

**Evaluación del estado actual de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en
Colombia**

Geólogo. Jonh James Otálvaro Barco

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Ambiental
Maestría en Hidrogeología Ambiental
Bogotá D.C.
2020

**Evaluación del estado actual de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en
Colombia**

Geólogo. Jonh James Otálvaro Barco

Director

Geólogo Ph.D. Diego Felipe Gómez Gutiérrez

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Hidrogeología Ambiental

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Ambiental
Maestría en Hidrogeología Ambiental
Bogotá D.C.

2020

Nota de aceptación:

El trabajo de maestría “Evaluación del estado actual de la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia” presentado por el estudiante Jonh James Otálvaro Barco, para optar por el título de Magister en Hidrogeología Ambiental de la Universidad Antonio Nariño, cumple con todos los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

Bogotá D.C., 01 de diciembre de 2020

RESUMEN

En este proyecto de investigación se evalúa la manera cómo se está aplicando en Colombia la gestión integral del recurso hídrico subterráneo-GIRHS-, por parte de los diferentes entes ambientales encargados de la protección de los recursos naturales del país. Se utiliza la metodología basada en la definición del estado del arte de la gestión de las aguas subterráneas en Colombia, usando la heurística y la hermenéutica como herramientas esenciales en el proceso de la generación del estado del arte. Los actores definidos como autoridades competentes en la gestión del agua subterránea son el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINANBIENTE (ente rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (responsable de la evaluación del estado, dinámica y monitoreo del agua subterránea), el Servicio Geológico Colombiano-SGC (encargado de la adquisición y análisis de información base hidrogeológica) y las Corporaciones Autónomas Regionales-CAR (directamente encargadas de la gestión del agua subterránea). Se solicitó y revisó información referente a la gestión del agua subterránea y a la generación de información hidrogeológica, evaluando la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico, el Programa Nacional de Aguas Subterráneas, el Estudio Nacional del Agua, doce Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos y doce modelos hidrogeológicos conceptuales y evaluaciones hidrogeológicas regionales. Los resultados indican que en los PMAA solo se realizaron las fases de aprestamiento, diagnóstico y formulación, estando en su mayoría, acorde con los requisitos solicitados en la guía técnica para la elaboración de estos planes, mientras que en los modelos hidrogeológicos regionales se realizaron las actividades más importantes de las recomendadas en el programa de exploración de aguas subterráneas. Por lo tanto, se concluye que las fases evaluadas de los PMAA cumplen en su mayoría con lo estipulado en la guía metodológica, viéndose la necesidad de la implementación y presentación de resultados de las fases de ejecución y evaluación, y que los resultados de los modelos hidrogeológicos revisados son adecuados para la escala de investigación. También se concluye que por parte de las Corporaciones hace falta interés en la formulación de nuevos planes de manejo de acuíferos, ya que se identificaron muchas de estas entidades con acuíferos importantes en su jurisdicción.

Palabras clave: acuíferos, plan de manejo, gestión, hidrogeología

ABSTRACT

This research project evaluates the way in which the integral management of underground water resources -IWRM- is being applied in Colombia by the different environmental entities in charge of the protection of the country's natural resources. The methodology based on the definition of the state of the art of groundwater management in Colombia is used, using heuristics and hermeneutics as essential tools in the process of generating the state of the art. The actors defined as competent authorities in groundwater management are the Ministry of Environment and Sustainable Development-MINAMBIENTE (governing body for the management of the environment and renewable natural resources), the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies-IDEAM (responsible for evaluating the status, dynamics and monitoring of groundwater), the Colombian Geological Service-SGC (responsible for the acquisition and analysis of hydrogeological-based information) and the Regional Autonomous Corporations-CAR (directly responsible for groundwater management). Information regarding groundwater management and the generation of hydrogeological information was requested and reviewed, evaluating the National Policy for the Management of Water Resources, the National Groundwater Program, the National Water Study, twelve Aquifer Environmental Management Plans and twelve conceptual hydrogeological models and regional hydrogeological assessments. The results indicate that in the PMAA only the preparation, diagnosis and formulation phases were carried out, most of them being in accordance with the requirements requested in the technical guide for the elaboration of these plans, while in the regional hydrogeological models the more important activities than those recommended in the groundwater exploration program. Therefore, it is concluded that the evaluated phases of the PMAA comply mostly with what is stipulated in the methodological guide, seeing the need for the implementation and presentation of results of the execution and evaluation phases, and that the results of the models Hydrogeological revised are adequate for the scale of investigation. It is also concluded that on the part of the Corporations there is a lack of interest in the formulation of new aquifer management plans, since many of these entities with important aquifers in their jurisdiction were identified.

Keywords: aquifers, management plan, management, hydrogeology

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. PROPÓSITO DEL TRABAJO DE MAESTRÍA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	3
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 ANTECEDENTES POLÍTICOS Y NORMATIVOS.....	6
3.1.1 Antecedentes de política pública.	6
3.1.2 Antecedentes normativos.....	7
3.2 INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN COLOMBIA	9
3.2.1 Programa de exploración de aguas subterráneas (PEXAS).....	9
3.2.2 Programa nacional de aguas subterráneas (PNASUB).....	9
3.2.3 Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (PMAA)..	10
4. MARCO METODOLÓGICO	12
4.1 FASE HEURÍSTICA	14
4.2 FASE HERMENÉUTICA	14
5. RESULTADOS	15
5.1 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE-MINAMBIENTE.....	15
5.2 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM	16
5.3 CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES-CAR	16
5.4 SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO-SGC	29
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
6.1 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE-MINAMBIENTE.....	33
6.2 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM	34
6.3 CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES-CAR	34
6.3.1 Fase de aprestamiento.	36
6.3.2 Fase de diagnóstico.	36
6.3.3 Fase de formulación	40
6.4 SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO-SGC	42
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
7.1 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN COLOMBIA	46
7.2 CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN COLOMBIA	47
7.3 SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO Y LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN COLOMBIA	49
7.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN COLOMBIA	51
8. REFERENCIAS	53

Lista de tablas

Tabla 1. Relación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos realizados a la fecha. Elaboración propia (2020).	18
Tabla 2. Informes hidrogeológicos disponibles en las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020).	21
Tabla 3. Porcentaje de cumplimiento para las actividades realizadas en la fase de diagnóstico dentro de los Planes de Manejo Ambiental de los Acuíferos. Elaboración propia (2020).....	38
Tabla 4. Estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano evaluados. Elaboración propia (2020).	42

Lista de figuras

Figura 1. Actores y procesos involucrados en la evaluación de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en Colombia. Elaboración propia (2020).....	13
Figura 2. Metodología específica para la definición del estado del arte de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en Colombia. Elaboración propia (2020).	13
Figura 3. Distribución de la respuesta de las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020).	17
Figura 4. Temporalidad de los Planes de Manejo Ambientales de Acuíferos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales a la fecha. Elaboración propia (2020).	20
Figura 5. Cantidad de estudios hidrogeológicos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales y fechas de realización. Elaboración propia (2020).	24
Figura 6. Relación de los planes de manejo para agua superficial, agua subterránea y estudios hidrogeológicos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020). ...	25
Figura 7. Distribución del tipo de potencialidad hidrogeológica de las rocas y sedimentos presentes en Colombia (INGEOMINAS, 2007)	27
Figura 8. Distribución del tipo de potencialidad hidrogeológica de rocas y sedimentos por Corporación Autónoma Regional. Elaboración propia (2020).....	28
Figura 9. Distribución espacial de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano hasta la fecha. Elaboración propia (2020).	30
Figura 10. Frecuencia de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano a la fecha. Elaboración propia (2020).	31
Figura 11. Distribución por departamento de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano a la fecha. Elaboración propia (2020).	32
Figura 12. Porcentaje de cumplimiento de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos para las fases de aprestamiento, diagnóstico y formulación. Elaboración propia (2020).....	35
Figura 13. Porcentaje de cumplimiento de las actividades de la fase de diagnóstico en los PMAA evaluados. Elaboración propia (2020).....	39
Figura 14. Porcentaje de cumplimiento en la fase de formulación en los PMAA evaluados. Elaboración propia (2020).	41
Figura 15. Porcentaje de cumplimiento de los modelos hidrogeológicos conceptuales para las fases del PEXAS. Elaboración propia (2020).	45

Lista de anexos

Anexo A. Respuestas dadas por las diferentes entidades consultadas	63
Anexo B. Base de datos con información del envío de comunicado en las Corporaciones Autónomas Regionales	64
Anexo C. Base de datos de estudios hidrogeológicos elaborados por el Servicio Geológico Colombiano	65
Anexo D. Matriz de evaluación y calificación de los planes de manejo ambiental de acuíferos revisados	66
Anexo E. Valoración para los planes de manejo ambiental de acuíferos evaluados	67
Anexo F. Matriz de evaluación y calificación de los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados...	68
Anexo G. Valoración para los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados	69

Siglas y acrónimos

ANLA: Autoridad nacional de Licencias Ambientales

CAM: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena

CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

CARDER: Corporación Autónoma Regional de Risaralda

CARDIQUE: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique

CARSUCRE: Corporación Autónoma Regional de Sucre

CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander

CDA: Corporación para el desarrollo sostenible del norte y oriente Amazónico

CDMB: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bocamanga

CODECHOCÓ: Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó

CORALINA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

CORANTIOQUIA: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia

CORMACARENA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena

CORNARE: Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Rionegro y Nare

CORPAMAG: Corporación Autónoma Regional del Magdalena

CORPOAMAZONIA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía

CORPOBOYACA: Corporación Autónoma Regional de Boyacá

CORPOCALDAS: Corporación Autónoma Regional de Caldas

CORPOCESAR: Corporación Autónoma Regional del Cesar

CORPOCHIVOR: Corporación Autónoma Regional del Chivor

CORPOGUAJIRA: Corporación Autónoma Regional de La Guajira

CORPOGUAVIO: Corporación Autónoma Regional del Guavio

CORPOMOJANA: Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge

CORPONARIÑO: Corporación Autónoma Regional de Nariño

CORPONOR: Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental

CORPORINOQUIA: Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía

CORPOURABA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá

CORTOLIMA: Corporación Autónoma Regional del Tolima

CRA: Corporación Autónoma Regional del Atlántico
CRC: Corporación Autónoma Regional del Cauca
CRQ: Corporación Autónoma Regional del Quindío
CSB: Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
CVS: Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge
DIMAR: Dirección General Marítima
ENA: Estudio Nacional del Agua
FUNIAS: Formato Único Nacional de Agua Subterránea
GIRH: Gestión Integral del Recurso Hídrico
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INDERENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente
INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería
MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MHC: Modelo Hidrogeológico Conceptual
MINAMBIENTE: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
SGC: Servicio Geológico Colombiano
PEXAS: Programa para la Exploración del Agua Subterránea
PMAA: Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos

Introducción

Hablando de la gestión del agua subterránea en Latino América, precisan Foster y Garduño (s.f.):

La gestión y protección del agua subterránea pretende equilibrar la disponibilidad de un recurso complejo con las demandas crecientes de usuarios del agua y el suelo que pueden poner en riesgo su disponibilidad y sostenibilidad. Por la naturaleza oculta del recurso, no es sino hasta que alguno de los grupos interesados observa que baja el nivel de 'su' pozo o se deteriora la calidad de 'su' agua que se pone de manifiesto la necesidad de la gestión. (p. 6).

Debido a la variabilidad climática y las condiciones hidrológicas del país, algunas zonas, en especial la costa caribe, presentan problemas para el abastecimiento de agua potable para los diferentes usos, teniendo que recurrir los entes departamentales, municipales y los mismos pobladores a la explotación del agua subterránea, en algunas ocasiones, con técnicas no adecuadas (por ejemplo, artesanales que pueden poner en riesgo de contaminación a los acuíferos).

Es por tal motivo que se hace necesario implementar medidas para la gestión y manejo del recurso hídrico subterráneo que integren de manera adecuada, el desarrollo económico y social de las regiones, en equilibrio con la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, medidas que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su Política Nacional para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, busca orientar mediante el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas.

Tanto el Ministerio de Ambiente Sostenible como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, el Servicio Geológico Colombiano, y las Corporaciones Autónomas Regionales tienen, planes, programas y actividades, cuyo objeto es gestionar las aguas subterráneas, ya sea desde su planificación, monitoreo o adquisición de información hidrogeológica.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en su Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (2010), estableció para las aguas subterráneas una oferta y disponibilidad calculada en 4,3km³, mencionado que la demanda de este recurso en el país lo

tiene principalmente San Andrés, la Alta y Media Guajira, Sucre y Tolima para abastecimiento doméstico, mientras que para uso industrial o agrícola, es aprovechado por el Valle del Cauca, la Sabana de Bogotá, el Urabá Antioqueño, la zona bananera de Santa Marta y el Huila (p. 27-36).

Teniendo en cuenta lo anterior, y sabiendo que el país cuenta con cerca del 65% a 75% de su territorio con rocas y sedimentos que pueden almacenar y transmitir el agua subterránea, se propone como objetivo de investigación, la evaluación de las políticas, planes, proyectos y estudios que realizan las autoridades ambientales e institutos geocientíficos del país en cuanto al manejo, gestión y planificación del recurso hídrico subterráneo.

1. Propósito del trabajo de maestría

El propósito principal de la tesis es evaluar el estado actual de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en cuanto a su calidad y disponibilidad por parte de entidades nacionales encargadas de este recurso como IDEAM, Servicio Geológico Colombiano, MINAMBIENTE y Corporaciones Autónomas Regionales.

1.1 Descripción del proyecto

La evaluación del estado actual de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo plantea una serie de actividades enfocadas a la recolección, revisión y evaluación de los planes, programas, proyectos y estudios realizados en Colombia por los entes estatales competentes en relación con el manejo y gestión del recurso hídrico subterráneo.

Esta evaluación parte de una metodología basada en la definición del estado del arte de la gestión y manejo de las aguas subterráneas en Colombia, por parte de los entes encargados de la protección de los recursos naturales renovables, la cual toma la heurística y la hermenéutica como herramientas esenciales en el proceso de la generación del estado del arte.

1.2 Localización del proyecto

El marco para la verificación de la aplicación de la Gestión Integral del Recurso Hídrico-GIRH será Colombia, sin embargo, se plantea la revisión y evaluación puntual de algunos planes, programas y proyectos que han realizado el IDEAM, Corporaciones Autónomas Regionales y entidades como el Servicio Geológico Colombiano en varias partes de Colombia, por ejemplo, el Estudio Nacional del Agua, el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero de Ibagué (CORTOLIMA), el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero del Valle de Aburrá (CORANTIOQUIA), el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero de San Andrés (CORALINA), el Plan de Manejo Ambiental de Agua Subterránea de la Sabana de Bogotá (CAR), el Programa Nacional de Aguas Subterráneas (MINAMBIENTE), el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena, el Modelo Hidrogeológico Conceptual Municipio de El Yopal, entre otros disponibles.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la manera cómo se está aplicando en Colombia la gestión integral del recurso hídrico subterráneo-GIRH-, por parte de los diferentes entes ambientales encargados de la protección de los recursos naturales, la cual busca establecer directrices unificadas para el manejo agua en el país, que además de apuntar a resolver la actual problemática del recurso hídrico, permitan hacer uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de Colombianos.

2.2 Objetivos específicos

- Revisar como los diferentes entes estatales encargados del manejo de los recursos ambientales en Colombia, gestionan y manejan las aguas subterráneas
- Evaluar la Política Nacional para la GIRH frente al manejo del recurso hídrico subterráneo
- Evaluar los aspectos relacionados al manejo y gestión del agua subterránea incluida en el Estudio Nacional del Agua
- Evaluar la aplicabilidad del Programa Nacional de Aguas Subterráneas-PNASUB
- Revisar el papel que juegan las Corporaciones Autónomas Regionales frente a la GIRHS y la gobernanza de las aguas subterráneas
- Definir si los Planes de Manejo Ambiental de los Acuíferos realizados en Colombia cumplen con los objetivos de la GIRHS y la gobernanza del agua
- Evaluar si los indicadores de gestión establecidos en los en los diferentes PMAA y en general en las políticas hídricas públicas, cumplen con la normatividad nacional para la gestión y gobernanza del agua subterránea
- Plantear recomendaciones que ayuden a fortalecer la aplicación de la GIRHS y la gobernanza del agua subterránea

3. Marco teórico

La definición de la gestión integral del recurso hídrico ha sido expuesta por diferentes autores a nivel mundial, teniendo como la más importante:

La Gestión Integral del Recurso Hídrico-girh, es un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos asociados, para maximizar el resultante bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales. (Global Water Partnership, 2012, p. 10).

El MAVDT (2010), en su Política Nacional para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos define:

“La gestión integral del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas”. (p. 85).

Y finalmente, para Solanes y Jouravlev (2005, p. 53), los principales postulados de la gestión integral del recurso hídrico son los siguientes:

- La integración de la gestión del agua para todos sus usos, con el objetivo de maximizar los beneficios globales y reducir los conflictos entre los usuarios
- La integración en la gestión de intereses económicos, sociales y ambientales, tanto de los usuarios directos del agua como de la sociedad en su conjunto
- La integración de la gestión de todos los aspectos del agua (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia) que tengan influencia en sus usos y usuarios
- La integración de la gestión de las diferentes fases del ciclo hidrológico
- La integración de la gestión a nivel de cuencas, acuíferos o sistemas hídricos interconectados
- La integración de la gestión de la demanda de agua con la gestión de la oferta
- La integración de la gestión del agua y de la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados.

