

Propuesta de creación del Instituto de Investigación del Agua como unidad académica al  
interior de la Universidad de Cartagena

Francisco Javier Cifuentes Cortissoz

Trabajo de Grado para Optar el Título de Magíster en Gerencia de Negocios

Director

Nicolás Santos Santos

Magister en Hidrocarburos

Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales  
Maestría en Gerencia de Negocios-MBA  
Bucaramanga  
2026

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Generalidades del proyecto</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2 Justificación</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivo General</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4 Objetivos Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>2. Marco conceptual y contextual</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Situación actual del agua</b> .....	<b>16</b>
2.1.1 Disponibilidad y distribución del agua en el mundo .....	16
2.1.2 Distribución y acceso al recurso hídrico a nivel mundial .....	17
2.1.2.1 Distribución del agua en Colombia .....	21
2.1.3 Diagnóstico de la situación actual del estrés hídrico .....	22
2.1.4 Tensiones y conflictos globales asociados al agua .....	27
<b>2.2 La sostenibilidad del recurso hídrico en el contexto global de cambio climático</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3 Agua y objetivos de Desarrollo Sostenible</b> .....	<b>39</b>
2.3.1 ODS 6 en Colombia .....	43
<b>2.4 Marco institucional y normativo del agua en Colombia</b> .....	<b>45</b>
2.4.1 Marco institucional .....	55
<b>3. Análisis del entorno</b> .....	<b>63</b>
<b>3.1 Análisis PESTEL</b> .....	<b>64</b>
3.1.1 Factor político .....	64
3.1.2 Factor económico .....	69

3.1.3 Factor social .....	67
3.1.4 Factor tecnológico.....	69
3.1.5 Factor ambiental.....	70
3.1.6 Factor legal.....	72
<b>3.2 Stakeholders .....</b>	<b>74</b>
<b>3.3 Análisis DOFA.....</b>	<b>85</b>
3.3.1 Fortalezas... ..	86
3.3.2 Debilidades .....	89
3.3.3 Oportunidades .....	88
3.3.4 Amenazas... ..	89
<b>4. Propuesta de valor del instituto .....</b>	<b>92</b>
<b>4.1 Nombre.....</b>	<b>92</b>
<b>4.2 Misión y visión.....</b>	<b>93</b>
4.2.1 Misión .....	93
4.2.2 Visión .....	94
<b>4.3 Objetivos .....</b>	<b>96</b>
4.3.1 Objetivo general.....	96
4.3.2 Objetivos específicos .....	99
<b>4.4 Estructura organizacional.....</b>	<b>99</b>
<b>4.5 Líneas de investigación estratégicas .....</b>	<b>107</b>
4.5.1 Gestión y planificación integral del recurso hídrico .....	108
4.5.2 Monitoreo, caracterización y evaluación de la calidad del agua .....	109
4.5.3 Tecnologías de tratamiento de agua y reúso .....	110

4.5.4	Análisis de riesgos, contingencias y restauración de ecosistemas acuáticos .....	112
4.5.5	Sistemas de información, indicadores y análisis espacial del agua .....	113
<b>5.</b>	<b>Análisis de mercado y sostenibilidad financiera .....</b>	<b>114</b>
<b>5.1</b>	<b>Análisis de la oferta y demanda de servicios .....</b>	<b>114</b>
5.1.1	Análisis de la demanda de servicios .....	114
5.1.2	Análisis de la oferta de servicios .....	119
<b>5.2</b>	<b>Análisis de mercado y sostenibilidad financiera .....</b>	<b>124</b>
5.2.1	Segmentación de usuarios y beneficiarios .....	124
5.2.2	Demanda potencial de servicios.....	125
5.2.3	Análisis de la competencia y diferenciación.....	127
5.2.4	Estrategia de sostenibilidad financiera.....	129
5.2.5	Estrategia de mitigación de riesgos.....	132
5.2.6	Indicadores de sostenibilidad.....	133
<b>5.3</b>	<b>Plan de implementación .....</b>	<b>133</b>
5.3.1	Fase de instalación .....	134
5.3.2	Fase de expansión .....	136
5.3.3	Fase de internacionalización .....	137
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>139</b>
	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>140</b>

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Disponibilidad y acceso al agua en diferentes regiones del planeta</i> .....	19
Tabla 2 <i>Ranking nivel de estrés hídrico América Latina y el Caribe</i> .....	26
Tabla 3 <i>Efectos regionales del cambio climático</i> .....	34
Tabla 4 <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i> .....	39
Tabla 5 <i>Metas e indicadores ODS 6</i> .....	40
Tabla 6 <i>Cumplimiento ODS 6</i> .....	43
Tabla 7 <i>Marco normativo para la gestión del recurso hídrico</i> .....	46
Tabla 8 <i>Análisis PESTEL</i> .....	73
Tabla 9 <i>Mapa de actores</i> .....	81
Tabla 10 <i>Matriz DOFA</i> .....	90
Tabla 11 <i>Proyecciones financieras 2025-2030</i> .....	131
Tabla 12 <i>Indicadores de sostenibilidad</i> .....	133
Tabla 13 <i>Cronograma general de implementación de actividades</i> .....	139

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Distribución del agua total en el mundo</i> .....	17
Figura 2 <i>Reserva de agua dulce en el mundo por región</i> .....	18
Figura 3 <i>Zonificación hidrográfica de Colombia</i> .....	21
Figura 4 <i>Niveles de estrés hídrico por país</i> .....	24
Figura 5 <i>Mapa global de estrés hídrico por cuenca principal, con fronteras nacionales</i> .....	24
Figura 6 <i>Sectores económicos dominantes en la extracción de agua</i> .....	27
Figura 7 <i>Cambio en las temperaturas globales</i> .....	31
Figura 8 <i>Crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera</i> .....	32
Figura 9 <i>Tendencias de escenarios en la disponibilidad del agua por el cambio climático</i> .....	35
Figura 10 <i>Interacción que guarda el agua con otros de los principales sectores socio-económicos afectados por el cambio climático</i> .....	38
Figura 11 <i>Población mundial urbana y rural sin agua potable, saneamiento básico y servicios de higiene gestionados de forma segura</i> .....	42
Figura 12 <i>Marco institucional</i> .....	56
Figura 13 <i>Competencias de gestión del agua. Ley 99 de 1993</i> .....	63
Figura 14 <i>Estructura institucional general de la Universidad de Cartagena</i> .....	101
Figura 15 <i>Estructura orgánica de la Vicerrectoría de Investigación</i> .....	103
Figura 16 <i>Estructura organizacional del INAG</i> .....	105

## Resumen

**Título:** Propuesta de la creación del Instituto del Agua como unidad académica al interior de la Universidad de Cartagena\*

**Autor:** Francisco Javier Cifuentes Cortissoz\*\*

**Palabras Clave:** Agua, Gestión hídrica, Sostenibilidad, Universidad de Cartagena

**Descripción:** La crisis hídrica que enfrenta el Caribe colombiano, marcada por la escasez, la contaminación de las fuentes y la débil capacidad institucional de gestión exige la creación de soluciones innovadoras desde la academia. Este trabajo de grado tiene como objetivo diseñar la propuesta de creación del Instituto de Investigación del Agua (INAG) como unidad académica de la Universidad de Cartagena, concebido bajo un enfoque territorial, interdisciplinario y de articulación universidad–empresa–Estado.

La metodología incluyó un diagnóstico regional del recurso hídrico, el análisis del marco institucional y normativo, estudios de mercado de la oferta y demanda de servicios especializados, así como la aplicación de herramientas estratégicas como el análisis PESTEL y la matriz DOFA. Se formularon misión, visión, objetivos, estructura organizacional y líneas estratégicas de investigación, acompañadas de proyecciones financieras y fases de implementación. Los resultados evidencian que la creación del INAG es pertinente y viable, al ofrecer una plataforma institucional para generar conocimiento aplicado, fortalecer capacidades técnicas y científicas, y consolidar alianzas estratégicas con el sector productivo, entidades gubernamentales y la cooperación internacional. De esta manera, el INAG se proyecta como un referente regional y nacional en la gestión sostenible del recurso hídrico, contribuyendo al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 y a la seguridad hídrica en Colombia.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Nicolás Santos Santos. Magister en Hidrocarburos.

### Abstract

**Título:** Propuesta de la creación del Instituto del Agua como unidad académica al interior de la Universidad de Cartagena\*

**Author:** Francisco Javier Cifuentes Cortissoz\*\*

**Keywords:** Water, Water management, Sustainability, University of Cartagena.

**Description:** The water crisis affecting the Colombian Caribbean, characterized by scarcity, pollution of water sources, and limited institutional management capacity, calls for innovative solutions led by academia. This thesis aims to design the proposal for the creation of the Water Research Institute (INAG) as an academic unit of the University of Cartagena, conceived under a territorial and interdisciplinary approach, and framed within the university–industry–government triple helix model. The methodology included a regional diagnosis of water resources, analysis of the institutional and regulatory framework, market studies on the supply and demand of specialized services, and the application of strategic tools such as PESTEL analysis and the SWOT matrix. The proposal defined mission, vision, objectives, organizational structure, and strategic research lines, supported by financial projections and phased implementation. The results demonstrate that the creation of INAG is both relevant and feasible, providing an institutional platform for applied knowledge generation, strengthening technical and scientific capacities, and fostering strategic partnerships with the productive sector, government agencies, and international cooperation. Consequently, INAG is envisioned as a regional and national benchmark for sustainable water management, contributing to the achievement of Sustainable Development Goal 6 and to water security in Colombia.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Nicolás Santos Santos. Magister en Hidrocarburos.

## **Introducción**

El agua, fuente natural de vida, es un recurso estratégico indispensable para el desarrollo humano, así como para el progreso socioeconómico y la sostenibilidad ambiental. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha señalado que la crisis mundial del agua es uno de los principales retos del siglo XXI, al estar estrechamente vinculada con la seguridad alimentaria, la salud pública, la equidad social y la sostenibilidad de los ecosistemas (ONU-Agua, 2021). En Colombia, y particularmente la región Caribe, perduran brechas significativas en el acceso, calidad y gestión integral de los recursos hídricos, lo cual afecta de manera directa el bienestar de la población y la competitividad territorial (IDEAM, 2021; World Bank, 2020).

La Universidad de Cartagena, en el marco de su misión y visión institucional, tiene el compromiso de contribuir a la transformación social, la producción de conocimiento y la solución de problemas críticos de su entorno regional (Universidad de Cartagena, 2020). En este contexto, la creación del Instituto del Agua (INTAG) se plantea como una estrategia que articulará la investigación científica, la extensión a las comunidades y una herramienta de consultoría especializada, orientada a abordar los principales desafíos del recurso hídrico en la región.

El presente trabajo de grado de la Maestría en Gerencia de Negocios busca fundamentar la viabilidad del INTAG mediante un plan de negocios, que combina un análisis estratégico, estimaciones financieras y el marco normativo, con el fin de establecer una hoja de ruta para su implementación, sostenibilidad y pertinencia en el mediano y largo plazo.

El Instituto estará estructurado en torno a tres líneas de investigación que responden a las problemáticas más críticas identificadas en el Caribe colombiano:

1. Acceso y calidad de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales y urbanas.
2. Contaminación de fuentes hídricas por minería, agricultura y vertimientos industriales.
3. Riesgo hídrico y cambio climático de la cuenca Caribe de Colombia.

Estas líneas además de orientar la agenda investigativa, también serán el centro de la oferta de proyectos de extensión, alianzas estratégicas y servicios especializados del INTAG.

## **1. Generalidades del proyecto**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Colombia atraviesa una crisis estructural en la gestión de sus recursos hídricos, la cual se manifiesta a lo largo de todo el ciclo del agua: desde la captación y el uso, hasta el tratamiento y la disposición final. La contaminación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas, ocasionada por actividades extractivas, industriales, agropecuarias y urbanas, ha deteriorado de manera sostenida la calidad del agua, por lo cual se ha puesto en riesgo la salud de las poblaciones, los ecosistemas y la sostenibilidad de los sectores productivos.

Esta problemática es especialmente crítica en regiones como la Caribe, en donde la presión sobre el recurso hídrico es creciente y la capacidad institucional para su manejo presenta limitaciones. Uno de los factores más relevantes de esta crisis radica en la débil gobernabilidad del agua. La falta de coordinación interinstitucional, la desarticulación entre políticas públicas sectoriales y ambientales, y la escasa transferencia de conocimiento científico y tecnológico hacia los tomadores de decisiones, han generado un entorno caracterizado por la ineficiencia, la fragmentación normativa y la falta de mecanismos efectivos de articulación.

A esto se suma la limitada articulación entre universidad, empresa y Estado que ha impedido consolidar capacidades técnicas y científicas que respondan de forma pertinente a los desafíos territoriales en materia de agua. En este sentido, diversos sectores productivos contribuyen a la crisis hídrica debido al incumplimiento de obligaciones de tratamiento de aguas residuales y uso ineficiente del recurso.

En el sector ganadero, la expansión de la ganadería bovina ha generado tensiones en el uso y conservación del agua. El acceso sin restricciones del ganado a quebradas y ríos provoca erosión de las riberas, sedimentación y un aumento de contaminantes biológicos (como coliformes fecales) en las fuentes hídricas. La contaminación del agua producida por la producción pecuaria “provoca una pérdida de valor del agua para el suministro y contribuye al agotamiento del recurso” (FAO, 2009).

En el ámbito urbano, la concentración poblacional en ciudades ejerce una presión considerable sobre los recursos hídricos disponibles. La infraestructura de alcantarillado y tratamiento no ha crecido al ritmo de urbanización, resultando en que gran parte de las aguas residuales municipales se descarguen sin tratamiento adecuado. Razón por la cual, en el país solamente se tratan de forma segura el 18,8% de las aguas residuales domésticas, siendo el porcentaje más bajo entre los países latinoamericanos (OCDE, 2025).

En el sector de hidrocarburos, conlleva la extracción de grandes volúmenes de agua asociada al crudo, cuyo manejo representa altos costos y potenciales impactos ambientales. Por ejemplo, Ecopetrol reportó en 2016 un promedio de 11,6 barriles de agua producida por cada barril de petróleo extraído (Ortega Ramirez et al., 2019), lustrando la magnitud del desafío. Esta “agua de producción” suele contener químicos y residuos del proceso de extracción; su inadecuado tratamiento o disposición puede contaminar suelos y cuerpos de agua.

Además, el elevado volumen de agua a gestionar afecta directamente la rentabilidad del sector por los costos de tratamiento necesarios (Ortega Ramirez et al., 2019). Si no se implementan prácticas de reúso y tecnologías de tratamiento en la industria petrolera, estos vertimientos continuarán representando un riesgo significativo para acuíferos y ecosistemas cercanos a las operaciones de extracción.

Estas condiciones, lejos de ser excepcionales, son recurrentes y reflejan la ausencia de una estrategia integrada, eficaz y territorialmente contextualizada para la gestión del agua. En este contexto, la Universidad de Cartagena, por su ubicación estratégica y trayectoria investigativa en temas ambientales, tiene la oportunidad de consolidarse como un actor clave en la generación de soluciones basadas en conocimiento. No obstante, actualmente no cuenta con una unidad especializada que concentre capacidades de investigación, formación, consultoría y desarrollo tecnológico orientadas exclusivamente al recurso hídrico.

Esta ausencia limita su contribución activa a la transformación de las prácticas de gestión del agua en la región y restringe su potencial para establecer alianzas estratégicas con el sector productivo, las entidades públicas y la cooperación internacional. La falta de un modelo institucional robusto que articule la investigación con la prestación de servicios científicos y técnicos especializados representa una brecha crítica en la capacidad de respuesta de la universidad frente a la crisis hídrica.

De ahí nace la necesidad de diseñar una propuesta que no solo estructure un Instituto de Investigación del Agua como unidad académica, sino que contemple su viabilidad institucional, académica, científica y económica, con un enfoque estratégico que permita posicionarlo como referente regional y nacional en la gestión sostenible del recurso. Esta propuesta busca dar respuesta a un problema complejo y multidimensional, que exige liderazgo académico, visión

empresarial y capacidad de gestión para incidir de manera efectiva en el desarrollo territorial y en la seguridad hídrica del país. Por lo anterior, el problema central que aborda este proyecto puede formularse así:

¿Cómo diseñar una estrategia integral de gestión del agua, estructurada en un plan de negocios, que permita abordar de manera viable en términos económicos, técnicos e institucionales los principales retos del Caribe colombiano en materia de acceso, calidad, contaminación y riesgo hídrico, en el marco de la Universidad de Cartagena?

## **1.2 Justificación**

Colombia enfrenta una crisis estructural en la gestión de sus recursos hídricos, evidenciada a lo largo de todo el ciclo del agua: desde la captación y el uso, hasta el tratamiento y la disposición final. La contaminación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas por actividades extractivas, industriales, agropecuarias y urbanas ha deteriorado de forma sostenida la calidad del agua, poniendo en riesgo la salud de las poblaciones, la integridad de los ecosistemas y la sostenibilidad de los sectores productivos.

Esta problemática no solo afecta la disponibilidad de agua potable, sino que también compromete la capacidad del país para un desarrollo socioeconómico equilibrado. En regiones como el Caribe colombiano, la situación resulta especialmente crítica debido a la creciente presión sobre el recurso hídrico y a las limitaciones institucionales para su manejo adecuado.

A pesar de la gravedad de la crisis hídrica, persiste un vacío institucional en cuanto a la generación y aplicación de conocimiento especializado para su manejo. En particular, no existe actualmente en la Universidad de Cartagena – una institución con ubicación estratégica en la región Caribe y con una importante trayectoria investigativa en temas ambientales – una unidad académica dedicada exclusivamente al recurso hídrico.

Esta ausencia limita la contribución activa de la academia a la transformación de las prácticas de gestión del agua en la región. Sin una entidad que concentre la investigación, la formación de talento humano, la consultoría y el desarrollo tecnológico en torno al agua, la universidad no alcanza a ejercer todo su potencial de impacto.

La falta de un núcleo dedicado al agua restringe también las posibilidades de establecer alianzas estratégicas con otros sectores. Por un lado, dificulta la cooperación con el sector productivo local y nacional (por ejemplo, empresas de servicios públicos, industrias, gremios agrícolas), ya que no hay un interlocutor académico claro que articule las ofertas de investigación y desarrollo tecnológico hacia la solución de problemas hídricos concretos de dichos sectores.

Por otro lado, se pierden oportunidades de colaboración con entidades públicas y organismos internacionales de cooperación que buscan socios técnicos para implementar proyectos de agua y saneamiento en el territorio. En suma, la ausencia de un modelo institucional robusto que vincule la investigación universitaria con la prestación de servicios científicos y técnicos especializados en agua constituye una brecha crítica en la capacidad de respuesta de la Universidad de Cartagena – y de la academia regional en general – frente a la crisis hídrica.

Ante la situación descrita anteriormente, se hace imperativo diseñar e implementar un Instituto de Investigación del Agua en la Universidad de Cartagena, concebido como una unidad académica y de innovación que concentre las capacidades antes dispersas. Esta iniciativa se presenta como una respuesta estratégica y de alto impacto para afrontar el problema multidimensional del agua en la región Caribe y en Colombia.

El nuevo Instituto estaría orientado a integrar la investigación científica, la formación especializada, la consultoría y el desarrollo tecnológico bajo un mismo techo, con un enfoque en la gestión sostenible del recurso hídrico. De esta manera, la universidad podría catalizar soluciones

basadas en conocimiento, incidir en políticas públicas informadas y ofrecer soporte técnico de calidad a proyectos de manejo del agua.

El Instituto serviría como plataforma para articular la colaboración universidad-empresa-Estado en el campo del agua, consolidando lazos con el sector productivo, apoyando a las autoridades ambientales con ciencia aplicada para la toma de decisiones, y participando en redes de investigación y cooperación internacional en torno a la seguridad hídrica.

### **1.3 Objetivo General**

Diseñar la propuesta para la creación del Instituto de Investigación del Agua como unidad académica de la Universidad de Cartagena, orientada a fortalecer la ciencia, la tecnología y la investigación para la seguridad hídrica regional en el contexto de cambio climático.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Analizar la viabilidad comercial, técnica y financiera del Instituto, identificando posibles clientes y sus problemáticas respecto al recurso hídrico.
- Determinar los desafíos y oportunidades de la creación del Instituto.
- Formular la propuesta de creación del Instituto y sus alcances, de tal forma que se indique la conveniencia para la universidad.

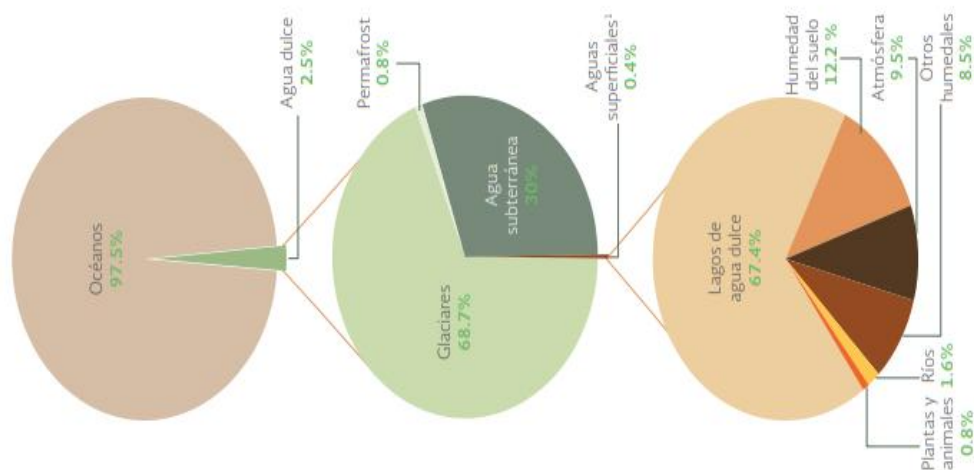
## **2. Marco conceptual y contextual**

### **2.1 Situación actual del agua**

#### ***2.1.1 Disponibilidad y distribución del agua en el mundo.***

La cantidad de agua en la Tierra no ha cambiado significativamente en los últimos 2.000 años; sin embargo, la población mundial ha crecido exponencialmente - actualmente alcanza los 8.000 millones de habitantes -, lo que ha incrementado la demanda de agua, un recurso indispensable para satisfacer las necesidades de la agricultura, la industria y el consumo doméstico. Este aumento de la demanda ha derivado en una competencia por el uso del recurso hídrico (Agudelo, 2005).

Aunque el 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua, se calcula que entre el 97 y el 97,5% de esta agua es salada y menos del 3% de esta es dulce, la cual se encuentra en su mayoría en los glaciares, razón por la cual la humanidad depende de menos del 0,5% del agua disponible para satisfacer sus necesidades.

**Figura 1***Distribución del agua total en el mundo*

*Nota.* esta figura muestra la distribución del agua en el mundo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016).

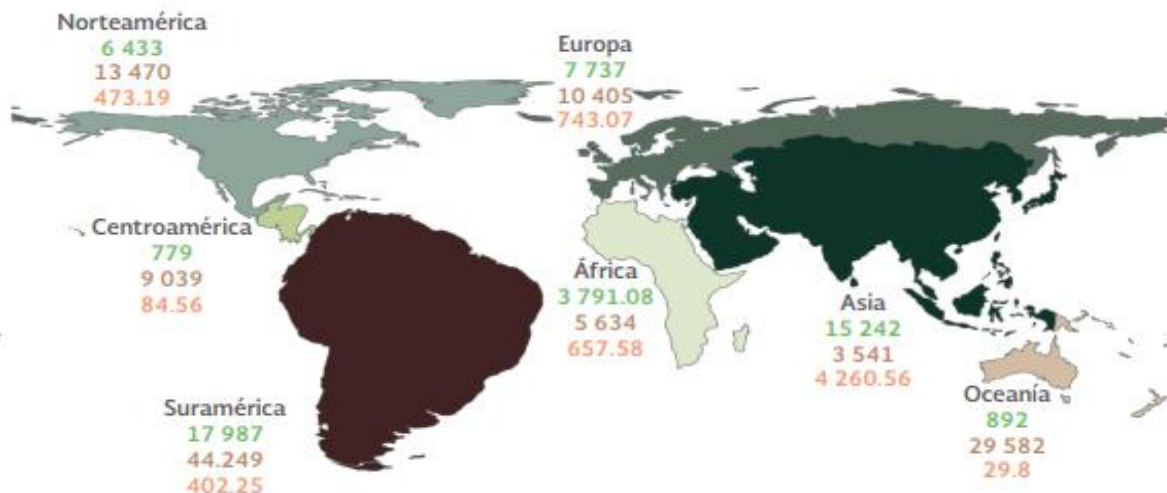
Ahora bien, la disponibilidad del recurso hídrico para el ser humano, es decir, las fuentes de agua dulce, se concentra principalmente en los glaciares, los cuales representan el 68,7% del total de agua dulce disponible (3%), el 30,1% corresponde a aguas subterráneas, el 0,4 % es agua superficial que se encuentra en lagos, ríos y a poca profundidad en el suelo, y el 0,8% se encuentra en el permafrost, una capa de suelo que permanece congelada y se encuentra principalmente en las regiones periglaciares.

### **2.1.2 Distribución y acceso al recurso hídrico a nivel mundial.**

El agua dulce no se encuentra equitativamente distribuida en el mundo. Por ejemplo, si se contrasta la disponibilidad del recurso hídrico respecto de la población, se observa que Europa posee el 13% de la población y el 8% del agua; Asia alberga al 60% de la población mundial y dispone únicamente del 36% del recurso hídrico. Finalmente, las Américas (Norte, Central y Sur) poseen el 41% del agua del planeta y albergan únicamente el 14% de la población (Agudelo, 2005).

**Figura 2**

*Reserva de agua dulce en el mundo por región*



*Nota.* la figura muestra las reservas de agua dulce por región. Los valores indican la disponibilidad natural media km<sup>3</sup>, la disponibilidad media per cápita (m<sup>3</sup>/hab/año) y la población en millones de habitantes (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016).

Todo esto lleva a que menos de diez países posean el 60 % del suministro total de agua dulce disponible: Brasil, Rusia, China, Canadá, Indonesia, Estados Unidos, India, Colombia y la República Democrática del Congo. Sin embargo, la distribución del agua dentro de estos países es altamente desigual (Torre, 2017).

Un ejemplo de esta situación es lo que sucede en África, donde las precipitaciones son variables, excepto en la cuenca del río Congo/Zaire, lo que convierte al continente en el más seco. Por tanto, los recursos hídricos renovables (RHR) del continente representan menos del 9% de los RHR globales, con un aproximado de 3.930 km<sup>3</sup> de agua dulce.

La disponibilidad y el acceso al agua son temas críticos. Aunque algunas regiones del planeta cuentan con abundantes reservas hídricas, otras enfrentan escasez, e incluso escasez

absoluta del recurso hídrico, afectando significativamente la calidad de vida, la salud y el desarrollo económico de las personas que habitan estas regiones.

Adicionalmente, factores como el crecimiento poblacional, el cambio climático, la contaminación y la falta de infraestructura adecuada, tanto para el suministro de agua potable como para el tratamiento de las aguas residuales, agravan las disparidades en la distribución y el acceso al agua. La tabla 3 muestra algunos datos relevantes entorno a la distribución y el acceso al agua en diferentes regiones.

**Tabla 1**

*Disponibilidad y acceso al agua en diferentes regiones del planeta*

<b>Región</b>	<b>Disponibilidad y distribución</b>	<b>Acceso al Agua</b>
<b>África Subsahariana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• África posee el 9% de las reservas de agua dulce del mundo.</li> <li>• Las reservas de agua están distribuidas de forma desigual: los seis países más ricos en agua de África concentran el 54% de las reservas totales del continente, mientras que los 27 países más pobres en agua tan solo el 7%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alrededor del 73% de toda la población de África Subsahariana no utiliza servicios de agua potable gestionados de forma segura.</li> <li>• 160 millones de personas viven en condiciones de escasez de agua.</li> </ul>
<b>Región Paneuropea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los recursos están regulados por marcos como la Directiva Marco del Agua de la UE; sin embargo, la cooperación transfronteriza y la inversión en sistemas de datos son limitadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aunque el acceso está mejor regulado, los costos indirectos de una gestión deficiente subrayan la importancia de la cooperación hídrica.</li> </ul>
<b>América Latina y el Caribe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La región posee una dotación hídrica media per cápita de aproximadamente 28.000 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerca de una cuarta parte de los tramos fluviales de la región</li> </ul>

	<p>al año, más de cuatro veces la media del mundo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La proporción media de aguas residuales tratadas de forma segura se encuentra por debajo del 40%.</li> <li>• El estrés hídrico en algunas partes de la región ha alimentado una serie de conflictos debido a la competencia entre sectores por los escasos recursos.</li> </ul>	<p>está contaminada por distintos patógenos, siendo las aguas residuales domésticas la principal causa de la contaminación.</p>
<b>Asia y Pacífico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La región de Asia y el Pacífico alberga al 60% de la población mundial, pero solo concentra el 36% de los recursos hídricos del planeta, lo que lo convierte en la región con menor disponibilidad hídrica per cápita del mundo.</li> <li>• En los países en desarrollo de la región, más del 80% de las aguas residuales no son tratadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La extracción insostenible de agua superficial y subterránea reduce tanto el suministro como la calidad del agua.</li> </ul>
<b>Región Árabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 86% de la población, es decir, casi 362 millones de personas, viven en condiciones de escasez o de escasez absoluta de agua.</li> <li>• Catorce países de la región utilizan más del 100% de las reservas de agua dulce de las que disponen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe una alta dependencia de las aguas transfronterizas, de las reservas de agua subterránea no renovable y de los recursos hídricos no convencionales.</li> <li>• La agricultura consume el 84% de todas las extracciones de agua dulce de la región.</li> </ul>

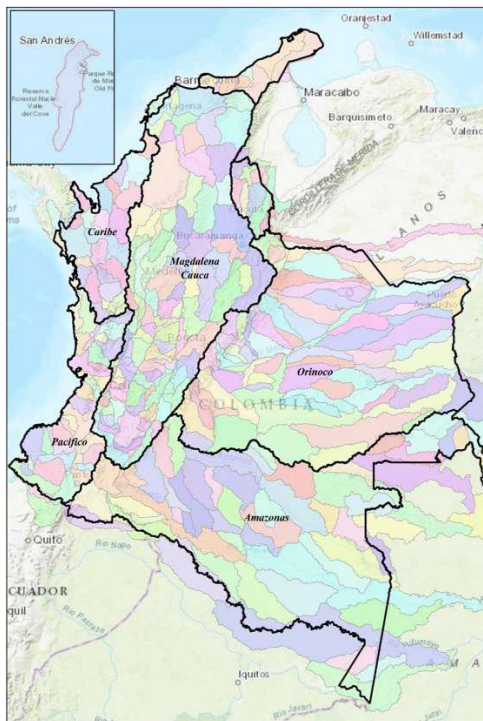
*Nota.* La tabla muestra un resumen de los datos presentados por la ONU en 2021 al respecto del acceso y la disponibilidad de agua en diferentes regiones del planeta. Elaboración propia con base en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021 (UNESCO, ONU-Agua, 2022).

