuentes de las que reposa información, en 622 se realiza control de la calidad del agua frente a 208 sin control. El mayor número de fuentes con controles es característico de los departamentos de Antioquia, 127; Caldas, 78; Cundinamarca, 57; Boyacá, 54; y Santander, 53.

En cuanto a la existencia de mecanismos para el control de crecientes se encontró que solo 150 tienen este tipo de controles, lo que equivale a 18% del total de las fuentes, ubicadas principalmente en los departamentos de Antioquia, 22; Santander, 16; y Boyacá, 14.

7. Conclusiones

- La prestación del servicio de acueducto en las cabeceras municipales se encuentra a cargo de 1176 empresas de servicios que atienden 1092 municipios.
- Se contó con información de 591 empresas presentes en 542 municipios que registraron en el Sistema Único de Información. De las 1000 fuentes de abastecimiento reportadas por los prestadores en el SUI, 824 corresponden a fuentes hídricas superficiales y 176 a pozos.
- Los departamentos que tienen información para más del 50% de sus municipios son: Antioquia, Arauca, Bogotá D.C., Caldas, Caquetá, Casanare, Cesar, Cundinamarca, Guaviare, Huila, Norte de Santander, Quindío, Risaralda y Tolima.
- Treinta y nueve (39) municipios son abastecidos a través de aguas subterráneas, siendo los departamentos de La Guajira, 13%; Sucre, 19%; y San Andrés, 50%, los que tienen un mayor porcentaje de municipios con abastecimiento de este tipo.
- Doscientos seis (206) fuentes de abastecimiento también son utilizadas para la descarga de vertimientos de 183 municipios, ubicados principalmente en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Boyacá.
- Los años 2009 y 2012 son los que registraron un mayor número de fuentes con caudales mínimos y máximos. En el año 2009, se encontraron 176 y 161 fuentes con registros de caudales mínimos y máximos, mientras que en el año 2012 fueron 224 y 213, respectivamente.
- En ciento un (101) fuentes hídricas superficiales se capta un caudal superior al caudal medio de la misma. Los departamentos de Cundinamarca, 19, Boyacá, 15 y Caldas 9 son los que registran un mayor número de fuentes con esta condición.
- En 471 fuentes hídricas superficiales se capta un caudal inferior al caudal medio de la misma.
- El caudal captado de los pozos en todos los casos es inferior al caudal de diseño de los mismos.
- En doscientos cuarenta y un fuentes superficiales se utiliza un caudal superior al caudal concesionado, siendo los departamentos de Cundinamarca, 46, Antioquia, 39, Boyacá, 26 y Santander, 25, los que registran un mayor número de fuentes bajo esta condición.

8. Bibliografía

1. Comisión Nacional del Agua. (2011). *Manual para el control de Inundaciones*. México.
2. Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 142 de 1994*. Bogotá.
3. Corporación Autónoma Regional de Risaralda- CARDER,. (2016). *Plan de Acción Vigencia 2016-2019. Risaralda Biodiversa, Sostenible y en Paz*,. Obtenido de http://www.carder.gov.co/app/webroot/index.php/intradocuments/webDownload/proyecto_plan_de_accion_2016_2019_26162
4. Corporación Autónoma Regional de Santander,. (s.f.). *Inventario de todas las subzonas hidrográficas y niveles subsiguientes sujetos a planes de ordenación y manejo de cuencas POMCAS*. Obtenido de <http://cas.gov.co/index.php/servicios/registro-de-activos-de-informacion.html>
5. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales,. (s.f.). *Evaluación Regional del Agua*. Bogotá D. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/evaluacion-recurso-hidrico>
6. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales,. (s.f.). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D. C.
7. Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales, S. d. (2014). *Implementación del Sistema de Información de Recurso Hídrico SIRH en Colombia*. Bogotá D. C.
8. MARÍN RAMÍREZ - RODRIGO-HIMAT. (1992). *ESTADÍSTICA SOBRE EL RECURSO AGUA EN COLOMBIA*. Bogotá.
9. Ministerio de Agricultura, A. N. (2010). *Proyecto: Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches*.
10. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Decreto 1323 de 2007*. Bogotá.
11. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Resolución 2320 de 2009*. Colombia.
12. Ministerio de Ambiente Viviendo y Desarrollo Territorial. (2012). *Decreto 1640 de 2012*. Bogotá.
13. Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Resolución 1096 de 2000*. Bogotá.
14. Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS. Título A. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico*.

15. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, M. V. (2000). *Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS. Título B. Sistemas de acueducto*. Bogotá D.C.
16. Presidencia de la República. (1978). *Decreto 1541 de 1978*. Bogotá D.C.,.
17. Presidencia de la República. (1984). *Decreto 1594 de 1984*. Bogotá D.C.,.
18. Romero, J. A. (2009). *Calidad del Agua*. Bogotá D.C., : Escuela Colombiana de Ingeniería.
19. Sanchez, J. D. (2015). *Ciclo Hidrológico*. España. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de http://hidrologia.usal.es/temas/Ciclo_hidrol.pdf.
20. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2010). *Resolución SSPD 20101300048765*. Bogotá D.C.
21. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (15 de 01 de 2016). *Registro Unico de Prestadores de Servicios*. Obtenido de www.sui.gov.co

9. Anexos

El documento consta de dos anexos en medio magnético, como se describe a continuación:

- **Anexo 1** corresponde al inventario de la fuentes superficiales identificadas por cada municipio que dispone de información sobre tipo de fuente, uso, caudal mínimo en época seca, caudal máximo en época de lluvia, caudal medio diario, caudales concesionados, agua captada (m³) anual,
- **Anexo 2** corresponde al inventario de la fuentes subterráneas identificadas por cada municipio que contiene información sobre caudal de diseño, caudal captado, volumen captado en el periodo anual y caudal de la concesión.