3.1 Antecedentes políticos y normativos

A continuación, se presentan los antecedentes más importantes relacionados con la política, la normatividad y la evaluación de la gestión y el manejo del recurso hídrico en Colombia, obtenidos de MAVDT (2010).

3.1.1 Antecedentes de política pública.

- Durante la década de los años setenta y ochenta el Instituto Nacional de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, INDERENA, estableció pautas frente a la administración del recurso hídrico.
- Con la reforma en la gestión ambiental pública de 1993, se creó el Ministerio del Medio Ambiente, hoy llamado Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como ente rector de la política ambiental.
- En 1996 se expidió el documento “Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua”, el cual se sustentó técnicamente con la “Estrategia Nacional del Agua”, se definieron las bases y los objetivos para manejar la oferta nacional del agua y atender los requerimientos sociales y económicos del desarrollo en términos de cantidad, calidad y distribución espacial y temporal. Desde la expedición de los lineamientos de política, la gestión de las autoridades ambientales, en la mayoría de los casos, ha estado centrada en el agua y ha sido reconocida como el eje de la gestión ambiental.
- Durante los años 2002 – 2006, se presentó ante el Congreso de la República el proyecto de “Ley del Agua”, con el cual se pretendía reorientar la política del agua y que, a la fecha del 4 de abril del 2006, estaba pendiente de ponencia para segundo debate en la plenaria de la Cámara (Observatorio Legislativo del Instituto de Ciencia Política, 2006, p. 1).
- Entre los años 2006 – 2010, se incorporó por primera vez un componente específico de gestión integrada de recursos hídricos, para lo cual el ministerio creó el Grupo de Recurso Hídrico e inició un trabajo interinstitucional con el IDEAM y otras entidades para desarrollar la Política Hídrica Nacional.
- En el 2010 se publica la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico-PNGIRH, la cual establece los principales lineamientos de objetivos, estrategias, metas e indicadores para el manejo del recurso hídrico en Colombia. Esta política actualmente es el documento rector de la gestión hídrica colombiana.

3.1.2 Antecedentes normativos.

- Mediante el Decreto 1381 de 1940, expedido por el entonces Ministerio de Economía Social, se dieron los primeros lineamientos para el manejo del recurso hídrico, lo cuales trataban sobre el aprovechamiento, conservación y distribución de aguas nacionales de uso público.
- Después de la creación del INDERENA en 1968, se desarrolló una intensiva actividad normativa en el manejo, uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el territorio nacional.
- Con la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974), se 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.
- En el decreto 1449 de 1977, se establecen obligaciones a los propietarios de predios sobre protección, conservación y aprovechamiento de las aguas.
- En el decreto 1337 de 1978, se reglamentaba la inclusión en la programación curricular los componentes sobre ecología, preservación ambiental y recursos naturales renovables, para los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria, media vocacional, intermedia profesional, educación no formal y educación de adultos.
- Con el Decreto 1541 de 1978, se reglamentó la Parte III del Libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.
- La Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional), establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos.
- El Decreto 1875 de 1979, establece las medidas de prevención para la contaminación del medio marino.
- En el año 1979 se da inicio a la planificación y estructuración del Proyecto Cuenca Alta del Río Magdalena – PROCAM, cuyo objetivo fue “obtener información científica, técnica, económica y de coordinación interinstitucional para extrapolar sus resultados en una Fase II a toda la cuenca del río Magdalena y otras regiones del país.
- El Decreto 2857 de 1981, reglamenta las cuencas hidrográficas.

- En el año 1982 el INDERENA propicia y lleva a cabo el Primer Congreso Nacional de Cuencas, delineando el inicio de esta clase de eventos para el análisis de la problemática
- Con el Decreto Ley 2324 de 1984 se definen funciones y competencias de la Dirección General Marítima – DIMAR.
- En el año 1984, se expidió el Decreto 1594, en el que se definen los límites permisibles para el vertimiento o descarga de residuos líquidos a un cuerpo de agua o alcantarillado sanitario.
- Mediante la Ley 79 de 1986, se decretan áreas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación del agua. (la cual fue declarada inexequible).
- La Ley 46 de 1988, crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- La Ley 29 de 1990, establece las disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.
- En el año 1991, con la promulgación de la nueva Constitución Política Nacional, se reconoce el derecho al ambiente sano como un derecho colectivo, se dispone que su protección es deber de todos (estado y particulares) y establece las responsabilidades a cargo del Estado en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables entre ellos el recurso hídrico.
- La Ley 12 de 1992, aprueba el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas por el Pacífico Sudeste.
- En el año 1993, mediante la Ley 99, se crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Decreto Ley 216 de 2003) y se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA
- El Decreto 1603 de 1994, organiza y establece los Institutos de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”, el Instituto Amazónico de Investigaciones “SINCHI” y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “John von Neumann”
- El Decreto 1600 de 1994, reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental – SINA en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación Ambiental y de Información Ambiental.
- Con el Decreto 347 de 2000, se crea la Comisión Colombiana del Océano – CCO

- Entre los años 1995 y 1998, se expidieron por parte del Ministerio del Medio Ambiente políticas y lineamientos de políticas que definirían las orientaciones y directrices de gestión en materia ambiental.
- Desde el año 2012 se inició el proceso participativo con diferentes entidades para la construcción de la estructura general del Programa Nacional de Aguas Subterráneas– PNASUB, conformada por objetivos generales y específicos, líneas de acción estratégica, metas y actividades, que serán implementados en el mediano y largo plazo.
- Con el decreto se compila y actualiza entre otra, la normatividad relacionada con la realización de los planes de manejo ambiental de acuíferos y los permisos para la exploración y conexión de agua subterránea

3.2 Instrumentos para la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia

A continuación, se presenta, de manera cronológica y en forma de breve reseña, los instrumentos que se han sido implementados en el país para la gestión del recurso hídrico subterráneo

3.2.1 Programa de exploración de aguas subterráneas (PEXAS).

El programa de Exploración de Aguas Subterráneas fue una iniciativa del INGEOMINAS (actualmente Servicio Geológico Colombiano-SGC), cuyo fin era evaluar el potencial del recurso hídrico del subsuelo colombiano en cumplimiento de sus funciones como entidad del Estado encargada de la generación de conocimiento dirigido a la satisfacción de necesidades de la sociedad en cuanto a agua potable, especialmente. Para la elaboración de este programa, INGEOMINAS convocó a las entidades públicas y privadas involucradas con el tema de exploración, gestión, manejo y uso del recurso hídrico subterráneo, tales como las universidades, consultores, gobernaciones y autoridades ambientales, como también se contó con la participación de expertos internacionales en el tema de hidrogeología.

3.2.2 Programa nacional de aguas subterráneas (PNASUB).

Este programa se enmarca en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, cuyo objetivo general es diseñar y promover la implementación de estrategias a nivel nacional y regional que garanticen una adecuada evaluación y gestión del agua subterránea en Colombia. La formulación del PNASUB incluye cuatro resultados esperados, en un horizonte temporal de mediano y largo plazo (2014 a 2022), a saber:

- Se contará con estrategias orientadas hacia la ampliación y consolidación del conocimiento hidrogeológico de sistemas acuíferos priorizados y el fomento de la formación permanente a nivel técnico, tecnológico y de posgrado en la temática
- Se implementarán estrategias de fortalecimiento institucional para la gestión integral de las aguas subterráneas en sistemas acuíferos de importancia nacional y regional
- Se contará con estrategias para la gestión integrada de las aguas subterráneas soportadas en programas nacionales y regionales de monitoreo de sistemas acuíferos, articulados al SIRH
- Se contará con estrategias para la promoción de planes de manejo ambiental de acuíferos de importancia nacional y regional apoyados en procesos de participación y resolución de conflictos

De igual manera para garantizar la sostenibilidad del PNASUB se deben implementar acciones relacionadas con:

- Definición de entidades responsables, indicadores para cada línea estratégica y recursos económicos requeridos, de manera conjunta con las entidades participantes en el proceso
- Compromisos de financiación por parte de los responsables de las diferentes tareas identificadas
- Formalización y puesta en marcha de una instancia colegiada y consultiva de acción que sea representativa de los actores institucionales cuya dinámica permanente esté vinculada con prioridades y acciones derivadas de este PNASUB
- Estrategias de comunicación y difusión para divulgar los resultados y avances del PNASUB
- Articulación institucional en proyectos y programas en el nivel nacional y regional
- Estrategia permanente de fortalecimiento del talento humano
- Seguimiento y evaluación

3.2.3 Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (PMAA).

El artículo 62 del Decreto 1640 de 2012 determina que en aquellos acuíferos que no hagan parte de un plan de ordenación y manejo de cuenca hidrográfica, la autoridad ambiental competente

elaborará el plan de manejo ambiental de acuíferos, previa selección y priorización del mismo. En este orden de ideas, el MADS estableció la Guía Metodológica para la Formulación de PMAA se con el fin de dar los lineamientos necesarios para la elaboración del instrumento encargado de la planificación y administración del agua subterránea en el orden jerárquico de pan de manejo, los cuales contarán con las siguientes fases:

- **Aprestamiento:** En esta primera fase se desarrollan actividades de conformación del equipo técnico, recopilación y análisis de información, análisis de la capacidad institucional, identificación de actores y diseño de estrategias de participación y comunicación, definición de los alcances del PMAA y la elaboración del plan de trabajo
- **Diagnóstico:** En esta segunda fase se desarrollan actividades de elaboración o actualización de la línea base de oferta y demanda del agua subterránea, caracterización de actores, definición de usos del suelo, definición de las zonas de interés hidrogeológico, identificación de los conflictos y problemáticas, análisis de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación e identificación y análisis de riesgos de las fuentes potenciales de contaminación
- **Formulación:** En esta tercera fase se desarrollan actividades de construcción participativa de los escenarios prospectivos, identificación de las líneas estratégicas, definición de programas, proyectos y actividades, definición de costos y fuentes de financiación, de priorización de proyectos y la definición de indicadores de seguimiento
- **Seguimiento y Evaluación:** En esta quinta fase se desarrollan actividades encaminadas a la revisión del Plan Operativo, Programas y Estrategias participativas, a la evaluación de impactos y la ejecución de las estrategias de socialización

4. Marco metodológico

Para alcanzar los objetivos planteados, se propone una metodología basada en la definición del estado del arte, que, para el caso de esta tesis de maestría, hace referencia al estado de la gestión y manejo de las aguas subterráneas en Colombia, por parte de los entes encargados de la protección de los recursos naturales renovables, la cual toma la heurística y la hermenéutica como herramientas esenciales en el proceso de la generación del estado del arte.

Una vez se plantea el problema y los objetivos del tema del trabajo de grado, inicialmente se hace un mapa de procesos y actores involucrados en la gestión y manejo del agua subterránea en el país (

Figura 1), identificándose como principales actores el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINAMBIENTE, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, el Servicio Geológico Colombiano-SGC, y las Corporaciones Autónomas Regionales-CAR, y como procesos generales se tendrá la revisión de la normatividad que aplican estos institutos para el manejo, gestión y planificación del agua subterránea desde sus funciones y objetivos.

Específicamente se procede a plantear la metodología para la definición del estado del arte de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en el país (Figura 2), aplicándose como se mencionó anteriormente dos momentos, uno heurístico y otro hermenéutico.

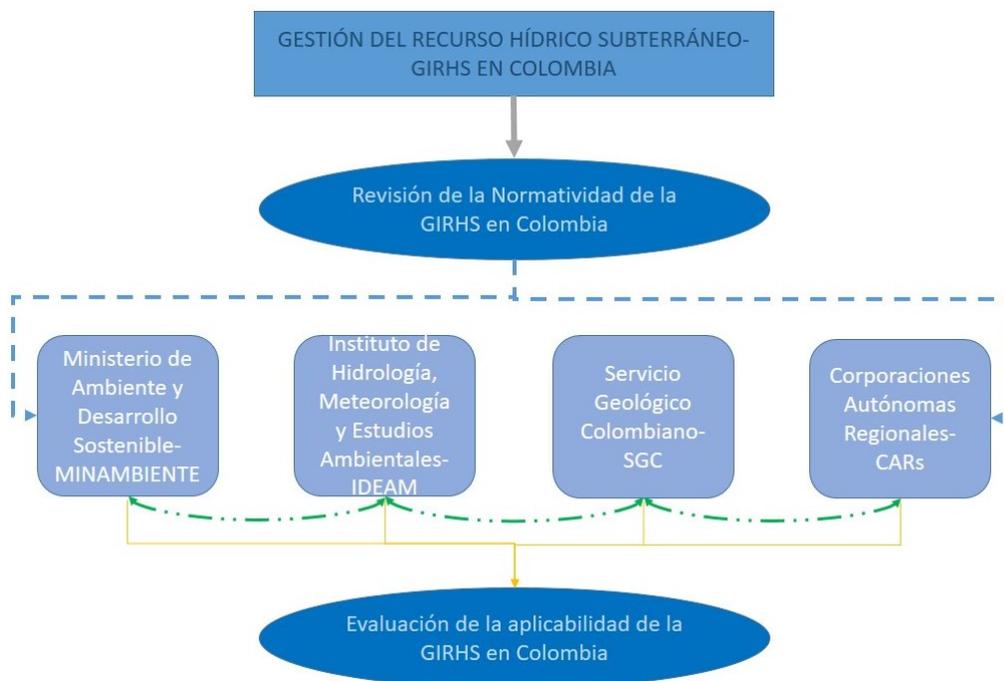
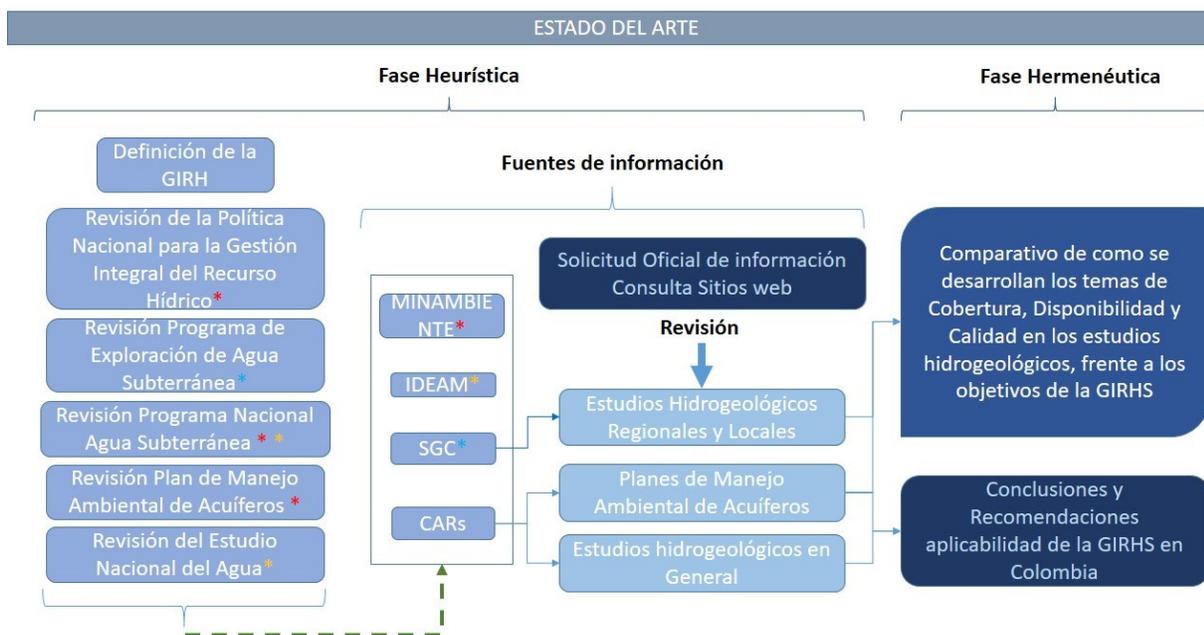


Figura 1. Actores y procesos involucrados en la evaluación de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en Colombia. Elaboración propia (2020).



* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. * Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. * Servicio Geológico Colombiano.

Figura 2. Metodología específica para la definición del estado del arte de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en Colombia. Elaboración propia (2020).

4.1 Fase heurística

Se define la heurística como la búsqueda y compilación de las fuentes de información necesarias para procesos investigativos (Calderón, Londoño & Maldonado, 2016, p. 47-48). En esta fase la compilación de información se realizó en tres etapas, la primera consistió en la revisión de la definición y elementos que hacen parte de la gestión integral del recurso hídrico, así como la revisión de las políticas, programas, planes y estudios que los actores mencionados tienen como herramientas para la gestión, planificación y manejo del agua superficial y subterránea; la segunda etapa consistió en el envío de manera oficial de una carta de solicitud de información por parte de la universidad Antonio Nariño, a cada uno de los actores, en la cual se presentó el problema asociado en la tesis de maestría y se solicitó información referente a la gestión integral del recurso hídrico subterráneo, así como los productos realizados en este tema. En la etapa final se realizó la revisión del portal web de los actores, con el fin de precisar como tienen estipulado la gestión de las aguas subterránea en sus objetivos, estructuración y funciones institucionales.