**2.1.2.1 Distribución del agua en Colombia.** Gracias a su ubicación geográfica, Colombia cuenta con una de las mayores riquezas hídricas del mundo. La abundancia hídrica de Colombia lo ha ubicado entre los países con mayores fuentes hídricas. Según el IDEAM (2019) el país cuenta con una “escorrentía que equivale a un volumen de 1963 km<sup>3</sup> de agua por año, valor que (en términos de rendimiento promedio) es de 56,2 l/s/ km<sup>2</sup>, mientras que el promedio mundial es de apenas 10l/s/ km<sup>2</sup>, y el promedio latinoamericano es de 21l/s/ km<sup>2</sup>”.

Colombia se organiza en áreas hidrogeográficas, las cuales corresponden a las principales vertientes, es decir, que son las “grandes cuencas que agrupan un conjunto de ríos con sus afluentes que desembocan en un mismo mar” (IDEAM, 2023). Las áreas hidrográficas identificadas son: la del Orinoco, la del Amazonas, la del Caribe y la de la cuenca Magdalena-Cauca como muestra la figura 3.

### Figura 3

#### *Zonificación hidrográfica de Colombia*



*Nota.* La figura muestra la distribución de las cinco áreas hidrográficas en Colombia (IDEAM, 2023).

Estas áreas hidrográficas reflejan la riqueza del sistema fluvial en Colombia. Por ejemplo, la vertiente del Orinoco cuenta con una extensión de 345.318 km<sup>2</sup> y comprende ríos como el Orinoco, el Meta y el Arauca. Estos ríos nacen en la cordillera Oriental y recorren varios departamentos. El área hidrográfica del Amazonas abarca 341.606 km<sup>2</sup> e incluye ríos como el Putumayo, Caquetá, Caguán, Apaporis y Napo, que nacen en la cordillera Oriental, y los ríos Vaupés y Guainía, que nacen en las llanuras. Este sistema representa cerca del 42% del territorio nacional.

El área Caribe, con una superficie de 102.679 km<sup>2</sup>, está conformada por diversos ríos, destacándose el Atrato que es uno de los más caudalosos (4900 m<sup>3</sup>/s), el Sinú y el Ranchería. El área del Pacífico con una extensión de 77.333 km<sup>2</sup>, se caracteriza por una gran cantidad de ríos cortos y caudalosos alimentados por las lluvias que se generan en las cordilleras y serranías de la región. Entre los ríos que comprenden esta área se destacan el Mira, Patía y San Juan.

Finalmente, la cuenca Magdalena-Cauca con una superficie de 271.807 km<sup>2</sup>, es la más significativa, ya que representa el 24% del territorio nacional. Esta cuenca alberga ríos como el Magdalena, el Cauca y el San Jorge que atraviesan 19 departamentos. En conjunto, las cinco áreas hidrográficas en las cuales se encuentra dividido el territorio nacional reflejan la riqueza hídrica del país y la importancia de estas para el desarrollo del transporte, la agricultura y la industria.

### ***2.1.3 Diagnóstico de la situación actual del estrés hídrico***

El estrés hídrico se define como una disminución significativa en la cantidad y calidad disponible de agua dulce para satisfacer las necesidades de agua dentro de un país o región. En este sentido, se dice que una región sufre estrés hídrico cuando el suministro anual de agua per cápita es inferior a 1.700 m<sup>3</sup>. Según este criterio, se considera que un país o una región enfrenta

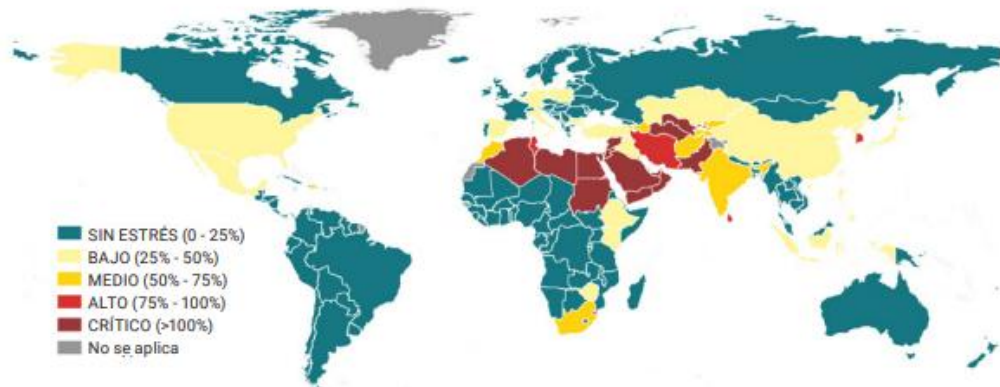
escasez de agua cuando el recurso hídrico renovable es inferior a los 1.000 m<sup>3</sup>, y escasez absoluta cuando la tasa es menor a 500 m<sup>3</sup> (FAO, 2013).

El estrés hídrico está relacionado con una combinación de múltiples factores, entre los que destacan el crecimiento demográfico, la expansión urbana desordenada, la sobreexplotación de recursos, la expansión de la agricultura, el vertimiento de residuos industriales y el deterioro de ríos, arroyos, lagos y lagunas. Además, el cambio climático ha generado variaciones en las precipitaciones, así como sequías e inundaciones, que impactan directamente en la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico.

Ahora bien, a nivel global el uso de agua dulce representó para el año 2018 un 18,4% del total de los recursos renovables. Aunque el dato no parece tan preocupante, este oculta cambios importantes en los niveles de estrés hídricos que se tienen a nivel regional, nacional y subnacional. Estas disparidades reflejan las dificultades que enfrentan algunas regiones del mundo en cuanto el acceso y uso del agua, evidenciando los desafíos específicos que enfrenta cada región.

En este sentido, el informe más reciente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) titulado “*Progreso en el nivel de estrés hídrico. Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.4.2 de los ODS 2021*”, publicado en el 2022, señala que tres regiones superaron el 25% de estrés hídrico, un umbral que indica un nivel preocupante de extracción del recurso hídrico en relación con su disponibilidad.

Regiones como Asia Central y Meridional registraron aumentos en sus niveles de estrés hídrico. En África Septentrional se alcanzaron niveles críticos; en algunos países, incluso, se superó el 100% de estrés hídrico, lo que significa que se extrae más agua de la que el ecosistema puede renovar. Por otra parte, regiones como Asia Occidental y Asia Oriental presentan niveles moderados y bajos respectivamente. (FAO, 2022).

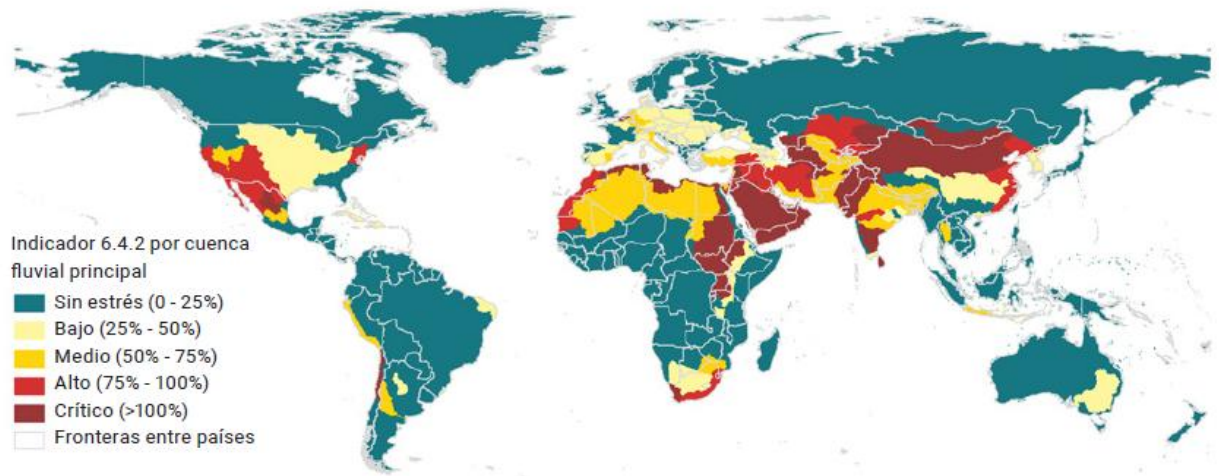
**Figura 4***Niveles de estrés hídrico por país*

*Nota.* La figura muestra los porcentajes de estrés hídrico por país según datos del 2018 (FAO, 2022).

Aunque es importante destacar que el resto de regiones y subregiones, las cuales representan un 31% de la población mundial, presentan niveles “sin estrés”, es decir, inferiores al 25%. Sin embargo, estas regiones aún enfrentan importantes disparidades a nivel de país en la distribución y acceso al agua, lo que demuestra que este varía significativamente incluso en regiones que se pueden considerar con abundancia de recurso hídrico.

Ahora bien, al revisar los niveles de estrés hídrico a nivel de cuenca, se observa que, aunque ciertas áreas dentro de países aparentemente seguros en este aspecto, las cuencas hidrográficas del norte de África, Asia central y Meridional, América del Norte, la costa occidental de América Latina y el Cercano Oriente presentan niveles de estrés hídrico medios, es decir entre el 50% y el 75% como se evidencia en la figura 5.

**Figura 5***Mapa global de estrés hídrico por cuenca principal, con fronteras nacionales*



*Nota.* La figura muestra los porcentajes de estrés hídrico por país según datos del 2018 (FAO, 2022).

En este contexto, países como Chile, Perú, China, México y los Estados Unidos pueden parecer seguros cuando se observa el nivel de estrés hídrico a nivel global, pero a su interior cuentan con cuencas que con niveles de estrés hídricos altos. Muchas de estas cuencas son transfronterizas y atraviesan dos o más países, lo que resalta la necesidad de gestionar los recursos hídricos mediante un enfoque que permita la coordinación y cooperación internacional para una adecuada gestión.

En América Latina y el Caribe, los países más afectados por el estrés hídrico en la actualidad son Chile, México y Guatemala. En contraste, países como Brasil, Colombia y Panamá se encuentran con niveles de estrés hídrico bajo como se evidencia en la tabla 4. Colombia ocupa el puesto 15 en la región, con un puntaje de 0,65, lo que indica que, en términos generales, el país no presenta problemas significativos relacionados con el estrés hídrico.

La situación de Colombia, no está exenta de riesgos, a pesar de su abundancia hídrica, ya que el país enfrenta desafíos relacionados con el acceso al agua potable y el saneamiento básico,

además del cambio climático, la deforestación y la contaminación de las fuentes hídricas, factores que incrementan su vulnerabilidad de frente al estrés hídrico.

**Tabla 2**

*Ranking nivel de estrés hídrico América Latina y el Caribe*

<b>País</b>	<b>Score</b>	<b>Ranking</b>	<b>Nivel</b>
<b>Chile</b>	3,98	1	Alto (40-80%)
<b>México</b>	3,86	2	Alto (40-80%)
<b>Guatemala</b>	2,36	3	Medio – Alto (20-40%)
<b>Perú</b>	2,05	4	Medio – Alto (20-40%)
<b>Venezuela</b>	2,03	5	Medio – Alto (20-40%)
<b>Cuba</b>	2,02	6	Medio – Alto (20-40%)
<b>República Dominicana</b>	1,75	7	Bajo – Medio (10-20%)
<b>Haití</b>	1,74	8	Bajo – Medio (10-20%)
<b>El Salvador</b>	1,66	9	Bajo – Medio (10-20%)
<b>Ecuador</b>	1,59	10	Bajo – Medio (10-20%)
<b>Argentina</b>	1,31	11	Bajo – Medio (10-20%)
<b>Bolivia</b>	1,15	12	Bajo – Medio (10-20%)
<b>Costa Rica</b>	0,92	13	Bajo (<10 %)
<b>Brasil</b>	0,78	14	Bajo (<10 %)
<b>Colombia</b>	0,65	15	Bajo (<10 %)
<b>Belice</b>	0,62	16	Bajo (<10 %)
<b>Honduras</b>	0,27	14	Bajo (<10 %)
<b>Panamá</b>	0,23	18	Bajo (<10 %)
<b>Nicaragua</b>	0,21	19	Bajo (<10 %)
<b>Paraguay</b>	0,01	20	Bajo (<10 %)
<b>Uruguay</b>	0,00	20	Bajo (<10 %)
<b>Guyana</b>	0,00	20	Bajo (<10 %)
<b>Jamaica</b>	0,00	20	Bajo (<10 %)
<b>Surinam</b>	0,00	20	Bajo (<10 %)

*Nota.* La tabla muestra un ranking elaborado por el World Resources Institute (WRI) en el 2019 (Dirección Nacional de Prospectiva y Estudios Estratégicos, 2023).

Finalmente, es importante señalar que, de acuerdo con el informe de la FAO del 2022, el 10% de la población mundial viven en países con niveles altos o críticos de estrés hídrico, lo cual repercute en la calidad de vida, el desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad. Además, esta

situación intensifica los conflictos y la competencia por el recurso hídrico entre los diferentes usos del agua y sus usuarios.

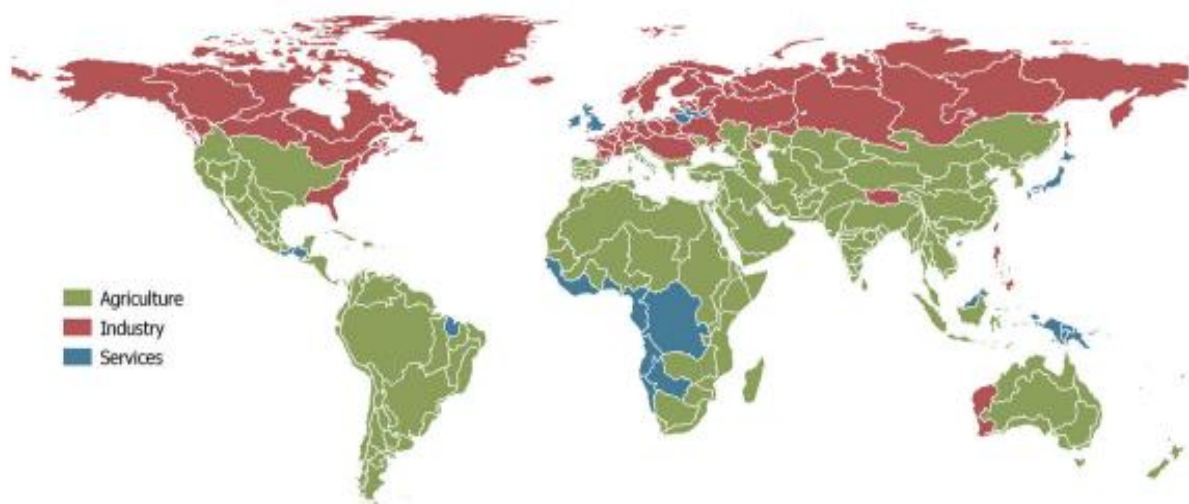
#### ***2.1.4 Tensiones y conflictos globales asociados al agua.***

El uso de agua dulce ha estado en aumento en las últimas décadas a un nivel aproximado de “1 % al año, impulsado por una combinación de aspectos como el desarrollo socioeconómico y los cambios en los patrones de consumo” (UNESCO, ONU-Agua, 2024). El aumento del consumo de agua está asociado principalmente a tres sectores: agricultura, industria y usos domésticos, que representan el 70%, 20% y el 10%, respectivamente, de las extracciones de agua dulce en el mundo.

No obstante, estas cifras pueden variar según el nivel de desarrollo económico de un país como se muestra en la figura 6, debido a que en países de renta alta la industria utiliza más agua, mientras que los países de renta baja destinan en promedio el 90% de la extracción de agua para uso agrícola.

#### **Figura 6**

*Sectores económicos dominantes en la extracción de agua*



*Nota.* La figura muestra la principal actividad extractora de agua dulce en el planeta (Biancalani y Marinelli, 2021).

El aumento en el consumo de agua, junto con los problemas de escasez económica, entendida como la falta de inversión en infraestructura hídrica y de capacidad humana para satisfacer la demanda, y la escasez física, definida como la insuficiencia del recurso hídrico para cubrir las necesidades, han incrementado los conflictos y tensiones relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua, tanto dentro de los países como entre naciones.

Para comprender este tema, es necesario determinar en primer lugar qué se entiende por conflicto y tensión. El término conflicto proviene de la palabra latina *conflictus*, la cual se traduce como choque, lucha. La Real Academia Española (2024) lo define como “oposición entre personas o cosas”. Por su parte, el filósofo, sociólogo y ensayista argentino Ezequiel Ander-Egg (2011) define al conflicto como “cualquier estado antagónico entre dos o más partes, como consecuencia de la contraposición de intereses, valores o puntos de vistas”. En este sentido, los conflictos pueden desarrollarse entre individuos, grupos, instituciones, organizaciones naciones y países.

Ahora bien, por tensión entenderemos un conjunto de presiones o movimientos en direcciones opuestas, que provienen de uno de o ambos elementos de una relación, generando cierto grado de estrés que mantiene o transforma las dinámicas ambientales y poblacionales. Un proceso se convierte en una tensión-conflicto, cuando la tensión crece y desborda la capacidad de respuesta institucional, o cuando no puede resolverse mediante los mecanismos habituales del ambiente, la sociedad, el conocimiento o la tecnología, generando impactos negativos en alguna de las dimensiones involucradas (MAVDT, 2004).

La creciente demanda de agua, aunado a la insuficiencia del recurso hídrico en muchas regiones del planeta, ha generado importantes consecuencias, siendo los conflictos por el agua uno de los más preocupantes. Estos conflictos pueden desarrollarse en diferentes niveles:

- “**Local:** conflictos entre grupos sociales que se disputan el agua en una zona específica, o entre un Estado y sus ciudadanos en dicha zona.
- **Nacional:** conflictos entre diferentes grupos de interés relacionados con políticas nacionales que impactan la gestión del recurso hídrico.
- **Internacional:** conflictos entre Estados por el uso y gestión de los recursos hídricos compartidos.
- **Global:** conflictos entre poblaciones marginales y prósperas, en las que surgen conflictos cuando se distribuyen los recursos de la población marginal periférica a los sectores más privilegiados que conforman el núcleo” (Gehrig y Rogers, 2009)

A nivel global, los conflictos y tensiones por el agua evidencian las desigualdades estructurales en el acceso y uso del agua entre países desarrollados y en desarrollo. Por ejemplo, en Cochabamba, Bolivia, en el año 2002 se produjo un conflicto conocido como la “Guerra del Agua”, resultado de la privatización del suministro y de cambios en la legislación que legalizaba y amparaba los negocios relacionados con el agua.

Esto provocó un aumento en las tarifas de hasta un 200% para los usuarios más pobres, lo cual desató protestas masivas que derivaron en enfrentamientos violentos con la policía durante varios meses. Finalmente, el Gobierno de Bolivia se vio obligado a revocar la concesión que había realizado a Aguas Tunari, un consorcio liderado por la multinacional estadounidense Bechtel y derogar la Ley 2029 que había legalizado la privatización del agua (Kruse, 2005).

En el ámbito nacional, las tensiones y conflictos se intensifican cuando las políticas públicas no logran equilibrar adecuadamente las necesidades de los diferentes sectores. México enfrenta una situación crítica debido a la sobreexplotación de los acuíferos en el Valle de México, lo que ha llevado a una situación de alta confrontación entre diversos actores, incluidos los

gobiernos del Estado de México y el Distrito Federal, así como comunidades locales, quienes han declarado su soberanía sobre recursos hídricos que van desde un pozo hasta cuencas.

En este contexto de sobreexplotación del recurso hídrico y de competencia creciente por el uso del agua, han surgido movimientos sociales que defienden el acceso al agua de los ciudadanos y que han asumido la defensa del agua de manera activa, incluso recurriendo a protestas y movilizaciones para proteger su “soberanía hídrica”.

El caso del Valle de México evidencia las tensiones inherentes a la gestión del agua en contextos de alta urbanización, y como señalan Manuel Perló y Arsenio González (2005) para evitar que las tensiones y el conflicto escale, “el reto está en buscar la sustentabilidad, equidad y justicia para el sistema en su conjunto, así como para cada una de sus partes”.

En el plano internacional, los recursos hídricos compartidos entre dos o más países en las últimas décadas han sido motivo de tensiones crecientes, principalmente en las regiones donde la escasez de agua se ha intensificado.

En este contexto, uno de los factores que ha incrementado la conflictividad entre Turquía, Siria e Irak es el uso de las aguas de los ríos Tigris y Éufrates. El gobierno turco, a través de su “Plan Turquía”, en el Sureste de Anatolia, ha construido una serie de presas que reducen el flujo de agua hacia los países vecinos, lo cual ha afectado la capacidad de estos de satisfacer la demanda de agua tanto en la agricultura como para el consumo humano.

Finalmente, el creciente aumento de la competencia por el recurso hídrico, impulsado por factores como el cambio climático, el crecimiento demográfico, la urbanización descontrolada y la contaminación de las fuentes hídricas, puede agravar las tensiones y conflictos a nivel local, regional, nacional e internacional.

Por esto, es necesario abordar estas problemáticas mediante la implementación de políticas inclusivas y equitativas que reconozcan el agua como un derecho fundamental. Como señala la ONU, el agua desempeña un papel crucial para la paz y la prosperidad, siendo esencial para la reducción de la pobreza, la promoción de la igualdad, la seguridad alimentaria y energética (UNESCO, ONU-Agua, 2024).

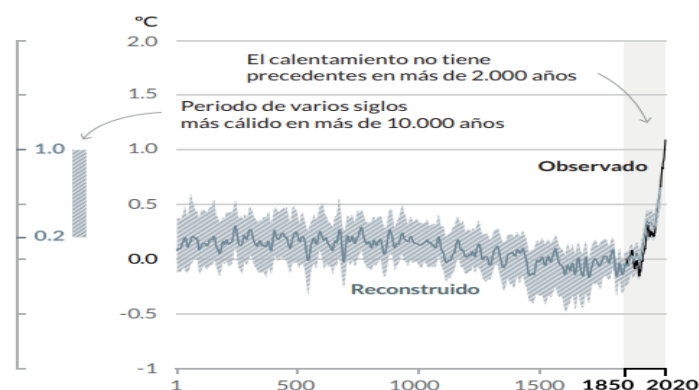
## 2.2 La sostenibilidad del recurso hídrico en el contexto global de cambio climático

Tanto la variabilidad climática, entendida como las fluctuaciones en el clima durante períodos cortos, como el cambio climático, referido a cambios en períodos geológicos mucho más largos, se han convertido en los mayores desafíos para la sostenibilidad del agua a nivel global (García González et al., 2007).

Los cambios en los patrones de lluvia, la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como sequías, inundaciones, olas de frío y calor, entre otros, junto con el aumento de las temperaturas globales de la superficie terrestre, que en las últimas cuatro décadas ha experimentado incrementos sucesivos, de forma que para el período 2011-2020 fue aproximadamente 1.09 °C superior a la de 1850-1900. Estos fenómenos han afectado significativamente la disponibilidad, calidad, cantidad y accesibilidad del agua en el planeta.

### Figura 7

*Cambio en las temperaturas globales*

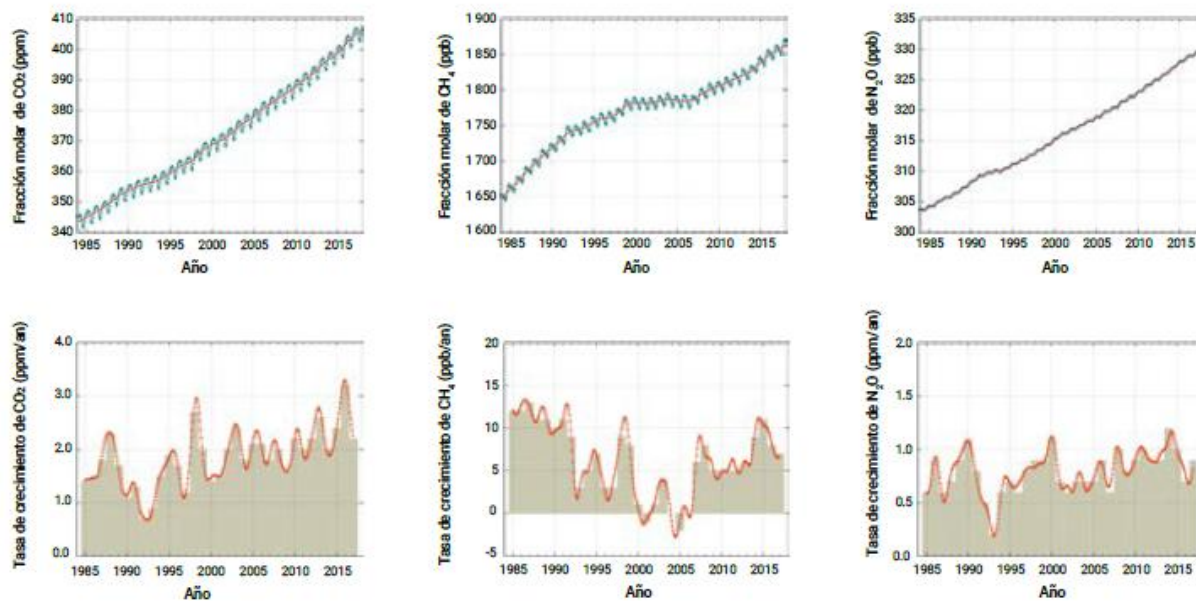


*Nota.* Se muestra la temperatura promedio y su aumento en el tiempo (OECC, 2021).

Los diferentes informes del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) han demostrado que estos cambios se encuentran relacionados mayoritariamente a las actividades antrópicas que están aumentando de forma exponencial los niveles de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (IPCC, 2001), la emisión de este gas, junto con otros, como el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ha causado un efecto importante sobre la atmósfera, lo que ha afectado los patrones globales del clima.

### Figura 8

*Crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera*



*Nota.* Esta figura muestra el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Ahora bien, el efecto invernadero es un fenómeno natural, causado por los gases que forman parte de la atmósfera, los cuales pueden retener parte del calor del sol que el planeta refleja después

de calentarse. Estos gases <sup>\*\*</sup>“atrapan la energía que calienta la atmósfera y mantiene un equilibrio entre la energía que llega del Sol y la que la Tierra deja salir al espacio” (Landa et al., 2010), lo que permite que el planeta mantenga una temperatura promedio de 15° C.

Sin la presencia de GEI en la atmósfera, la temperatura en la Tierra sería 30 °C más baja, es decir, habría una temperatura promedio de -18 °C, lo cual convertiría al planeta en un lugar inhóspito para la vida como hoy la conocemos. Por el contrario, si la concentración de GEI fuere más alta, la temperatura podría elevarse a niveles extremos, haciendo de la Tierra igualmente inhabitable (Foro Nacional Ambiental, 2009); en otras palabras, a mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor será el efecto invernadero, lo que incrementará la temperatura promedio en la superficie del planeta.

En este punto es importante señalar que si bien es cierto algunos científicos señalan que “los impactos específicos del cambio climático son difíciles de identificar y el debate continúa acerca de cuáles patrones de cambio obedecen a las emisiones de GEI y cuáles a los ciclos climáticos naturales” (García González et al., 2007), el IPCC afirma que el rápido proceso de cambio climático que hoy se evidencia no obedece a causas naturales y por el contrario existe un amplio consenso científico en torno al origen antrópico del mismo.

En este contexto, se identifica como la principal causa del cambio climático el uso de combustibles fósiles, tales como el petróleo y el carbón, cuya combustión libera grandes cantidades de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera, lo que genera el calentamiento global.

El aumento de las concentraciones de GEI está provocando efectos en el clima y los ecosistemas. Las variaciones y alteraciones que ha sufrido el sistema climático global como

---

<sup>\*\*</sup> El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los fluorocarbonados ( $\text{CCL}_2\text{F}_2$ ), los hidrofluorocarbonos ( $\text{CCI}_2\text{F}_2$ ), el perfloroetano ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ), y el hexafluoruro ( $\text{SF}_6$ ).

resultado del cambio climático han repercutido en el ciclo hidrológico, toda vez que estos procesos se encuentran interconectados en un sistema de retroalimentación.

De esta forma, las alteraciones en el clima generan modificaciones en los sistemas hídricos que, a su vez, producen variaciones climáticas. Estos cambios pueden generar un estado del tiempo y las variables atmosféricas favorables en algunas regiones del planeta, mientras que en otras podrían causar efectos negativos. Al respecto el IPCC ha señalado:

“A nivel mundial, los efectos negativos del futuro cambio climático sobre los sistemas de agua dulce compensarían sus efectos positivos (nivel de confianza alto). De aquí a 2050, las proyecciones indican que la extensión de terreno que padecerá un estrés hídrico más acentuado por efecto del cambio climático llegará a ser el doble de la que padece un estrés hídrico menor. Las áreas en que las proyecciones indican una menor escorrentía experimentarían una clara reducción de los servicios obtenidos de los recursos hídricos. Una mayor escorrentía anual en algunas áreas generaría un mayor abastecimiento total de agua. En muchas regiones, sin embargo, es probable que esta ventaja sea contrarrestada por los efectos negativos que una creciente variabilidad de las precipitaciones y los cambios de la escorrentía estacional tendrán sobre el abastecimiento de agua, su calidad y el riesgo de inundaciones (nivel de confianza alto)” (IPCC, 2008).