4.2 Fase hermenéutica

Esta fase, según Calderón, Londoño y Maldonado (2016): “consiste en la lectura, análisis, interpretación, correlación y clasificación de la información adquirida” (p. 52). En esta fase se revisó como los actores desarrollan los temas de cobertura, disponibilidad y calidad del agua subterránea en los diferentes estudios hidrogeológicos y planes de manejo ambiental de acuíferos, evaluando si los resultados obtenidos están alineados con los objetivos globales de la GIRH. En esta fase se plantearán las respectivas conclusiones y recomendaciones que den lugar.

5. Resultados

Siguiendo la línea metodológica específica para la definición del estado del arte de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en Colombia, en primera instancia se presentarán los resultados de la revisión y consulta directa con los entes estatales encargados de la protección de los recursos naturales renovables, que, de una u otra manera, manejan y gestionan las aguas subterráneas en el país.

La consulta consistió en dos actividades principales, la primera correspondió al envío vía correo electrónico de una carta en la que se presentaba el proyecto de tesis, solicitando información normativa usada por cada respectiva entidad para manejar y gestionar las aguas subterráneas en su jurisdicción y la información técnica elaborada por ellos para este manejo y gestión. La segunda actividad consistió en la revisión de los sitios web oficiales de las entidades, buscando en sus funciones, misión, visión, organigrama, entre otros, la normatividad aplicada para la gestión y manejo del recurso hídrico subterráneo, así como también se buscó la información técnica hidrogeológica realizada por ellos.

El envío de la carta se realizó el 27 de abril del 2020 y se dio como fecha máxima de recepción de respuestas el 12 de septiembre del mismo año, revisando los sitios web de las entidades en este mismo periodo de tiempo.

A continuación, se detallan de los resultados por cada una de las entidades o grupos de entidades estatales consultadas, presentando en el Anexo A, las respuestas al comunicado brindado por cada una de éstas.

5.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINAMBIENTE

En la respuesta brindada por el Ministerio se identifican sus principales funciones y actividades como ente rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, detallando que, para la gestión del recurso hídrico, en el 2010 se expidió la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico, en donde se establecieron los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción para el manejo de este recurso en un horizonte de doce años. En esta respuesta el Ministerio también comenta el desarrollo en conjunto con el IDEAM del Programan Nacional de Aguas Subterráneas, el cual plantea acciones y estrategias para la gestión y evaluación integrada del agua subterránea a nivel nacional y regional.

5.2 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM

El IDEAM en su respuesta menciona que no tiene funciones relacionadas con gestión y planeación en el manejo de recurso hídrico subterráneo, aclarando que este Instituto realiza la evaluación del estado y dinámica del agua subterránea, el componente de aguas subterráneas en el Estudio Nacional del Agua, el monitoreo hidrogeológico mediante una red de 32 puntos en todo el país y la publicación del protocolo del agua, con los procedimientos para el monitoreo del agua subterránea en cantidad y calidad.

5.3 Corporaciones Autónomas Regionales-CAR

La carta de solicitud de información fue enviada a 32 de las 33 Corporaciones Autónomas Regionales del país (a excepción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar-CSB dado problemas de funcionamiento del sitio web), dirigida a los funcionarios encargados de la gestión y el manejo del agua subterránea, según el organigrama presentado en sus sitios web. En el Anexo B. se presenta la base de datos en la que se almacenó, por Corporación, información del funcionario al que se dirigió la comunicación, su cargo y direcciones de correo electrónico usados como destinatario.

De las Corporaciones a las que se les envió comunicado, 21 brindaron respuesta y enviaron algún tipo de información hidrogeológica, mientras que dos Corporaciones, respondieron dejando pendiente el envío de información, la cual no fue entregada para la fecha máxima de recepción de respuestas, aun con varios correos de recordación. En la Figura 3 se presenta la distribución geográfica de la respuesta dada por las Corporaciones.

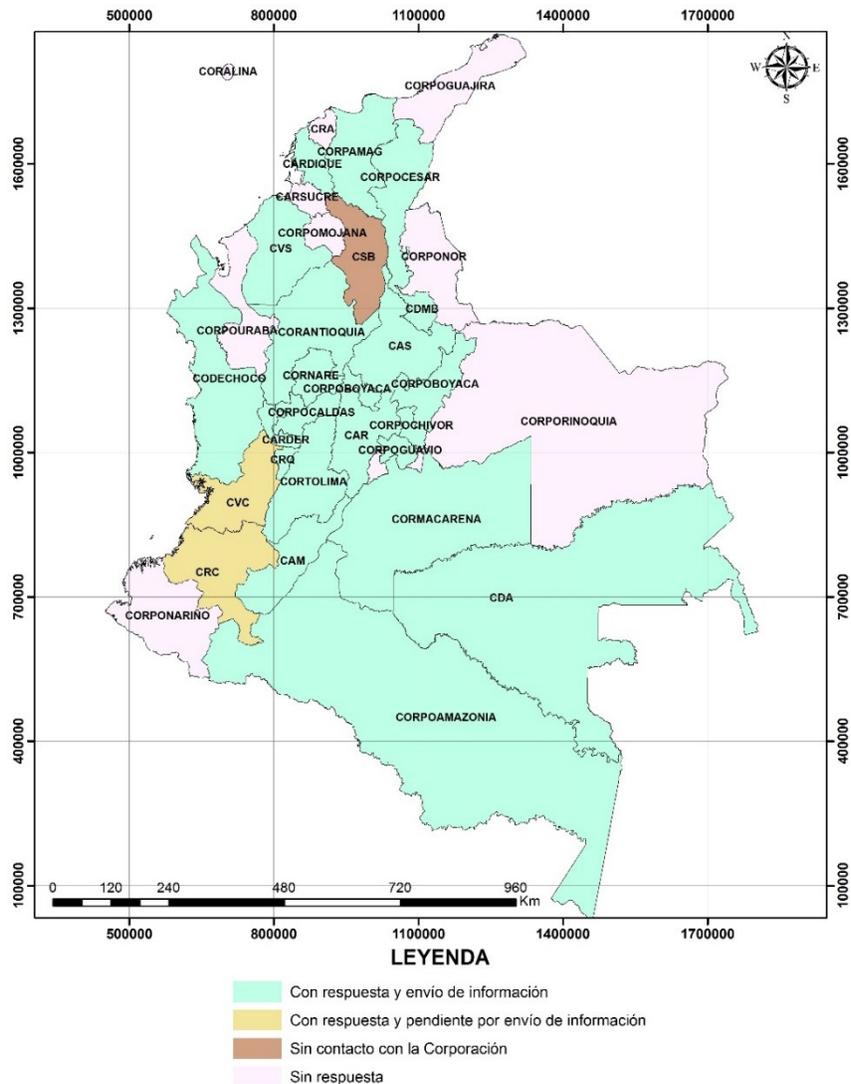


Figura 3. Distribución de la respuesta de las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020).

Como se mencionó anteriormente, el punto de partida para la evaluación de la gestión integral del recurso hídrico subterráneo son los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos que han realizado las Corporaciones Autónomas Regionales, las cuales, según los resultados obtenidos en la revisión de información anteriormente descrita, tienen 28 PMAA, de los cuales, ya sea por disponibilidad de estos en las páginas web de las corporaciones y/o porque en su respuesta enviaron esta información, se tiene para el análisis doce planes de manejo. En la Tabla 1 se presenta la relación de los PMAA realizados a la fecha y cuáles de estos serán analizados, además, en la Figura 4 se presenta, por corporación, la distribución temporal en la que se realizaron los

Planes, teniendo el año 2014 como año de referencia, ya que, en éste se dio a conocer la guía técnica que rige la realización de los PMAA.

Tabla 1. Relación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos realizados a la fecha. Elaboración propia (2020).

Corporación	Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos	Año	Disponible para análisis
CAM	Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena	2019	No
CAR	Sabana de Bogotá y Zona Crítica	2008	Si
CARSUCRE	Acuífero de Morroa	2007	No
CAS	Acuífero Sector La Mesa-Los Santos	2017	No
CORALINA	Acuífero San Luis	2000	No
CORANTIOQUIA	Valle de Aburrá-Bajo Cauca Antioqueño	2019-2013	Si
CORNARE	Valle de Aburrá	2019	Si
CORPOBOYACA	Sistema Acuífero de Tunja-Diagnostico	2016	Si
CORPOCALDAS	Acuífero del río Risaralda-Acuífero río Grande de la Magdalena-Acuífero Santágueda km 41	2018-2018	Si
CORPOCESAR	Acuífero del Cesar	2017	Si
CORPOCHIVOR	Acuíferos de los municipios de Ventaquemada, Nuevo Colón, Boyacá, Turmequé y Jenesano (primera fase)- Acuíferos de los municipios de Tenza, Sutatenza, La capilla, Guateque y Somondoco	2013-2018	No
CORPOGUAJIRA	Acuífero Cuenca del Río Ranchería- Municipio de Maicao	2013-2011	Si

Corporación	Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos	Año	Disponible para análisis
CORPOGUAVIO	Aprestamiento y primera fase de diagnóstico Sistema Acuífero en el municipio de Guasca, Cundinamarca, Jurisdicción de CORPOGUAVIO	2016	Si
CORPORINOQUIA	Municipio de Maní	2019	No
CORPOURABA	Acuífero Golfo de Urabá	2017	No
CORTOLIMA	Acuífero de Ibagué-Acuífero del Sur del Tolima (formulación)	2017-2018	Si/No
CRC	Acuífero del Valle geográfico del Río Cauca-Acuífero del Valle del Río Patía	2019-20??	No
CVC	Del valle del Cauca	2019	No
CVS	Municipio de Chinú-Sahagún-La Apartada	2014-2014-2013	No

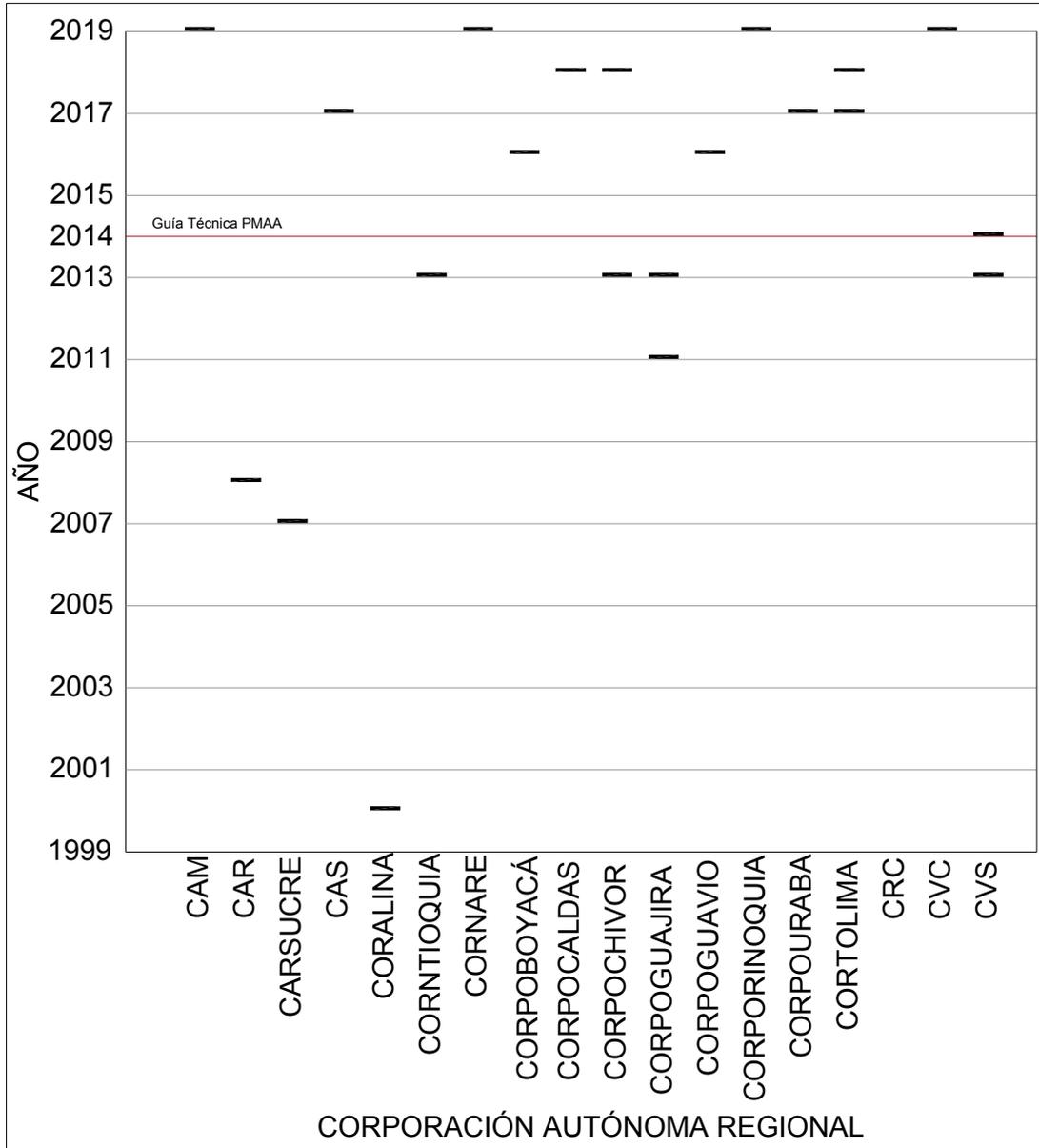


Figura 4. Temporalidad de los Planes de Manejo Ambientales de Acuíferos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales a la fecha. Elaboración propia (2020).

De la actividad de recopilación de información también se obtuvo los estudios hidrogeológicos en general, realizado por las Corporaciones, los cuales van desde inventario de puntos de agua subterránea, hasta complejos modelos numéricos hidrogeológicos, todos en caminados a caracterizar las aguas subterráneas de los acuíferos presentes en sus jurisdicciones. En la Tabla 2 se presenta la lista de estos estudios, los cuales van desde 1985 al 2019, teniendo mayor

disponibilidad de estudios la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, con un total de siete estudios (Figura 5).

Tabla 2. Informes hidrogeológicos disponibles en las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020).

Corporación	Estudios hidrogeológicos	Año
CAR	Piezometría	2009-
	Prospección geofísica, perforaciones e instrumentación satelital	2018
	Red de monitoreo Satelital-Inclusión del balance hídrico al MHC	2016
	Modelación de acuíferos cuenca del río Alto Suarez	2019
CARDER	PMIAS Pereira y Dosquebradas	2007
	Inventario de puntos de agua subterránea	2009
	Piezómetros	2019
	Hidrogeoquímica e isotopía	2018
CARDIQUE	Estudio hidrogeológico del acuífero de Turbaco-	2004
	Estudio hidrogeológico del acuífero de Palenque	2005
	Identificación de la vulnerabilidad del acuífero costero de Arroyo Grande	2006
	Modelo hidrogeológico numérico del acuífero costero de Arroyo Grande	1999
	Estudio hidrogeológico del acuífero en el municipio Córdoba Teron	2012
CARSUCRE	Estudio del acuífero de la Isla de Tierra Bomba	2020
	Estudio hidrogeológico del acuífero de Morroa	2017
	Pruebas de bombeo acuífero de Morroa	2014
	Monitoreo de agua subterránea	2019
CDMB	Análisis bacteriológico y fisicoquímico acuífero de Morroa	2019
	Trazadores en acuíferos de montaña	2014-

Corporación	Estudios hidrogeológicos	Año
	2014-Estudio de la recarga en el macizo de Santander y relación entre niveles freáticos y su influencia en la estabilidad de taludes	2004
	Estudio hidrogeológico para implementación de monitoreo de agua subterránea	1994
	Informe del estado del conocimiento en la investigación de agua subterráneas en la terraza de Bucaramanga	1991
	Estudio de los niveles freáticos y corrientes subterráneas en la terraza de Bucaramanga	1985
	Evaluación del peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca superior del río Lebrija, cuenca del río de oro, río Frio y río Tona	2011
CODECHOCÓ	Monitoreo de calidad de agua subterránea en Quibdó	2016-
	Inventario de puntos de agua subterránea	2019
CORALINA	Red de calidad del agua subterránea	2016
	Estudio Hidrogeológico Puerto Berrio Nare	2003
CORANTIOQUIA	Estudio hidrogeológico Valparaiso La pintada	2014
	Estudio hidrogeológico Hevéxicos-Estudio hidrogeológico Yondo	2015
	Inventario de estado de usuarios por zonas hidrogeológicas-	2009
	Informe de análisis de monitoreo de puntos priorizados	2009
CORMACARENA	Evaluación del potencial hidrogeológico	2010
	Modelo hidrogeológico conceptual de Villavicencio y Puerto López-Identificación preliminar de acuíferos del departamento del Meta	2014
CORNARE	Inventario de puntos de agua subterránea-Evaluación hidrogeológica de los municipios de El Retiro, Rionegro, La ceja, El Carmen, Guarne y marinilla-	1996-2000-2018

Corporación	Estudios hidrogeológicos	Año
	Investigación de aguas subterráneas región valles de San Nicolas-Actualización del modelo hidrogeológico conceptual valles de San Nicolas	
CORPOAMAZONIA	Características hidrogeológicas en los municipios de Mocoa, Orito, Puerto Asís, Puerto Caicedo y San Miguel	2019
CORPOBOYACA	Plan de manejo y protección del acuífero de Puerto Boyacá	2008
	Plan de manejo del sistema acuífero de Tunja, Paipa y Duitama	2012
CORPOCESAR	Aguas subterráneas Norte, Centro y Sur del Cesar	2009
CORPOCHIVOR	Evaluación del potencial hídrico subterráneo de los municipios de Ventaquemada, Nuevo Colón, Boyacá, Turmequé y Jenesano	2008
	Estudio geoelectrico para definir las unidades acuíferas y establecer el potencial hídrico subterráneo en los municipios de Sutatenza, Guateque y Somondoco	2012
	Pruebas de bombeo en pozos profundos localizados en la jurisdicción de la Corporación	2018
CVC	Evaluación de las aguas subterráneas en condiciones climáticas extremas en el Valle del cauca	2015
	Hidrogeología del ERA	2017
CVS	Estudio geoelectrico en la zona comprendida entre Pueblo Nuevo, Planeta Rica y Buenavista	1986
	Diagnóstico hídrico subterráneo en los municipios de Chinú, Sahagún, San Andrés de Sotavento, Pueblo Nuevo, Planeta Rica, Buenavista, La Apartada y Montelíbano	2005

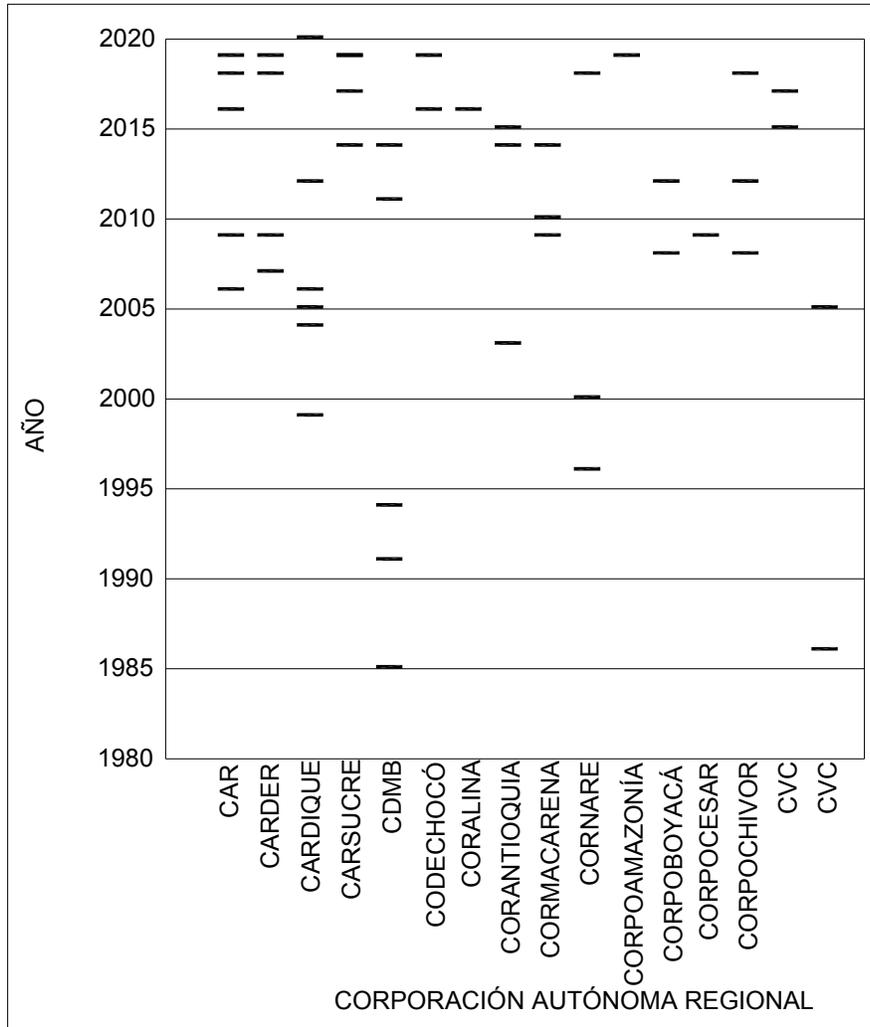


Figura 5. Cantidad de estudios hidrogeológicos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales y fechas de realización. Elaboración propia (2020).

Con el fin de comparar la gestión que las Corporaciones realizan al recurso hídrico en general, se procedió a graficar la cantidad de Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Abastecedoras-POMCAS, los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos-PMAA y estudios hidrogeológicos en general realizados por las Corporaciones (Figura 6), observándose que para el agua superficial, todas las Corporaciones han implementado aunque sea un solo POMCA, mientras que para el agua subterránea se presentan Corporaciones que no han implementado PMAA, ni han ni han realizados estudios hidrogeológicos.

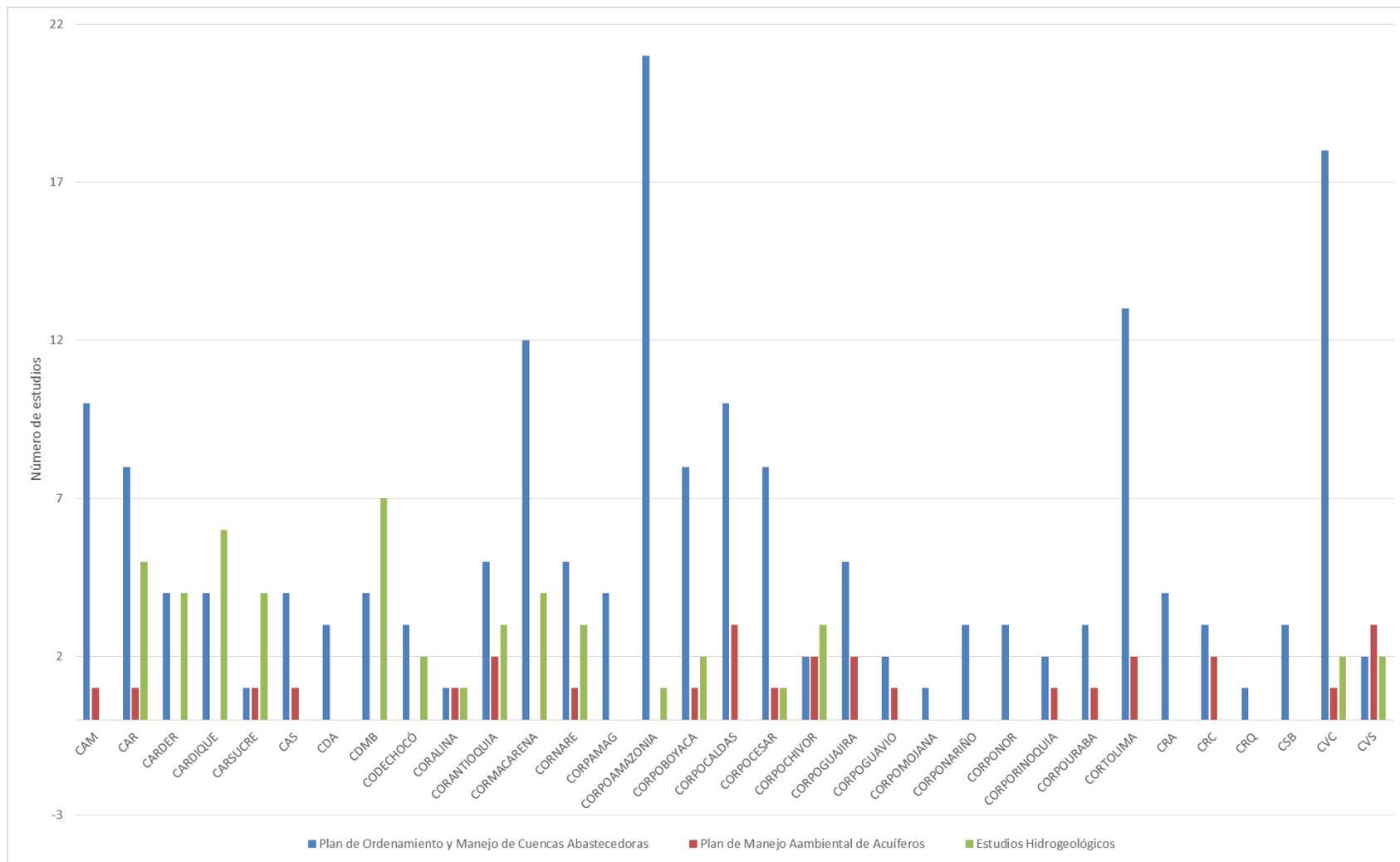
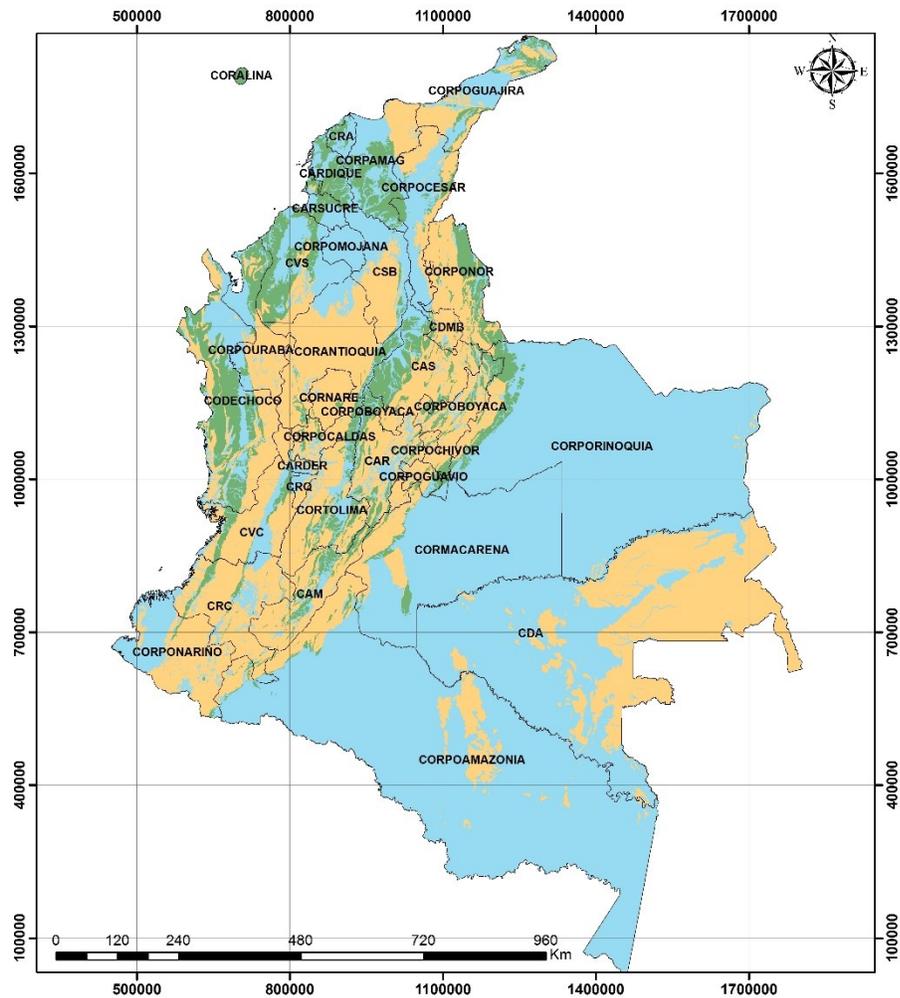


Figura 6. Relación de los planes de manejo para agua superficial, agua subterránea y estudios hidrogeológicos realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales. Elaboración propia (2020).

Finalmente y con el objetivo de definir la oferta de agua subterránea en la jurisdicción de cada Corporación Autónoma Regional, en la presente tesis se realizó la clasificación hidrogeológica de las unidades geológicas definidas por INGEOMINAS (2007), para las cuales, dependiendo del tipo de roca (ígneas, metamórficas o sedimentarias), granulometría, y grado de consolidación (rocas o sedimentos), se les asignó una potencialidad hidrogeológica, teniendo para sedimentos y depósitos y rocas sedimentarias de granulometría media a gruesa tipo areniscas y conglomerados, una clasificación de *Rocas y Sedimentos con Potencial de Almacenar y Transmitir Agua Subterránea por Porosidad Primaria*, mientras que para las rocas calcáreas y algunas rocas sedimentarias consolidadas, se les asignó una clasificación de *Rocas con Potencial para Almacenar y Transmitir Agua Subterránea por Porosidad Primaria y Secundaria*. A las rocas ígneas y metamórficas se les asignaron una clasificación de *Rocas que no Almacenan ni Transmiten Adecuadamente el Agua Subterránea*. Se aclara que, la clasificación anterior se basó en cómo el INGEOMINAS (2000), actualmente SCG, clasifica las unidades hidrogeológicas en el atlas hidrogeológico de Colombia, el cual usa la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) en la Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos, la cual parte, inicialmente del tipo de porosidad, seguido de la capacidad específica de los acuíferos.

En la Figura 7 se presenta la distribución espacial de la potencialidad hidrogeológica de las rocas y sedimentos para el país, además, en la Figura 8 se presenta el porcentaje de distribución de estas, por jurisdicción de cada una de las corporaciones autónomas regionales, observándose de manera general que, para la clase de potencialidad hidrogeológica por porosidad primaria, los mayores porcentajes de extensión areal se presentan en las Corporaciones CORPOMOJANA, CORPORINOQUÍA, CORPOAMAZONÍA y CORMACARENA; para la clase de potencialidad hidrogeológica por porosidad primaria y secundaria, las Corporaciones que mayor porcentaje de extensión areal presentan son CORALINA y CARSUCRE, mientras que para la clase de no potencialidad hidrogeológica “sin tener en cuenta la presencia de porosidad secundaria por fracturas”, las corporaciones con mayor porcentaje areal de esta categoría son CORNARE, CORANTIOQUIA, la CRC, CORPOCESAR y la CDMB.



LEYENDA

- Rocas y sedimentos con potencial de almacenar y transmitir agua subterránea por porosidad primaria
- Rocas con potencial para almacenar y transmitir agua subterránea por porosidad primaria, secundaria
- Rocas que no almacenan ni transmiten adecuadamente el agua subterránea

Figura 7. Distribución del tipo de potencialidad hidrogeológica de las rocas y sedimentos presentes en Colombia (INGEOMINAS, 2007)