Aunque los efectos del cambio climático difieren entre regiones y en algunos casos pueden tener efectos positivos, como la prolongación de las temporadas de cosecha, en la mayoría de los países se prevé que estos efectos serán mayoritariamente negativos, poniendo en riesgo tanto la seguridad hídrica y alimentaria como la sostenibilidad de la vida misma.

A pesar de que estos efectos varían en distintas regiones del planeta (Tabla 3), en general se presentarán fenómenos como inundaciones, sequías, escasez de agua, erosión, sedimentación, reducción de glaciares, aumento del nivel del mar y deterioro de la calidad del agua que repercutirán en los ecosistemas y la salud humana (UNECE, 2009).

### **Tabla 3**

#### *Efectos regionales del cambio climático*

<b>Región</b>	<b>Consecuencias del Cambio Climático</b>
---------------	---

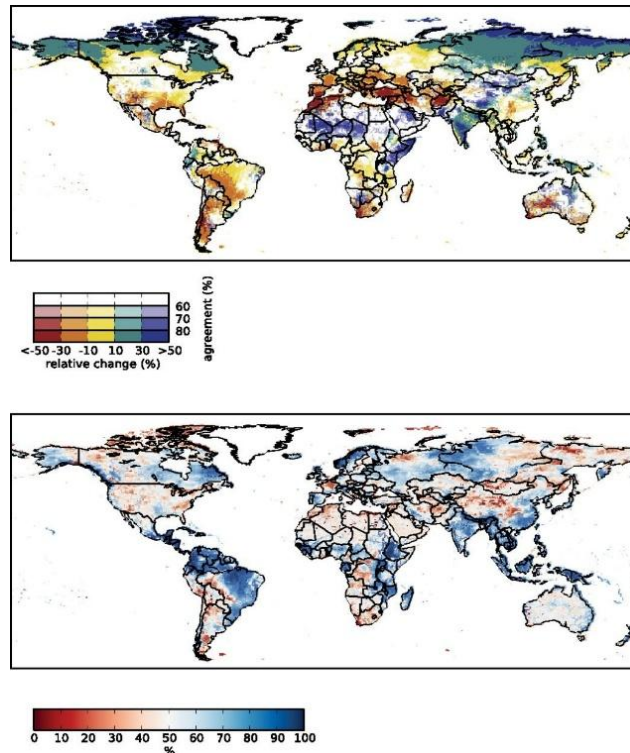
<b>África Subsahariana</b>	Reducción en las precipitaciones, escasez de agua potable, incremento de enfermedades transmitidas por agua, impacto en sistemas agrícolas y malnutrición.
<b>Europa, Cáucaso y Asia Central</b>	Aumento de las precipitaciones en el norte y disminución en el sur, retos para mantener el regadío y la energía hidroeléctrica.
<b>América Latina y el Caribe</b>	Variabilidad en los flujos fluviales, desigualdad en el acceso al agua y saneamiento.
<b>Asía y Pacífico</b>	Vulnerabilidad a desastres climáticos, aumento de la presión del recurso hídrico subterráneo por regadío, industrialización y urbanización.
<b>Así Occidental y Norte de África</b>	Desigualdad en el acceso al agua en zonas rurales y urbanas, politización y militarización del recurso hídrico.

*Nota.* La tabla muestra un resumen de los posibles efectos del cambio climático en distintas regiones del planeta. Elaboración propia con información de Unesco y ONU-Agua (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

De acuerdo con los escenarios planteados por Schewe en su artículo *Multimodel assessment of water scarcity under climate change*, los cambios en las precipitaciones anuales y el aumento de la temperatura en general reducirán la disponibilidad de los recursos hídricos (Schewe et al., 2014). Estas tendencias de mayor irregularidad en las precipitaciones también afectarán el régimen de crecientes de los cauces y la regulación de los ríos. Por tanto, se verán afectados no sólo los aspectos cuantitativos, sino también los cualitativos, debido a las restricciones que impondrá la reducción en la disponibilidad de otros recursos, actividades y servicios que dependen del sustento hídrico.

### **Figura 9**

*Tendencias de escenarios en la disponibilidad del agua por el cambio climático*



*Nota.* La figura muestra un cambio en las precipitaciones con un aumento de la temperatura de 2°C en comparación con el presente (Schewe et al., 2014).

Un menor volumen de agua disponible generará un deterioro de la calidad de los acuíferos, especialmente los costeros, donde el descenso de los niveles piezométricos permitirá la intrusión salina, fenómeno que se ve agravado por el aumento del nivel del mar.

El aumento de las temperaturas reducirá la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y, en consecuencia, esta perderá capacidad de autodepuración natural, por lo cual, durante temporadas de inundaciones, podrá arrastrar mayor cantidad de sedimentos, mientras que en períodos de sequía se eleva el riesgo de polución del agua y de contaminación patogénica (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha señalado al respecto que los cambios hidrológicos producidos por los efectos del cambio climático “dificultarán aún más la gestión sostenible de los recursos hídricos, que ya se encuentran bajo presión en muchas partes del mundo”

(UNESCO, ONU-Agua, 2020). Estos cambios intensifican la presión sobre los recursos hídricos y plantean tres problemas principales en relación con la gestión del agua potable que deberán ser resueltos, a saber: exceso de agua, escasez de agua, y exceso de polución (IPCC, 2008).

Los problemas asociados con el agua representan uno de los principales desafíos en el marco del cambio climático. En consecuencia, la gestión sostenible del agua se convierte en un eje estratégico para garantizar no sólo la seguridad hídrica de las comunidades, sino también las actividades económicas, la generación de energía, la seguridad alimentaria y otras actividades que requieren un uso intensivo de agua, especialmente en regiones del planeta que ya enfrentan problemas de escasez o sobreexplotación de este recurso vital.

En el ámbito de la salud humana se prevé que el cambio climático y en particular los cambios en los ciclos hidrológicos incrementarán la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, por lo cual millones de personas podrían verse amenazadas por el aumento de enfermedades como el cólera, la malaria, el paludismo, la fiebre amarilla, la leptospirosis, la desnutrición y otras transmitidas por el agua, conllevando incrementos significativos en el gasto de los sistemas de salud (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2013).

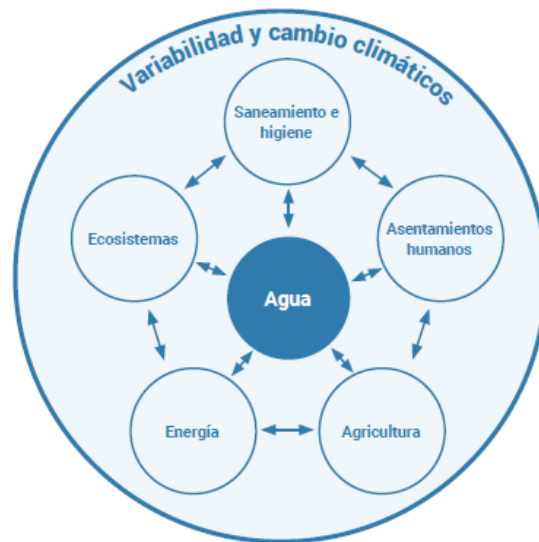
La disminución de precipitaciones y las sequías prolongadas limitarán la capacidad de generación a través de centrales hidroeléctricas y los eventos climáticos extremos propiciarán un incremento en la frecuencia de daños en la infraestructura de generación y en la red de transporte de energía eléctrica (World Wide Fund for Nature - WWF, 2016).

Por último, los asentamientos humanos serán altamente vulnerables a los fenómenos asociados al cambio climático, especialmente en lo que respecta a las infraestructuras esenciales para el suministro de agua potable y el saneamiento. Además, la planeación urbana enfrenta el desafío de gestionar de forma adecuada los procesos de expansión urbana y de crecimiento

poblacional, al mismo tiempo que protege los ecosistemas estratégicos para el suministro de agua dulce (Jover Biboum et al., 2020).

### Figura 10

*Interacción que guarda el agua con otros de los principales sectores socio-económicos afectados por el cambio climático*



*Nota.* Esta figura muestra la interacción del agua con sectores socioeconómicos que se ven afectados por la variabilidad y el cambio climático y sus efectos sobre el agua (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Las razones expuestas nos permiten afirmar que es crucial reconocer ahora la importancia de abordar este desafío climático para evitar sus consecuencias más devastadoras. La adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos a través de la gestión sostenible del agua, incluso en la escala local o municipal, será fundamental para garantizar la resiliencia de los sistemas naturales, sociales y económicos, logrando la sostenibilidad de un modelo de desarrollo que permita satisfacer las necesidades actuales de la sociedad y preservar las mismas oportunidades para las generaciones futuras.

### 2.3 Agua y objetivos de Desarrollo Sostenible

En el 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, compuesta por 17 objetivos y 169 metas, que sustituyen los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio, los cuales supusieron un punto de inflexión en la incorporación de la lucha contra la pobreza y la desigualdad en la agenda pública internacional.

**Tabla 4**

*Objetivos de Desarrollo Sostenible*

<b>Objetivo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Objetivo 1</b>	“Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.”
<b>Objetivo 2</b>	“Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.”
<b>Objetivo 3</b>	“Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.”
<b>Objetivo 4</b>	“Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.”
<b>Objetivo 5</b>	“Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.”
<b>Objetivo 6</b>	“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.”
<b>Objetivo 7</b>	“Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.”
<b>Objetivo 8</b>	“Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.”
<b>Objetivo 9</b>	“Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.”
<b>Objetivo 10</b>	“Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.”
<b>Objetivo 11</b>	“Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.”
<b>Objetivo 12</b>	“Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.”
<b>Objetivo 13</b>	“Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.”

<b>Objetivo 14</b>	“Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.”
<b>Objetivo 15</b>	“Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.”
<b>Objetivo 16</b>	“Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.”
<b>Objetivo 17</b>	“Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.”

*Nota.* La tabla presenta los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018).

El ODS 6 “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, estableció seis metas, las cuales abarcan todo el ciclo del agua. En este sentido, los ODS reconocen al agua como un elemento fundamental para el desarrollo sostenible, abordando de manera integral los desafíos asociados a la gestión del recurso hídrico. Es importante destacar que el ODS 6 no se limita únicamente al agua potable y saneamiento, sino que también considera otros elementos asociados a la gestión integral del recurso hídrico como la calidad del agua, el uso eficiente de los recursos hídricos, la escasez, entre otros.

## Tabla 5

### *Metas e indicadores ODS 6*

<b>Metas</b>	<b>Indicadores</b>
“6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.”	“6.1.1 Proporción de la población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura.”
“6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.”	“6.2.1 Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura, incluida una instalación para lavarse las manos con agua y jabón.”
“6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación,	“6.3.1 Proporción de aguas residuales tratadas de manera segura.”

eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.”	“6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad.”
“6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.”	“6.4.1 Cambio en la eficiencia del uso del agua con el tiempo.” “6.4.2 Nivel de estrés por escasez de agua: extracción de agua dulce como proporción de los recursos de agua dulce disponibles.”
“6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.”	“6.5.1 Grado de aplicación de la ordenación integrada de los recursos hídricos (0-100).” “6.5.2 Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas con un arreglo operacional para la cooperación en la esfera del agua.”
“6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.”	“6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua a lo largo del tiempo.”
“6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.”	“6.a.1 Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados del gobierno.”
“6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.”	“6.b.1 Proporción de dependencias administrativas locales con políticas y procedimientos operacionales establecidos para la participación de las comunidades locales en la ordenación del agua y el saneamiento.”

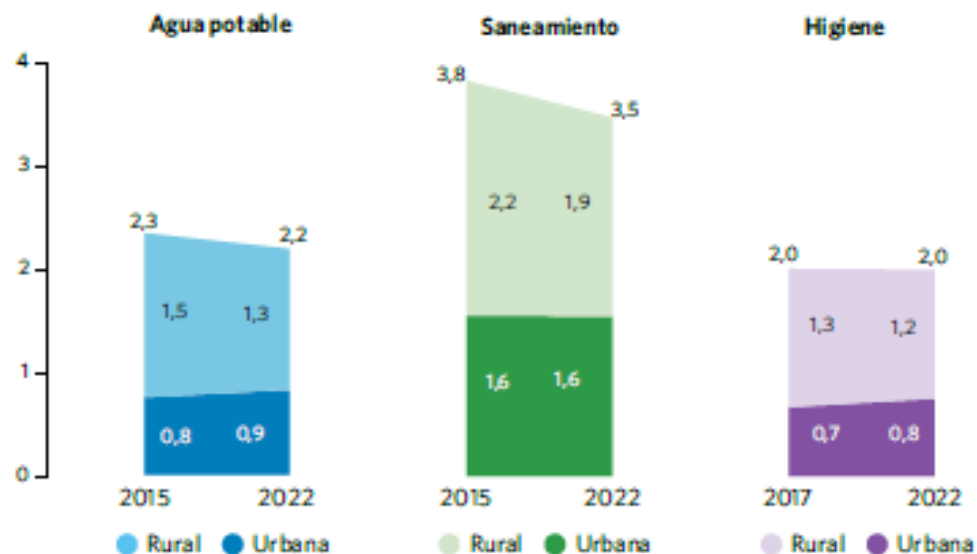
*Nota.* La tabla presenta las metas e indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (Naciones Unidas, 2018).

Las metas e indicadores del ODS 6 buscan garantizar el acceso universal y equitativo al agua y al saneamiento. Sin embargo, en la actualidad más de 2.200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionada de manera segura y 3.500 millones no cuentan con saneamiento básico. Además, se calculó que para el 2020 alrededor de 2.400 millones de personas vivirían en países con escases de agua y 800 millones de ellos en países con estrés hídrico alto (Naciones Unidas, 2023).

Aunque el ODS 6 aún presenta desafíos importantes para garantizar el acceso universal a estos servicios, se debe destacar que para el periodo 2015-2022 se observó un avance significativo en el acceso de la población mundial a servicios de agua potable, saneamiento básico e higiene.

### Figura 11

*Población mundial urbana y rural sin agua potable, saneamiento básico y servicios de higiene gestionados de forma segura*



*Nota.* La figura muestra la población rural y urbana con servicios de agua potable, saneamiento y servicios básicos de higiene gestionados de manera segura para el periodo 2015/17-2022 en miles de millones (Naciones Unidas, 2023).

Durante este periodo, la proporción de personas con acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura aumentó del 69% al 73%, lo que significa que 687 millones de personas adicionales obtuvieron acceso a agua potable. En el mismo periodo, el servicio de saneamiento creció en 911 millones de usuarios, pasando del 49% al 57% un aumento de 8 puntos porcentuales. Asimismo, los servicios de higiene básicos aumentaron del 67% al 75%.

### 2.3.1 ODS 6 en Colombia

Colombia ha mostrado un avance significativo en el cumplimiento de los ODS, según el último informe presentado por el DNP en junio del 2024, el ODS 4 (Educación de calidad) y el ODS 5 (Igualdad de género) han alcanzado niveles de cumplimiento del 66% y el 65% respectivamente.

Sin embargo, otros, como el ODS 2 (Hambre cero) muestran un avance inferior al 25%. Estos resultados han llevado a que Colombia registre un avance general del 46% para los ODS, lo cual evidencia la necesidad de aumentar los esfuerzos realizados por el Estado Colombiano, especialmente en áreas relacionadas con la erradicación de la pobreza y la seguridad alimentaria.

En lo que respecta al ODS 6, este enfrenta múltiples desafíos en su cumplimiento, lo cual evidencia las desigualdades estructurales en el acceso y la distribución del recurso hídrico, esta desigualdad se ve agravada por la falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales en las zonas rurales del país. No obstante, según el informe presentado por el DNP, este ODS muestra un rezago moderado como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 6**

#### *Cumplimiento ODS 6*

ODS	ID Indicador	Nombre del Indicador	Fuente	Tipo Acumulación	Meta 2030	Línea Base 2015	Unidad de Medida	Último dato disponible	%Avance 2030
6	6.1.1.P	Acceso a agua potable.	DANE (GEIH)	Capacidad	100%	92,5%	Porcentaje	90,3% 2021	0%
		Porcentaje de la población con	DANE (GEIH)	Capacidad	92,6%	91,8%	Porcentaje	88,6% 2021	0%

6_2_1_P	acceso a métodos de saneamiento adecuados.								
6_3_1_P	Porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas de manera segura.	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Acumulado	68.6%	37.3%	Porcentaje	53,1% 2021	100%	
6_3_2_P	Porcentaje de aguas residuales industriales tratadas	DANE - Encuesta Ambiental Industrial	Flujo	92%	84,5%	Porcentaje	80,3% 2021	87%	
6_3_3_C	Porcentaje de puntos de monitoreo con categoría buena o aceptable del Índice de Calidad de Agua (ICA)	IDEAM	Acumulado	43%	36%	Porcentaje	22% 2022	100%	
6_3_4_C	Porcentaje de subzonas hidrográficas con Índice de Uso del Agua (IUA) muy alto o crítico	IDEAM - Estudio Nacional del Agua	Reducción	0,178	8,2%	Porcentaje	7,3% 2020	0%	
6_4_2_C	Productividad hídrica	DANE - Cuenta Ambiental y económica de flujo del agua	Capacidad	4.400	3.334	Pesos/ m <sup>3</sup>	4.085 2018	70%	
6_5_1_C	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) formulados en el territorio nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Acumulado	135	4	Planes	92 2023	100%	
6_5_2_C	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) en implementación en el territorio nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Acumulado	60	0	Planes	80 2022	100%	
6_1_2_P	Acceso a agua potable (suelo urbano)	DANE (GEIH)	Capacidad	100%	97,3%	Porcentaje	97,3% 2021	0%	
6_1_2_P	Acceso a agua potable (suelo rural)	DANE (GEIH)	Capacidad	100%	73,7%	Porcentaje	67% 2021	0%	

*Nota.* La tabla muestra el estado de cumplimiento de cada uno de los indicadores del ODS 6 para Colombia (DNP, 2024).

A pesar de los resultados a nivel general son positivos para el país, algunos indicadores clave están lejos de alcanzar las metas trazadas para el 2030. Esto porque entre 2020 y 2021, el

indicador de acceso a agua potable disminuyó del 93,5% al 90,3%, siendo las zonas rurales las más afectadas, con una caída del 76,1% al 66,9%.

Igualmente, la tasa de población con acceso a métodos de saneamiento adecuados presentó una disminución significativa, pasando del 93,4% al 86,6%. Esto implica que, para el mismo periodo, este indicador tuvo una reducción de 4,8 puntos porcentuales. Estos resultados del ODS 6 en Colombia resaltan la necesidad de abordar de manera integral los desafíos relacionados con de acceso al agua potable y al saneamiento tanto en áreas urbanas como rurales.

Asimismo, es necesario intensificar las inversiones en infraestructura, especialmente en las zonas rurales, y fortalecer las estrategias de gobernanza y participación ciudadana en la gestión integral del recurso hídrico. Estos esfuerzos son esenciales no solo para cumplir con el ODS 6, sino también para mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo en el país.

#### **2.4 Marco institucional y normativo del agua en Colombia**

El marco normativo colombiano a partir de la Constitución Política de 1991 desarrolló una serie de normas para el ámbito territorial y ambiental, entre las cuales resaltan la Ley 99 de 1993, por medio de la cual se creó el Ministerio de Ambiente y se organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA); la Ley 152 de 1994 conocida como la Ley del Plan de Desarrollo; la Ley 388 de 1997. A continuación, se presentan las leyes, decretos y resoluciones que estructuran el marco normativo en relación con el recurso hídrico:

**Tabla 7***Marco normativo para la gestión del recurso hídrico*

Norma	Alcance
<b>Constitución Política de Colombia</b>	<p>“<b>Artículo 8:</b> Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.”</p> <p>“<b>Artículo 58:</b> Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivos de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social.”</p> <p>“<b>Artículo 63:</b> Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.”</p> <p>“<b>Artículo 79:</b> Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad P. integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. El Estado tiene un especial deber de protección del agua.”</p> <p>“<b>Artículo 80:</b> El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.” (Constitución Política de Colombia, 1991).</p>

<p style="text-align: center;"><b>Ley 99 de 1993</b></p> <p>“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.”</p>	<p>“Define el marco legal y asigna funciones en relación a la Política Nacional Ambiental con la formulación de la Política Nacional, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasas de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.” (Ley 99, 1993).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ley 152 de 1994</b></p> <p>“Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo”</p>	<p>“Establece los procedimientos y mecanismos para la elaboración, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo.” (Ley 152, 1994).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ley 1625 de 2013</b></p> <p>“Por la cual se deroga la Ley Orgánica 128 de 1994 y se expide el Régimen para las Áreas Metropolitanas.”</p>	<p>“Señala que en el marco del Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial, se deberá incluir en el modelo de ocupación territorial la definición de la estrategia y sistema para la gestión integral del agua (captación, almacenamiento, distribución y tratamiento).” (Ley 1625, 2013).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ley 373 de 1997</b></p> <p>“Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”</p>	<p>“Establece que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa de uso eficiente y ahorro del agua.” (Ley 373, 1997).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ley 9 de 1979</b></p> <p>“Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.”</p>	<p>“Establece las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana y define desde el aspecto sanitario los usos del agua y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.” (Ley 9, 1979).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ley 23 de 1973</b></p>	<p>“Señala que el medio ambiente es patrimonio común; por lo tanto su</p>

<p>“Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>mejoramiento y conservación son actividades de utilidad pública, en las que deberán participar el Estado y los particulares.” (Ley 23, 1973).</p>
<p><b>Ley 388 de 1997</b></p> <p>“Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>“Establece como una determinante para la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, los municipios y distritos deberán tener en cuenta la conservación, la protección del ambiente y los ecosistemas, el ciclo del agua, los recursos naturales, la prevención de amenazas y riesgos de desastres, la gestión del cambio climático y la soberanía alimentaria.” (Ley 388, 1997).</p>
<p><b>Decreto 2245 de 2017</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas”</p>	<p>“Tiene por objeto establecer los criterios técnicos con base en los cuales las Autoridades Ambientales competentes realizarán los estudios para el acotamiento de las rondas hídricas en el área de su jurisdicción.” (Decreto 2245, 2017)</p>
<p><b>Decreto 1076 de 2015</b></p> <p>Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>“Dispone que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado orientar y regular ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, perjuicio de funciones asignadas a otros sectores.” (Decreto 1076, 2015).</p>
<p><b>Decreto 1640 de 2012</b></p> <p>“Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>“Establece los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos del país.” (Decreto 1640, 2012).</p>

<p><b>Decreto 2667 de 2012</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones”</p>	<p>“Reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico.” (Decreto 2667, 2012).</p>
<p><b>Decreto 0303 de 2012</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>“Reglamenta el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico para el componente de concesión de aguas y el componente de autorizaciones de vertimientos.” (Decreto 0303, 2012).</p>
<p><b>Decreto 4728 de 2010</b></p> <p>“Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010”</p>	<p>“Señala que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.” (Decreto 4728, 2010).</p>
<p><b>Decreto 3930 de 2010</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>“Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.” (Decreto 3930, 2010).</p>
<p><b>Decreto 2372 de 2010</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>“Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con éste.” (Decreto 2372, 2010).</p>
<p><b>Decreto 3200 de 2008</b></p> <p>“Por el cual se dictan normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>“Establece las normas sobre los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento.” (Decreto 3200, 2008).</p>

<p><b>Decreto 3600 de 2007</b></p> <p>“Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones.”</p>	<p>“Reglamenta las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo.” (Decreto 3600, 2007).</p>
<p><b>Decreto 1575 de 2007</b></p> <p>“Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.”</p>	<p>“Establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.” (Decreto 1575, 2007).</p>
<p><b>Decreto 1480 de 2007</b></p> <p>“Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>“Declara que autoridades ambientales competentes inicien su proceso de ordenación y manejo y de que las entidades territoriales adopten las medidas necesarias para prevenir y mitigar los factores de riesgo, se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de las cuencas hidrográficas.” (Decreto 1480, 2007)</p>
<p><b>Decreto 1449 de 1977</b></p> <p>“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.”</p>	<p>“Reglamenta la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, de predios rurales.” (Decreto 1449, 1977).</p>
<p><b>Decreto 1324 de 2007</b></p> <p>“Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>“Tiene como objeto realizar el inventario de las personas naturales y jurídicas que usan y aprovechan el recurso hídrico en las cuencas priorizadas de conformidad con el Decreto 1729 de 2002 o la norma que lo modifique o sustituya.” (Decreto 1324, 2007).</p>
<p><b>Decreto 1323 de 2007</b></p> <p>“Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH”</p>	<p>“Crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH- como parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia -SIAC-.” (Decreto 1323, 2007).</p>
<p><b>Decreto 155 de 2004</b></p> <p>“Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por</p>	<p>“Reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 en lo relativo a las tasas por utilización de aguas superficiales, las cuales incluyen las aguas estuarinas, y las aguas</p>

utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones”	subterráneas, incluyendo dentro de estas los acuíferos litorales.” (Decreto 155, 2004).
<b>Decreto 1443 de 2004</b>	“Establece medidas ambientales para el manejo de los plaguicidas, y para la prevención y el manejo seguro de los desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Lo anterior sin perjuicio de la obtención de las licencias, permisos y autorizaciones a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente y demás normas concordantes.” (Decreto 1443, 2004).
“Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, y se toman otras determinaciones.”	
<b>Decreto 1541 de 1978</b>	“Reglamenta las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados.” (Decreto 1541, 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.”	
<b>Resolución 0631 de 2015</b>	“Establece parámetros y valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado.” (Resolución 0631, 2015).
“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”	
<b>Resolución 1207 de 2014</b>	“Establece las disposiciones relacionadas con el uso del agua residual tratada.” (Resolución 1207, 2014).
“Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.”	
<b>Resolución 1907 de 2013</b>	“Expide la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.” (Resolución 1907, 2013).
“Por la cual se expide la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas”	
<b>Resolución 0509 de 2013</b>	“Establece los lineamientos para la conformación de los concejos de Cuenca y su participación en las fases del Plan de Ordenación de Cuenca.” (Resolución 0509, 2013)
“Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del Plan de Ordenación de la Cuenca y se dictan otras disposiciones”	

<p><b>Resolución 1514 de 2012</b></p> <p>“Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos”</p>	<p>“Adopta los Términos de Referencia para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.” (Resolución 1514, 2012)</p>
<p><b>Resolución 955 de 2012</b></p> <p>“Por la cual se adopta el Formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.”</p>	<p>“Adopta el formato para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico para concesiones de agua y autorización de vertimiento.” (Resolución 955, 2012).</p>
<p><b>Resolución 0075 de 2011</b></p> <p>“Por la cual se adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público.”</p>	<p>“Adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público de los suscriptores y/o usuarios.” (Resolución 0075, 2011).</p>
<p><b>Resolución 4716 de 2010</b></p> <p>“Por medio de la cual se reglamenta el párrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007”</p>	<p>“Establece las condiciones, recursos y obligaciones mínimas que deben cumplir las autoridades sanitarias departamental, distrital y municipal, para elaborar Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.” (Resolución 4716, 2010).</p>
<p><b>Resolución 1023 de 2010</b></p> <p>“Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, para el sector manufacturero y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>“Adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables-SIUR para el sector manufacturero.” (Resolución 1023, 2010).</p>
<p><b>Resolución 493 de 2010</b></p> <p>“Por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.”</p>	<p>“Adopta medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.” (Resolución 493, 2010).</p>
<p><b>Resolución 941 de 2009</b></p> <p>“Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, y se adopta el Registro Único Ambiental – RUA.”</p>	<p>“Crea el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales – SIUR-.” (Resolución 0941, 2009).</p>
<p><b>Resolución 2115 de 2007</b></p>	<p>“Señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control</p>

“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.”	y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.” (Resolución 2115, 2007).
<b>Resolución 872 de 2006</b>	“Establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004.” (Resolución 872, 2006).
“Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.”	
<b>Resolución 1433 de 2004</b>	“Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.” (Resolución 1433, 2004).
“Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.”	
<b>Resolución 240 de 2004</b>	“Define las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.” (Resolución 240, 2004).
“Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas”	

*Nota.* La tabla presenta las disposiciones normativas leyes, decretos y resoluciones relacionadas con la gestión del agua subterránea. Elaboración propia.

Como se pudo observar en la tabla anterior, el marco jurídico colombiano en materia de agua se sustenta en principios constitucionales y en un conjunto de leyes y resoluciones que tienen como propósito garantizar la gestión sostenible del recurso hídrico.

La Constitución Política de 1991 introdujo una fuerte dimensión ambiental, consagrando el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger los recursos naturales. En particular, el artículo 79 establece que “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” (Constitución Política de Colombia, 1991), asegurando la participación comunitaria en las decisiones ambientales.

A su vez, el artículo 80 dispone que “el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución” (Constitución Política de Colombia, 1991). Estos mandatos constitucionales cimentan la protección del agua como asunto de interés público y orientación de las políticas hídricas en el país.

Si bien la Constitución no menciona explícitamente el agua como derecho humano, sí reconoce el acceso al agua potable como ligado al derecho a la salud y al bienestar, y enmarca el recurso hídrico dentro de los derechos colectivos que el Estado debe tutelar. En suma, el nivel constitucional provee los principios rectores: el agua es un bien común, su gestión debe ser planificada y sostenible, y la ciudadanía tiene derecho a participar en su protección.

Bajo el amparo de la Constitución, Colombia ha desarrollado una amplia normativa específica para regular el uso, manejo y conservación del agua. Un pilar histórico es el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto-Ley 2811 de 1974), que por primera vez estableció el régimen jurídico unificado de los recursos naturales, incluido el recurso hídrico. Este código declaró que las aguas, en su estado natural, son bienes públicos. Por ejemplo, el artículo 83 del Código señala que “salvo derechos adquiridos por particulares, (las aguas) son bienes inalienables e imprescriptibles del Estado”., reafirmando el dominio público sobre ríos, acuíferos y demás cuerpos de agua.