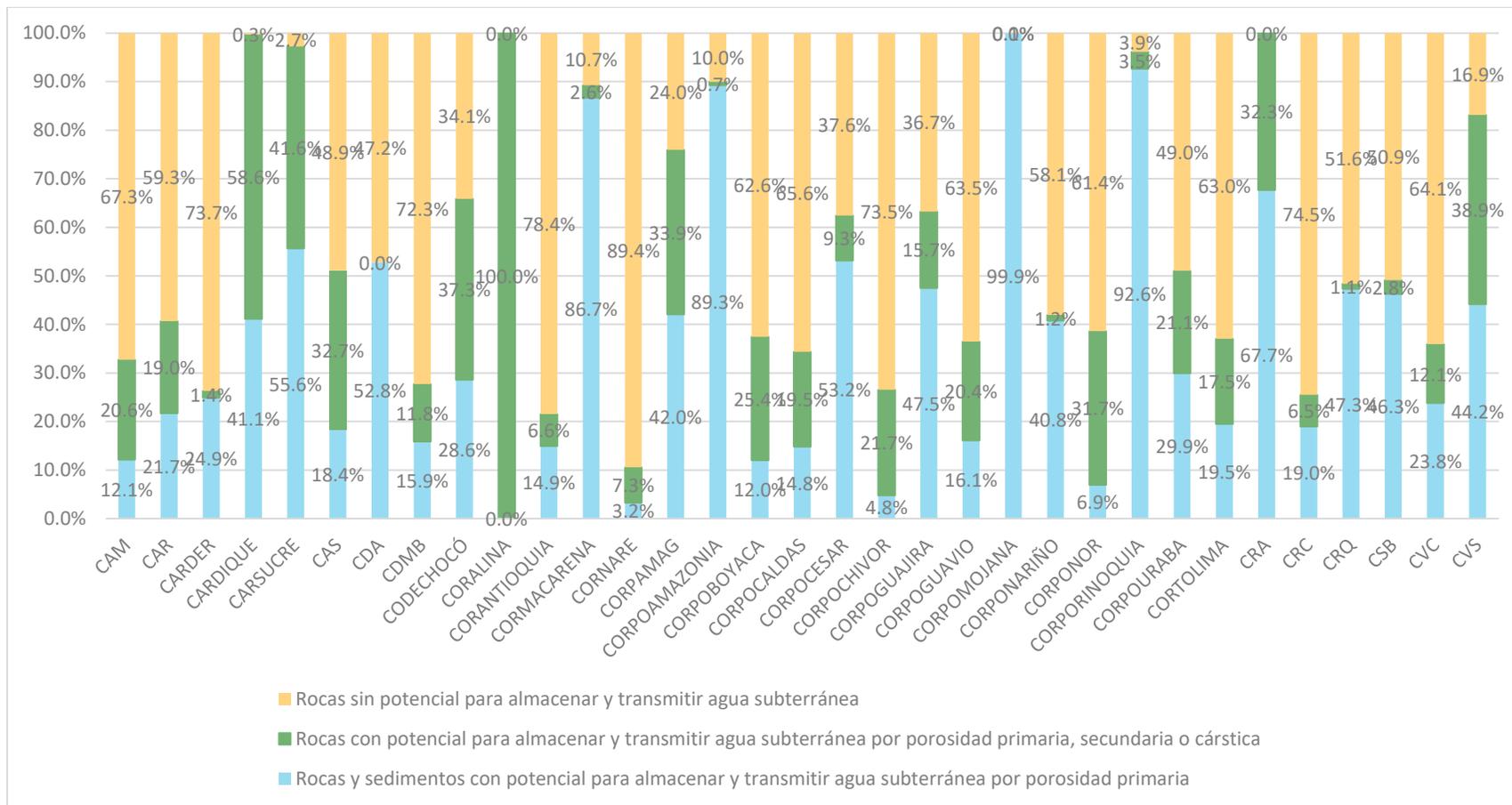


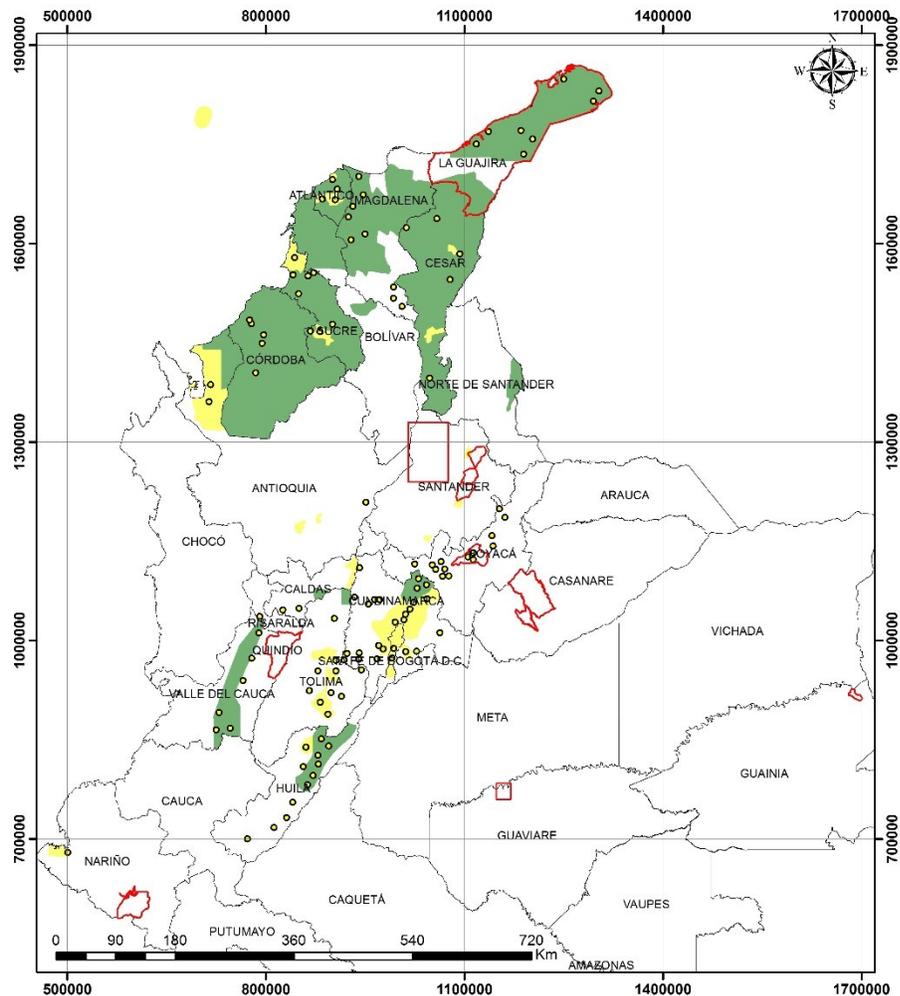
Figura 8. Distribución del tipo de potencialidad hidrogeológica de rocas y sedimentos por Corporación Autónoma Regional. Elaboración propia (2020).

5.4 Servicio Geológico Colombiano-SGC

La respuesta dada por el Servicio Geológico Colombiano a la comunicación de abril/2020, indica que este instituto se ha encargado de la generación de la información técnica de hidrogeología, como inventario de puntos de agua subterránea, prospección geoeléctrica, hidráulica subterránea, hidrogeoquímica, y modelamiento hidrogeológico conceptual, desde la década de los 50, hasta la actualidad.

La compilación de los documentos realizados por el Servicio se ha presentado en dos estudios, el primero, elaborado por el mismo INGEOMINAS (2004, p. 5-6) en su Programa de Exploración de Aguas Subterráneas-PEXAS, en el que se presenta, aparte de la reseña histórica de los estudios de aguas subterráneas elaborados por ellos, la metodología para la exploración y evaluación de aguas subterráneas en Colombia, los criterios geológicos para la definición de la ocurrencia de agua subterránea, entre otros. El segundo estudio fue elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, usado como guía para el diagnóstico del componente de aguas subterráneas en la formulación de la Política Hídrica Nacional, en el que se compiló a ese año, entre otros, todos los estudios realizados por el INGEOMINAS (MAVDT, 2010, p. 29-30). En la Figura 9 se muestra la distribución espacial de los estudios realizados por el SGC, presentándose la escala de trabajo y de adquisición de información, además, si fue compilada antes o después del 2004.

En la Figura 10 se presenta la frecuencia de los estudios hidrogeológicos elaborados por año, mientras que la Figura 11 presenta por departamento, la cantidad de estudios y su año de elaboración. La relación de los estudios hidrogeológicos realizados por el SGC se presenta en el Anexo C. en la Figura 10 se puede apreciar que los estudios realizados por el SGC hasta antes del 2004 tienen gran cobertura e incidencia sobre la costa caribe del país, presentándose algunos estudios en Norte de Santander, el altiplano cundiboyacense, la región andina y la costa nariñense. Posterior a esta fecha, los modelos hidrogeológicos conceptuales elaborados por el Servicio se ubican principalmente en la zona andina, Santander, Casanare Guaviare y Guainía, lugares donde no se había planteado en toda la historia del antiguo INGEOMINAS, la recolección y análisis de información hidrogeológica.



LEYENDA

- Estudios hidrogeológicos realizados después del 2004
- Estudios hidrogeológicos con escala < 1:25.000
- Estudios hidrogeológicos con escala >= 1:25.000
- Estudios hidrogeológicos puntuales

Figura 9. Distribución espacial de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano hasta la fecha. Elaboración propia (2020).

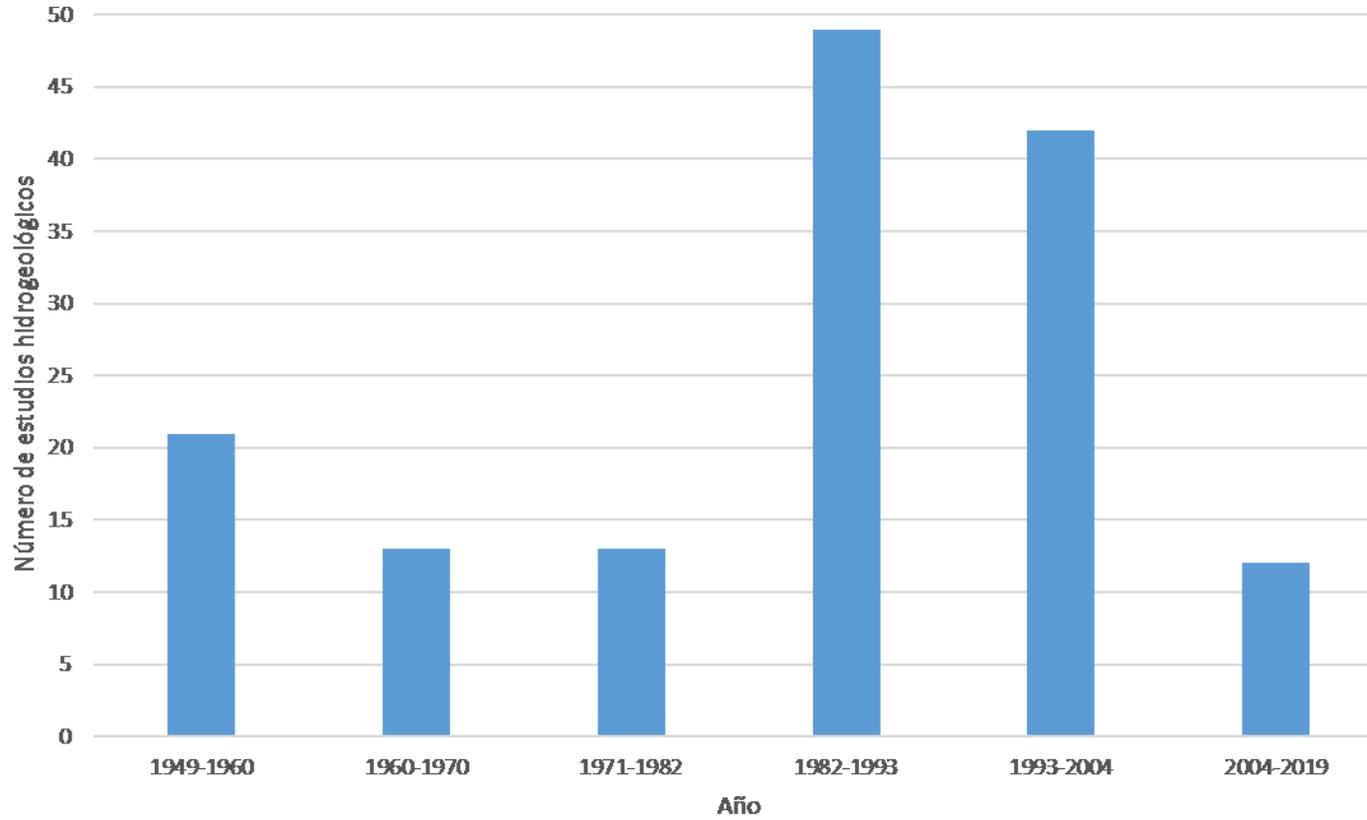


Figura 10. Frecuencia de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano a la fecha. Elaboración propia (2020).

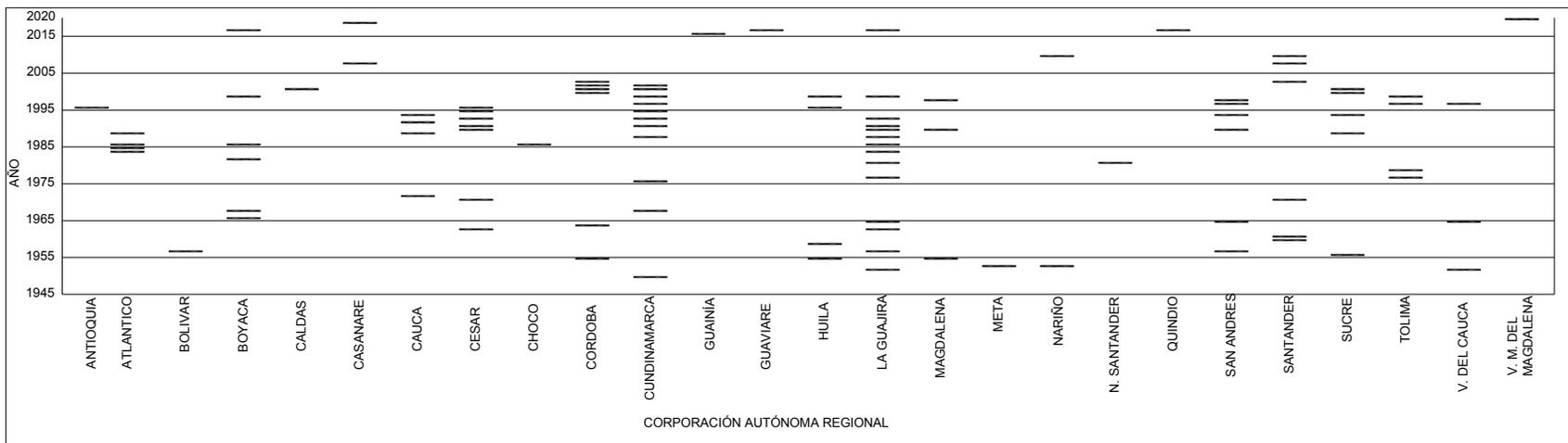


Figura 11. Distribución por departamento de los estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano a la fecha. Elaboración propia (2020).

6. Análisis de resultados

Una vez consultados y revisados los documentos publicados por las entidades seleccionadas, se precedió a realizar el análisis de los informes a los que se tuvo acceso, ya sea porque fueron enviados por ellos en la consulta, o porque se descargaron de sus sitios web.

6.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINAMBIENTE

En cuanto a la gestión del recurso hídrico subterráneo, la Política Nacional de MINAMBIENTE muestra la falencia que presenta el país en cuanto a la planeación de este recurso, mencionando que, solo algunas Corporaciones Autónomas Regionales han realizado algún estudio sobre la oferta hídrica subterránea en sus territorios, sin contar con un inventario actualizado de usuarios del recurso, además que, menos de un 50% de las autoridades ambientales, al 2010, cuentan con estudios, al menos preliminares, sobre el recurso de aguas subterráneas en su jurisdicción, mencionando también que, gran parte de los estudios que usan las autoridades ambientales son elaborados por el SGC y el IDEAM, en escalas y cobertura que no son adecuados para el objeto de la gestión y la planificación del recurso hídrico subterráneo.

El Programa Nacional de Aguas Subterráneas de MINAMBIENTE y del IDEAM se elabora con el fin de definir las problemáticas en el manejo y uso del agua subterránea en el país, partiendo del diagnóstico del conocimiento y la investigación, el fortalecimiento institucional, sistemas de información y programas de monitoreo, manejo y aprovechamiento, formulando el programa con objetivos acorde con los resultados de este diagnóstico, enmarcados con la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico, cuyos resultados se esperarán en un horizonte temporal de mediano a largo plazo (2014 a 2022).

Los proyectos planteados en el Programa Nacional de Aguas Subterráneas cumplen con la estructuración lógica de este tipo de instrumentos, tiene propósitos definidos y orientados, en líneas estratégicas acorde con los resultados del diagnóstico mencionado anteriormente, con metas y actividades cuyos objetivos y resultados buscan complementar las falencias identificadas en la gestión del recurso hídrico subterráneo, sin embargo, no se plantearon indicadores, ni unidad de medida, ni fuentes de verificación, los cuales son de gran importancia a la hora de hacerle seguimiento y evaluación a cada proyecto. Es por esta falta de indicadores que, a la fecha de hoy, no se puede revisar el estado de los proyectos planteados para el mediano plazo.

6.2 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM

El Estudio Nacional del Agua elaborado por IDEAM presenta para las aguas subterráneas, la evolución del conocimiento hidrogeológico en el país, enfocándose en mostrar la actualización de los 62 sistemas acuíferos definidos en ENA 2014, los resultados de las zonas potenciales de recarga de aguas subterráneas y del inventario de puntos de agua subterránea, Sin embargo, este estudio no da pautas para la gestión y/o manejo del agua subterránea en Colombia.

6.3 Corporaciones Autónomas Regionales-CAR

De las Corporaciones Autónomas Regionales se tuvo acceso a un total de doce Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, de los 28 PMAA elaborados por estas Corporaciones. Su evaluación consistió en la revisión y valoración del contenido de los planes de manejo, en comparación con lo solicitado por la guía metodológica en cada una de sus fases, aprestamiento, diagnóstico, formulación, ejecución y seguimiento y evaluación. Los criterios de evaluación y los valores asignados se presentan en el Anexo D, detallándose por fase del Plan de Manejo, cuáles de los ítems a elaborar fueron tenidos en cuenta como punto de partida, la descripción del cumplimiento mínimo, y el valor a asignar.

La mayoría de los Planes de Manejo de Acuíferos evaluados desarrollaron las tres primeras fases, aprestamiento, diagnóstico y formulación, quedando pendiente para todos, los resultados de la ejecución y el seguimiento. Como se observa en la Figura 12, los Planes de Manejo Ambiental realizados por la CAR 2008 (PMA de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica) y por CORPOGUAJIRA 2013 (PMA de agua subterránea en el municipio de Maicao, La Guajira) no presentan fase de aprestamiento, esto debido a que estos planes de manejo ambiental de acuíferos fueron elaborados antes del 2014, año en el que se oficializó la guía metodológica de estos planes. En el Anexo E se presenta para cada uno de los PMAA evaluado, su respectiva valoración.