Adicionalmente, el Decreto 2811 de 1974 sentó las bases para la concesión de derechos de uso de agua (aprovechamiento) mediante permisos otorgados por la autoridad ambiental competente. Este cuerpo normativo, aunque en buena medida preconstitucional, sigue siendo referente fundamental, y muchas de sus disposiciones fueron recogidas o actualizadas por legislación ambiental posterior.

En línea con la Constitución de 1991 y como respuesta a la necesidad de modernizar la gestión ambiental, se expidió la Ley 99 de 1993, la cual constituye un hito normativo en Colombia. La Ley 99 creó el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y reorganizó profundamente el sector público ambiental, incluyendo la creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA).

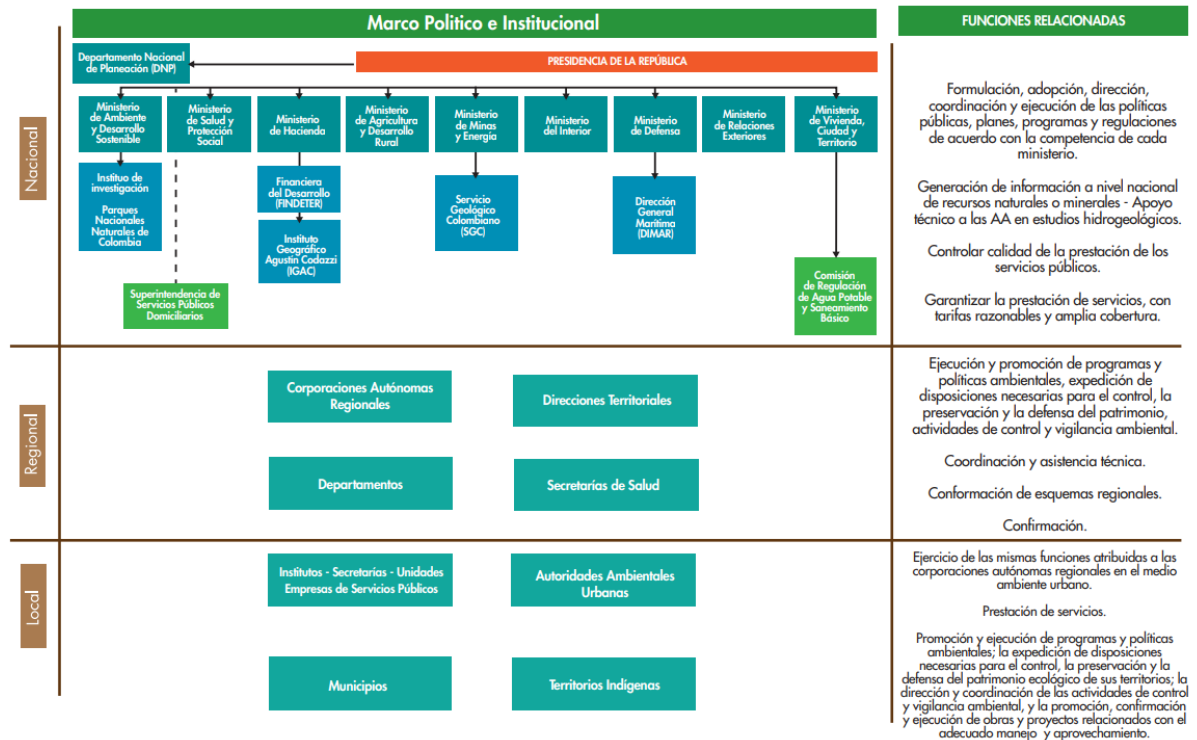
La Ley 99 además de consagrar el Sistema Nacional Ambiental como “el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales”, reconoce componentes como: (1) los principios constitucionales y legales; (2) la normatividad específica; (3) las entidades estatales responsables de política y acción ambiental; (4) las organizaciones comunitarias y ONG ambientales; (5) las fuentes económicas para la gestión; y (6) las entidades públicas o privadas dedicadas a la investigación científica y producción de información ambiental. Es decir, desde su diseño normativo, Colombia concibe la gestión ambiental (y del agua en particular) de manera integral, involucrando múltiples actores y niveles de gobierno, así como incorporando el conocimiento científico como parte del sistema.

#### ***2.4.1 Marco institucional***

La estructura institucional para la gestión del agua en Colombia está conformada por una red de entidades a nivel nacional, regional y local, cada una con funciones específicas y articuladas bajo un marco normativo, que establece las responsabilidades, funciones y competencias de cada institución para la gestión integral del recurso hídrico.

**Figura 12**

*Marco institucional*



*Nota.* La figura presenta las entidades a nivel local, regional y nacional que intervienen en la gestión integral del recurso hídrico. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

El Sistema Nacional Ambiental (SINA), creado por la Ley 99 de 1993, es la estructura institucional encargada del manejo ambiental del país, incluyendo de forma central la gestión del recurso hídrico. El SINA está integrado por organismos públicos de diferentes niveles y por instancias de participación social, todos articulados bajo unos objetivos comunes de protección ambiental.

En términos generales, el SINA define las competencias y responsabilidades en materia ambiental por niveles de gobierno: nivel nacional, nivel regional, y nivel local, con funciones diferenciadas pero complementarias. En la figura 12 se ilustra la estructura del SINA y sus

principales entidades en relación con la gestión del agua, evidenciando la distribución multinivel de las funciones ambientales en Colombia.

En el nivel nacional, la máxima autoridad ambiental es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que tiene la función de formular las políticas, planes y programas ambientales de alcance nacional, expedir la normativa reglamentaria y coordinar el SINA. El Ministerio dirige la política hídrica nacional a través de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, que elabora la planificación estratégica (por ejemplo, el Plan Nacional de Agua, políticas de adaptación al cambio climático en el recurso hídrico, etc.) y expide regulaciones técnicas sobre uso y protección del agua.

Además, el MADS ejerce funciones de supervisión y control sobre las entidades regionales del SINA: por mandato legal, “corresponde al Ministerio coordinar el SINA [...] para asegurar la adopción y ejecución de las políticas y planes [...] en orden a garantizar el cumplimiento de los deberes y derechos [...] en relación con el medio ambiente” (Ley 99, 1993). Esto implica que el Ministerio no solo establece lineamientos, sino que evalúa la gestión de las autoridades ambientales regionales (CAR) y puede ejercer poder de policía ambiental en casos especiales que lo ameriten.

El nivel nacional también incluye entidades adscritas o vinculadas al Ministerio de Ambiente que cumplen roles especializados relevantes para el agua. Entre ellas destaca el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), creado por la Ley 9 como el brazo técnico-científico del SINA en materia de monitoreo ambiental. El IDEAM es responsable de generar información sobre el estado de los recursos naturales, particularmente datos hidrológicos (caudales de ríos, niveles de embalses, calidad del agua) y meteorológicos (precipitación, climatología) fundamentales para la planificación del recurso hídrico. Provee, por ejemplo, los

estudios de oferta hídrica que sustentan la toma de decisiones sobre concesiones de agua y alertas tempranas sobre eventos climáticos extremos (inundaciones, sequías) que afectan el agua.

Junto al IDEAM, existen otros institutos de investigación ambiental que aportan conocimiento: el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), enfocado en aguas marinas y costeras; el Instituto Amazónico SINCHI y el Instituto Humboldt (biodiversidad), cuyos estudios incluyen componentes de ecosistemas acuáticos; y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP).

Aunque cada uno tiene su campo, en conjunto fortalecen la base científica para la gestión del agua dentro del SINA. Vale mencionar que la Ley 99 integró expresamente al SINA a “las entidades [...] que realizan actividades de producción de información, investigación científica y desarrollo tecnológico en el campo ambiental”, lo que abre la puerta a la articulación con universidades y centros de investigación. En la práctica, el Ministerio ambiente lidera la formulación del Plan Nacional de Investigación Ambiental (PENIA) para orientar la investigación en temas prioritarios – dentro de los cuales el recurso hídrico es fundamental – fomentando que la academia y entidades oficiales unan esfuerzos.

También a nivel nacional actúan entidades reguladoras y de control relacionadas con el agua. Por un lado, está la ya mencionada Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), que, aunque adscrita al sector vivienda, incide en la gestión hídrica al establecer tarifas y normas de prestación de servicios de acueducto y alcantarillado que afectan, por ejemplo, la reducción de pérdidas de agua en redes o la inversión en tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), entidad técnica de orden nacional, evalúa y otorga las licencias ambientales para proyectos de gran envergadura (represas, hidroeléctricas, grandes acueductos, proyectos mineros, etcétera) que implican uso

significativo del recurso hídrico. La ANLA impone condicionantes para proteger las fuentes hídricas en esos proyectos y vigila su cumplimiento.

Adicionalmente, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), aunque adscrito al sector de minas y energía, cumple funciones relevantes en exploración de aguas subterráneas y evaluación de riesgo geológico asociado al agua (por ejemplo, estudios de recarga de acuíferos, subsidencia por extracción de agua, etcétera), trabajando en conjunto con el Ministerio de Ambiente en la protección de aguas subterráneas.

Finalmente, existen instancias de coordinación como el Consejo Nacional Ambiental que reúne a varios ministros, representantes de CAR, sector privado y comunidades, para asesorar en la integración de políticas ambientales; y el Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, donde el manejo del agua involucra al Ministerio de Ambiente junto con otras carteras como la de Agricultura, Vivienda, e incluso Defensa (por medio de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo).

En el nivel regional, las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), que son entes públicos de carácter autónomo encargados de la gestión y administración ambiental en las distintas regiones del país. Las CAR fueron establecidas por la Ley 99 de 1993 para descentralizar la aplicación de las políticas ambientales. Actualmente existen alrededor de 33 CAR (incluyendo Corporaciones para Desarrollo Sostenible en áreas especiales, como la Amazonía).

Las CAR tienen un amplio rango de funciones: les corresponde “la ejecución de las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental definidos por el Ministerio, así como aplicar la normatividad vigente sobre el uso y aprovechamiento de los recursos naturales” (Ley 99, 1993). En materia de agua, esto significa que las CAR son la autoridad que otorga y regula

concesiones de aguas superficiales y subterráneas, permisos de vertimiento y demás trámites de uso del recurso hídrico en sus jurisdicciones.

Así, cualquier usuario que requiera aprovechar un caudal debe obtener la concesión por parte de la CAR, la cual impone condiciones de caudal máximo, duración, caudal ecológico, entre otros criterios técnicos basados en los estudios del IDEAM y sus propios análisis. Igualmente, las CAR formulan y ejecutan los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA) en coordinación con entidades locales, para lo cual convocan consejos de cuenca y definen acciones de conservación de suelos, reforestación en rondas hídricas, regulación de usos del suelo en áreas de recarga hídrica, entre otros, con el fin de proteger las fuentes de agua a largo plazo.

Ahora bien, dentro del nivel regional también se incluyen algunas autoridades ambientales de carácter especial. Una de ellas es la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena), creada por la Ley 161 de 1994, con la misión específica de gestionar integralmente la cuenca del río Magdalena, principal arteria fluvial del país. Cormagdalena combina funciones ambientales (velar por la conservación del río, calidad de agua, control de sedimentación) con funciones de navegación y aprovechamiento económico (regulación de actividades portuarias, pesca, hidroeléctricas), siendo un ejemplo de manejo especializado de una macrocuenca bajo una sola entidad.

Otro caso son las Áreas Metropolitanas, ya mencionadas, que pueden asumir funciones ambientales. La normativa vigente (Ley 1625 de 2013) permite que, mediante acuerdo con la CAR respectiva y cumpliendo requisitos de capacidad técnica, un Área Metropolitana ejerza como autoridad ambiental dentro de su territorio. Actualmente, el Valle de Aburrá (Medellín) y el Área Metropolitana de Centro Occidente (Pereira) son ejemplos donde la entidad metropolitana realiza labores de control de vertimientos, vigilancia de la calidad del aire y gestión de quebradas urbanas,

coordinada con las CAR regionales en la periferia. Estas figuras especiales no sustituyen al modelo general de las CAR, pero sí introducen adaptaciones institucionales en contextos particulares, con miras a lograr mayor eficacia en la gestión del agua.

En el nivel local, se encuentran las entidades territoriales que también tienen competencias importantes en la gestión del agua, en complemento a las instancias nacionales y regionales. Conforme a la ley ambiental, a los municipios les corresponde, entre otras funciones: formular y ejecutar en su jurisdicción planes, programas y proyectos ambientales en concordancia con las políticas nacionales y regionales; expedir reglamentaciones locales en temas como uso del suelo, protección de microcuencas y manejo de residuos líquidos; y realizar el control directo de factores ambientales que causen daños o riesgos en el ámbito urbano (Ley 99, 1993). Además, instrumentos de planeación municipal como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) también influyen en la gestión del agua al zonificar áreas de protección hídrica.

Un rol fundamental de la escala local es la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Según la Constitución (artículo 366) los municipios son los titulares de la prestación de estos servicios esenciales. Esto significa que cada municipio organiza la captación de agua de una fuente, su potabilización y distribución a la población, así como la recolección y tratamiento de las aguas residuales. En la práctica, las empresas municipales o regionales de servicios deben solicitar las concesiones de agua a la CAR para extraer agua de ríos o acuíferos, y permisos de vertimiento para descargar las aguas residuales tratadas de vuelta a un cuerpo hídrico.

En cuanto a los departamentos (gubernaciones), su papel en la gestión del agua es más de coordinación y apoyo que operativo, dado que no son autoridades ambientales ni prestadoras de servicio. Sin embargo, los departamentos suelen cofinanciar proyectos relacionados con agua:

construcción de acueductos regionales, plantas de tratamiento de agua en alianza con los municipios y las CAR.

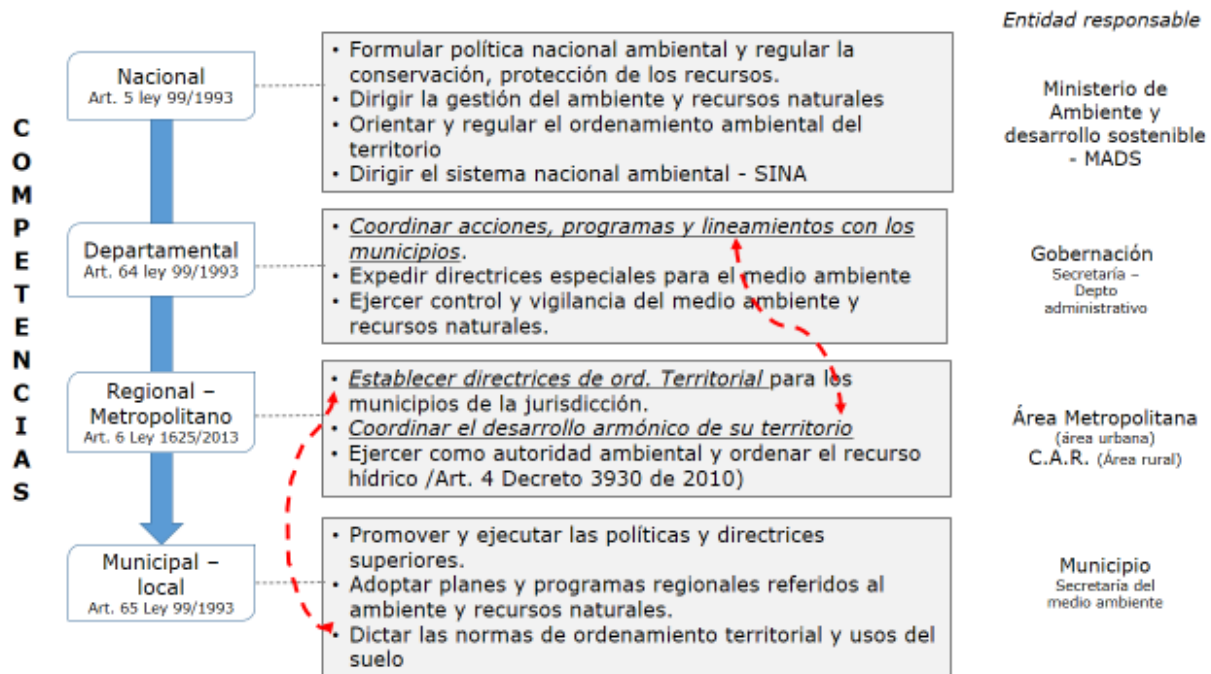
Para visualizar de forma esquemática la distribución de competencias por nivel gubernamental en materia de agua y ambiente, la figura 13 presenta un resumen de las principales responsabilidades asignadas al nivel nacional, departamental, regional y municipal según la normatividad vigente. Esta figura destaca cómo las funciones se complementan: desde la formulación de políticas y regulación a nivel central, pasando por la planificación y ejecución técnica a cargo de las CAR y autoridades regionales, hasta la implementación local y prestación de servicios por parte de municipios.

La articulación entre los niveles nacional, regional y local es, por tanto, un principio rector del marco institucional del agua en Colombia. La legislación ha previsto mecanismos de coordinación vertical y horizontal para evitar vacíos o traslapes en el ejercicio de las competencias.

En conclusión, el marco institucional y normativo colombiano configura un sistema en el que las competencias en materia de agua están definidas por niveles de gobierno de manera complementaria y con principios de coordinación. A nivel nacional se orienta la política y se establecen estándares; a nivel regional se ejecutan y adaptan las acciones de gestión ambiental y del recurso hídrico; y a nivel local se integra la gestión del agua con el desarrollo territorial y la prestación de servicios básicos.

**Figura 13**

*Competencias de gestión del agua. Ley 99 de 1993*



*Nota.* La figura presenta un resumen de las competencias relacionadas con la gestión del agua a nivel nacional, regional, departamental y local.

Este esquema requiere una constante articulación interinstitucional para lograr la gestión integral del recurso hídrico, en este sentido, dicha integralidad se alcanza en la medida en que haya flujos de información y colaboración efectivos entre Ministerio, CAR, departamentos, municipios, usuarios del agua y comunidades, con respaldo de la ciencia y la técnica.

### 3. Análisis del entorno

El entorno es el lugar en donde coexisten sistemas de actores, instituciones, condiciones socio económicas, ambientales, culturales y demográficas entre otras. En ese sentido, el análisis del entorno en un insumo esencial base en la formulación de planes de negocios, ya que permite

identificar oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades que inciden en la viabilidad de la iniciativa (Johnson, Scholes & Whittington, 2008). Para el caso del instituto, este análisis se estructura en tres apartados: PESTEL, mapa de actores clave y matriz DOFA.

### **3.1 Análisis PESTEL**

El análisis PESTEL es una herramienta estratégica que valora los factores externos que pueden afectar a una empresa u organización. Las siglas PESTEL representan seis áreas clave: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos (o ambientales) y Legales. Este análisis facilita la identificación de oportunidades y amenazas en el entorno externo, permitiendo a las instituciones tomar decisiones más informadas y adaptarse a los cambios en el entorno. En ese sentido, esta herramienta es fundamental para determinar los factores externos que afectarán al instituto.

#### ***3.1.1 Factor político***

Colombia cuenta con un sólido marco de políticas públicas e institucionalidad ambiental orientadas a la protección y gestión sostenible del agua. A nivel constitucional, la Carta Política de 1991 consagró el deber estatal de proteger los recursos naturales y el derecho de todas las personas a un ambiente sano.

Si bien el agua no se definió expresamente como derecho humano en la Constitución, su acceso se ha vinculado al derecho a la salud y al bienestar, enmarcándose como un asunto de interés público que el Estado debe tutelar. Sobre esta base, se han desarrollado políticas y reformas institucionales de gran alcance: la Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), asignándole al Estado funciones claras en formulación de políticas, ordenamiento territorial de cuencas, control de la contaminación hídrica, otorgamiento de concesiones de agua, y seguimiento de la calidad del recurso.

En las últimas décadas, el Gobierno nacional ha dado prioridad al recurso hídrico dentro de sus planes de desarrollo y estrategias. Un ejemplo de ello es el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”, donde se destaca el agua como eje transversal de la planificación territorial y del desarrollo sostenible.

De hecho, el primer pilar de este PND “Ordenamiento del territorio alrededor del agua” reconoce la necesidad de replantear el ordenamiento territorial teniendo el agua como centro, para cerrar brechas sociales y mejorar la resiliencia climática. Esta orientación política implica un compromiso gubernamental por resolver conflictos socio-ambientales históricamente ligados al desconocimiento del agua como derecho fundamental y bien común (Departamento Nacional de Planeación, s.f.).

Las acciones previstas en el PND están alineadas con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en especial el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), procurando garantizar el acceso equitativo al agua potable, el saneamiento básico y la reducción de la contaminación de fuentes hídricas. Por ejemplo, el PND 2022–2026 incorpora programas para mejorar el tratamiento de aguas residuales, expandir la cobertura de alcantarillado y proteger ecosistemas clave (páramos, humedales) como medidas para cumplir con el ODS 6 y adaptarse al cambio climático.

A nivel territorial, Cartagena y la región Caribe igualmente han adoptado el agua como prioridad estratégica en sus agendas de desarrollo. El Plan Distrital de Desarrollo de Cartagena 2024–2027 “Cartagena, Ciudad de Derechos” plantea ordenar el territorio en torno al agua, integrando la gestión de ciénagas, lagunas, cuerpos de agua urbanos y del Canal del Dique como base para un desarrollo urbano sostenible. Asimismo, dicho plan promueve una ciudad resiliente a los desastres y eventos climáticos, en concordancia con las metas del ODS 6 y otros objetivos de sostenibilidad (Concejo Distrital de Cartagena de Indias, 2024).

En el plano internacional, Colombia está suscrita a compromisos que influyen en su política hídrica. Destaca la Agenda 2030 de Naciones Unidas y el Acuerdo de París sobre cambio climático. El ODS 6 insta al país a “garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” al 2030, cubriendo aspectos de acceso universal, mejora de la calidad del agua y eficiencia en el uso del recurso.

Colombia ha mostrado algunos avances en estos indicadores, pero aún enfrenta brechas significativas en cobertura de agua potable y tratamiento de aguas residuales, especialmente en zonas rurales. Por su parte, el Acuerdo de París ha llevado a incluir el agua en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de adaptación al cambio climático; por ejemplo, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático identifica la gestión del agua y la reducción de riesgo por eventos hidrometeorológicos como pilares de la resiliencia climática nacional.

En suma, el entorno político del INAG se caracteriza por un apoyo institucional explícito, puesto que existen lineamientos y planes que favorecen la creación de conocimiento y la innovación en agua a partir de la PNGIRH de 2010, que reconoce la investigación como fundamental para la buena gestión del agua. Esto representa una oportunidad para el INAG, en el marco de sus objetivos, los cuales pueden alinearse con las prioridades gubernamentales, facilitando la obtención de respaldo político y financiación pública.

### ***3.1.2 Factor económico***

El entorno económico determina tanto la disponibilidad de recursos financieros para iniciativas hídricas como los incentivos para la investigación y la innovación en el sector. En Colombia, el agua es un recurso crítico para la productividad, actividades como como la agricultura, la ganadería, la agroindustria, el turismo y la industria extractiva en la región Caribe dependen fuertemente de su disponibilidad.

Problemas de escasez o contaminación del agua tienen costos económicos considerables, afectando la salud pública, la seguridad alimentaria y la competitividad de diversos sectores. Por ejemplo, la contaminación de fuentes hídricas por descargas industriales o residuos agropecuarios degradan la calidad del agua. Adicionalmente, eventos climáticos extremos como sequías prolongadas o inundaciones pueden interrumpir la producción agrícola y la infraestructura, generando pérdidas millonarias.

En este contexto, las políticas económicas recientes buscan promover inversiones en infraestructura hídrica y eficiencia en el uso del agua; razón por la cual, el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 contempla recursos para la construcción y optimización de plantas de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir la contaminación en cuencas prioritarias y ampliar la cobertura de saneamiento (Consejo Nacional de Planeación, 2023). De igual forma, la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) están incentivando nuevos modelos de negocio verdes relacionados con el agua, mediante la promoción del reúso del agua residual tratada para disminuir la presión sobre fuentes vírgenes, lo cual representa oportunidades de innovación tecnológica y consultoría.

También es importante señalar que existen desafíos económicos en la financiación de la investigación, la cual suele ser limitada y se debe competir por los recursos de ciencia y tecnología dispuestos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. En la región Caribe, históricamente ha habido rezago en inversión I+D, lo que podría significar que el INAG deba buscar financiamiento en cooperación internacional y convenios con empresas.

### ***3.1.3 Factor social***

Los factores sociales en el entorno del INAG se relacionan con las necesidades, percepciones y dinámicas de la población en torno al recurso hídrico. En Colombia persisten

marcadas desigualdades en el acceso al agua potable y al saneamiento, lo cual se agrava en la región Caribe. Mientras los promedios nacionales de cobertura de acueducto superan el 90% en zonas urbanas, en las áreas rurales son significativamente menores, evidenciando brechas entre campo y ciudad.

Para 2021 la cobertura de agua potable en zonas urbanas alcanzó 93,4%, pero en la rural fue 21 puntos porcentuales inferior. En el Caribe colombiano, departamentos como La Guajira, Sucre o Bolívar presentan municipios donde gran parte de la población carece de acceso continuo a agua segura, dependiendo de pozos de baja calidad o carrotanques. Esta inequidad hídrica tiene profundos impactos sociales: afecta la salud, la educación, y la productividad, perpetuando la pobreza.

Además del acceso, la calidad del agua es una preocupación ciudadana. La contaminación de ríos, ciénagas y acuíferos en el Caribe producto de vertimientos domésticos sin tratar, residuos industriales y agroquímicos que han deteriorado las fuentes hídricas.

Este panorama configura tanto presiones como oportunidades para el INAG, puesto que, por un lado, la persistencia de problemas sociales relacionados con el agua en lo que respecta a la cobertura, calidad y continuidad genera una alta *pertinencia* para la creación del instituto y sus líneas de investigación pueden enfocarse en soluciones que tengan impacto directo en el bienestar y la calidad de vida de las personas. Atender esta necesidad de la población le daría legitimidad social al INAG y facilitaría la apropiación de sus proyectos.

Por otro lado, la participación ciudadana se vuelve crucial, en este sentido, el instituto deberá trabajar de la mano con las comunidades, no solo para entender sus problemáticas y saberes locales, sino también para lograr que las soluciones propuestas sean adoptadas. La educación

ambiental y la sensibilización social son componentes que el INAG podría incorporar para amplificar su impacto.

#### ***3.1.4 Factor tecnológico***

El factor tecnológico analiza la disponibilidad, desarrollo y adopción de nuevas tecnologías relevantes para la gestión del agua, así como las capacidades de investigación e innovación en el entorno del INAG. En la actualidad, existe una brecha importante entre las necesidades hídricas de la región y las soluciones tecnológicas implementadas.

En primer lugar, es necesario destacar que muchas poblaciones del Caribe aún carecen de plantas de tratamiento de agua potable modernas y de sistemas efectivos de tratamiento de aguas residuales. Esto significa que tecnologías probadas globalmente como filtración avanzada, desalinización en comunidades costeras o humedales artificiales para depuración aún no se han utilizado a nivel local.

La falta de infraestructura adecuada ha agravado las disparidades en acceso y calidad de agua, dejando un amplio margen para introducir mejoras tecnológicas. En este contexto, el INAG puede desempeñar un rol clave como catalizador de transferencia tecnológica, mediante la identificación, adopción o desarrollo de tecnologías apropiadas para el contexto regional y local.

El entorno tecnológico global ofrece oportunidades que el INAG puede aprovechar, puesto que hay un avance acelerado en tecnologías aplicadas al agua, por ejemplo, sensores remotos, sistemas de información geográfica, modelos de inteligencia artificial para pronóstico de sequías o identificación de fugas en redes, entre otros. Igualmente, la innovación en tratamiento y reúso ha producido soluciones más eficientes energéticamente.

### ***3.1.5 Factor ambiental***

El factor ambiental es particularmente relevante dado que el objeto del INAG es el recurso hídrico, en este sentido, el entorno natural y climático define tanto los problemas que el instituto buscará resolver como las condiciones en las que operará. En el Caribe colombiano se manifiestan con intensidad varias problemáticas hídricas, a saber, escasez, variabilidad climática, eventos extremos, intrusión salina y contaminación. Si bien Colombia es considerada una potencia hídrica en términos de volumen, la distribución espacial y temporal del agua es altamente desigual.

La región Caribe, con estaciones secas prolongadas y un régimen pluviométrico variable, experimenta periódicamente sequías severas (fenómeno del Niño), seguido de lluvias intensas (fenómeno de la Niña) que causan inundaciones. Este ciclo irregular genera por un lado déficit hídrico crónico en zonas como la península de La Guajira y los valles interiores, y por otro, emergencias por crecientes e inundaciones en cuencas como el río Magdalena y zonas bajas de la costa. El cambio climático acentúa esta variabilidad, por lo cual se proyecta una reducción en la disponibilidad hídrica por cambios en precipitación y aumento de temperatura, acompañada de mayor frecuencia de eventos extremos.

Estos cambios presionan los sistemas hídricos y plantean tres retos simultáneos en la gestión del agua potable: exceso de agua (inundaciones), escasez de agua (sequías) y exceso de contaminación. Al respecto el IPCC ha señalado en informes recientes que los países deberán enfrentar escenarios en los cuales tendrán periodos de abundancia súbita como periodos de carencia de agua debido al aumento de las temperaturas producto de los gases de efecto invernadero, los cuales disminuyen la capacidad natural de autorregulación de las temperaturas y por tanto de los cuerpos de agua.

Otro fenómeno importante a tener en cuenta es la intrusión salina en acuíferos costeros, debido a la sobreexplotación de agua subterráneas para el consumo humano y agrícola, lo cual, combinado con la elevación del nivel del mar, ha permitido que el agua salina penetre y contamine acuíferos de agua dulce, poniendo en riesgo el abastecimiento de agua para muchas comunidades en la costa Caribe. Este fenómeno ya se observa en sectores de la isla de Barú o en zonas de la Sabana de Bolívar, y se agravará con el cambio climático.

Ahora bien, a estos desafíos ambientales identificados, la respuesta institucional ha sido trazar políticas y regulaciones específicas -las cuales se analizan en el factor legal- y fortalecer la planificación de la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico, en la cual se enfatiza la protección de ecosistemas estratégicos como páramos, acuíferos, humedales, ciénagas, entre otros, y la necesidad de incluir el cambio climático como un factor determinante en la gestión del recurso hídrico.