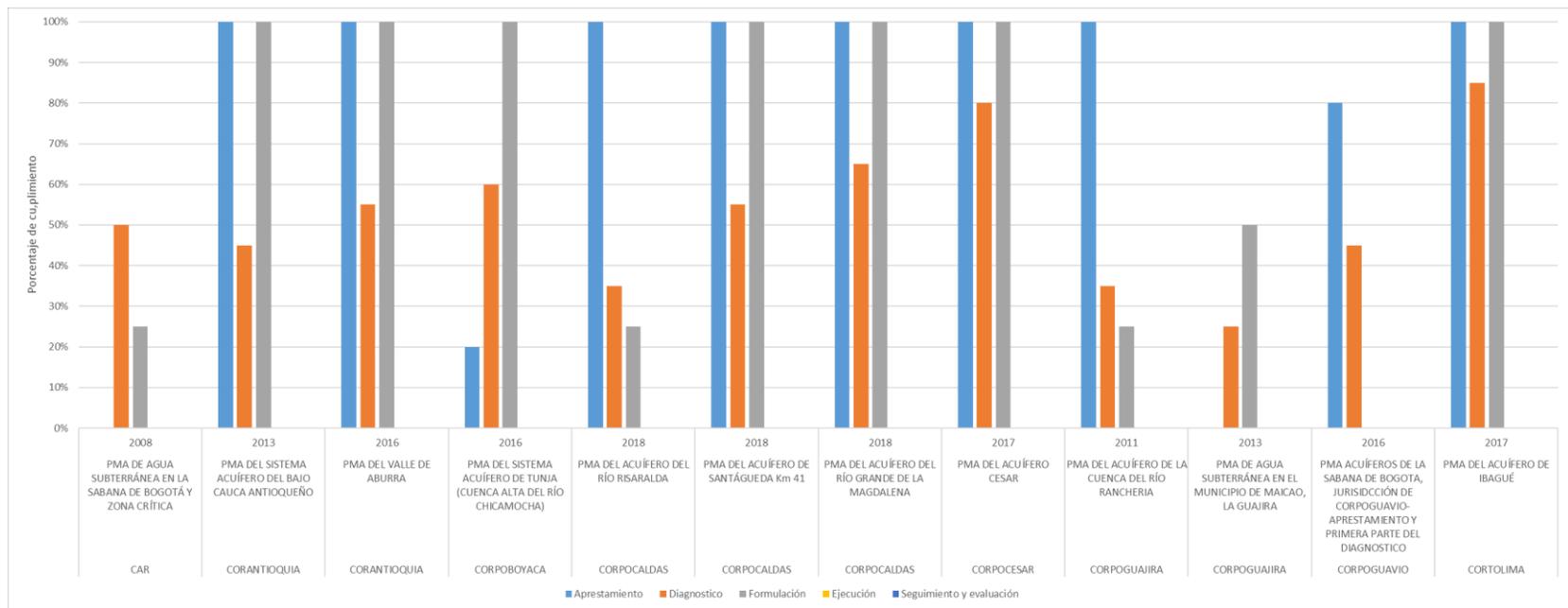


Figura 12. Porcentaje de cumplimiento de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos para las fases de aprestamiento, diagnóstico y formulación. Elaboración propia (2020).

6.3.1 Fase de aprestamiento.

Los Planes de Manejo con fase de aprestamiento cumplen con el 100% de lo exigido por la guía metodológica, con excepción de los planes elaborados por CORPOBOYACÁ 2016, con 20% de cumplimiento, debido a que solo presenta identificación de actores a involucrar en la elaboración del plan, y del plan elaborado por CORPOGUAVIO 2016, con el 80% de cumplimiento ya que en el documento no se relaciona la descripción de los perfiles ni los profesionales a participar en la elaboración del plan de manejo.

6.3.2 Fase de diagnóstico.

En cuanto a la fase de diagnóstico, ninguno de los planes de manejo revisados cumple con el 100% de las actividades exigidas por la guía metodológica, teniéndose cumplimiento de entre el 25 al 85% (Tabla 3). Las actividades desarrolladas en casi todos los planes de manejo son la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, faltando por ser definida en el plan de manejo de la CAR 2008 y el análisis de la oferta y la demanda de agua subterránea, faltante en los planes de manejo de CORPOCALDAS 2008 y CORPOGUAVIO 2016, mientras que las actividades que menos se desarrollaron fueron la delimitación de las zonas de interferencia de pozos, definida en el plan de manejo elaborado por CORTOLIMA 2017 y la delimitación del perímetro de protección de las captaciones, determinado por CAR 2008 y CORPOCESAR 2017.

En general, y de manera consecuente, los planes de manejo de CAR 2008, CORPOCESAR 2017, CORPOGUAVIO 2016 y CORTOLIMA 2017 fueron realizados con escalas de trabajo adecuadas para este tipo de estudio, según lo solicitado en la guía técnica, presentándose en los planes de manejo de CORPOCALDAS 2018 escalas inferiores a los 1:25 000; el resto de planes de manejo no especifican su escala de trabajo ni de recolección de información de campo. Respecto al modelo hidrogeológico conceptual, se cumple en la totalidad por los planes de manejo presentados por CAR 2008, CORPOBOYACÁ 2016, CORPOCALDAS 2018 y CORPOCESAR 2017, quedando actividades pendientes de elaboración en el resto de planes de manejo, como por ejemplo, en el plan elaborado por CORANTIOQUIA 2013 no se realizó inventario de puntos de agua subterránea, pruebas de bombeo ni balance hídrico, en el plan realizado por CORPOCALDAS 2018 no se actualizó el inventario de puntos de agua subterránea, en los planes de manejo de CORPOGUAJIRA 2011 y 2013 no se realizan pruebas de bombeo,

inventario de puntos de agua subterránea actualizado, balance hídrico, direcciones de flujo de agua subterránea, ni modelo hidrogeológico conceptual, en el plan de manejo de CORPOGUAVIO 2016 no se realiza inventario de puntos de agua subterránea, pruebas de bombeo, ni definición de la recarga de acuíferos, y en el plan de manejo elaborado por CORTOLIMA 2017 tampoco se presenta inventario de puntos de agua actualizado y especializado correctamente, ni modelo hidrogeológico conceptual adecuado.

Las zonas de recarga de acuíferos por precipitación fueron definidas en los planes de manejo de CORANTIOQUIA 2016, CORPOBOYACÁ 2016, CORPOCALDAS 2018, CORPOGUAVIO 2016 y CORTOLIMA 2017, sin realizarse en el resto de planes de manejo ambiental evaluados. En relación con la definición del inventario de fuentes potenciales de contaminación sobre los acuíferos, los PMAA elaborados por CORANTIOQUIA 2016, CORPOCALDAS 2018, CORPOCESAR 2017 y CORTOLIMA 2017 presentan su definición, mientras que las restantes Corporaciones evaluadas, no definen estas fuentes.

El diagnóstico participativo se definió en casi todos los planes de manejo evaluados, faltando en los planes de la CAR 2008, CORPOGUAJIRA 2011 y CORPOGIAJIRA 2013. En cuanto a la identificación de la problemática sobre los acuíferos de los 12 planes de manejo ambiental, las corporaciones que la presentan son CAR 2008, CORANTIOQUIA 2013, CORPOBOYACÁ 2016, CORPOCESAR 2016, CORPOGUAJIRA 2011 y CORTOLIMA 2017.

Tabla 3. Porcentaje de cumplimiento para las actividades realizadas en la fase de diagnóstico dentro de los Planes de Manejo Ambiental de los Acuíferos. Elaboración propia (2020).

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL	CAR	CORANTIOQUIA	CORANTIOQUIA	CORBOYACA	CORPOCALDAS	CORPOCALDAS	CORPOCALDAS	CORPOCESAR	CORPOGUAJIRA	CORPOGUAJIRA	CORPOGUAVIO	CORTOLIMA
Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos	PMA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SABANA DE BOGOTÁ Y ZONA CRÍTICA	PMA DEL SISTEMA ACUÍFERO DEL BAJO CAUCA ANTOQUEÑO	PMA DEL VALLE DE ABURRA	PMA DEL SISTEMA ACUÍFERO DE TUNJA (CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA)	PMA DEL ACUÍFERO DEL RÍO RISARALDA	PMA DEL ACUÍFERO DE SANTÁGUEDA Km 41	PMA DEL ACUÍFERO DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA	PMA DEL ACUÍFERO CESAR	PMA DEL ACUÍFERO DE LA CUENCA DEL RÍO RANCHERÍA	PMA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE MAICAO, LA GUAJIRA	PMA ACUÍFEROS DE LA SABANA DE BOGOTÁ, JURISDICCIÓN DE CORPOGUAVIO- APRESTAMIENTO Y PRIMERA PARTE DEL DIAGNOSTICO	PMA DEL ACUÍFERO DE IBAGUÉ
Elemento del diagnóstico	2008	2013	2016	2016	2018	2018	2018	2017	2011	2013	2016	2017
*Escala 1:25.000 o mayores	100	0	0	0	0	50	50	100	0	0	100	100
*Información base para la construcción del MHC (Inventario, prospección geofísica, análisis hidrológico, recarga, calidad e hidrogeoquímica, hidráulica de pozos)	100	50	50	100	50	100	100	100	50	50	50	50
*Zonas de recarga por precipitación	0	0	100	100	0	0	100	0	0	0	100	100
*Análisis de la oferta y demanda del A. Subt	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100
*Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
*Inventario de fuentes potenciales de contaminación	0	0	100	0	100	100	100	100	0	0	0	100
*Perímetro de protección de captaciones	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
*Zonas de interferencia de pozos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
*Diagnostico participativo	0	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100
*Identificación de problemáticas sobre el acuífero (riesgo por contaminación, riesgo por agotamiento y conflictos por el uso)	100	100	0	100	0	0	0	100	100	0	0	100

- *Escala 1:25.000 o mayores
- *Información base para la construcción del MHC (Inventario, prospección geofísica, análisis hidrológico, recarga, calidad e hidrogeoquímica, hidráulica de pozos)
- *Zonas de recarga por precipitación
- *Análisis de la oferta y demanda del A. Subt
- *Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación
- *Inventario de fuentes potenciales de contaminación
- *Perímetro de protección de captaciones
- *Zonas de interferencia de pozos
- *Diagnostico participativo
- *Identificación de problemáticas sobre el acuífero (riesgo por contaminación, riesgo por agotamiento y conflictos por el uso)

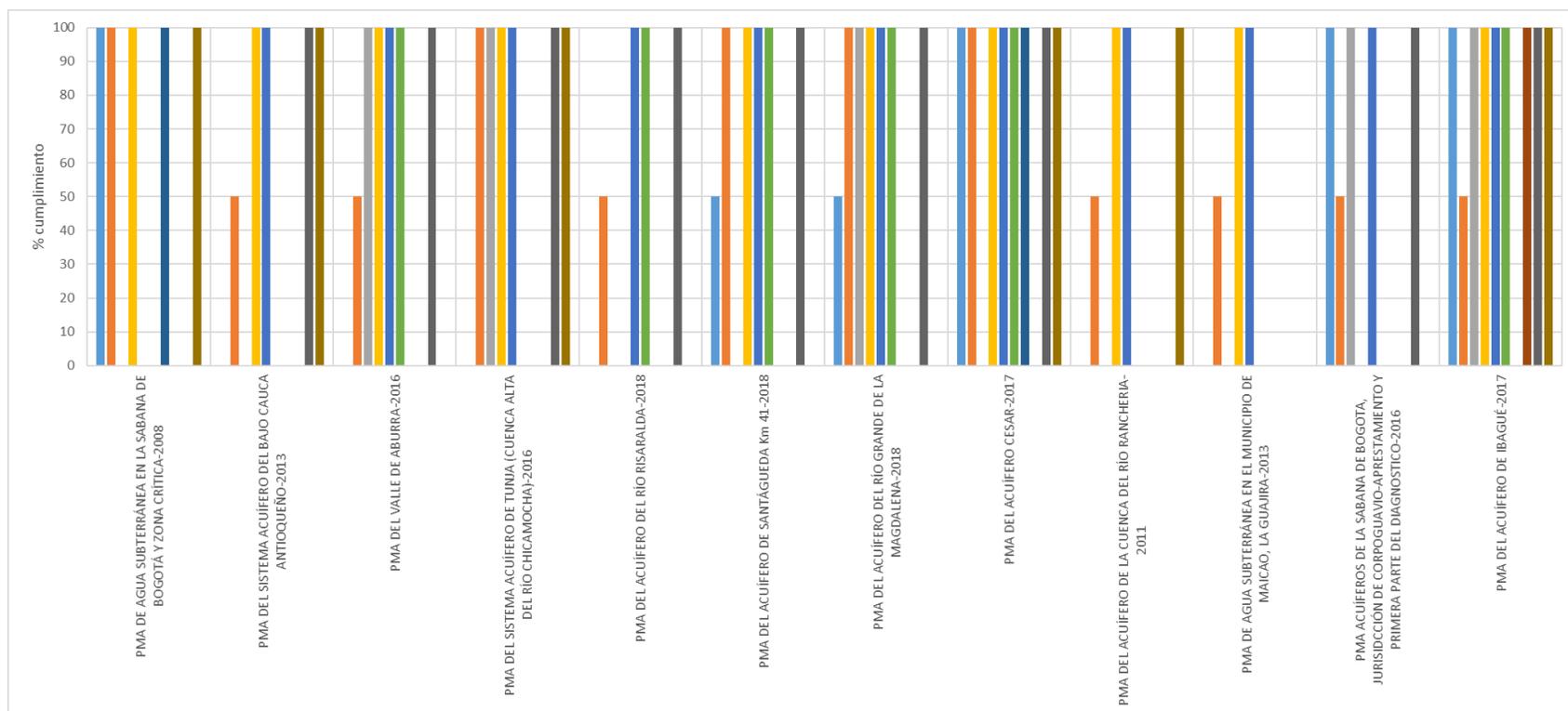


Figura 13. Porcentaje de cumplimiento de las actividades de la fase de diagnóstico en los PMAA evaluados. Elaboración propia (2020).

6.3.3 Fase de formulación

Para la fase de formulación se tuvo en cuenta dos aspectos principales, la estructuración de los proyectos y los indicadores planteados. Para el primero se revisó que los proyectos tuvieran un objetivo, una meta, un estado de referencia y los responsables, mientras que los indicadores plantados deberían tener frecuencia de medición, unidad de medida, fuentes de verificación y los resultados esperados. La valoración de ambos aspectos dependió de si se presentaban o no los proyectos e indicadores, y de la calidad de estos, si la estructuración de los proyectos cumplía con la guía metodológica o si su planteamiento se hizo sin seguir la metodología propuesta.

De los 12 planes de manejo de acuíferos revisados, solo CORPOGAVIO 2016 no presentó fase de formulación. Del resto de Corporaciones evaluadas, cuatro no cumplen con la totalidad de los requisitos revisados, teniendo que, para el plan de manejo elaborado por CORPOGUAJIRA 2013, esta fase tiene un cumplimiento del 50%, debido a que presentan proyectos sin metas, ni responsables, con indicadores sin frecuencia, ni unidad de medida. El plan de manejo de CAR 2008, con un porcentaje de cumplimiento del 25%, presenta proyectos si metas, ni estado de referencia, ni responsables, además no presenta indicadores. El plan de manejo de CORPOCALDAS 2018 con porcentaje de cumplimiento de 25%, presenta proyectos sin metas, ni estado de referencia y no presenta indicadores y finalmente, el plan de manejo de CORPOGUAJIRA 2011, también con un 25% de cumplimiento, presenta proyectos solo con justificación, sin objetivos, metas, estado de referencia, responsables, ni indicadores. En la Figura 14 se presenta el porcentaje de cumplimiento de esta fase, de los dos ítems evaluados, presentación de proyectos y presentación de indicadores, aclarando que los porcentajes de esta figura están ponderados a las dos actividades mencionadas

Para los proyectos evaluados no se tiene la forma de realizar su seguimiento ya que como se mencionó anteriormente, no fue posible contar con los resultados de las fases de ejecución y seguimiento, debido a que, en los sitios web de las Corporaciones consultadas, no se encuentran disponibles.

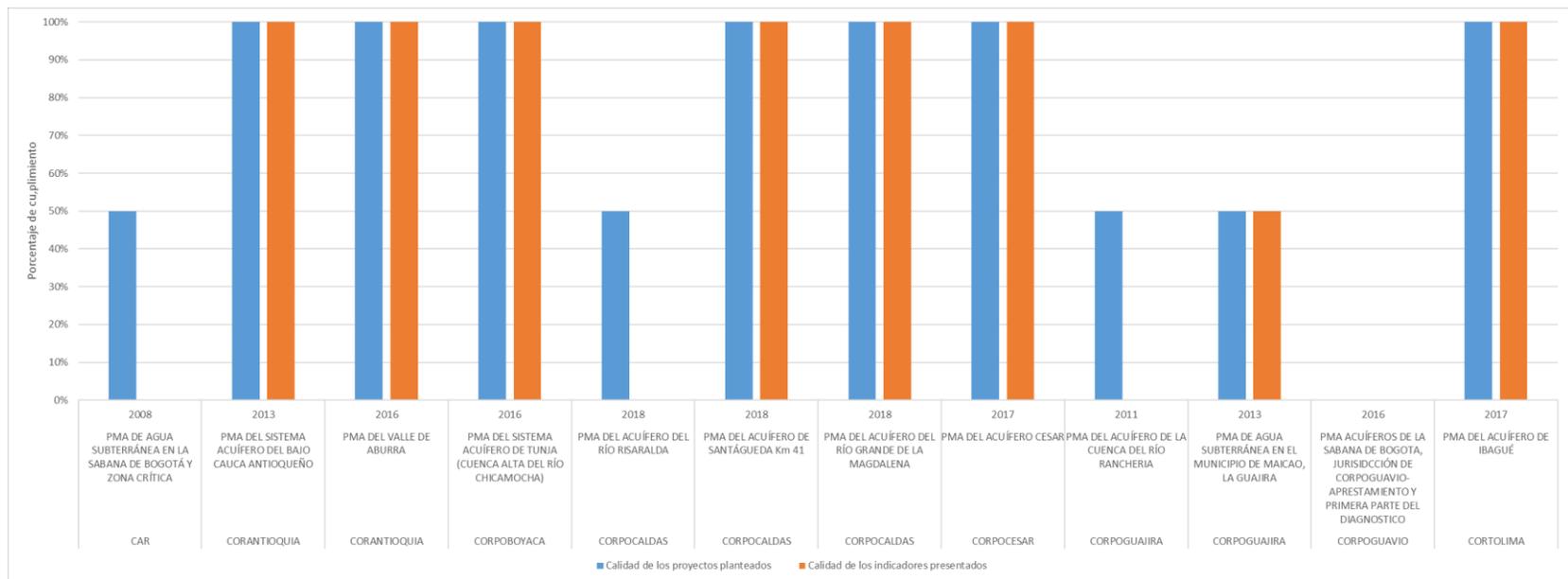


Figura 14. Porcentaje de cumplimiento en la fase de formulación en los PMAA evaluados. Elaboración propia (2020).