Por lo anterior, para el instituto, el entorno ambiental descrito constituye su razón de ser, por ende, sus líneas de trabajo deberán abordar estas problemáticas, a través, por ejemplo de la elaboración estudios de vulnerabilidad al cambio climático y propuestas de adaptación o de investigaciones para la descontaminación y restauración de cuerpos de agua. La relevancia de desarrollar soluciones a estas problemáticas facilitara que el instituto pueda conseguir apoyo y recursos para cumplir con su objeto misional, por lo cual, deberá adoptar enfoques interdisciplinarios que combinen ciencia, planificación ambiental y participación comunitaria para proponer soluciones viables.

### ***3.1.6 Factor legal***

El factor legal comprende el marco normativo que regula la gestión del agua en Colombia y que condiciona las acciones del INAG. En este aspecto, el país dispone de un andamiaje jurídico amplio y consolidado, resultado de décadas de desarrollo legislativo en materia ambiental y de recursos hídrico.

El Marco constitucional sienta las bases: además del ya citados artículos 79, 80 y 366 que establecen el agua potable y el saneamiento básico como servicios públicos a cargo del Estado, cuya prestación eficiente es prioridad del gasto público social (Concejo Distrital de Cartagena de Indias, 2024). Esto significa que, por mandato legal, todas las entidades territoriales deben asegurar gradualmente el acceso a agua potable, y que los planes y presupuestos deben dar prelación a inversiones en este sector.

Como se pudo observar en la sección 2.4 Marco institucional y normativo del agua en Colombia, el entorno legal robusto con el que cuenta el país tiene varias implicaciones para el instituto, en primer lugar, porque este define las reglas del juego bajo las cuales el instituto deberá operar. En segundo lugar, este marco legal también identifica vacíos y necesidades, en los cuales el instituto podrá prestar asesoría técnica, fungiendo como consultor de diferentes entidades públicas y privadas en relación con la gestión integral del recurso hídrico.

En tercer lugar, el marco legal ofrece legitimidad y respaldo institucional a la misión del instituto en tanto que este se encuentra orientado a garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, por ende, estaría contribuyendo directamente a fines reconocidos por el Estado. Esto puede facilitar la firma de convenios con entidades gubernamentales. Finalmente, el instituto deberá también cumplir con las regulaciones aplicables al sector, además de articularse con el Sistema de Información del Recurso Hídrico que coordina el IDEAM.

En conclusión, el entorno legal ofrece un marco habilitante para la actuación del instituto a la vez que exige del instituto un alineamiento y cumplimiento estricto para poder incidir eficazmente en la política pública y la gestión del agua conforme a la ley.

A continuación, se presenta una síntesis del análisis PESTEL, pero resulta necesario destacar que este instrumento permite condensar de manera estructurada los factores del entorno que condicionan la viabilidad y el posicionamiento del instituto.

**Tabla 8**

*Análisis PESTEL*

<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>
<b>Político</b>	Existencia de políticas nacionales y locales que priorizan el agua (PND 2022–2026, Plan Cartagena 2024–2027), lo que facilita apoyo institucional y financiación si el INAG alinea sus proyectos con dichas agendas. Debe responder a compromisos (ODS 6, Acuerdo de París) aportando ciencia para alcanzar metas gubernamentales. También enfrenta el reto de contribuir al fortalecimiento de la gobernanza hídrica en un contexto de instituciones fragmentadas, actuando como puente entre academia y tomadores de decisión para mejorar la coordinación interinstitucional.
<b>Económico</b>	Ambiente propicio para invertir en agua (planes de desarrollo financian infraestructura hídrica, Estrategia de Economía Circular fomenta reúso) que el INAG puede capitalizar ofreciendo investigación aplicada y consultorías. Debe buscar activamente recursos vía cooperación internacional y alianzas público-privadas dada la escasez de fondos locales de I+D; las problemáticas hídricas urgentes pueden atraer fondos de organismos multilaterales y sector productivo. El INAG puede impulsar innovación mostrando su valor a empresas y gobiernos.
<b>Social</b>	Alta demanda social de soluciones a problemas de acceso y calidad de agua en la región; esto legitima la misión del INAG y guía sus prioridades de investigación. La participación comunitaria será clave: el instituto debe integrar saberes locales y promover educación ambiental para que sus propuestas sean aceptadas e implementadas. También puede servir de mediador en conflictos hídricos locales, aportando datos objetivos y opciones equitativas. Su presencia en Cartagena le da ventaja para construir confianza con actores sociales y autoridades locales.
<b>Tecnológico</b>	Existe un vacío institucional en investigación hídrica especializada en Colombia, lo que posiciona al INAG para llenar ese espacio y liderar la innovación en agua. Enfrenta la necesidad de modernizar infraestructura y prácticas de gestión del agua: deberá adaptar y desarrollar tecnologías apropiadas al contexto. Las redes de investigación y transferencia tecnológica serán cruciales, el INAG tiene la oportunidad de articular la triple hélice (universidad-empresa-Estado) y acceder a redes internacionales para traer conocimientos de punta. En resumen, puede

---

	convertirse en hub regional de desarrollo tecnológico hídrico, pero requerirá inversión en laboratorios, capacitación de talento humano e iniciativas piloto demostrativas para probar las soluciones en campo.
<b>Ambiental</b>	Las condiciones ambientales críticas (escasez estacional, intrusión salina, contaminación, cambio climático) establecen las áreas de trabajo prioritarias del INAG y subrayan la relevancia de su creación. El instituto deberá enfocarse en investigación para adaptación climática, protección de fuentes y descontaminación, contribuyendo a la resiliencia hídrica de la región. Asimismo, deberá operar considerando riesgos ambientales, por ejemplo, planificar investigación de campo con seguridad en zonas de difícil acceso, y promover soluciones basadas en ecosistemas que complementen la infraestructura gris. La urgencia de los desafíos ambientales puede facilitar apoyo a las iniciativas del INAG, pero también impone la necesidad de resultados oportunos y aplicables dado el deterioro acelerado de recursos como la Bahía de Cartagena o los acuíferos costeros.
<b>Legal</b>	Un marco normativo amplio y favorable, las leyes y normas consagran la protección del agua y obligan a planes de uso eficiente, tratamiento de vertimientos y participación comunitaria, lo cual crea demanda de conocimiento técnico y asistencia donde el INAG puede incidir. El instituto debe alinear sus objetivos con las metas legales y actuar como aliado científico de las autoridades para el cumplimiento normativo. También deberá asegurar su propio cumplimiento regulatorio en investigaciones o proyectos.

---

*Nota.* La tabla muestra el resumen del análisis PESTEL. Elaboración propia.

### 3.2 Stakeholders

Una gestión efectiva del recurso hídrico depende de la interacción coordinada entre múltiples actores públicos, privados y comunitarios. De hecho, la OCDE advierte que la crisis del agua es en gran medida una “crisis de gobernabilidad” que exige instituciones sólidas, cooperación y capacidad técnica en todos los niveles (OCDE, 2012).

En línea con esto, organismos internacionales como la FAO recomiendan “fortalecer la gobernanza del agua mediante la identificación de actores clave y la participación de múltiples partes interesadas”. Por tanto, para la planificación estratégica del INAG es fundamental mapear los actores clave involucrados en el manejo del recurso hídrico y en la creación del Instituto, analizando sus intereses, nivel de influencia, posturas frente al proyecto y estrategias para

articularlos o manejar eventuales conflictos. A continuación, se presentan los principales grupos de actores junto con las dinámicas que caracterizan su relación con el INAG.

- Actores institucionales nacionales: En el ámbito nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es un actor clave con mandato sobre la política hídrica. Su interés principal radica en que el INAG contribuya con conocimiento técnico-científico a la gestión integral del agua y al cumplimiento de políticas públicas. El Ministerio tiene alta influencia al fijar normativas, asignar recursos y coordinar el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Su posición frente al INAG sería favorable, pues la investigación y la innovación fortalecen la implementación de la PNGIRH.

Otro actor nacional relevante es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), encargado de fomentar la investigación. Comparte el interés de impulsar la I+D en agua y formación de talento humano especializado. Si bien su influencia es media en términos de incidencia directa en la gestión del agua, MinCiencias financia proyectos de investigación y define políticas de ciencia e innovación. Su postura hacia el INAG sería favorable, ya que la creación de un instituto de agua contribuye a los objetivos nacionales de aumentar la capacidad científica regional. La articulación con MinCiencias consistiría en gestionar financiación para proyectos, inclusión del INAG en programas nacionales y visibilizar los logros del Instituto para obtener respaldo.

En el mismo nivel se ubican entidades técnicas como el IDEAM responsable del monitoreo hídrico nacional. El IDEAM tiene alta influencia técnica, pues provee datos oficiales, sus intereses incluyen contar con investigación local que complemente sus estudios y mejora de la red de información hídrica.

Probablemente vería al INAG de forma favorable, siempre que sus roles se complementen.

- Actores institucionales regionales y locales: En el nivel regional y local, los gobiernos territoriales y autoridades ambientales juegan un papel central en la implementación de la gestión del agua. La Gobernación de Bolívar tiene influencia alta en la medida que cofinancia proyectos de acueducto, saneamiento básico y adaptación climática en municipios. Su interés es que el INAG aporte soluciones a problemas hídricos del departamento y apoye el cumplimiento del Plan Departamental de Desarrollo en materia ambiental.

En el caso de la Alcaldía de Cartagena su interés se enfoca en la gestión urbana del agua, es decir, en la reducción de inundaciones en la ciudad, calidad del agua costera para turismo, manejo de la Ciénaga de la Virgen, provisión de acueducto y alcantarillado. La Alcaldía ejerce alta influencia a nivel local mediante la definición de políticas públicas distritales, presupuesto de obras y regulación de usos del suelo. Su postura ante el INAG sería muy favorable en la medida que el Instituto contribuya a metas del Plan Distrital de Desarrollo.

También en lo regional, las autoridades ambientales competentes tienen un rol importante. En Cartagena y Bolívar actúan la Corporación Autónoma Regional CARDIQUE y el EPA (Establecimiento Público Ambiental) Cartagena. Estas entidades poseen alta influencia regulatoria, puesto que otorgan permisos de uso de agua y vertimientos, vigilan ecosistemas y ejecutan planes de manejo ambiental. Su interés respecto al INAG es obtener soporte técnico-científico para fortalecer la toma de decisiones ambientales.

- Actores académicos: Dentro del sector académico, la Universidad de Cartagena es el actor principal, por ser la entidad que albergará al INAG. La Universidad tiene un alto interés en que el Instituto potencie la investigación, formación y extensión en el tema hídrico. Se espera que el INAG eleve la producción científica, facilite alianzas interdisciplinarias y proyecte a la Universidad como líder en sostenibilidad hídrica en el Caribe. La influencia de la Universidad es muy alta en términos operativos y su posición es favorable.

Por otra parte, existen otras instituciones académicas que pueden incidir a nivel regional, por ejemplo, Universidad del Norte, Universidad de la Costa, y la Universidad del Atlántico, entre otras, que podrían ser aliados o eventualmente competidores en la búsqueda de fondos de investigación. Su nivel de influencia es medio en tanto que pueden afectar el alcance de proyectos y redes científicas.

- Sector Privado: El sector productivo de Cartagena y Bolívar tiene intereses directos en la gestión del agua, ya sea como usuarios del recurso o como responsables de su cuidado. Un actor clave es Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. (ACUACAR), la empresa mixta encargada del acueducto y alcantarillado de la ciudad. ACUACAR posee alta influencia en el ámbito local al operar la infraestructura hídrica urbana y tener interacción diaria con la comunidad. Su interés principal es mejorar la eficiencia y sostenibilidad del servicio de agua potable y saneamiento, cumpliendo con regulaciones y planificando la expansión del servicio a zonas periféricas. La posición de la empresa hacia el INAG sería favorable siempre que la investigación aporte soluciones prácticas.

Otros actores privados relevantes son las industrias y empresas que dependen fuertemente del agua o que generan impactos sobre ella. En Cartagena destaca la

Refinería de Cartagena (Reficar) y el sector petroquímico, el sector portuario, el sector turístico (hoteles, cruceros) y agroindustrias en el departamento. Muchas de estas empresas ejercen influencia alta o media a través de su peso económico y relaciones con autoridades. Su interés común es asegurar la disponibilidad de agua de buena calidad para sus operaciones a largo plazo, así como evitar conflictos o sanciones por contaminación, en este sentido, la mayoría de empresas en estos sectores estratégicos podría apoyar la creación del INAG de forma favorable, viendo una oportunidad de contar con investigaciones que les ayuden a optimizar procesos y a cumplir estándares ambientales.

- Comunidades locales: Las poblaciones locales son usuarias del recurso hídrico, por lo que su rol es imprescindible en la gestión sostenible del agua. En el contexto del INAG, se identifican varios actores comunitarios clave. Por un lado, las comunidades rurales y periurbanas sin acceso a agua potable que tienen un interés en mejorar el suministro de agua y saneamiento. Estas comunidades, a través de sus Juntas de Acción Comunal o Juntas Administradoras de Acueductos Veredales, a menudo organizan sistemas de agua comunitarios y conocen de primera mano las necesidades locales. Su influencia política directa es baja, pero alta en legitimidad social, y pueden movilizarse para exigir soluciones.

Otro grupo comunitario relevante son los pescadores artesanales y comunidades costeras, las cuales dependen de ecosistemas acuáticos saludables por lo que están interesados en la conservación de las fuentes de agua y la calidad ambiental. Han sufrido problemas como la sedimentación del Canal del Dique, contaminación por aguas residuales y la disminución de pesca. Si bien su poder de influencia formal

es limitado, suelen organizarse en asociaciones de pescadores o consejos comunitarios que pueden incidir en decisiones locales y colaborar con proyectos de restauración ecológica. Razón por la cual, tendrían una posición favorable al INAG esperando apoyo en el monitoreo participativo de la calidad del agua, programas de restauración de manglares o alternativas de sustento sostenible.

- Organismos internacionales: Dado el carácter global de los desafíos del agua, diversos organismos internacionales y de cooperación al desarrollo pueden influir y verse involucrados en el proyecto del INAG. Un actor importante son los organismos multilaterales de financiamiento como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Estos bancos tienen alta influencia cuando apoyan proyectos, pues aportan recursos financieros significativos y requerimientos técnicos. Su interés respecto al INAG radica en que un instituto robusto provea capacidad local para diseñar, ejecutar y monitorear proyectos hídricos sostenibles, garantizando el éxito de las inversiones.

Para articular a estos actores, el INAG debe alinearse con las agendas internacionales e integrarse en proyectos de cooperación, así como participar en la formulación de propuestas que busquen fondos de estos bancos, ofreciendo el soporte técnico y de investigación que ellos valoran. Además, el INAG podría gestionar su reconocimiento como centro de referencia ante la UNESCO o ONU-Agua, lo cual aumentaría su visibilidad.

Otra categoría son las agencias de cooperación bilateral y organizaciones internacionales especializadas. Aquí encontramos actores como la GTZ (cooperación alemana), USAID (agencia de EE.UU.), la Unión Europea, y agencias de la ONU (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD,

UNESCO, UNICEF en temas de agua y saneamiento). Su influencia es media, generalmente a través de asistencia técnica, donaciones más acotadas o programas piloto. Comparten un interés en promover la gestión integrada del agua, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la resiliencia climática. Finalmente, en el espectro internacional cabe mencionar ONGs globales y redes transnacionales dedicadas al agua (como The Nature Conservancy, WWF, UICN, Global Water Partnership). Si bien su influencia directa es moderada, tienen peso en términos de conocimiento especializado, incidencia en políticas y movilización de recursos para conservación. Su interés es que el INAG provea ciencia local que respalde iniciativas de conservación de cuencas, protección de humedales y acceso equitativo al agua.

El mapa de actores clave del INAG abarca un ecosistema complejo de instituciones gubernamentales, academia, sector productivo, comunidades y cooperantes internacionales, cada uno con intereses particulares pero interdependientes en torno al recurso hídrico.

La dinámica institucional en Colombia demanda precisamente esa articulación multinivel y multisectorial: “la gestión integral del agua se alcanza en la medida en que haya colaboración efectiva entre Ministerio, CAR, departamentos, municipios, usuarios y comunidades, con respaldo de la ciencia y la técnica” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El INAG, como iniciativa académica, se inserta estratégicamente para ser ese respaldo de ciencia y técnica, sirviendo de puente entre el conocimiento y la acción. La clave estará en maximizar sinergias y minimizar resistencias, a través de la estructuración de alianzas y sinergias con actores favorables. En la siguiente matriz se sintetiza el análisis de los actores clave, mostrando

para cada categoría los ejemplos de actores específicos, su nivel de influencia, intereses, postura frente al INAG y estrategias propuestas de articulación o manejo de conflictos.

**Tabla 9**

*Mapa de actores*

<b>Categoría</b>	<b>Actor</b>	<b>Nivel de influencia</b>	<b>Interés principal</b>	<b>Posición frente al INAG</b>	<b>Estrategia de articulación</b>
<b>Institucional nacional</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Alta (define política hídrica, financiamiento público).	Apoyo técnico-científico para implementar la política hídrica nacional; cumplir ODS 6 y metas nacionales.	Favorable (ve al INAG como aliado para generar conocimiento y mejorar la gestión del agua).	Alinear investigaciones con la Política Nacional de Agua; convenios para asistencia técnica en planes y normas.
<b>Institucional nacional</b>	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	Media (financia I+D, promueve ciencia).	Fortalecer la investigación y formación de alto nivel en recursos hídricos; descentralizar la ciencia hacia las regiones.	Favorable (apoya creación de capacidad científica regional).	Gestionar cofinanciación de proyectos y becas; incluir al INAG en redes y convocatorias nacionales de investigación; difundir resultados para mostrar impacto en política de CTel.
<b>Institucional nacional</b>	IDEAM (Inst. Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales)	Alta (autoridad en datos hídricos y monitoreo).	Generación y acceso a datos hidrológicos de calidad; conocimiento para alertas tempranas y planificación hídrica.	Favorable (necesita investigación local complementaria).	Convenios de intercambio de datos y metodologías; proyectos conjuntos de monitoreo e investigación aplicada; integración del INAG al Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).

<b>Institucional regional y local</b>	Gobernación de Bolívar	Alta a nivel regional (planeación, cofinanciación).	Solucionar problemas hídricos del departamento (acceso rural, sequías, inundaciones); cumplir metas del plan de desarrollo.	Favorable (si el INAG aporta a objetivos de desarrollo regional).	Alianzas en proyectos piloto en municipios; asesoría técnica en planes departamentales de agua; cofinanciación departamental de investigaciones prioritarias.
<b>Institucional regional y local</b>	Alcaldía de Cartagena – EPA Distrital	Alta a nivel local (política urbana, servicios públicos).	Gestionar el agua urbana de forma sostenible (drenaje pluvial, calidad de agua costera, suministro a barrios); resiliencia climática urbana.	Favorable (busca apoyo científico para problemas urbanos críticos).	Integración en mesas técnicas locales; convenios para estudios aplicados en la ciudad; participación del Distrito en la gobernanza del INAG y uso de resultados en decisiones locales.
<b>Institucional regional y local</b>	Autoridades ambientales CAR (CARDIQUE) y EPA Cartagena	Alta (regulatoria control ambiental).	Mejorar efectividad en protección de cuencas y calidad de agua; información científica para planes de manejo ambiental.	Favorable (valora apoyo técnico).	Complementar funciones: acuerdos para compartir información y laboratorios; asistencia del INAG en estudios (caudales ecológicos, calidad hídrica); incluir a la CAR/EPA en proyectos y evitar duplicidad de roles.
<b>Académico</b>	Universidad de Cartagena (facultades, grupos de investigación)	Alta (ente creador del INAG, recursos humanos y físicos).	Potenciar la producción académica en temas hídricos; formar estudiantes; aumentar prestigio	Favorable (promotor directo del Instituto).	Vincular docentes y estudiantes a las líneas de investigación del INAG; asegurar que el Instituto contribuya a metas académicas

			institucional en investigación ambiental.			(publicaciones, innovación); comunicación constante con directivos universitarios para apoyo institucional.
<b>Académico</b>	Otras universidades locales/nacionales (UniTecnológica de Bolívar, Uninorte, Univalle-CINARA, etc.)	Media (potenciales colaboradoras o competidoras en proyectos).	Colaboración en investigación y acceso a infraestructura; defensa de sus propias iniciativas de agua.	Neutral favorable (abiertas a colaborar, pero vigilantes de posibles competencias).	a	Establecer redes y convenios interuniversitarios; coorganizar eventos científicos; desarrollar proyectos multiinstitucionales para repartir beneficios (publicaciones, patentes, fondos) y evitar rivalidades.
<b>Sector privado</b>	Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. (empresa acueducto y alcantarillado)	Alta (operación de agua urbana, contacto comunidad).	Mejorar eficiencia del servicio, tecnología para tratamiento, expansión de cobertura cumpliendo normativas.	Favorable (espera soluciones aplicadas para optimizar la prestación de servicio).	para	Proyectos piloto conjuntos (reducción de pérdidas, mejora potabilización); intercambio de datos operativos para investigación; mejoramiento del vínculo público-privado.
<b>Sector privado</b>	Industria con uso e impacto hídrico (Refinería de Cartagena, sector industrial y portuario)	Alta (peso económico, influencia política).	Seguridad hídrica para sus operaciones; cumplimiento regulatorio al menor costo; evitar sanciones y mantener buena imagen ambiental.	Mixta: muchas empresas favorables (apoyan investigación para soluciones), algunas potencialmente desfavorables si temen mayor escrutinio.		Enfoque de cooperación técnico: convenios de I+D para mejorar procesos productivos y tratamiento de vertimientos; acuerdos de transparencia de información ambiental.

<b>Sector privado</b>	Gremios empresariales y sector turístico (ANDI, Cámara de Comercio, hoteles)	Media (representan intereses colectivos, influyen en opinión).	Disponibilidad de agua para desarrollo económico; protección de atractivos naturales (playas, ecosistemas) que sostienen turismo; evitar regulaciones excesivas.	Favorable (ven al INAG como apoyo a competitividad sostenible)	Mesas de diálogo con gremios para alinear agenda de investigación a necesidades sectoriales; programas de capacitación del INAG para empresas; participación de empresas en proyectos.
<b>Comunidades locales</b>	Comunidades rurales y Juntas de acueductos comunitarios	Baja (poca voz política), pero pueden articularse colectivamente.	Acceso a agua potable y saneamiento básico; apoyo técnico para sus sistemas de agua; soluciones a sequías y contaminación local.	Favorable (esperan mejoras en su calidad de vida), con riesgo de neutralidad si no ven resultados tangibles.	Enfoque participativo: incluir comunidades en diseño de proyectos; talleres locales de educación sanitaria; piloto de tecnologías apropiadas (filtros, pozos) entregadas a la comunidad; comunicación frecuente.
<b>Comunidades locales</b>	Asociaciones de pescadores y comunidades costeras	Baja, media en temas ambientales locales (pueden incidir mediante veedurías).	Conservación de humedales, manglares y pesquerías; mejora de la calidad del agua para garantizar sus medios de vida; participación en decisiones ambientales.	Favorable (dispuestas a colaborar en conservación), aunque con desconfianza inicial hacia instituciones externas.	Ciencia ciudadana; incluir pescadores en monitoreo ecológico; respeto por conocimientos tradicionales; retroalimentar resultados de estudios.
<b>Organismos internacionales</b>	Bancos multilaterales (Banco Mundial, BID)	Alta (financian grandes proyectos, influyen en	Existencia de capacidad local para ejecutar proyectos de agua	Favorable (valoran un socio técnico local que	Presentar al INAG como aliado en propuestas de financiación; cumplimiento de

	políticas sectoriales).	eficientemente; garantizar sostenibilidad y éxito de inversiones en acueducto, riego, adaptación climática.	refuerce sus proyectos).	estándares internacionales en proyectos piloto para atraer fondos; incorporar objetivos del BM y el BID (agua y cambio climático, inclusión social) en la agenda del Instituto.	
<b>Organismos internacionales</b>	Agencias de cooperación y ONU (GIZ, USAID, PNUD, UNESCO, UNICEF)	Media (apoyo técnico y financiero a menor escala, asesoría).	Fortalecimiento institucional y conocimiento para el desarrollo sostenible del agua (ODS 6); implementación exitosa de programas de saneamiento y clima en la región.	Favorable (necesitan contrapartes locales sólidas; el INAG llena un vacío institucional).	Firmar memorandos de entendimiento para colaboración en proyectos piloto comunitarios; articulación de líneas de investigación del INAG con prioridades de ayuda en áreas como cambio climático, agua y saneamiento rural.

*Nota.* La tabla presenta un resumen de los stakeholders identificados en relación al Instituto. Elaboración propia.

### 3.3 Análisis DOFA

Como parte del diagnóstico, se realiza un Análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para la propuesta de creación del Instituto de Investigación del Agua. Esta herramienta permite identificar y resumir los factores internos positivos y negativos (fortalezas y debilidades propias de la Universidad/Instituto) así como los factores externos que podrían influir favorable o desfavorablemente en el éxito del Instituto (oportunidades y amenazas del entorno). A continuación, se presentan los principales hallazgos del análisis DOFA.

### ***3.3.1 Fortalezas***

La Universidad de Cartagena cuenta con capital humano calificado y experiencia en áreas afines al recurso hídrico. Existen grupos de investigación consolidados en ingeniería ambiental, ciencias del mar, química del agua, salud pública, entre otros, cuyos miembros poseen formación de maestría y doctorado.

Esta base de conocimiento interno es una fortaleza, pues el Instituto podría apoyarse de expertos que ya conocen las problemáticas regionales y han desarrollado trabajos de investigación en el área. La trayectoria investigativa de la Universidad (reflejada en publicaciones y proyectos relacionados con agua en años recientes) le otorga credibilidad y piso científico a la nueva unidad académica.

Asimismo, la ubicación de la Universidad de Cartagena en una de las principales ciudades costeras del país, tiene acceso directo a diversos ecosistemas hídricos (costeros, marinos y continentales) que sirven como laboratorios naturales. La cercanía a la bahía de Cartagena, al delta del río Magdalena (Canal del Dique) y a sistemas de ciénagas y manglares, permite emprender investigación de campo con relativa facilidad.

Además, al ser una institución anclada en la región Caribe, comprende de primera mano las necesidades locales y goza de la confianza de comunidades y autoridades regionales. Esta inserción territorial facilita la pertinencia de las investigaciones y la adopción de sus resultados por los beneficiarios locales, lo cual es una fortaleza comparativa frente a entidades nacionales centralizadas en Bogotá.

El Instituto de Investigación del Agua alinearía su quehacer con objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en particular el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), el ODS 13 (Acción por

el Clima) y otros relacionados. Esta alineación es una fortaleza porque facilita el acceso a convocatorias de financiación nacional y cooperación internacional.

### **3.3.2 Debilidades**

Una de las debilidades más notorias es la escasez de recursos financieros asegurados para el funcionamiento continuo del Instituto. Dado el bajo nivel de inversión en I+D en Colombia (solo el 0,25% del PIB, muy por debajo del promedio OCDE de 3,25%), la competencia por fondos de investigación es alta.

La Universidad de Cartagena, como universidad pública, depende de presupuestos gubernamentales que en ciencia han sido tradicionalmente reducidos y volátiles. Sin una estrategia sólida de generación de ingresos, existe el riesgo de que el Instituto enfrente dificultades financieras que limiten la contratación de personal dedicado, la adquisición de equipos especializados o la continuidad de proyectos a largo plazo. Esta debilidad podría traducirse en retrasos o incapacidad para cumplir la misión del Instituto.

Por otra parte, si bien la Universidad posee laboratorios, actualmente no dispone de instalaciones especializadas que el Instituto requiere, por ejemplo, laboratorios acreditados para análisis avanzados de trazas contaminantes, plantas piloto de tratamiento, equipamiento de hidrobiología o modelación física de flujo, entre otros.

Montar y mantener infraestructura científico-técnica de esta naturaleza requiere inversión significativa en equipos y mantenimiento, lo cual puede ser un obstáculo inicial. La debilidad no implica ausencia total de infraestructura, sino capacidad instalada limitada. Otra debilidad identificada es que muchos investigadores vinculados al Instituto lo estén de forma parcial (profesores de planta con otras obligaciones docentes y administrativas). La ausencia inicial de un cuerpo de investigadores dedicados a la agenda del Instituto puede ser una debilidad, ya que

dificultaría imprimir el dinamismo deseado en producción científica y respuesta rápida a las demandas externas.

### ***3.3.3 Oportunidades***

En los últimos años se puede observar un incremento en la prioridad política otorgada a la gestión del agua en Colombia. El Gobierno nacional, mediante planes de desarrollo recientes, ha enfatizado la seguridad hídrica como pilar del *crecimiento verde* y la recuperación post-COVID. Esto se traduce en oportunidades para canalizar recursos hacia proyectos relacionados con agua. Por ejemplo, el Proyecto de restauración del Canal del Dique –priorizado en el plan de reactivación– implica inversiones significativas y abre espacio para investigación aplicada en rehabilitación de ecosistemas, control de sedimentación y gestión participativa con comunidades locales.

En el ámbito internacional, el agua es un tema de cooperación muy activo. Existen redes académicas y científicas globales que ofrecen oportunidades de colaboración y financiamiento. La FAO, por medio de programas como WaPOR, está apoyando desarrollo de capacidades en Colombia. Asimismo, bancos de desarrollo como el Banco Mundial y el BID suelen financiar estudios y consultorías especializadas en agua y saneamiento como parte de sus préstamos; la participación de universidades locales en estos estudios es cada vez más promovida para fortalecer capacidades locales. Por tanto, un Instituto del Agua podría acceder a fondos de cooperación técnica e integrarse en consorcios internacionales, lo que no solo aporta recursos, sino que eleva el nivel de las investigaciones y la visibilidad del instituto.

Como se mencionó en la sección de demanda, hay un interés creciente de empresas por mejorar su desempeño ambiental en agua, lo cual supone una oportunidad para el Instituto de proveer servicios especializados al sector productivo. Por ejemplo, industrias locales podrían

contratar al Instituto para análisis de huella hídrica, planes de ahorro de agua, o desarrollo de tecnologías limpias. Este tipo de demanda privada suele venir acompañada de recursos financieros importantes, que pueden fortalecer la sostenibilidad del Instituto a la vez que cumplir su misión de transferencia de conocimiento.

Además, la meta de “agua neutralidad” 2045 de Ecopetrol es un ejemplo concreto que podría traducirse en convenios de I+D con universidades; el Instituto del Agua estaría en capacidad de beneficiarse de tales sinergias ofreciendo su experticia local para pruebas piloto, casos de estudio en cuencas específicas.

Ahora bien, la regulación colombiana reciente ha ido abriendo espacio a la participación de universidades en la gestión ambiental. Por ejemplo, la Ley 1930 de 2018 incorporó la figura de acuerdos de ciencia y tecnología para la gestión de ecosistemas estratégicos, y la política hídrica promueve la creación de sistemas de información y observatorios del agua con participación de la academia.

En este sentido, normativas vigentes permiten que las universidades sean ejecutoras de ciertos estudios exigidos por la ley, razón por la cual el Instituto podría convertirse en referente regional para cumplir con esas exigencias normativas, capitalizando el hecho de que muchas instituciones públicas deben por ley realizar evaluaciones y quién mejor que una entidad académica local para hacerlo con rigor e independencia. Esta sinergia entre el marco normativo y las funciones potenciales del Instituto se constituye en oportunidad de asegurar un flujo constante de proyectos derivados de obligaciones legales.

#### **3.3.4 Amenazas**

Una amenaza significativa es la posible falta de continuidad en el apoyo político-institucional a la investigación científica. Los cambios de gobierno, tanto a nivel nacional como

local, pueden alterar prioridades y afectar la disponibilidad de fondos para iniciativas de ciencia, tecnología e innovación.

En el ámbito de recursos humanos, una amenaza es la posible dificultad para atraer o retener investigadores altamente calificados en Cartagena. Históricamente, la mayoría de expertos en recursos hídricos en Colombia se han concentrado en centros académicos de ciudades como Bogotá, Cali o Medellín. Lograr que jóvenes investigadores con doctorado elijan vincularse o permanecer en Cartagena puede ser un desafío si las condiciones laborales o incentivos no son competitivos.

Existe el riesgo de fuga de cerebros, donde personal formado localmente migre hacia otras instituciones o al exterior en busca de mejores oportunidades. Esto socavaría la consolidación del equipo del Instituto. Para mitigar esta amenaza, la Universidad deberá procurar ofrecer estabilidad contractual, oportunidades de crecimiento profesional y vinculación a redes globales.

Si bien actualmente no hay un instituto similar en la región Caribe, si existen algunos centros de investigación, institutos y universidades que han avanzado y consolidado estudios en temas de la gestión del agua, convirtiéndose en una posible competencia.

El análisis DOFA muestra que la propuesta de creación del Instituto de Investigación del Agua en la Universidad de Cartagena presenta fortalezas internas sólidas y coincide con grandes oportunidades externas. Al mismo tiempo, enfrenta debilidades que habrá que superar y amenazas del entorno. Reconocer estos factores es fundamental para la planificación estratégica del Instituto.

## **Tabla 10**

### *Matriz DOFA*

<b>Fortalezas (F)</b>	<b>Debilidades (D)</b>
Capital humano altamente calificado en áreas afines con potencial de vinculación al	Limitada infraestructura especializada (laboratorios acreditados, plantas piloto,

Instituto y grupos de investigación consolidados.	equipamiento de hidrobiología y modelación) dentro de la universidad.
Ubicación estratégica en Cartagena, con acceso a ecosistemas hídricos costeros y continentales que facilita la investigación y desarrollo (I+D)	Escasez de recursos financieros asegurados para el funcionamiento continuo, en un contexto de baja inversión en I+D en Colombia.
Relevancia académica, social y territorial de las líneas de investigación propuestas.	Dependencia inicial de investigadores de planta con dedicación parcial, lo que limita la conformación de un equipo exclusivo.
Posibilidad de articular redes de cooperación nacional e internacional, a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.	Necesidad de consolidar equipos interdisciplinarios estables (ingeniería, administración, ciencias sociales, ambientales).
Trayectoria investigativa previa en proyectos relacionados con agua, que otorga credibilidad y base científica.	Riesgo de retrasos por limitaciones financieras y logísticas que afectan la continuidad de proyectos a largo plazo.
Priorización gubernamental de la seguridad hídrica en planes de desarrollo y programas nacionales.	Inestabilidad política local y nacional que puede reducir la continuidad de proyectos o el financiamiento público.
Agenda global de lucha contra el cambio climático y disponibilidad de fondos internacionales de cooperación (Fondo Verde del Clima, Banco Mundial, BID).	Competencia con otros centros e institutos de investigación en Colombia (IDEAM, INVEMAR, universidades nacionales).
Interés creciente del sector privado en sostenibilidad hídrica, que puede derivar en alianzas de I+D.	Dificultades para atraer y retener investigadores altamente calificados en Cartagena, con riesgo de fuga de cerebros hacia otras ciudades o al exterior.
Marco normativo que abre espacio a la participación de universidades en la gestión del agua	Posible discontinuidad en apoyos financieros debido a la dependencia de fondos gubernamentales y cooperación internacional.
Posibilidad de consolidarse como referente regional para cumplir con estudios exigidos por ley, asegurando un flujo constante de proyectos	Riesgos asociados al contexto socioeconómico del país que pueden limitar la inversión en ciencia, tecnología e innovación.

*Nota.* La matriz DOFA se construyó a partir del análisis cualitativo del contexto interno y externo, considerando información institucional y revisión documental relevante

En el capítulo siguiente, se aprovecharán estas conclusiones para diseñar la propuesta del Instituto de manera que maximice fortalezas y oportunidades y mitigue las debilidades y amenazas.

De este modo, el diagnóstico de necesidades y oportunidades realizado en este capítulo sienta las bases argumentativas y técnicas sobre las cuales se construirá la propuesta de creación del Instituto de Investigación del Agua en la Universidad de Cartagena. Las evidencias recopiladas respaldan la pertinencia y urgencia de la iniciativa, alineándola con las dinámicas nacionales y regionales en materia de gestión del recurso hídrico.

#### **4. Propuesta de valor del Instituto**

En este capítulo se presenta el diseño conceptual para la creación del Instituto del Agua dentro de la estructura de la Universidad de Cartagena. La propuesta se fundamenta en la necesidad de fortalecer la investigación científica para abordar los desafíos asociados a la gestión integral del agua en Colombia, aprovechando la infraestructura y capacidad académica existente en la universidad.

##### **4.1 Nombre**

El Instituto de Investigación del Agua se estructura como una unidad académica especializada en el análisis del recurso hídrico. El nombre sugerido destaca su enfoque en el agua, lo cual lo distingue de otras entidades que realizan investigación o asistencia técnica en ámbitos más generales y de otras entidades ambientales. Esta especificidad responde a la necesidad de abordar los problemas hídricos a nivel nacional caracterizadas por desequilibrios en la disponibilidad y uso del agua.

El nombre Instituto también busca consolidarlo como parte fundamental del sistema científico y ambiental del país. En este punto es necesario señalar, que, en Colombia, a partir de la expedición de la Ley 99 de 1993 se le confirió al Ministerio de Ambiente la función de coordinar, promover y orientar las acciones de investigación sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

En consonancia con lo anterior, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) ha reconocido que la investigación sobre el recurso hídrico es un medio fundamental para fortalecer la gestión integral de este, razón por la cual, se establece como una de sus metas el fortalecimiento institucional para la gestión del agua, abarcando la generación de conocimiento y tecnología aplicada para el manejo eficiente y sostenible del recurso.

No obstante, a pesar de que existen diversas entidades e instituciones que desarrollan investigación ambiental, ninguna de ellas se ocupa de manera exclusiva al estudio científico del agua. En este contexto, el instituto propuesto se alinea con los objetivos de la política nacional, al cubrir un vacío institucional, además, de focalizar esfuerzos que hoy se encuentran dispersos.

El nombre propuesto busca abarcar todos los aspectos relacionados con el agua (cantidad, calidad, gestión, tecnología, ecosistemas, etc.), evitando enfoques restringidos solo a algunos ámbitos. Asimismo, al emplear el término “Instituto” se subraya su carácter científico-académico, de generación de conocimiento, diferenciándolo de una entidad.

## **4.2 Misión y visión**

### ***4.2.1 Misión***

Misión propuesta: Generar, transferir y difundir conocimiento científico-técnico, tecnología e innovación para soportar la gestión integrada, equitativa y sostenible del recurso hídrico, contribuyendo al desarrollo socioeconómico y al bienestar social del país mediante la investigación, la formación de talento humano y el apoyo técnico a la toma de decisiones informadas en materia de agua.

La misión enfatiza la creación y aplicación de conocimiento como eje principal. Se alinea con el enfoque adoptado por instituciones análogas en la región; por ejemplo, la misión del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) que es “generar, transferir y difundir

conocimiento, tecnología e innovación como soporte para el manejo integrado, equitativo y sustentable del agua” (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, s.f.).

De igual forma, responde a lineamientos nacionales, establecidos en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) en la cual se subraya que el fomento de la investigación y la gestión de la información sobre el recurso hídrico son medios para lograr su buen manejo (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). La misión del instituto incorpora esta premisa, buscando convertirse en el agente generador de nuevo conocimiento y soluciones prácticas que faciliten el cumplimiento de los objetivos nacionales en materia de agua.

Asimismo, la misión propuesta destaca la articulación con la toma de decisiones. Esto es crucial porque la brecha entre el conocimiento científico y las políticas/acciones de gestión ha sido señalada como una debilidad a nivel global. Asegurar que el instituto provea insumos técnicos a autoridades y usuarios del agua contribuirá a mejorar la gobernanza del recurso.

La OCDE ha indicado que la actual crisis del agua en gran medida es una “*crisis de gobernabilidad*” y que para gestionarla se requieren instituciones sólidas, cooperación y capacidad técnica en todos los niveles (OCDE, 2012). En este sentido, la misión del instituto se encuentra orientada a fortalecer la base de conocimiento y la capacidad técnica disponible.

#### **4.2.2 Visión**

Visión propuesta: Ser en el 2030 el centro de referencia nacional y regional en investigación hídrica, reconocido por la excelencia de sus aportes científico-técnicos a la solución de problemas del agua, por su influencia en políticas públicas y por liderar la innovación y formación de talento humano para la gestión sostenible del recurso hídrico, contribuyendo a la seguridad hídrica y al desarrollo resiliente al clima.

La visión proyecta al instituto como líder y referente en el ámbito del agua, y establece un horizonte temporal (2030) coherente con los plazos de las agendas internacionales de desarrollo sostenible, particularmente en lo referente al ODS 6 Agua Limpia y Saneamiento. La aspiración es que para ese año, el instituto haya consolidado su prestigio académico y su relevancia estratégica en la toma de decisiones no solo en Colombia sino en América Latina.

Esta visión responde a varias consideraciones del entorno. Primero, reconoce que lograr la seguridad hídrica es un desafío país de largo aliento. El Gobierno Nacional ha declarado que el agua debe ser el eje transversal de la planificación del desarrollo, integrando su disponibilidad y calidad en la ordenación del territorio (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2022).

Segundo, la visión recoge la necesidad de fortalecer la gobernanza del agua mediante la participación informada de múltiples actores. La FAO, por ejemplo, ha recomendado el “fortalecimiento de la gobernanza del agua mediante la identificación de actores clave y la participación de múltiples partes interesadas” (FAO, 2024), en este sentido el instituto servirá como una plataforma de convergencia para la articulación y coordinación de múltiples actores públicos y privados.

Finalmente, la visión resalta la importancia de la excelencia científica y la innovación, como elementos fundamentales para la solución de las presiones sobre el recurso hídrico no sólo a nivel local, sino también en contextos globales, por ende, el instituto aspira a estar a la vanguardia de la investigación en campos como la adaptación climática, tecnologías de tratamiento, modelación hidrológica avanzada, etcétera. Este proceso también implica la formación de nuevos investigadores, técnicos y profesionales especializados en recursos hídricos.

### **4.3 Objetivos**

#### ***4.3.1 Objetivo general***

Objetivo del instituto: Contribuir a la sostenibilidad y seguridad hídrica de Colombia mediante la generación de conocimiento científico-técnico, el desarrollo de tecnologías innovadoras y la asesoría especializada que fortalezcan la gestión integral del recurso hídrico a nivel nacional y territorial, articulando la conservación de los ecosistemas, el uso eficiente y equitativo del agua, la prevención de la contaminación y la reducción de riesgos asociados al recurso.

El objetivo general del instituto se encuentra orientado a resultados de alto impacto en la gestión integral del recurso hídrico, esto se puede observar en la intención de apoyar el cumplimiento del objetivo del país en materia de agua, el cual, según la Política Nacional de Recurso Hídrico, es “garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento territorial y a la conservación de los ecosistemas, considerando el agua como factor de desarrollo económico y bienestar social” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El instituto buscará ser un aliado estratégico en la consecución de este objetivo a través de sus actividades de investigación, innovación y asesoría, las cuales están alineadas con asegurar que el agua siga siendo un factor de desarrollo y bienestar. El objetivo general implica que el instituto oriente todos sus esfuerzos a lograr avances en conocimiento y soluciones prácticas en seguridad hídrica, entendida como la disponibilidad suficiente de agua de calidad para las generaciones presentes y futuras, y a la reducción de la vulnerabilidad frente a amenazas como la escasez, las inundaciones y la contaminación.

#### **4.3.2 *Objetivos específicos***

Para alcanzar su objetivo general, se han definido 6 objetivos específicos que orientaran las acciones del instituto. Estos objetivos corresponden a logros intermedios deseados, cada uno enfocado en un aspecto clave donde el instituto deberá generar resultados. Cabe destacar que estos objetivos se encuentran alineados con las políticas nacionales, así como con tendencias internacionales, lo cual asegura que el instituto oriente sus esfuerzos a las áreas de mayor necesidad e impacto. A continuación, se presentan y explican los objetivos específicos:

- Generación de conocimiento científico y técnico:

El instituto generara conocimiento original que permita entender mejor las características, dinámicas y problemáticas del recurso hídrico en Colombia. Este proceso abarca la investigación básica y aplicada sobre hidrología, hidrogeología, calidad del agua, ecosistemas acuáticos, gestión y políticas del agua, entre otros campos.

A nivel nacional, se ha identificado la necesidad de priorizar la generación de conocimiento en materia hídrica, razón por la cual, el Ministerio de Ambiente, a través de la Dirección de Recurso Hídrico, adelanta la formulación de un Programa Nacional de Investigación para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, cuyo objetivo es la gestión del conocimiento y la identificación de necesidades de investigación para solucionar problemas asociados al agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).

En concordancia con ello, el instituto tendrá como objetivo producir estudios científicos que permitan llenar los vacíos de conocimiento que hoy dificultan la toma de decisiones informada.

- Desarrollar y transferir tecnología para el manejo y tratamiento del agua:

El segundo objetivo es impulsar la innovación tecnológica aplicada al sector hídrico, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías, la validación/adaptación de tecnologías existentes al contexto local, y su posterior implementación, esto con el propósito de dotar al país de herramientas eficaces y apropiadas para enfrentar sus desafíos hídricos, la investigación en métodos avanzados de tratamiento de aguas residuales, potabilización, reutilización y aprovechamiento de fuentes no convencionales de agua. Asimismo, el instituto actuará como puente para transferir dichas tecnologías a la sociedad, trabajando en conjunto con empresas, comunidades y autoridades para implementar soluciones innovadoras.

- Formar recurso humano altamente calificado en gestión ambiental del agua: El instituto apoyará procesos de capacitación y formación de profesionales, investigadores y técnicos especializados en ciencias y gestión del agua, a través de la coordinación con programas de posgrado y educación continua, y ofrecerá oportunidades de formación avanzada en temas como hidrología, tratamiento de agua, modelación de cuencas, derecho y política hídrica, entre otros.
- Apoyar la formulación de políticas, planes y proyectos para la gestión integral del agua: El instituto prestará asistencia técnica y científica a las autoridades ambientales, gobiernos locales y otras organizaciones en la planificación y gestión del recurso hídrico. El instituto brindará soporte experto en la elaboración o actualización de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA), planes de gestión del riesgo por inundaciones o sequías, estrategias de adaptación al cambio climático en el sector hídrico, y políticas públicas de aguas en general. También participará en la evaluación

de impacto ambiental de proyectos relacionados con recursos hídricos, aportando rigor científico a dichos procesos.

- Promover la colaboración interinstitucional y la participación comunitaria en torno al recurso hídrico: El instituto actuará como catalizador de alianzas y espacios de diálogo entre los diversos actores involucrados en la gestión integral del recurso hídrico. En este sentido, el instituto buscará integrar en sus proyectos a entidades gubernamentales, empresas, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y academia, fomentando un enfoque multiactor y multinivel en las soluciones relacionadas con el agua.

#### **4.4 Estructura organizacional**

La estructura organizacional propuesta para el instituto se diseñó con el objetivo de garantizar el cumplimiento de su misión, visión y objetivos estratégicos, en este sentido, la presente estructura busca equilibrar la excelencia académico-científica de la Universidad de Cartagena con la pertinencia práctica, asegurando canales de coordinación internos entre las diferentes áreas de trabajo, y externos con otros actores especialmente del Sistema Nacional Ambiental tanto a nivel regional como nacional.

La Universidad de Cartagena posee una estructura institucional definida, la cual se encuentra encabezada por los máximos órganos de gobierno universitario, es decir, por el Consejo Superior Universitario, el cual se encuentra encargado de las decisiones estratégicas de la institución. A nivel académico, la máxima autoridad es el Consejo Académico, el cual se encarga de asesorar y acompañar la gestión académica.

Estas dos instancias respaldan las funciones del Rector, quien es la máxima autoridad ejecutiva y dirige la universidad en lo administrativo y académico; como se puede observar en la

figura 15, bajo la rectoría se ubican diversas dependencias asesoras como Planeación, Oficina Jurídica, Gestión Humana, Control Interno, y la Secretaría General cuya función está orientada a la coordinación institucional.

Asimismo, la universidad cuenta con varias vicerrectorías, las cuales lideran ámbitos funcionales clave para el cumplimiento de la misión institucional, a saber, la Vicerrectoría de Docencia, la cual tiene como función la gestión académica y curricular; la Vicerrectoría de Investigación, la cual es la responsable de la política científica y el fomento de la investigación; la Vicerrectoría Administrativa, la cual se encarga de la gestión financiera y de recursos administrativos.

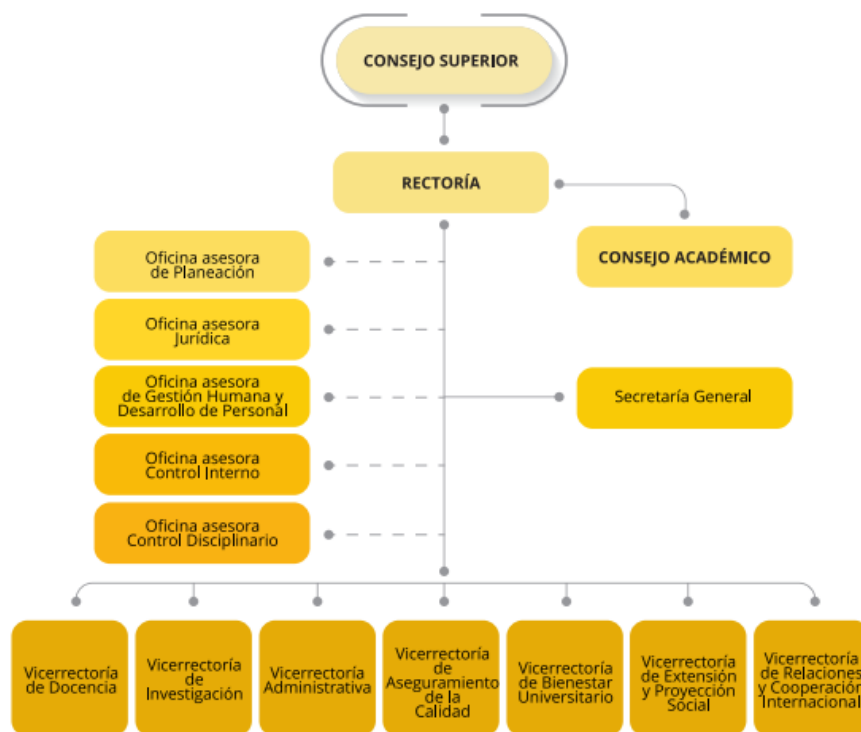
La Vicerrectoría de Aseguramiento de la Calidad, dependencia que dirige los procesos de acreditación y mejora continua de la calidad institucional; la Vicerrectoría de Bienestar Universitario, que se encarga de liderar los programas de bienestar y apoyo a la comunidad universitaria; la Vicerrectoría de Extensión y Proyección Social, que se encarga de promover la interacción con la sociedad y la transferencia de conocimiento; finalmente, la Vicerrectoría de Relaciones y Cooperación Internacional, se encarga de la gestión de convenios, alianzas y la internacionalización de la universidad.

Ahora bien, de esta estructura actual, la Vicerrectoría de Investigación merece especial atención por su papel estratégico en la generación de conocimiento y como dependencia encargada de la formulación y ejecución de las políticas de investigación de la universidad. Esta dependencia, dependen directamente del rector y su función es promover, orientar y coordinar las actividades de investigación en todas las facultades, así como la gestión de los recursos destinados a ciencia, tecnología e innovación.

Para cumplir esta misión la Vicerrectoría cuenta con una estructura interna conformada por secciones y unidades dedicadas al apoyo de la labor investigativa, entre las que se incluyen, por ejemplo, la Sección de Publicaciones y Editorial (encargada de la divulgación científica institucional) y la Sección de Orientación y Asesorías en Proyectos de Investigación (dedicada a acompañar a los investigadores en la formulación y gestión de proyectos).

### Figura 14

*Estructura institucional general de la Universidad de Cartagena*



*Nota.* La figura muestra la actual estructura organizacional de la Universidad de Cartagena (Universidad de Cartagena, s.f.).

Además, de las unidades señaladas anteriormente la Vicerrectoría de Investigación también coordina diversos institutos de investigación adscritos a esta dependencia, los cuales son unidades académicas especializadas cuyo propósito principal es fortalecer la generación y difusión de

conocimiento científico-académico en áreas específicas. Entre los institutos actualmente adscritos se destacan:

- Instituto de Investigaciones Inmunológicas.
- Instituto de Matemáticas Aplicadas.
- Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental.
- Instituto de Políticas Públicas Regional y de Gobierno.
- Instituto de Investigación en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible.
- Instituto Internacional de Estudio del Caribe.
- Instituto Internacional de Investigaciones Jurídicas.

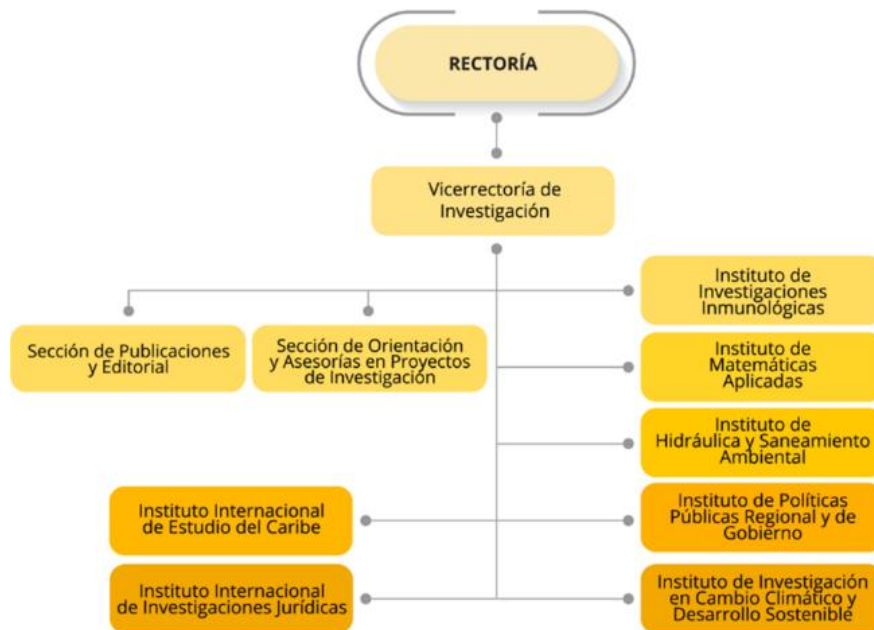
Estos institutos con los cuales hoy cuenta la Universidad de Cartagena reflejan la amplitud de campos científicos abordados mediante estas unidades especializadas. Sin embargo, se puede evidenciar que actualmente la universidad no cuenta con uno enfocado exclusivamente a los temas del agua, lo cual motivó la creación del Instituto de Investigación del Agua (INAG), el cual una vez creado deberá integrarse a la estructura bajo la coordinación de la Vicerrectoría de Investigación, al igual que los demás institutos mencionados.

Ahora bien, teniendo en cuenta la estructura de la Universidad de Cartagena, se presenta la propuesta de estructura organizacional para el INAG, la cual fue diseñada para asegurar tanto la excelencia académica como la pertinencia de sus actividades, al tiempo que propicia la articulación de diversos actores en su dirección estratégica. En este sentido, el instituto contará con un director (a) con alta formación y experiencia en recursos hídricos, además, será responsable de la gestión científica, administrativa y financiera del instituto. Este funcionario será el encargado de representar al instituto ante Minciencias, autoridades ambientales (ANLA, CARs, IDEAM), otras

universidades, el sector privado y organizaciones internacionales, promoviendo la calidad científica y la pertinencia social de la investigación.

### Figura 15

#### *Estructura orgánica de la Vicerrectoría de Investigación*



*Nota.* La figura muestra la estructura organizacional de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Cartagena (Universidad de Cartagena, s.f.).

Operativamente, el instituto se organizará en áreas acordes con sus funciones misionales. Se plantea la creación de al menos cuatro áreas principales, a saber, Investigación y Desarrollo (I+D), Monitoreo y Laboratorios, Formación y Extensión, y Planificación y Asesoría técnica. El Departamento de Investigación y Desarrollo agrupará a los investigadores, y estará subdividido a su vez por líneas de investigación. Cada línea contará con coordinadores científicos encargados de liderar proyectos, gestionar recursos externos y asegurar la calidad académica de las publicaciones y resultados.

Por su parte, el Departamento de Monitoreo y Laboratorios será responsable de las redes de observación del recurso hídrico y de los laboratorios de calidad de agua y sedimentología del

instituto. Esta área garantizará la recolección y análisis de datos confiables sobre variables hidrológicas, químicas y biológicas, nutriendo tanto la investigación interna como los servicios prestados a terceros.

El Departamento de Formación y Extensión concentrará las actividades de capacitación, educación continua, divulgación científica y vinculación con la comunidad. Esta área organizará programas de entrenamiento para profesionales del agua, cursos abiertos a la ciudadanía sobre uso eficiente y conservación del recurso, y campañas pedagógicas para la creación de una cultura del agua. Asimismo, gestionará convenios con universidades e impulsará la incorporación de los hallazgos de investigación en currículos educativos locales.

Finalmente, el Departamento de Planificación y Asesoría Técnica se enfocará en prestar servicios de consultoría, asistencia técnica y acompañamiento a proyectos, articulando el conocimiento generado por el instituto con las necesidades de gestión en territorio. Esta área se encargará del relacionamiento con entidades como corporaciones autónomas regionales, empresas de acueducto, alcaldías y comunidades, ofreciendo insumos científicos para la elaboración de planes de manejo de cuencas, estudios de riesgo hídrico, diseño de infraestructuras verdes, políticas de adaptación al cambio climático, entre otros.

En cuanto a los mecanismos de coordinación interna, el instituto instaurará comités o unidades transversales para asegurar la integración entre departamentos. Por ejemplo, un Comité Científico interno, conformado por investigadores senior de las distintas líneas, revisará la calidad de los proyectos y publicaciones, promoviendo la excelencia académica. También se prevé un Comité de Ética en Investigación, dada la naturaleza científica de la institución, para velar por el cumplimiento de estándares éticos en experimentación y manejo de datos. En la dimensión

administrativa, el instituto contará con unidades de apoyo en gestión financiera, recursos humanos y comunicación, necesarias para un funcionamiento eficiente.

Por lo anterior, la estructura organizacional propuesta del Instituto de Investigación del Agua se ha diseñado para asegurar su correcto funcionamiento. Considerando la estructura institucional de la Universidad de Cartagena previamente descrita, el INAG se adscribe a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad, integrándose plenamente a la organización universitaria.

La estructura organizativa propuesta para el Instituto se diseñó con el objetivo de garantizar el cumplimiento de su misión y objetivos estratégicos; en este sentido, busca equilibrar la excelencia científico-académica con la pertinencia práctica, asegurando canales de coordinación eficientes tanto en su interior como hacia el exterior, con los actores del sector hídrico a nivel regional y nacional. Por tanto, el INAG presenta una estructura interna compuesta por varias unidades de gestión y por las líneas de investigación, tal como se ilustra en el esquema organizativo.

### Figura 16

*Estructura organizacional del INAG*



*Nota.* Adaptado de información institucional del Instituto del Agua (INAG).