6.4 Servicio Geológico Colombiano-SGC

Para evaluar la gestión del Servicio Geológico Colombiano en cuanto a la adquisición de información hidrogeológica en los estudios que desarrolla, se revisaron, siguiendo los lineamientos del Programa de Exploración de Agua Subterránea-PEXAS realizado por este instituto, los estudios y/o modelos hidrogeológicos regionales elaborados después del año 2004 (año de su publicación), los cuales se listan en la Tabla 4. Esta evaluación parte de las fases que recomienda este Programa para la elaboración de estudios regionales a escala 1:50 000 a 1:250 000, definiendo para ello, los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta en la adquisición, recopilación y procesamiento de la información geológica, geofísica, climática, hidráulica, entre otra. En el Anexo F se presenta, para cada una de estas fases, la actividad a evaluar, su criterio de calificación y su valor a asignar.

Tabla 4. Estudios hidrogeológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano evaluados. Elaboración propia (2020).

Título del estudio	Departamento	Año	Escalas
Estudio Hidrogeológico de la zona piloto Maní, Casanare (En revisión)	CASANARE	2007	1:25 000 1:50 000
Hidrogeología de la Región de la Mesa de los Santos y sector noreste de Curití, en el Departamento de Santander (En revisión)	SANTANDER	2007	1:25 000
Investigación geológica e hidrogeológica en el Macizo de Santander (En revisión)	SANTANDER	2007	1:25 000
Evaluación Hidrogeológica Regional del Altiplano Nariñense (En revisión)	NARIÑO	2009	1:100 000
Investigación geológica e hidrogeológica en la Zona Guanentina en el Departamento de Santander (En revisión)	SANTANDER	2009	1:25 000
Modelo hidrogeológico del área de Inírida	GUAINÍA	2015	1:50 000
Modelo hidrogeológico de Boyacá Centro	BOYACÁ	2016	1:100 000

Título del estudio	Departamento	Año	Escalas
Modelo hidrogeológico del área de san José del Guaviare	GUAVIARE	2016	1:50 000
Modelo hidrogeológico del departamento de La Guajira	LA GUAJIRA	2016	1:250 000
Modelo hidrogeológico de la zona sur del eje cafetero departamento del Quindío	QUINDIO	2016	1:100 000
Modelo hidrogeológico conceptual del municipio de El Yopal departamento de Casanare	CASANARE	2018	1:100 000
Modelo hidrogeológico conceptual Valle Medio del Magdalena Planchas 108 y 119 Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí	VALLE MEDIO DEL MAGDALENA	2019	1:100 000

En la evaluación se identifican dos tipos de proyectos hidrogeológicos, las evaluaciones regionales como las realizadas en Santander y Nariño, y los modelos hidrogeológicos conceptuales realizados en Boyacá, Casanare, Guainía, Guaviare, La Guajira, Quindío y el Valle Medio del Magdalena (Santander), aclarando que la evaluación se puntualizó sobre los modelos hidrogeológicos, ya que estos contienen la mayoría de fases propuestos por el PEXAS.

Las evaluaciones hidrogeológicas regionales están conformadas por la hidrogeología de la región de la Mesa de los Santos y sector noreste de Curití del año 2007, por la investigación geológica e hidrogeológica en el Macizo de Santander del año 2007, por la investigación geológica e hidrogeológica en la Zona Guanentina del año 2009 y por la evaluación hidrogeológica regional del Altiplano Nariñense del año 2009, los cuales definen zonas de importancia hidrogeológica basadas en una muy buena cartografía geológica, en inventarios de puntos de agua subterránea completos y detallados, realizados en varios periodos climáticos, en la definición de la recarga potencial por precipitación y en la adquisición de prospección geofísica, para el caso de estudio de Nariño.

Detalladamente, para los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados según lo establecido en el PEXAS, se pudo definir que en ninguno de estos se estableció red de monitoreo de agua subterránea, ni zonas de recarga, ni origen, ni medidas de protección, además no se calculó la

vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, ni se realizó modelo hidrogeológico numérico.

En relación con las fases que se realizaron en los documentos evaluados (Figura 15), se pudo definir puntualmente que todos los estudios contaron con cartografía geológica a escala adecuada, entre 1:50 000 a 1:250 000, realizándose actualización y revisión de campo de esta en los estudios de la Guajira, Quindío, El Yopal y el Valle Medio del Magdalena. En cuanto a la prospección geofísica, los modelos de Guainía, La Guajira, Quindío y El Yopal tienen escala de recolección de sondeos eléctricos verticales adecuada, con definición del modelo geofísico, mientras que los modelos del Valle Medio del Magdalena y Guaviare, no tienen adecuada escala de recolección de información geofísica; el modelo de Boyacá no define modelo geofísico y en el modelo de Maní no presenta escala adecuada de recolección de información, no generan información de prospección nueva y no definen modelo geofísico.

Todos los modelos elaborados realizaron inventario de puntos de agua subterránea en escala acorde con los objetivos del proyecto, usando el Formato Único Nacional de Aguas Subterráneas-FUNIAS- como herramienta para la recolección de información en campo, con modelo hidrogeoquímico definido adecuadamente mediante la elaboración de diagramas Stiff y Piper. Todos los estudios con excepción al de Maní realizaron pruebas de bombeo a caudal constante con duración y caudales acorde con la metodología planteada en el PEXAS; este estudio tampoco presentó evaluación hidrológica con definición de la cuantificación de la recarga.

Finalmente, solo en los modelos de Boyacá, La Guajira, Quindío y El Yopal perforaron pozos de exploración para corroborar el modelo hidrogeológico conceptual, el cual fue definido correctamente en los modelos de Boyacá, La Guajira, Quindío, El Yopal y el Valle Medio del Magdalena, mientras que los modelos de Maní, Guaviare y Guainía, el modelo hidrogeológico conceptual fue concebido con falta de descripción de la información recopilada. La valoración de los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados se presenta en el Anexo G.

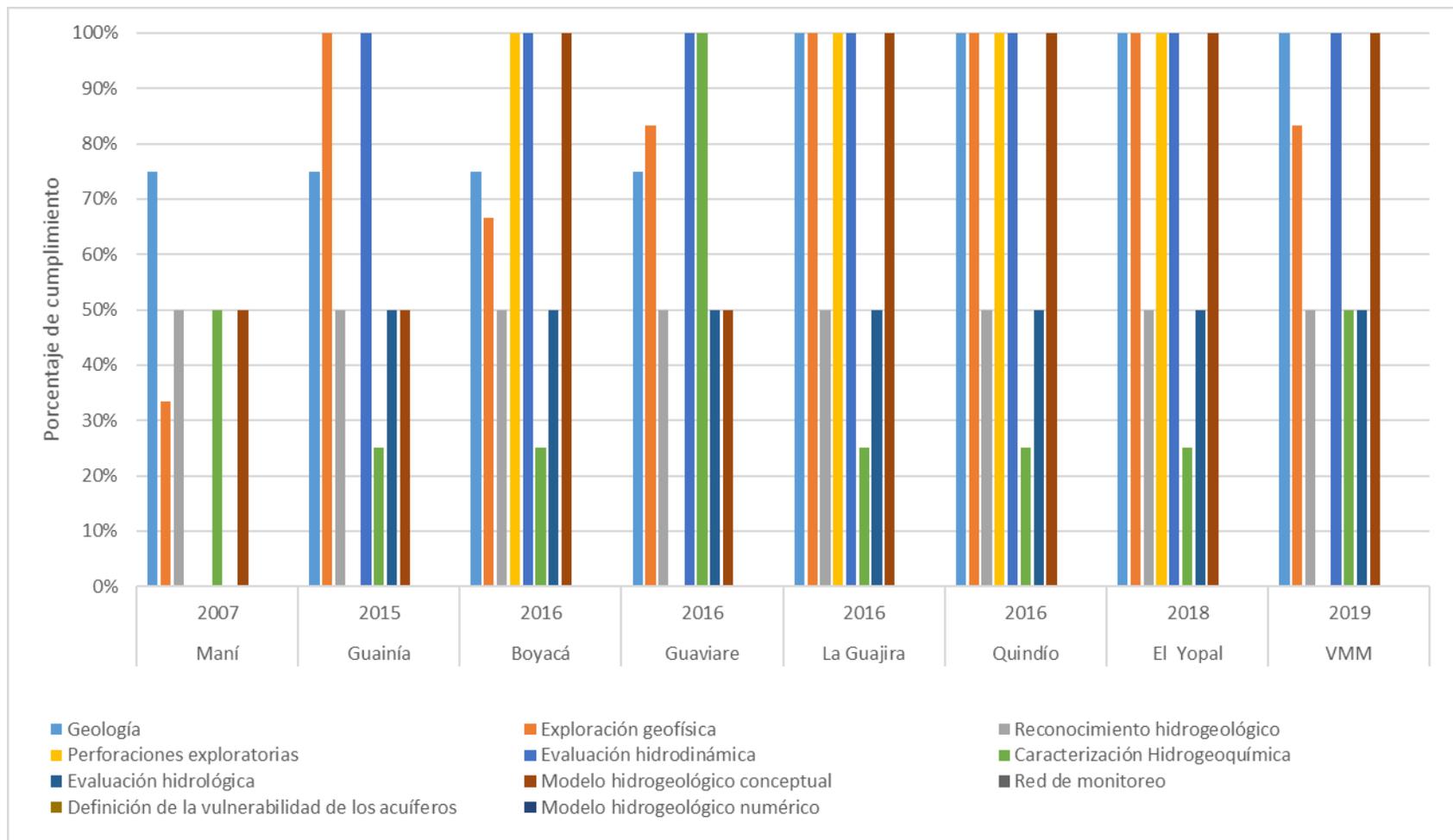


Figura 15. Porcentaje de cumplimiento de los modelos hidrogeológicos conceptuales para las fases del PEXAS. Elaboración propia (2020).

7. Conclusiones y recomendaciones

El recurso hídrico subterráneo en Colombia es de gran importancia, ya que entre el 65% a 75% de su territorio presenta sedimentos, rocas sedimentarias y volcanosedimentarias que poseen potencial de almacenar y transmitir el agua subterránea por porosidad primaria, a esta condición especial cabe destacar la posición geotectónica y ambiental privilegiada que propicia que rocas con baja importancia hidrogeológica, como consecuencia del fracturamiento asociado a estructuras tectónicas regionales y locales puedan presentar características acuíferas por porosidad secundaria generada por fracturamiento y/o disolución o por la combinación de los dos fenómenos.

Debido a la variabilidad climática y las condiciones hidrológicas del país, se presenta escases de agua superficial en algunas regiones, teniéndose que recurrir a la exploración de agua subterránea, la cual se hace algunas veces de manera inadecuada, por este motivo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su Política Nacional para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos busca orientar mediante el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas.

Tanto el Ministerio de Ambiente Sostenible como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, el Servicio Geológico Colombiano, y las Corporaciones Autónomas Regionales tienen, planes, programas y actividades, cuyo objeto es gestionar las aguas subterráneas, ya sea desde su planificación, monitoreo o adquisición de información hidrogeológica.

7.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia

Los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos son la herramienta más importante que tiene el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la gestión del recurso hídrico subterráneo. Estos parten de la necesidad definida en la formulación de la Política Hídrica en cuanto al bajo nivel de administración y planificación del recurso, así como el escaso conocimiento y baja preparación técnica y profesional de los funcionarios de las autoridades ambientales.

Las fases propuestas para la elaboración de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos cumplen con las expectativas de la gestión integral del recurso hídrico, ya que involucran un equipo técnico competente, actores necesarios para su implementación y ejecución, un diagnóstico de la información hidrogeológica de la región acorde con la oferta, demanda, conflictos y problemáticas locales, una definición de medidas a implementar traducidas en proyectos y actividades que solucionen estos conflictos, el desarrollo de estos proyectos y su respectivo seguimiento y evaluación.

Por otro lado, el Programa Nacional de Aguas Subterráneas de MINAMBIENTE y del IDEAM se elabora con el fin de definir las problemáticas en el manejo y uso del agua subterránea en el país, buscando dar soluciones mediante el planteamiento de proyectos que cumplan con la estructuración lógica de este tipo de instrumentos, los cuales tienen propósitos definidos en líneas estratégicas acorde con las problemáticas definidas, con metas y actividades cuyos objetivos y resultados buscan complementar las falencias identificadas en la gestión del recurso hídrico subterráneo.

En cuanto a este Programa se recomienda la definición de indicadores con su respectivo horizonte temporal y resultados a entregar, ya que, al no presentarse, no se tiene el control a la fecha actual de cuales de los resultados se deberían tener. Según este Programa el horizonte temporal es de mediano a largo plazo (2014 a 2022).

Aunque la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA no fue tenida en cuenta en la presente evaluación por sus funciones como tal, de ente encargado que vigilar que los proyectos sujetos de licenciamiento ambiental cumplan con la normativa ambiental, se considera que la información hidrogeológica que esta Autoridad recopila en los diferentes instrumentos de licenciamientos es de gran importancia, por tal motivo se recomienda al Servicio Geológico Colombiano y a las Corporaciones Autónomas Regionales, usar mencionada información en los modelos hidrogeológicos regionales y los planes de manejo ambiental de acuíferos que respectivamente realizan.

7.2 Corporaciones Autónomas Regionales y la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia

El acceso a la información de planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales presentaron complicaciones para su obtención digital, ya que algunas Corporaciones no los tiene montados en sus sitios web, están incompletos o aparecen en

otros sitios institucionales, como el caso del aprestamiento y primera fase de diagnóstico Sistema Acuífero en el municipio de Guasca, Cundinamarca, 2016 de CORPOGUAVIO, que pese a que en la respuesta dada por esta Corporación, se mencionaba que no contaban con este instrumento de planificación, en la página de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres se pudo descargar el plan parcial.

La evaluación de los doce Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos se desarrolló teniendo en cuenta los solicitado por la guía técnica para la elaboración de estos Planes, la cual propone su implementación en cinco fases, aprestamiento, diagnóstico, formulación, ejecución y seguimiento, de los cuales, ninguno de los planes evaluados desarrolló y presentó las dos últimas fases y solo dos Planes de Manejo, no presentan fase de aprestamiento.

Los planes que presentan la fase de aprestamiento la cumplen en el 100% de lo exigido por la guía metodológica, con excepción de los planes elaborados por CORPOBOYACÁ 2016, con 20% de cumplimiento, debido a que solo presenta identificación de actores a involucrar en la elaboración del plan, y del plan elaborado por COPROGUAVIO 2016, con el 80% de cumplimiento ya que en el documento no se relaciona la descripción de los perfiles, ni los profesionales a participar en la elaboración del plan de manejo.

En la fase de diagnóstico ninguno de los planes de manejo revisados cumple con el 100% de las actividades exigidas por la guía metodológica. Las actividades desarrolladas en casi todos los planes de manejo son la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, y el análisis de la oferta y la demanda de agua subterránea. Las actividades que menos se desarrollaron fueron la delimitación de las zonas de interferencia de pozos y la delimitación del perímetro de protección de las captaciones.

La escala de trabajo de recolección de información de los planes de manejo solo es especificada en cinco de los doce analizados, usándose la escala 1:25 000 en cinco de estos planes. El modelo hidrogeológico conceptual se cumple en la totalidad en cuatro de los planes de manejo revisados, quedando actividades pendientes de elaboración en el resto de planes de manejo.

Algunos de los aspectos más importantes por resaltar en la conformación del modelo hidrogeológico conceptual son: cuatro planes no realizan o no actualizan el inventario de puntos de agua subterránea, cuatro planes no realizan pruebas de bombeo, dos planes no

realizan balance hídrico, un plan no define la dirección del flujo de agua subterránea, un plan no define la recarga de acuíferos y dos planes no definen adecuadamente el modelo hidrogeológico conceptual.

En relación con la definición del inventario de fuentes potenciales de contaminación sobre los acuíferos, de los doce planes revisados, cuatro planes lo presentan, mientras que, el diagnóstico participativo se definió en nueve de los planes revisados, identificando la problemática sobre los acuíferos solo en seis de los doce planes de manejo ambiental presentados.

La fase de formulación faltó por presentación en el plan de manejo de CORPOGAVIO 2016, sin cumplirse el 100% de los requisitos revisados en cuatro de los restantes once planes de manejo ambiental. Las falencias se refieren a que se presentan proyectos sin metas, sin indicadores, ni responsables, algunos indicadores sin frecuencia, ni unidad de medida.

En relación con las Corporaciones Autónomas Regionales se recomienda el montaje en sus páginas web de toda la información hidrogeológica disponible, para su futura consulta y descarga, además se recomienda la publicación de los resultados de las fases de ejecución y seguimiento, ya que algunos planes de manejo han sido elaborados con tiempo suficiente para que estos resultados ya estén elaborados y entregados.

También se recomienda la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos realizados antes de la publicación de la guía metodológica, puesto que estos no cumplen con el desarrollo adecuado de las cinco fases propuestas, presentando información desactualizada en especial, en la fase de aprestamiento y diagnóstico.