Bajo la dirección del INAG operan tres unidades principales, encargadas de las funciones administrativas, científicas y de cooperación del Instituto. Estas unidades trabajan de manera integrada para respaldar las actividades de investigación y garantizar el funcionamiento eficiente y transparente de la entidad:

- Unidad de Proyectos y Cooperación Internacional: Responsable de la formulación, gestión y seguimiento de proyectos especiales del INAG, así como de la promoción de convenios y alianzas estratégicas. Esta unidad identifica fuentes de financiamiento externas y coordina la participación del Instituto en redes, convocatorias y programas de investigación a nivel nacional e internacional. También brinda asesoría técnica en la estructuración de proyectos y canaliza la cooperación técnica con otras instituciones, contribuyendo a posicionar al INAG en escenarios globales. En suma, se encarga de la planificación estratégica de proyectos y de vincular al Instituto con oportunidades de colaboración y transferencia de conocimiento más allá del ámbito local.
- Unidad de Investigación y Laboratorios: Encargada de coordinar la actividad científica diaria del INAG y la gestión de sus recursos técnicos. Esta unidad administra los laboratorios e infraestructuras científicas del Instituto, velando por su óptimo funcionamiento y por el cumplimiento de los estándares de calidad en las mediciones y ensayos. Asimismo, agrupa a los investigadores, asistentes de investigación y personal técnico, facilitando el desarrollo de los proyectos en curso. Desde aquí se proporciona apoyo metodológico y logístico a las Coordinaciones de Línea de Investigación, fomentando la colaboración interdisciplinaria entre las líneas y el adecuado uso compartido de equipos e información. La Unidad de Investigación y Laboratorios garantiza, además, la implementación de buenas prácticas científicas, incluyendo

protocolos de seguridad, ética en la investigación y control de calidad de datos, fortaleciendo así la confiabilidad de los resultados producidos por el INAG.

- **Unidad Administrativa y Financiera:** Es la dependencia responsable de la gestión administrativa integral del Instituto, asegurando un soporte eficiente a las actividades misionales. Sus funciones abarcan la planificación y ejecución presupuestal, la contabilidad y rendición de cuentas financieras, la gestión de compras y suministros, y la administración del talento humano adscrito al INAG. Igualmente, esta unidad implementa las políticas de transparencia y control interno, supervisando que el uso de los recursos económicos se realice conforme a las normas y con la debida probidad. También se encarga de los procesos de apoyo general (servicios administrativos, mantenimiento de instalaciones, sistemas de información administrativa), de modo que los investigadores y directivos puedan centrarse en el cumplimiento de los objetivos científicos. En esencia, la Unidad Administrativa y Financiera provee la base operativa y de control para que el Instituto funcione de manera sostenible y acorde con los lineamientos institucionales y legales.

#### **4.5 Líneas de investigación estratégicas**

El Instituto de Investigación del Agua orientará su quehacer científico a través de líneas de investigación estratégicas, definidas con base en las principales necesidades y desafíos de la gestión hídrica identificados a nivel nacional e internacional. Estas líneas temáticas funcionan como ejes organizadores de los proyectos de investigación y desarrollo del instituto, asegurando una cobertura comprensiva de los distintos aspectos del recurso hídrico.

La identificación de estas líneas estratégicas se fundamenta en: (a) los objetivos específicos de la PNGIRH (oferta, demanda, calidad, riesgos, fortalecimiento institucional, gobernabilidad)

que señalan áreas prioritarias a atender; (b) diagnósticos como el Estudio Nacional del Agua, que revelan brechas de conocimiento y (c) tendencias globales en investigación del agua. A continuación, se describen las cinco líneas de investigación estratégicas propuestas, junto con su justificación y alcances.

#### ***4.5.1 Gestión y planificación integral del recurso hídrico***

Esta línea aborda el estudio de modelos, políticas, instrumentos y esquemas de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH). Incluye investigación en planificación participativa de cuencas hidrográficas, asignación eficiente y equitativa del agua entre sectores, economía y gobernanza del agua, regulación y derechos hídricos, y mecanismos de resolución de conflictos por el recurso.

La gestión integrada del agua es considerada internacionalmente como el enfoque óptimo para equilibrar las diversas necesidades hídricas de la sociedad, la economía y el ambiente, garantizando la sostenibilidad de los ecosistemas.

Colombia cuenta con el marco de la PNGIRH que promueve este enfoque integral, pero persisten retos para su implementación efectiva, como la fragmentación institucional, la superposición de competencias y la débil articulación entre planificación del agua y ordenamiento territorial. La OCDE ha señalado que gestionar la escasez y riesgos del agua requiere instituciones sólidas, cooperación interinstitucional y capacidad en todos los niveles de gobierno. Por ende, estudiar cómo mejorar la arquitectura institucional y la toma de decisiones en torno al agua es prioritario.

Bajo esta línea se investigará, por ejemplo, la efectividad de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA) vigentes, proponiendo mejoras metodológicas y evaluando su implementación; se analizarán esquemas de gobernanza comparados; se explorarán herramientas

económicas para inducir uso eficiente del recurso hídrico; se estudiará la relación agua-ordenamiento territorial y se evaluará el impacto de las políticas públicas actuales relativas al agua.

Esta línea generará insumos para fortalecer la gobernabilidad y la planificación del recurso hídrico. Podría traducirse en recomendaciones de políticas, desarrollo de guías y manuales para autoridades, adicionalmente, proporcionará la base científica para avanzar hacia la gestión integrada del agua en Colombia, contribuyendo a que las soluciones sean contextualizadas a realidades locales y con participación de todos los actores relevantes.

#### ***4.5.2 Monitoreo, caracterización y evaluación de la calidad del agua***

Línea enfocada en la dimensión de calidad del recurso hídrico, incluyendo el desarrollo de métodos y redes de monitoreo de calidad, la caracterización de fuentes de contaminación, la evaluación del estado trófico de cuerpos de agua, estudios sobre contaminantes emergentes y el diseño de indicadores compuestos de calidad ambiental del agua.

Garantizar agua de calidad es tan importante como garantizar cantidad. La contaminación de las fuentes hídricas atenta contra la salud humana, los ecosistemas y limita la disponibilidad efectiva de agua utilizable. La PNGIRH establece explícitamente el objetivo de “mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico”. Sin embargo, el país enfrenta problemas serios de calidad, producto de descargas de aguas residuales municipales e industriales insuficientemente tratadas, escorrentía agrícola con agroquímicos, minería (legal e ilegal) que aporta sedimentos y metales pesados, entre otros.

Los datos disponibles indican que en varias cuencas la calidad del agua es regular o mala en tramos importantes, afectando su uso para consumo o ecosistemas. Por ejemplo, uno de los indicadores nacionales es mantener al menos un 55% de estaciones con calidad buena/aceptable en la cuenca Magdalena-Cauca (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010),

lo que implica que un 45% están en condiciones que requieren mejorar. Adicionalmente, emergen nuevas preocupaciones como los contaminantes que aún no se miden rutinariamente.

En esta línea, el instituto desarrollará investigaciones para la optimización de la red nacional de monitoreo de calidad; estudios de contaminantes específicos y sus efectos; calibración y uso de bioindicadores para evaluar la salud ecológica de ríos y quebradas; validación de índices compuestos como el Índice de Calidad de Agua (ICA) o desarrollo de nuevos índices integrados que incorporen elementos biológicos y toxicológicos; modelación de la asimilación de contaminantes en cuerpos de agua.

Con esto se busca mejorar el conocimiento sobre la calidad del agua en Colombia, identificación de las fuentes, zonas críticas de contaminación, y recomendaciones para mitigación. Idealmente, la investigación informará la actualización de normas de vertimientos y estándares de calidad ambiental, basados en evidencia local. Se espera contribuir a metas concretas, como incrementar el porcentaje de cuerpos de agua en estado “bueno”, reducir la carga contaminante en ríos prioritarios, y proteger fuentes de agua potable.

#### ***4.5.3 Tecnologías de tratamiento de agua y reúso***

Investigación y desarrollo en tecnologías para el tratamiento de aguas y para la reutilización de agua tratada. En esta línea se incluye tanto mejoras incrementales en tecnologías convencionales, es decir, optimización de lodos activados, filtros lentos, humedales construidos, como exploración de tecnologías emergentes las cuales incluyen biorreactores de membrana, tratamientos avanzados de oxidación, desalinización con energías renovables, reutilización potable directa/indirecta, entre otras.

Esta línea parte de las brechas en tratamiento de agua que tiene el país, especialmente en lo que respecta a la población rural que no tiene acceso a agua potable y ciudades que no tratan el

100% de sus aguas residuales. Además, la escasez hídrica local y la variabilidad climática están impulsando la necesidad de reutilizar aguas residuales tratadas para riego agrícola, recarga de acuíferos o incluso usos potables, a fin de aliviar la presión sobre fuentes frescas. Organismos internacionales promueven la reutilización segura como parte de la resiliencia hídrica (FAO, 2025).

Ecopetrol, por ejemplo, se ha comprometido con la “agua neutralidad” al 2045, lo que implica reducir en 66% la captación de agua fresca en sus operaciones mediante reúso y eficiencia. De hecho, Ecopetrol ya reusa aproximadamente 65 mil barriles diarios de agua producida tratada para riego de cultivos agroforestales, en un proyecto galardonado internacionalmente por su innovación en gestión del agua.

Esta línea abordará, por un lado, investigaciones para adaptar y mejorar tecnologías existentes a las condiciones locales. Por ejemplo, desarrollar sistemas modulares de potabilización apropiados para pequeñas comunidades rurales o potenciar el tratamiento en humedales construidos tropicales para remover eficientemente nutrientes. Por otro lado, explorará tecnologías avanzadas para tratamiento de contaminantes específicos.

Con esta línea se busca que el Instituto desarrolle soluciones tecnológicas viables para aumentar cobertura de agua potable y tratamiento de aguas residuales, y para implementar esquemas de reúso en Colombia. Se esperan prototipos y pilotos exitosos que puedan escalarse, así como el desarrollo de esquemas de reúso funcionando sin riesgo sanitario ni ambiental.

Los avances en esta línea deben contribuir a metas concretas como incrementar el porcentaje de aguas residuales tratadas/reusadas. Además, las innovaciones podrían generar patentes o know-how propio, reduciendo dependencia de tecnología importada.

#### ***4.5.4 Análisis de riesgos, contingencias y restauración de ecosistemas acuáticos***

Línea orientada al análisis de riesgos hídricos (sequías, inundaciones, avalanchas, erosión de cauces, fallos en infraestructuras hidráulicas), a la planificación de contingencias y respuesta ante emergencias relacionadas con el agua, y a la restauración de ecosistemas acuáticos degradados post evento o por presiones crónicas. Integra elementos de hidrología extrema, climatología, gestión de riesgos de desastres y ecología de la restauración.

Colombia es un país altamente vulnerable tanto a eventos hidrometeorológicos extremos como a emergencias ambientales relacionadas con el agua. Adicionalmente, el cambio climático se proyecta a intensificar estas amenazas. Al respecto, se puede destacar que la acelerada pérdida de glaciares andinos (reducción del ~90% del área glaciar en los últimos 170 años), con la consecuente alteración de caudales base y mayor riesgo de avalanchas por deshielo; de continuar la tendencia, se prevé la desaparición total de los glaciares colombianos a finales de este siglo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Asimismo, el ENA 2022 evidenció que cientos de municipios enfrentan riesgo de desabastecimiento hídrico incluso en épocas lluviosas y que la mayor demanda se concentra donde menos oferta hay, exacerbando vulnerabilidades. En este sentido, la PNGIRH contempla un objetivo específico orientado a “desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), lo cual requiere investigación en modelación de eventos extremos, evaluación de escenarios de cambio climático, herramientas de alerta temprana, y estrategias de adaptación y mitigación.

Por otra parte, tras ocurrir eventos adversos, se hace necesaria la restauración tanto de los servicios como de los ecosistemas afectados. Por ejemplo, restaurar un río después de una contaminación por derrame o rehabilitar cuencas tras incendios forestales que impactan regulación

hídrica. También restaurar gradualmente cuencas sobreexplotadas o humedales drenados históricamente, como medida de reducción de riesgo a largo plazo.

En esta línea se trabajará en análisis estadísticos de series hidrológicas y climáticas para caracterizar tendencias de extremos; desarrollo de modelos hidrológico-hidráulicos acoplados a pronósticos meteorológicos para sistemas de alerta temprana de inundaciones y crecientes súbitas; cartografía de áreas inundables bajo distintos periodos de retorno, incorporando efectos del cambio en uso del suelo. Se estudiarán los impactos de El Niño/La Niña en diferentes regiones, cuantificando déficits o excesos de agua asociados, lo cual puede guiar medidas anticipatorias.

Con esta línea se espera fortalecer la capacidad del país de prevenir, responder y recuperarse de eventos adversos relacionados con el agua, disminuyendo la vulnerabilidad socio-ecológica ante la presencia de eventos extremos.

#### ***4.5.5 Sistemas de información, indicadores y análisis espacial del agua***

Esta línea busca desarrollar sistemas de información hídrica, manejo de grandes bases de datos, construcción de indicadores y aplicación de análisis espacial (GIS, teledetección) para el recurso hídrico. Incluye la creación de plataformas informáticas que integren datos de diferentes fuentes (hidrológicos, hidrogeológicos, calidad, usos, socioeconómicos), el diseño de indicadores compuestos de gestión (índices de escasez, huella hídrica, entre otros), y la utilización de imágenes satelitales y otras herramientas geoespaciales para mapear y monitorear el recurso hídrico.

Colombia ha venido desarrollando el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) como parte de su estrategia de conocimiento, sin embargo, su consolidación requiere fortalecimiento técnico. La dispersión de datos entre distintas entidades, formatos incompatibles y vacíos de información son desafíos actuales.

A su vez, la toma de decisiones oportunas demanda indicadores claros que sinteticen la complejidad en métricas comprensibles para tomadores de decisión. Asimismo, los indicadores ODS requieren monitoreo, lo cual implica análisis espaciales de coberturas de agua y humedales a partir de satélites.

Esta línea trabajará en el diseño e implementación de bases de datos relacionales y geoespaciales robustas que alimenten el SIRH, integrando datos históricos y en tiempo real de múltiples fuentes. Se investigarán metodologías de interoperabilidad y estandarización de datos (metadatos, formatos, servicios web geográficos) para lograr que el intercambio de información entre instituciones sea automático. En indicadores, se desarrollarán y probarán índices.

El análisis espacial incorporará el procesamiento de imágenes satelitales para monitorear la extensión de cuerpos de agua a lo largo del tiempo, detectar cambios en coberturas vegetales en zonas de recarga, o identificar extracciones ilegales a través de cambios en el terreno. Otra área es la aplicación de herramientas de big data y aprendizaje automático para detectar patrones o anomalías en grandes series de datos hidrológicos e imágenes.

## **5. Análisis de mercado y sostenibilidad financiera**

### **5.1 Análisis de la oferta y demanda de servicios**

#### ***5.1.1 Análisis de la demanda de servicios***

La demanda de servicios científicos y académicos especializados en recursos hídricos en Colombia y particularmente en la región Caribe es cada vez más evidente y apremiante. Diversos sectores y problemáticas convergen para generar esta demanda, a saber, las presiones ambientales (escasez, contaminación, cambio climático), las necesidades socioeconómicas (acceso a agua

potable, seguridad hídrica) y los compromisos de política pública (gestión integrada del agua, objetivos de desarrollo sostenible).

A continuación, se detallan los principales motores de demanda que justifican la creación del instituto del Agua. En primer lugar, la escasez hídrica y variabilidad climática constituye uno de los elementos centrales de la demanda.

Aunque la distribución geográfica y temporal de ese recurso es extremadamente heterogénea, zonas densamente pobladas del país disponen de una porción mínima del agua total: por ejemplo, el centro del país (incluida la región Andina) alberga cerca del 80% de la población pero cuenta con apenas el 20% de la oferta hídrica nacional (IDEAM, 2018). Esta disparidad genera riesgos de desabastecimiento en múltiples municipios. El Estudio Nacional del Agua 2018 indica que 391 municipios ya enfrentan riesgo de escasez de agua y muchos más podrían sumarse debido a tendencias actuales.

Este panorama se ve agravado por las proyecciones de aumento de las temperaturas medias de hasta 2,14 °C hacia finales de siglo, intensificación de fenómenos El Niño/La Niña y mayor frecuencia de sequías e inundaciones. Tales proyecciones implican una demanda creciente de investigación aplicada para la adaptación y manejo de eventos extremos, modelación hidrológica bajo escenarios cambiantes y planificación de la seguridad hídrica a largo plazo.

En segundo lugar, paralelo a la escasez, Colombia padece graves problemas de calidad del agua. La contaminación de ríos, ciénagas y acuíferos –por vertimientos domésticos sin tratar, residuos industriales, lixiviados mineros y agroquímicos– está degradando los recursos hídricos y ecosistemas asociados. En muchas regiones el agua presenta tal nivel de polución que el contacto directo es peligroso para las comunidades (IDEAM, 2018).

Esto deriva en cargas sanitarias significativas, perpetuando ciclos de enfermedad, pobreza y desigualdad especialmente en zonas rurales marginadas. De hecho, apenas el 73% de la población colombiana accede a servicios de agua potable gestionados de manera segura, y en las áreas rurales esta cobertura se reduce a cerca del 40%; en saneamiento básico las cifras son aún más preocupantes (solo 17% con disposición adecuada de aguas residuales a nivel nacional).

Estas brechas ponen de manifiesto la necesidad de soluciones científicas en tratamiento de aguas residuales, tecnologías de potabilización adaptadas a contextos rurales, estrategias de rehabilitación de cuerpos de agua contaminados y evaluaciones de riesgo a la salud por exposición a aguas de mala calidad. La demanda de asistencia técnica por parte de entes gubernamentales, empresas de servicios públicos y autoridades ambientales para abordar la contaminación hídrica es significativa.

Un instituto de investigación del agua en la región podría, por ejemplo, desarrollar proyectos de monitoreo de calidad en fuentes locales, proponer tecnologías de bajo costo para tratamiento de aguas en comunidades rurales del Caribe, y asesorar en la gestión de vertimientos y reusó tal como lo promueve la política nacional (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Esta demanda de conocimientos especializados en calidad del agua está respaldada por lineamientos de política, la cual prioriza en su objetivo 3 el mejoramiento de la calidad del agua y la minimización de la contaminación, lo cual requiere base científica y tecnológica para su cumplimiento.

En tercer lugar, el sector agrícola es el mayor usuario consuntivo de agua en Colombia, representando alrededor del 43% de la demanda hídrica total para 2020. Los sistemas de riego para cultivos, la ganadería y la agroindustria ejercen una presión importante sobre las fuentes de agua dulce. A nivel nacional, se estima que la agricultura (incluyendo actividades de postcosecha)

constituye cerca de *la mitad de las extracciones* de agua, seguida por otros usos productivos y domésticos (FAO, s.f.).

Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua en agricultura es baja en muchas regiones; existen pérdidas significativas en canales de riego y prácticas de riego tradicionales poco optimizadas. La piscicultura y la generación hidroeléctrica también demandan grandes volúmenes de agua (estos usos no agrícolas representan aproximadamente el 57% de la demanda, incluyendo generación energética, acuicultura, abastecimiento urbano, industria, minería, entre otros).

Ante este panorama, hay una demanda latente de innovaciones tecnológicas y estudios que permitan optimizar la demanda de agua en todos estos sectores productivos. Por ejemplo, se requieren investigaciones en agricultura de precisión, cultivos resilientes a la sequía, sistemas de reúso de aguas residuales tratadas en riego, y modelos de gestión eficiente para distritos de riego.

De hecho, la PNGIRH reza entre sus objetivos específicos la necesidad de “caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), reconociendo que solo con información técnica robusta y desarrollo de técnicas de uso eficiente se podrá asegurar agua suficiente para la producción sin comprometer la sostenibilidad. La creación de un Instituto del Agua podría atender esta demanda articulando proyectos de investigación aplicada en productividad hídrica.

También es fundamental la demanda que surge desde las industrias extractivas y manufactureras en Colombia, las cuales demandan servicios especializados. En particular, sectores como los hidrocarburos, la minería y la agroindustria enfrentan crecientes exigencias para reducir su huella hídrica y operar de manera sostenible. Para alcanzar estas metas, las empresas requieren investigaciones avanzadas en tratamiento de aguas, reúso y monitoreo, muchas de las cuales las pueden impulsar en alianza con centros de investigación y plataformas de innovación.

Este sector refleja una tendencia creciente de demanda de conocimiento técnico para cumplir objetivos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático. Un Instituto de Investigación del Agua podría establecer convenios de cooperación Universidad-Empresa-Estado, ofreciendo servicios especializados, consultorías y desarrollando o implementando tecnologías emergentes para el tratamiento.

En el ámbito de las políticas públicas, Colombia ha adoptado marcos para la gestión integral del recurso hídrico que generan demanda de información científica y asesoría técnica para su implementación. La mencionada PNGIRH (2010–2022) estableció lineamientos para articular el manejo eficiente del agua con el ordenamiento territorial, la participación comunitaria y la conservación de ecosistemas reguladores de oferta (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Asimismo, enfatiza el fortalecimiento institucional y la gobernabilidad del recurso entendiendo que se requieren capacidades locales para gestionar el agua de forma coordinada. En la práctica, no obstante, persiste una fragmentación institucional en la gestión del agua: múltiples actores con mandatos traslapados (ministerios, corporaciones autónomas regionales, empresas públicas, etc.) y brechas de coordinación y dato.

La OCDE y el Banco Mundial han señalado que Colombia necesita modernizar sus instituciones del agua, mejorar la articulación multinivel y fomentar la generación de información para la toma de decisiones (Mundial, s.f.). En este contexto, se demanda el concurso de la academia como proveedora de información, ciencia y servicios. Por ejemplo, IDEAM produce el Estudio Nacional del Agua periódicamente con participación de más de 50 entidades, compilando datos oficiales de oferta, demanda, calidad y riesgo hídrico.

No obstante, a nivel regional y local se requiere profundizar en estudios específicos (p.ej., balances hídricos detallados por cuenca, modelación de acuíferos, impactos locales del cambio en uso del suelo sobre el agua) para apoyar a autoridades ambientales y gobiernos locales en planes de ordenación del recurso hídrico. Un Instituto de Investigación del Agua en la Universidad de Cartagena podría fungir como ese socio técnico-científico cercano para autoridades locales, apoyando con estudios base para planes de manejo de cuencas, evaluaciones de riesgo por sequía/inundación, y monitoreo participativo del recurso.

En conclusión, el análisis de la demanda revela un amplio espectro de necesidades insatisfechas en materia de investigación y servicios científicos sobre recursos hídricos. Desde el nivel nacional, donde la seguridad hídrica se ha posicionado como prioridad para el desarrollo sostenible y la adaptación climática, hasta el nivel local, con comunidades y ecosistemas específicos requiriendo atención, los cuales configuran un escenario propicio para la creación del Instituto de Investigación del Agua.

Este instituto serviría como respuesta académica a problemas urgentes (escasez, contaminación, ineficiencias en uso) y como plataforma para aprovechar oportunidades (innovación tecnológica, sinergias público-privadas, financiación internacional para agua y clima). La siguiente sección examina qué tan preparada está la oferta institucional existente para satisfacer estas demandas, identificando vacíos que el nuevo Instituto vendría a llenar.

### ***5.1.2 Análisis de la oferta de servicios***

El análisis de la oferta se enfoca en las capacidades actualmente disponibles en términos de instituciones, programas y recursos humanos dedicados a la investigación y servicios en el sector hídrico, con especial atención en la Universidad de Cartagena. Identificar la oferta

existente permite reconocer fortalezas aprovechables, pero sobre todo evidenciar las brechas que justifican la creación de un nuevo Instituto especializado en agua.

A nivel nacional, Colombia cuenta con algunas entidades dedicadas al estudio del recurso hídrico, aunque con enfoques y alcances particulares. Si bien el IDEAM (por ejemplo) produce información valiosa a escala macro (macrocuencas, tendencias nacionales) y coordina redes de datos, su mandato es principalmente de observación y asesoría al gobierno central; no cubre la investigación aplicada local ni la formación de recurso humano a nivel regional.

Por otro lado, existen institutos de investigación sectorial que incluyen el agua dentro de sus objetos de estudio, como por ejemplo el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) enfocado en ecosistemas marino-costeros, o el Instituto Alexander von Humboldt enfocado en biodiversidad continental. Estas instituciones, aunque generan conocimiento relevante, no abarcan integralmente la gestión del agua dulce, ni tienen la misión específica de vincular a la academia con la solución de problemas relacionados con el agua.

Dentro del ámbito académico colombiano, pocas universidades cuentan con unidades o centros de investigación dedicados exclusivamente al recurso hídrico. Uno de los ejemplos más notables es el Instituto CINARA (Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico) de la Universidad del Valle. Fundado en 1989, CINARA es un instituto transdisciplinario orientado al desarrollo en el campo de la gestión ambiental con énfasis en agua.

Desde la perspectiva universitaria y con un enfoque ecosistémico y participativo, este instituto ha contribuido a la conservación de la naturaleza, el desarrollo sostenible, la formación de talento humano y la equidad social. En la práctica, CINARA se ha destacado por sus investigaciones e innovaciones en abastecimiento de agua potable rural, saneamiento básico

adecuado a comunidades, tratamiento de agua con tecnologías apropiadas, y gestión comunitaria del agua.

La existencia de CINARA demuestra el impacto positivo que puede tener una unidad académica especializada. El trabajo desempeñado por esta entidad en la región suroccidental de Colombia especialmente en el Valle del Cauca y el Pacífico ha permitido la implementación de soluciones de agua potable en zonas rurales, y ha facilitado el proceso de generación de conocimiento adaptado a contextos locales que luego se replica en otras regiones del país.

Este caso sirve de referencia para la Universidad de Cartagena: actualmente ninguna universidad de la región Caribe posee un instituto semejante centrado en el agua y su gestión. La ausencia de una oferta académica institucionalizada en investigación hídrica en el Caribe representa una oportunidad clara para que la Universidad de Cartagena lidere en este campo, análoga a como Universidad del Valle lo hizo en su región.

Al interior de la Universidad de Cartagena, la oferta en temas de agua hasta ahora se ha dado principalmente a través de grupos de investigación y programas académicos de distintas facultades. Por ejemplo, existe el Grupo de Investigación en Hidráulica y Manejo Costero (GIHMAC) adscrito a Ingeniería, que estudia dinámica costera e hidráulica; también grupos en Química y Ciencias Ambientales que han abordado calidad de agua, contaminación y ecología acuática.

Sin embargo, estos esfuerzos han operado de forma aislada y descentralizada, dependiendo de proyectos puntuales y de la iniciativa individual de investigadores. No existe una unidad académica formal que articule dichos esfuerzos, les dé continuidad y potencie su impacto. Esta fragmentación interna limita la visibilidad y alcance de los aportes que la Universidad puede hacer en el sector hídrico. Por ejemplo, si bien se han realizado estudios hidrogeológicos en acuíferos

costeros o evaluaciones de contaminación en la bahía de Cartagena (proyectos de tesis, convenios específicos), los resultados muchas veces no trascienden a políticas públicas o desarrollos tecnológicos, en parte por la falta de una institucionalidad que los impulse.

Un instituto consolidado subsanaría esta brecha, actuando como hub que concentre la experiencia multidisciplinaria (ingeniería, ciencias básicas, ciencias sociales) en torno al agua, facilitando la transferencia de conocimiento y evitando la duplicación de esfuerzos. Cabe destacar que la Universidad de Cartagena, como institución acreditada de alta calidad, cuenta ya con fortalezas que apalancarían al Instituto.

En cuanto a la oferta regional de investigación y servicios en recursos hídricos, se observa que las entidades presentes tienen enfoques parciales y carecen de un componente académico robusto. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) –como CARDIQUE en Bolívar o CRA en Atlántico– son autoridades ambientales que, entre otras funciones, realizan monitoreos de calidad de agua y gestionan planes de cuenca. No obstante, su capacidad investigativa es limitada; su labor es más regulatoria que investigativa, y suelen apoyarse en estudios externos contratados. Por ejemplo, para actualizar un Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca (POMCA) deben recurrir a consultorías o universidades, evidenciando la necesidad de alianzas con centros de investigación.

Por su parte, otras universidades de la región (Universidad del Atlántico, Universidad de Córdoba, del Magdalena, etc.) cuentan con grupos de investigación ambiental e incluso programas de posgrado en áreas como ciencias ambientales o ingeniería sanitaria. Sin embargo, ninguna dispone de un instituto dedicado exclusivamente al recurso hídrico. A nivel de red, la iniciativa SUE-Caribe (Sistema Universitario Estatal del Caribe) ha identificado la gestión del agua como un tema estratégico para la región, pero hasta ahora no se ha concretado un centro de investigación conjunto.

En eventos como el Foro sobre Seguridad Hídrica en el Caribe, académicos de distintas instituciones se reúnen para discutir problemáticas comunes, lo que demuestra que existe conocimiento disperso y voluntades individuales. Falta, sin embargo, una estructura organizativa que canalice esos esfuerzos de manera sostenida. La oferta actual, por tanto, se caracteriza por ser fragmentada, insuficiente en escala y alcance, y focalizada más en diagnóstico que en soluciones. Esto redundaría en que muchos problemas locales de agua queden sin atender adecuadamente o sin un seguimiento científico continuo.

Un elemento crítico de la oferta es el financiamiento y apoyo institucional para la investigación en agua. En Colombia, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) ha sido históricamente baja: el país invierte alrededor de 0,25% del PIB en I+D total (incluyendo sector público y privado), porcentaje que lo ubica entre los miembros de la OCDE con menor esfuerzo en ciencia (Vásquez, 2024).

Esta limitación de recursos se refleja en presupuestos exigüos para entidades como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (antes Colciencias) y para las universidades públicas. En 2024, Minciencias sufrió su asignación más baja en 15 años (0,02% del PIB en el presupuesto nacional) (Vásquez, 2024), lo que evidencia una debilidad estructural en la oferta de ciencia y tecnología.

La consecuencia es que la oferta de proyectos de investigación en agua depende en gran medida de cooperación internacional o de la priorización que hagan los gobiernos locales con recursos de regalías, los cuales a su vez tienen ejecuciones limitadas.

En resumen, desde la perspectiva de oferta financiera y organizacional, no existe en la región Caribe una entidad consolidada que provea continuamente investigación aplicada, formación especializada y asesoría técnica en recursos hídricos. Esta ausencia de oferta

institucional es precisamente la brecha que la creación del Instituto de Investigación del Agua en la Universidad de Cartagena pretende llenar.