7.3 Servicio Geológico Colombiano y la gestión del recurso hídrico en Colombia

La evaluación del papel que juega el Servicio Geológico Colombiano en la gestión del agua subterránea en el país se realizó con base en los modelos hidrogeológicos conceptuales y evaluaciones regionales elaborados por ellos a partir del año 2004. Esta evaluación se realizó siguiendo los lineamientos del Programa, partiendo de las fases que recomienda para la elaboración de estudios regionales a escala 1:50 000 a 1:250 000, definiendo para ello, los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta en la adquisición, recopilación y procesamiento de la información geológica, geofísica, climática, hidráulica, entre otra.

El análisis se ejecutó en las evaluaciones regionales realizadas en Santander y Nariño, y en los modelos hidrogeológicos conceptuales realizados en Boyacá, Casanare, Guainía, Guaviare, La Guajira, Quindío y el Valle Medio del Magdalena (Santander).

Las evaluaciones regionales definen zonas de importancia hidrogeológica basadas en cartografía geológica detallada, en inventarios de puntos de agua subterránea completos, en la definición de la recarga potencial por precipitación y en la adquisición de prospección geofísica, para el caso de estudio de Nariño

Los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados no establecieron red de monitoreo de agua subterránea, ni zonas de recarga, ni origen, ni medidas de protección, además no calcularon la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, ni realizaron modelo hidrogeológico numérico, además cuentan con cartografía geológica a escala entre 1:50.000 a 1:250.000, actualizándose y revisándose en campo en cuatro de los estudios revisados.

La prospección geofísica tiene adecuada escala de recolección de información y elaboración de modelos geofísicos completos en cuatro de los doce modelos revisados, teniendo el resto, mal distribución de sondeos, modelos geofísicos con falta en su definición y descripción o la no presentación de esta información.

Todos los modelos elaborados realizaron inventario de puntos de agua subterránea en escala acorde con los objetivos del proyecto, pruebas de bombeo y modelo hidrogeoquímico definido adecuadamente, faltando los dos últimos aspectos solo en un modelo revisado.

El modelo hidrogeológico conceptual fue definido correctamente en los modelos de Boyacá, La Guajira, Quindío, El Yopal y el Valle Medio del Magdalena, mientras que los modelos de Maní, Guaviare y Guainía, el modelo hidrogeológico conceptual fue concebido con falta de descripción de la información recopilada; para corroborar estos modelos hidrogeológicos conceptuales, en los estudios de Boyacá, La Guajira, Quindío y El Yopal, perforaron pozos de exploración.

En cuanto a la información revisada del Servicio Geológico Colombiano se recomienda la aplicación de técnicas geostadísticas para la definición y determinación de líneas de igual valor en actividades como el inventario de puntos de agua subterránea e hidrogeoquímica,

además se recomienda profundizar en las metodologías de aspectos como las pruebas de bombeo y profundizar en el análisis y resultados de la hidrogeoquímica.

También se recomienda que se realice la definición de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, el establecimiento de zonas de recarga y las medidas de protección de los acuíferos, ya que estos aspectos ayudan a la planificación y toma de decisiones por parte de entes territoriales que puedan consultar los modelos y estudios realizados por el Servicio.

7.4 Evaluación del estado actual de la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia

La información es uno de los activos más importantes que tienen las entidades públicas, ya que permite tomar decisiones basadas en datos y evidencias ajustadas a los contextos, además facilita que las operaciones, actividades, planes, programas y proyectos se ejecuten eficaz y efectivamente a partir de fuentes de información que soporten las mismas. En ese orden de ideas, el acceso a la información pública como derecho fundamental, se convierte en una de las dimensiones más relevantes en la planeación y gestión de las entidades públicas, en tanto permite la articulación interna en todo el ciclo de la gestión, encaminada a decisiones más informadas.

De manera general, los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible cumplen con los objetivos de la gestión integral del recurso hídrico, en este caso, con el subterráneo, ya que coordinan el agua, la tierra que la almacena, las personas que la usan, y los entes estatales que deben protegerla y vigilarla, siendo estos últimos los encargados de su gestión y planificación.

En los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos evaluados se observó el compromiso por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales por implementarlos de manera adecuada, contratando en la mayoría de los casos, universidades públicas para su elaboración, sin embargo, en ciertas partes de su desarrollo se presentan falencias, sobre todo en las fases de diagnóstico, ejecución y seguimiento, siendo estas dos últimas fases las encargadas de realizar y retroalimentar los proyectos y actividades planteadas para el manejo y gestión del agua subterránea en la jurisdicción de la Corporación.

Se recomienda a estas Corporaciones buscar la forma de integrar la información hidrogeológica que recopila el sector privado y las diferentes universidades del país, así la

verificación de que los resultados obtenidos en los PMAA implementados, estén siendo tomados por los municipios en sus diferentes instrumentos de ordenamiento territorial. El trabajo que viene realizando el Servicio Geológico Colombiano en cuanto a la adquisición de información hidrogeológica base es adecuado para la escala de investigación, cuyos resultados están acorde con lo planteado en la guía de referencia para la elaboración de los modelos hidrogeológicos conceptuales regionales, teniendo en cuenta que muchos de estos estudios son la base técnica para la fase de diagnóstico en algunos Planes de Manejo Ambiental de acuíferos formulados por las Corporaciones Autónomas Regionales.

Finalmente, y una vez definido que las autoridades ambientales encargadas de la gestión del agua subterránea en el país son las Corporaciones Autónomas Regionales, se puede concluir que existe una falta de interés significativa, ya que, de acuerdo con la revisión de información de oferta de agua subterránea en Colombia, hay muchas Corporaciones que tienen acuíferos importantes en su jurisdicción, para los cuales no se ha iniciado el proceso de planificación ambiental, adicionando que, en algunos de esos casos, se presentan problemas de desabastecimiento de agua potable. Por tal motivo se recomienda implementar en estas Corporaciones una fase inicial de diagnóstico antes del inicio de la implementación del PMAA, la cual consiste en un inventario de puntos de agua subterránea detallado, con el que se definirían usos, usuarios, conflictos por el uso, fuentes potenciales de contaminación y problemáticas generales de los acuíferos captados. Este inventario servirá en el futuro PMAA para definir entre otros, actores a involucrar en el plan de manejo, oferta y demanda de agua subterránea.

8. Referencias

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución política de Colombia*. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html

Calderón, L., Londoño O. y Maldonado, L. (2016). *Guía para construir estados del arte*. Bogotá: ICONK.

Congreso de la República de Colombia. (1973). *Ley 23 de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf

Congreso de la República de Colombia. (Enero 24 de 1979). *Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias* Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html

Congreso de la República de Colombia. (Diciembre 30 de 1986). *Ley 79 de 1986. Por la cual se provee a la conservación del agua y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col24254.pdf>

Congreso de la República de Colombia. (Noviembre 2 de 1988). *Ley N° 46 de 1988. Por la cual se crea y organiza el sistema nacional para la prevención y atención de desastres, se otorga facultades extraordinarias al presidente de la República y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_hbarahona_Desktop_Monica+R_normas+pag+web_ley+46+de+1988.pdf/7990561a-63f5-4927-9c91-fad4e81383a7

Congreso de la República de Colombia. (Febrero 27 de 1990). *Ley 29 de 1990. Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias*. Recuperado de:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=254>

Congreso de la República de Colombia. (Julio 28 de 1992). *Ley 12 de 1992. Por medio de la cual se aprueba el Protocolo para la Conservación y Administración de las Areas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste, firmado en Paipa, Colombia, el 21 de septiembre de 1989*. Recuperado de:
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0012_1992.html

Congreso de la República de Colombia. (22 de diciembre de 1993). *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*. Recuperado de: https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2016). *Plan de manejo ambiental del sistema acuífero de Tunja (Cuenca Alta del Río Chicamocha)*. Recuperado de
<http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2018/10/cartilla-acuifero-tunja.pdf>

Corporación Autónoma Regional de Caldas. (2016). *Plan de manejo ambiental del acuífero del Río Grande de la Magdalena*.

Corporación Autónoma Regional de Caldas. (2016). *Plan de manejo ambiental del acuífero del Río Risaralda*.

Corporación Autónoma Regional de Caldas. (2018). *Plan de manejo ambiental del acuífero de Santágueda Km 41*.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. (2013). *Plan de manejo ambiental del sistema acuífero del Bajo Cauca Antioqueño*. Recuperado de <http://www.corantioquia.gov.co/Documentos%20compartidos/Informe%20Final%20PMAA-Bajo%20Cauca-Fase%20II.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. (2016). *Plan de manejo ambiental del Valle de Aburra*.

Corporación Autónoma Regional del Cesar. (2017). *Plan de manejo ambiental del acuífero Cesar*.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2008). *Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica*. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b451edfc78f9.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Guavio. (2016). *Plan de manejo ambiental acuíferos de la Sabana de Bogotá, jurisdicción de Corpoguavio-aprestamiento y primera parte del diagnóstico*.

Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2011). *Plan de manejo ambiental de agua subterránea en el municipio de Maicao, La Guajira*. Recuperado de http://corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/483/PMA%20MAICAO.pdf

Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2013). *Plan de manejo ambiental del acuífero de la cuenca del Río Ranchería*. Recuperado de http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/1180/Informe%20Final%20PMAA%20Fase%20I.pdf

Corporación Autónoma Regional del Tolima (2016). *Plan de manejo ambiental del acuífero de Ibagué*.

- De Bermoudes, O. (Julio de 2009). *Evaluación hidrogeológica regional del Altiplano Nariñense*. Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Recuperado de <http://recordcenter.sgc.gov.co/B10/22005000018097/documento/pdf/2105180971101000.pdf>
- Díaz, E., Contreras, N., Pinto, J., Velandia, F., Morales, C., Hincapié, G. (Enero – julio de 2009). *Hidrogeología de la región de la Mesa de los Santos y sector noreste de Curití, en el departamento de Santander (En revisión)*. Boletín de Geología Vol. 31, N° 1. Recuperado de <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Hidrogeolog%C3%ADa%20de%20la%20regi%C3%B3n%20de%20la%20Mesa%20de%20los%20Santos%20y%20sector%20noreste%20de%20Curit%C3%AD%2C%20en%20el%20departamento%20de%20Santander>
- Foster, S y Garduño H. (s.f.). *Gestión apropiada del recurso hídrico subterráneo en América Latina. Lecciones de experiencias internacionales*. Revista Aqua-LAC - Año 1 - No.1. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/images/AquaLAC-Numero1-Vol1-7-19.pdf>
- Global Water Partnership and International Network of Basin Organizations. (2012). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. Recuperado de <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/the-handbook-for-integrated-water-resources-management-in-transboundary-basins-of-rivers-lakes-and-aquifers-inbo-gwp-2012-spanish.pdf>
- Ideam. (2019). *Estudio nacional del agua 2018*. Recuperado de http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2015). *Principios básicos para el conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en Colombia*.

Recuperado de

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023541/Principios.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos*. Recuperado de

<https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/acuiferos/Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-planes-de-manejo-ambienta-de-acuiferos.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Programa nacional de aguas subterráneas-PNASUB*. Recuperado de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/acuiferos/programa-nacional-de-aguas-subterraneas>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico*. Recuperado de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/direccion-integral-de-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>

Presidencia de la República de Colombia. (Julio, 17 de 1940). *Decreto 1381 de 1940. Sobre aprovechamiento, conservación y distribución de aguas nacionales de uso público*.

Recuperado de: <http://www.suin->

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1276576](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1276576)

Presidencia de la República de Colombia. (27 de enero de 1975). *Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de*

Protección al Medio Ambiente. Recuperado de:

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html

Presidencia de la República de Colombia. (Junio 27 de 1977). *Decreto 1449 de 1977. Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974*. Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legisla%3C%3Bn_del_agua/Decreto_1449_de_1977.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (Julio 10 de 1978). *Decreto 1337 de 1978. Por el cual se reglamentan los artículos 14 y 17 del Decreto - ley 2811 de 1974*. Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8263>

Presidencia de la República de Colombia. (Julio 28 de 1978). *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*. Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1250>

Presidencia de la República de Colombia. (Agosto 2 de 1979). *Decreto 1875 de 1979. Por el cual se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y otras disposiciones*. Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1875_1979.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (Octubre 13 de 1981). *Decreto 2857 de 1981. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1550>

Presidencia de la República de Colombia. (Junio 26 de 1984). *Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 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 - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos*. Recuperado de:

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1594_de_1984.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (18 de septiembre de 1984). *Decreto 2324 de 1984. Por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria.*

Recuperado de:

https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/normatividad/dl2_3241984.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (Julio 27 de 1994). *Decreto 1603 de 1994. Por el cual se organizan y establecen los Institutos de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", el Instituto Amazónico de Investigaciones "Sinchi" y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "John von Neumann".* Recuperado de:

<https://www.lexbase.co/lexdocs/decretos/1994/d1603de1994>

Presidencia de la República de Colombia. (27 de julio de 1994). *Decreto 1600 de 1994. Por el cual se reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental (SINA) en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación Ambiental y de Información Ambiental.*

Recuperado de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/536020/Decreto+1600+de+1994.pdf/1a4cdc-a5-fc09-43bc-93ce-5845c818ec2e>

Presidencia de la República de Colombia. (Marzo 1 de 2000). *Decreto 347 de 2000. Por el cual se modifica la Comisión Colombiana de Oceanografía y se dictan otras disposiciones.* Recuperado de: [http://www.suin-](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1079002)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1079002](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1079002)

Observatorio legislativo - Instituto de Ciencia Política. (Abril de 2006). *Ley del agua.*

Boletín N°. 43. Recuperado de <http://www.icpcolombia.org/dev/wp-content/uploads/2016/08/2006.04.01-Boleti%CC%81n-43-Ley-del-agua.pdf>

Servicio Geológico Colombiano. (2007). *Atlas geológico de Colombia. Escala 1:500.000.*

Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=atlas%20geol%C3%B3gico%20de%20colombia%20escala%201%3A500%2E000>

Servicio Geológico Colombiano. (2004). *Programa de exploración de aguas subterráneas*.

Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Programa%20de%20exploraci%C3%B3n%20de%20aguas%20subterr%C3%A1neas>

Servicio Geológico Colombiano. (2007). *Investigación geológica e hidrogeológica en la Zona Guanentina en el departamento de Santander (en revisión)*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Investigaci%C3%B3n%20geol%C3%B3gica%20e%20hidrogeol%C3%B3gica%20en%20la%20Zona%20Guanentina%20en%20el%20departamento%20de%20Santander>

Servicio Geológico Colombiano. (2010). *Investigación geológica e hidrogeológica en el Macizo de Santander (en revisión)*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Investigaci%C3%B3n%20geol%C3%B3gica%20e%20hidrogeol%C3%B3gica%20en%20el%20Macizo%20de%20Santander>

Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Modelo hidrogeológico del área de Inírida*.

Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20del%20%C3%A1rea%20de%20In%C3%ADrida>

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Modelo hidrogeológico del área de san José del Guaviare*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20del%20%C3%A1rea%20de%20san%20Jos%C3%A9%20del%20Guaviare>

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Modelo hidrogeológico del departamento de La Guajira*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20del%20departamento%20de%20La%20Guajira>

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Modelo hidrogeológico de la zona sur del eje cafetero departamento del Quindío*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20de%20la%20zona%20sur%20del%20eje%20cafetero%20departamento%20del%20Quind%C3%ADo>

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Modelo hidrogeológico de Boyacá Centro*.

Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20de%20Boyac%C3%A1%20Centro>

Servicio Geológico Colombiano. (2018). *Modelo hidrogeológico conceptual del municipio de El Yopal departamento de Casanare*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20conceptual%20del%20municipio%20de%20El%20Yopal%20departamento%20de%20Casanare>

Servicio Geológico Colombiano. (2019). *Modelo hidrogeológico conceptual Valle Medio del Magdalena Planchas 108 y 119 Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí*. Recuperado de

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=Modelo%20hidrogeol%C3%B3gico%20conceptual%20Valle%20Medio%20del%20Magdalena%20Planchas%20108%20y%20119%20Puerto%20Wilches%2C%20Barrancabermeja%2C%20Sabana%20de%20Torres%20y%20San%20Vicente%20de%20Chucur%C3%AD>

Solanes, M. y Jouravlev, A. (Octubre de 2005). *Integrando economía, legislación y administración en la gestión del agua y sus servicios en América Latina y el Caribe*. CEPAL - SERIE Recursos naturales e infraestructura N° 101. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6297/S05779_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Veloza, J.A., Morales, C.J. (Enero - julio de 2009). *Estudio hidrogeológico e hidrogeoquímico en el municipio de Maní, departamento de Casanare*. Boletín de Geología Vol. 31, N° 1. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/boge/v31n1/v31n1a05.pdf>

Anexo A. Respuestas dadas por las diferentes entidades consultadas

Anexo B. Base de datos con información del envío de comunicado en las Corporaciones
Autónomas Regionales

Anexo C. Base de datos de estudios hidrogeológicos elaborados por el Servicio Geológico Colombiano

Anexo D. Matriz de evaluación y calificación de los planes de manejo ambiental de acuíferos revisados

Anexo E. Valoración para los planes de manejo ambiental de acuíferos evaluados

Anexo F. Matriz de evaluación y calificación de los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados

Anexo G. Valoración para los modelos hidrogeológicos conceptuales evaluados