## **5.2 Análisis de mercado y sostenibilidad financiera**

En esta sección se analiza el entorno de mercado en el que operará el Instituto y se evalúa su viabilidad económica a largo plazo. Este análisis busca fundamentar la viabilidad del INAG, asegurando que su creación y operación sean financieramente factibles y estratégicamente acertadas en el contexto del sector.

### ***5.2.1 Segmentación de usuarios y beneficiarios***

La propuesta de valor del INAG se orienta a atender las necesidades de distintos segmentos de usuarios y beneficiarios, identificados en función de su rol en la gestión del recurso hídrico y de las problemáticas específicas que enfrentan. Estos segmentos clave incluyen:

- Entidades gubernamentales y organismos reguladores: Comprende autoridades ambientales, empresas públicas de acueducto y alcantarillado, y dependencias de gobierno a nivel local, regional y nacional responsables de la gestión del agua. Para estas entidades, el INAG ofrecerá apoyo técnico-científico en la formulación de políticas, planes de manejo hídrico y cumplimiento normativo. Son beneficiarios directos de estudios sobre disponibilidad de recurso, calidad del agua, riesgo hídrico y adaptación al cambio climático, lo que fortalece la toma de decisiones informadas en la gestión pública del agua.
- Sector productivo: Incluye industrias y empresas cuyo funcionamiento depende significativamente del agua, así como compañías de servicios públicos de agua potable y saneamiento. Estas organizaciones requieren soluciones a problemas como la optimización en el uso del agua, tecnologías de tratamiento y reúso, y manejo de

efluentes. El INAG atenderá a este segmento mediante proyectos de investigación aplicada, consultorías especializadas y desarrollo de tecnologías que les permitan mejorar su eficiencia hídrica y cumplir con estándares ambientales.

- **Comunidad académica y científica:** Como instituto académico, el INAG beneficiará a investigadores, docentes y estudiantes universitarios enfocados en temas hídricos. Este segmento se nutre de la generación de nuevo conocimiento, publicaciones científicas, formación de talento humano especializado y oportunidades de colaboración en proyectos. El INAG actuará como un centro de intercambio de conocimiento y de innovación, impulsando redes de investigación y sirviendo de puente entre la academia y la solución de problemas reales del agua en la sociedad.
- **Comunidades locales y organizaciones civiles:** Engloba a las comunidades urbanas y rurales afectadas por problemas de agua (escasez, contaminación, inundaciones) y a las ONG u otras organizaciones de la sociedad civil dedicadas al desarrollo sostenible. Si bien no siempre son clientes que contratan servicios directamente, son beneficiarios finales de la labor del INAG a través de la mejora en la gestión del recurso hídrico de sus territorios. El Instituto buscará integrar la participación comunitaria en sus proyectos, asegurando que las soluciones propuestas tengan pertinencia social y mejoren el acceso al agua y saneamiento para poblaciones vulnerables.

### ***5.2.2 Demanda potencial de servicios***

La demanda potencial de los servicios del INAG es significativa y está respaldada por las crecientes necesidades de conocimiento e innovación en la gestión del agua a nivel regional y nacional.

- Presión sobre el recurso hídrico y necesidades de gestión: El aumento de la población, el desarrollo económico y los efectos del cambio climático están intensificando los desafíos relacionados con el agua. En la región Caribe se han registrado eventos de estrés hídrico y conflictos por el agua que requieren estudios especializados para su atención. Las autoridades locales y empresas de servicios públicos demandan investigaciones que les orienten en la planificación de infraestructuras resilientes y en la protección de cuencas.
- Prioridad estratégica del agua en políticas públicas: A nivel país, el agua se ha posicionado como un eje estratégico de desarrollo. El Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 de Colombia destaca la importancia de garantizar la seguridad hídrica y promueve la inversión en conocimiento para la gestión sostenible del recurso. Esto implica que existen fondos públicos y programas orientados a proyectos de investigación e innovación en agua, de los cuales el INAG puede beneficiarse.
- Demanda del sector privado y cooperantes internacionales: Las empresas del sector productivo están cada vez más interesadas en soluciones de eficiencia hídrica y sostenibilidad ambiental, tanto por responsabilidad social como por cumplimiento regulatorio. Adicionalmente, organismos internacionales y bancos de desarrollo están financiando iniciativas de adaptación al cambio climático, protección de fuentes hídricas y acceso a agua potable en comunidades vulnerables.

Se proyecta, por lo tanto, una demanda creciente de servicios tales como estudios de línea base hídrica, modelaciones de disponibilidad de agua, desarrollo de planes de manejo de cuencas, monitoreo de calidad de agua, asesorías en tecnologías de tratamiento y formación especializada. Gracias a su inserción en la Universidad de Cartagena y a su planta de expertos multidisciplinarios, el INAG estará en capacidad de absorber esta demanda.

### 5.2.3 *Análisis de la competencia y diferenciación*

En el panorama nacional, existen instituciones y grupos dedicados a la investigación y gestión del agua que podrían considerarse competidores o referentes para el INAG. Identificar estas entidades permite evaluar el nivel de competencia en el mercado y destacar los factores de diferenciación del Instituto de Investigación del Agua:

- Universidades y centros de investigación: Un referente importante es el Instituto CINARA de la Universidad del Valle, con sede en Cali, enfocado en abastecimiento de agua, saneamiento ambiental y conservación del recurso hídrico. CINARA cuenta con décadas de experiencia y una reputación consolidada en proyectos de tratamiento de agua potable, tecnologías apropiadas para comunidades rurales y capacitación en gestión del agua. Otras universidades colombianas, como la Universidad Nacional de Colombia o la Universidad de Antioquia, albergan grupos de investigación hídrica y centros especializados en temas como hidrología, calidad del agua y recursos hídricos. Estos actores académicos compiten por fondos de investigación y convenios con entidades estatales; sin embargo, suelen concentrarse en sus ámbitos geográficos dejando espacio para que el INAG atienda necesidades no cubiertas, especialmente en la región Caribe.
- Entidades gubernamentales: A nivel nacional existen también institutos públicos con mandato en recursos hídricos, como el IDEAM encargado de monitoreo y estudios a escala macro, o centros de investigación adscritos a corporaciones autónomas regionales. No obstante, estos organismos suelen tener un alcance más regulatorio y de recolección de datos, y menos énfasis en investigación aplicada local o desarrollo de soluciones innovadoras.

- Firmas consultoras privadas: En el mercado existen consultoras que ofrecen estudios ambientales, modelaciones hidrológicas y diseños de obras hidráulicas para proyectos de infraestructura. Si bien estas empresas compiten por algunos contratos específicos, el INAG se diferencia por su naturaleza académica sin ánimo de lucro y su énfasis en la investigación orientada al interés público. A menudo, las consultoras subcontratan a expertos académicos para temas muy especializados; en este sentido, el INAG podría posicionarse como aliado o subcontratista científico de dichas firmas, en lugar de un competidor.

Ahora bien, el Instituto presenta varias ventajas competitivas que lo distinguen en el ecosistema del sector hídrico:

- Enfoque integral multidisciplinario: A diferencia de centros enfocados únicamente en ingeniería sanitaria o hidrología, el INAG aborda el recurso hídrico de manera holística, incorporando disciplinas de gestión, ciencias ambientales, socioeconomía y políticas públicas. Sus cinco líneas estratégicas de investigación le permiten ofrecer soluciones completas que abarcan desde la ciencia básica hasta la aplicación práctica y el asesoramiento en gobernanza del agua.
- Ubicación geográfica estratégica: El INAG estará situado en Cartagena, una ciudad que enfrenta retos significativos en materia de agua. En este contexto, el Instituto posee un entendimiento directo de las problemáticas regionales y acceso a escenarios para la investigación, lo cual le permite desarrollar proyectos piloto y estudios de caso locales con alta relevancia. Ningún otro centro de investigación hídrica de Colombia tiene presencia fuerte en la costa Caribe, lo que otorga al INAG una posición de liderazgo en la región para temas hídricos.

- **Formación de talento humano:** Como unidad académica, el INAG combina investigación con docencia y formación de posgrado en temas de agua. Esto le permite nutrir sus proyectos con estudiantes e investigadores en formación, reduciendo costos de operación a la vez que forma nuevos profesionales especializados. Además, al estar respaldado por la Universidad de Cartagena, cuenta con infraestructura de laboratorios, redes académicas y prestigio institucional, aspectos que generan confianza en los financiadores públicos y privados.
- **Pertinencia social:** El plan del INAG contempla el trabajo colaborativo con actores locales de modo que las investigaciones estén alineadas con las necesidades reales de la población. Esta vocación de servicio público y pertinencia territorial le otorga legitimidad.

#### ***5.2.4 Estrategia de sostenibilidad financiera***

Lograr la sostenibilidad financiera es fundamental para que el INAG pueda cumplir con sus objetivos misionales. Dada su naturaleza académica, el Instituto adoptará un modelo híbrido de financiamiento que combine el apoyo institucional de la Universidad con la generación de ingresos propios a través de proyectos y servicios. A continuación, se detalla la estrategia financiera diseñada:

- **Aportes institucionales:** En su fase de creación el INAG contará con recursos proporcionados por la Universidad de Cartagena y, potencialmente, por entidades gubernamentales asociadas en el marco de convenios con instituciones públicas locales o regionales. Este aporte inicial permitirá cubrir los costos fijos de puesta en marcha y asegurar la operación mínima del Instituto mientras se consolidan otras fuentes de ingreso.

- **Gestión de proyectos:** La principal fuente de ingresos propios provendrá de la ejecución de proyectos de investigación aplicada, consultorías y servicios técnicos especializados. El INAG desarrollará una oficina de gestión de proyectos encargada de identificar y postularse a convocatorias de financiamiento y de negociar contratos con clientes del sector público y privado. Se priorizarán proyectos alineados con las líneas estratégicas del Instituto, buscando diversificar los tipos de financiadores.
- **Oferta de formación:** Como parte de su misión académica, el INAG podrá ofrecer programas de educación continua, cursos de capacitación y asesorías técnicas cuyos ingresos contribuyan a la sostenibilidad. Por ejemplo, se podrán dictar diplomados en gestión integrada del recurso hídrico, talleres de modelación hidrológica, o cursos cortos para funcionarios públicos en normativa hídrica. Estas actividades, con cobro de matrícula generan flujo de fondos complementario y al mismo tiempo posicionan al Instituto en la comunidad profesional.
- **Control de costos y estructura organizacional flexible:** Del lado del gasto, la estrategia implica mantener una estructura de costos eficiente. En los primeros años, el INAG funcionará con un equipo núcleo reducido y complementará sus capacidades mediante la vinculación de docentes e investigadores de la Universidad en proyectos específicos, pagos por honorarios. Esta flexibilidad laboral permite ajustar los costos operativos al volumen de proyectos activos. Asimismo, se aplicarán prácticas de contención de gasto general, aprovechando infraestructura existente de la Universidad para reducir costos de operación independientes.

Con el fin de evaluar la viabilidad económica del INAG, se han elaborado proyecciones financieras a cinco años que incorporan los supuestos de ingresos y gastos derivados de la

estrategia descrita. Las proyecciones 2025–2030 presentan un escenario conservador, pero optimista, en el cual el Instituto incrementa paulatinamente su cartera de proyectos e ingresos propios, logrando equilibrio financiero en el mediano plazo. A continuación, en la tabla 10 se resumen las proyecciones anuales de ingresos, gastos y resultado neto para el periodo 2025–2030:

**Tabla 11***Proyecciones financieras 2025-2030*

Concepto	Año 1 (2025–26)	Año 2 (2027)	Año 3 (2028)	Año 4 (2029)	Año 5 (2030)
<b>Ingresos Consultorías</b>	– \$ 300.000.000	\$ 380.000.000	\$ 475.000.000	\$ 590.000.000,00	\$ 740.000.000
<b>Ingresos Cooperación (reconocida)</b>	– \$ 425.000.000	\$ 51.000.000	\$ 615.000.000	\$ 740.000.000	\$ 890.000.000
<b>Ingresos Educación continua</b>	– \$ 100.000.000	\$ 120.000.000	\$ 145.000.000	\$ 175.000.000	\$ 210.000.000
<b>TOTAL INGRESOS (contables)</b>	\$ 825.000.000	\$ 1.010.000.000	\$ 1.235.000.000	\$ 1.505.000.000	\$ 1.840.000.000
<b>Costos operativos totales</b>	\$ 1.400.000.000	\$ 1.650.000.000	\$ 1.950.000.000	\$ 2.250.000.000	\$ 2.600.000.000
<b>EBITDA</b>	–575000000	–640000000	–715000000	–745000000	–760000000
<b>EBIT</b>	–815000000	–870000000	–945000000	–875000000	–890000000
<b>Utilidad neta</b>	–815000000	–870000000	–945000000	–875000000	–890000000
<b>Flujo de caja libre (FCF)</b>	–1.900000000	–680000000	–980000000	–360000000	\$ 90.000.000

*Nota.* La tabla presenta las proyecciones financieras estimadas para el período 2025–2030,

Las cifras están dadas en millones de pesos colombianos. De igual forma, las proyecciones están ajustadas con supuestos de: costos variables 40–60%, overhead 10%, OPEX fijo creciente al 8% anual, nómina indexada por inflación al 6 % y FTE en aumento del 10% anual. Incluye CAPEX inicial y de expansión con depreciación a 5 años.

Con estos ajustes, el INAG necesitará aportes externos y subsidios en los primeros años. El punto de equilibrio solo se alcanzaría hacia el año 5 (2030), con un flujo de caja libre positivo de 90 millones.

### **5.2.5 Estrategia de mitigación de riesgos**

A continuación, se considerarán los principales riesgos que podrían afectar la sostenibilidad del INAG y las estrategias diseñadas para mitigarlos:

- **Financiación insuficiente:** Existe la posibilidad de que los fondos esperados no se materialicen en la magnitud o en los plazos previstos. Esto podría deberse a recortes presupuestales de la Universidad, dificultades para ganar convocatorias de investigación, o a crisis económicas que limiten la inversión de empresas en proyectos. Como estrategia de mitigación se plantea diversificar las fuentes de ingresos con el objetivo de que el INAG no dependa de un solo financiador de modo que una reducción en una fuente pueda compensarse con otras.
- **Baja demanda de servicios:** Si la demanda de los servicios del INAG resultara menor a la anticipada, la capacidad de generar ingresos propios se vería comprometida. Para mitigar este riesgo será necesario Implementar un plan de mercadeo y relacionamiento desde el inicio con el cual el instituto realizará promoción activa de sus capacidades.
- **Competitivo y de reputación:** Frente a otros centros e institutos, el INAG podría enfrentar competencia por ciertos proyectos, y cualquier fallo en la calidad de sus entregables o demoras podría afectar su reputación y posicionamiento, dificultando la obtención de nuevos contratos. Para mitigar este riesgo es necesario asegurar estándares altos de calidad en la ejecución de todos los proyectos desde el inicio, por ende, se establecerá un sistema de gestión de la calidad para revisiones técnicas de los informes, publicaciones

y productos entregables, idealmente con peer review interno o asesoría de expertos externos cuando sea pertinente.

### 5.2.6 *Indicadores de sostenibilidad*

Para evaluar de manera objetiva el desempeño del INAG en términos de su sostenibilidad financiera y operacional, se han definido una serie de indicadores clave. Estos indicadores permitirán monitorear el progreso hacia la autosuficiencia económica y el logro de los objetivos estratégicos, facilitando la toma de decisiones informadas durante la gestión del Instituto. La tabla 11 resume los principales indicadores de sostenibilidad propuestos:

**Tabla 12**

#### *Indicadores de sostenibilidad*

Área	Indicador	Meta a 5 años
<b>Financiera</b>	Punto de equilibrio alcanzado	Año 5
<b>Financiera</b>	Margen EBITDA positivo	$\geq 10$ % a partir de 2030
<b>Mercado</b>	Consultorías ejecutadas	$\geq 25$ proyectos
<b>Mercado</b>	Estudiantes en programas de educación continua	$\geq 600$
<b>Institucional</b>	Proyectos internacionales gestionados	$\geq 6$
<b>Institucional</b>	Convenios firmados con sector público y privado	$\geq 20$

*Nota.* Los indicadores y metas presentados corresponden a criterios de sostenibilidad definidos para el Instituto de Investigación del Agua.

### 5.3 **Plan de implementación**

El Instituto surge como una iniciativa estratégica para fortalecer la gestión hídrica en Colombia, respondiendo a vacíos institucionales y alineando sus objetivos con las políticas públicas nacionales.

Esta propuesta se enmarca además en las prioridades de desarrollo territorial: por ejemplo, el Plan de Desarrollo 2024–2027 de Cartagena destaca el ordenamiento del territorio en torno

al agua como base de un desarrollo urbano sostenible y resiliente, en consonancia con las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS-6.

A nivel nacional, Colombia ha asumido compromisos hacia 2030 para garantizar el acceso sostenible al agua y saneamiento (ODS-6), reconociendo desde la Política Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH, 2010) que la investigación es fundamental para la buena gestión del agua. En la región Caribe, la persistencia de brechas en cobertura de agua potable y la contaminación de fuentes hídricas generan impactos sociales y económicos significativos. Este panorama enfatiza la pertinencia del INAG, pues sus líneas de investigación podrán enfocarse en soluciones de alto impacto local, otorgándole legitimidad social al contribuir directamente al bienestar de comunidades vulnerables.

El plan de implementación del INAG abarca el periodo 2025–2030 y se ha estructurado en tres fases. Cada fase tiene objetivos claros orientados a consolidar el instituto, ampliar su alcance y asegurar su sostenibilidad, en concordancia con las necesidades regionales y los compromisos institucionales y nacionales previamente descritos. A lo largo de estas etapas, el INAG incrementará gradualmente su cartera de proyectos e ingresos propios hasta lograr equilibrio financiero en el mediano plazo, al tiempo que expandirá su equipo humano y redes de colaboración para convertirse en un referente en la gestión hídrica.

### ***5.3.1 Fase de instalación***

En los primeros dos años, el INAG se enfocará en su puesta en marcha institucional, es decir, se formalizará su creación como unidad académica adscrita a la Universidad de Cartagena, integrándose plenamente a la estructura universitaria bajo la Vicerrectoría de Investigación. Se nombrará un Director o Directora con alta formación y experiencia en recursos hídricos, responsable de la gestión científica, administrativa y financiera del Instituto.

Este directivo liderará la articulación estratégica interna y representará al INAG ante entidades como Minciencias, autoridades ambientales, aliados del sector productivo y organismos internacionales, velando por la calidad científica y la pertinencia social de la investigación.

Durante esta fase se conformará un equipo núcleo que garantice las funciones esenciales, las cuales se encuentran distribuidas en tres unidades, a saber, en primer lugar, la Unidad de Proyectos y Cooperación Internacional, encargada de gestionar convenios, formular proyectos y buscar financiamiento externo posicionando al Instituto en redes nacionales e internacionales; la Unidad de Investigación y Laboratorios, que coordinará la actividad científica diaria, administrando los laboratorios e infraestructura técnica y agrupando a investigadores y personal de apoyo para ejecutar los primeros proyectos; y la Unidad Administrativa y Financiera, responsable de la gestión administrativa integral, incluyendo presupuesto, compras y talento humano para garantizar un funcionamiento transparente y eficiente del Instituto.

Dada la necesidad de racionalizar recursos el INAG vinculará profesores e investigadores de la Universidad en proyectos específicos bajo contratación por honorarios, aprovechando su experiencia sin incurrir en altas cargas fijas. Este esquema de personal permite ajustar los costos operativos al volumen de proyectos en curso y contener gastos generales, apoyándose en infraestructura existente de la Universidad.

Simultáneamente, el INAG empezará a ofrecer servicios académicos y técnicos remunerados como programas de educación continua que, con cobro de matrícula, generen flujo de fondos complementario y posicionen al Instituto en la comunidad profesional.

En términos financieros, esta fase de instalación requerirá una importante inversión neta: las proyecciones para el Año 1 (2025–26) estiman ingresos totales por aproximadamente

\$825.000.000, frente a costos operativos del orden de \$1.400.000.000, resultando en un déficit operativo inicial que refleja la dependencia de subsidios en la etapa inicial.

Estas cifras, contemplan los gastos de capital inicial (CAPEX) para equipamiento e infraestructura, distribuidos con depreciación a 5 años, y suponen una estructura de costos eficiente con overhead limitado al 10%, costos variables contenidos (40–60% de los gastos) y crecimiento moderado de la nómina indexado a 6% anual. Gracias a los apoyos externos iniciales y al control de gastos, el INAG podrá establecer su base operativa en esta fase.

### **5.3.2 Fase de expansión**

Alcanzada la consolidación básica, el Instituto orientará sus esfuerzos a crecer en capacidad investigativa, oferta de servicios y autosostenibilidad financiera. Durante estos años intermedios se ampliará la cartera de proyectos, a través de su Unidad de Proyectos, asimismo se intensificará la identificación y consecución de nuevas consultorías, contratos con empresas y convenios con entidades públicas.

El posicionamiento inicial logrado en la fase anterior servirá para competir por recursos de entidades como ministerios, corporaciones autónomas regionales e incluso empresas del sector agua que requieran soporte técnico especializado. El equipo humano crecerá en consecuencia por lo cual se prevé la incorporarán nuevos investigadores, técnicos de laboratorio y personal de apoyo administrativo conforme aumente la carga de proyectos. Las proyecciones financieras asumen un incremento del 10% anual en el número de empleados de planta durante esta etapa de expansión, procurando fortalecer las capacidades del Instituto sin perder eficiencia.

Para 2027–2028, se prevé que los ingresos anuales del INAG aumenten sustancialmente en comparación con la fase inicial. Por ejemplo, los ingresos por consultorías crecerían de \$300.000.000 en el Año 1 a alrededor de \$475.000.000 anuales hacia 2028, y los obtenidos por

proyectos de cooperación podrían superar los \$600.000.000 en ese mismo año. En total, los ingresos contables proyectados escalarían de \$825.000.000 en el primer año a aproximadamente \$1.235.000.000 para 2028, reflejando una diversificación exitosa de fuentes de financiamiento.

No obstante, los costos operativos también crecerán al ampliar las actividades pasando de \$1.400.000.000 en 2025–26 a cerca de \$1.950.000.000 en 2028. Pese al aumento en costos, el déficit operativo tiende a reducirse gradualmente gracias al mayor volumen de ingresos, aproximándose al punto de equilibrio.

### ***5.3.3 Fase de internacionalización***

En esta etapa el INAG orientará sus esfuerzos a trascender el ámbito nacional y a consolidarse como centro de referencia en investigación hídrica a nivel regional e internacional. Hacia 2029, con la experiencia acumulada, el Instituto estará en capacidad de liderar y participar en redes globales de conocimiento sobre el agua. A través de la Unidad de Proyectos y Cooperación Internacional, se gestionará activamente la vinculación del INAG en programas y convocatorias de cooperación internacional, con organismos multilaterales, agencias de cooperación y plataformas académicas globales relacionadas con la seguridad hídrica.

Un objetivo estratégico será lograr reconocimientos que eleven la visibilidad y credibilidad internacional del Instituto; por ejemplo, se contempla gestionar la acreditación del INAG como centro colaborador o de referencia ante instancias como la UNESCO o ONU-Agua, lo que incrementaría su prestigio y acceso a redes especializadas. También se fomentará la participación en eventos científicos globales y consorcios internacionales, permitiendo intercambiar conocimientos de punta y atraer proyectos de mayor envergadura al país.

Esta proyección internacional irá de la mano con la consolidación científica interna por lo cual se espera que para el 2030 el instituto pueda contar con laboratorios equipados con tecnología

de última generación y con personal altamente calificado de forma que sus investigaciones cumplan estándares globales. La inversión realizada en la fase de expansión en infraestructura y talento comenzará a rendir frutos, posicionando al INAG como hub regional de desarrollo tecnológico en agua.

Esta etapa, según las proyecciones financieras alcanzarían aproximadamente \$1.840.000.000, mientras los costos operativos rondarían \$2.600.000.000. Aun cuando en términos contables podría persistir un ligero saldo negativo, se estima que el flujo de caja libre se torne positivo hacia 2030, marcando el punto de equilibrio financiero con cerca de \$90.000.000 de superávit de caja. En otras palabras, para el cierre del periodo el INAG sería capaz de financiar sus operaciones con sus propios ingresos, reduciendo la necesidad de subsidios externos.

Ahora bien, el diagrama de Gantt de la figura 18 organiza las iniciativas anteriormente descritas en las tres fases de implementación del Instituto.

**Tabla 13**

*Cronograma general de implementación de actividades*

No.	Actividad / Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Constitución legal y administrativa	■					
2	Adecuación de infraestructura inicial	■					
3	Contratación de personal base	■					
4	Proyectos piloto en comunidades	■					
5	Creación de Maestría y diplomados			■			
6	Expansión de líneas de investigación			■			
7	Semilleros de investigación			■			
8	Publicaciones científicas		■				
9	Alianzas nacionales			■			
10	Alianzas internacionales					■	
11	Proyectos de cooperación internacional					■	
12	Consultorías privadas					■	
13	Evaluación externa y acreditación						■

*Nota:* La tabla presenta las actividades a desarrollar en cada una de las etapas de la implementación del Instituto.

## 6. Conclusiones

- a. Pertinencia del Instituto del Agua de la Universidad de Cartagena: El análisis realizado demuestra que la creación del INAG de la Universidad de Cartagena responde a una necesidad estratégica de la región Caribe colombiana, donde persisten problemas de acceso a agua potable, contaminación hídrica y riesgos derivados del cambio climático. Esta propuesta se alineó con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con las políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación.
- b. Valor agregado institucional: El Instituto potenciará el rol de la Universidad de Cartagena como referente académico y científico en gestión del recurso hídrico, integrando investigación aplicada, extensión comunitaria y cooperación internacional. Esto fortalecerá el impacto social, ambiental y académico de la institución en el corto, mediano y largo plazo.
- c. Sostenibilidad financiera y operativa: Si bien el modelo financiero evidencia una dependencia inicial de recursos públicos e internacionales, la estrategia de diversificación de ingresos (consultorías, programas de educación continua, proyectos de cooperación y alianzas con el sector privado) permitirá alcanzar la sostenibilidad a partir del quinto año de operación.

### Referencias Bibliográficas

- Agencia Estatal de Meteorología - AEMET, Oficina Española de Cambio Climático - OECC. (2021). *Cambio Climático: Bases físicas. Guía resumida del sexto informe de evaluación del IPCC. Grupo de trabajo I*. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.
- Agudelo, R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.522>
- Biancalani, R., & Marinelli, M. (2021). Assessing SDG indicator 6.4.2 'level of water stress' at major basins level. *UCL OPEN ENVIRONMENT*, 1-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.14324/111.444/000079.v2>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2010, 25 de febrero). *Resolución CRA 493 "Por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo."*.
- Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales (CDESC). (2002). *Observación General N 15, el Derecho al agua (Artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*.
- Concejo Distrital de Cartagena de Indias. (2024). *Ponencia de Segundo Debate Proyecto de Acuerdo No. 013/2024: Por medio del cual se adopta el Plan Distrital de Desarrollo 2024-2027 "Cartagena, ciudad de derechos"*.
- Congreso de la República. (1997, 18 de julio). *Ley 388 "Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones"*. Diario Oficial No. 43.091.
- Congreso de la República. (2013, 29 de abril). *Ley 1625 Por la cual se deroga la Ley Orgánica 128 de 1994 y se expide el Régimen para las Áreas Metropolitanas*. Diario Oficial 48776.
- Congreso de la República de Colombia. (1973, 19 de diciembre). *Ley 23 "Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones."*.
- Congreso de la República de Colombia. (1989, 11 de enero). *Ley 9 "Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones"*. Diario Oficial No. 38.650.
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 diciembre). *Ley 99 "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"*. Diario Oficial No. 41146.
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 1552 "Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo"*. Diario Oficial No. 41.450.
- Congreso de la República de Colombia. (1997, 6 de junio). *Ley 373 "Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua"*. Diario Oficial No. 43.058.
- Consejo Nacional de Planeación. (2023). *Concepto sobre las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia Potencia Mundial de la Vida*.
- Constitución Política de Colombia. (1991). Gaceta Asamblea Constituyente de 1991 N° 85.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2022). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*.

- Departamento Nacional de Planeación. (s.f.). *El agua, eje central para hacer de Colombia “una potencia mundial de la vida”*. Departamento Nacional de Planeación:  
[https://www.dnp.gov.co/Prensa\\_/Noticias/Paginas/el-agua-eje-central-para-hacer-de-colombia-una-potencia-mundial-de-la-vida.aspx#:~:text=conflictos%20socio%20ambientales%2C%20muchos%20de,los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible](https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/el-agua-eje-central-para-hacer-de-colombia-una-potencia-mundial-de-la-vida.aspx#:~:text=conflictos%20socio%20ambientales%2C%20muchos%20de,los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible)
- Dirección Nacional de Prospectiva y Estudios Estratégicos. (2023). *Estudio prospectivo sobre el estrés hídrico y la inseguridad alimentaria en el Perú*. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
- Ecopetrol. (s.f.). *Ecopetrol*.  
<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/Noticias+2021/agua-neutralidad#:~:text=Mar%202022%2C%202022>
- Foro Nacional Ambiental. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. (M. Rodríguez Becerra, & H. Mance, Trads.)
- García González, M., Carvajal Escobar, Y., & Jiménez Escobar, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Ingeniería y Competitividad*, 9(1), 19-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyc.v9i1.2492>
- García Rodríguez, M., & Fernández Escalante, Á. E. (2008). *Hidrología básica. Las aguas subterráneas y su flujo*. Ediciones FIEC.
- Gehrig, J., & Rogers, M. (2009). *Agua y conflicto. Incorporar la construcción de paz al desarrollo de agua*. Catholic Relief Services.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático - IPCC. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. (B. Bates, Z. Kundzewicz, S. Wu, & J. Palutikof, Edits.)
- IDEAM. (2010). *Estudion Nacional del Agua 2010*.
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (s.f.). *¿Qué hacemos?* Gobierno de México:  
<https://www.gob.mx/imta/que-hacemos#:~:text=MX%20www,sustentable%20del%20agua%20en%20M%C3%A9xico>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2001). *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes del Grupo de Trabajo II*.
- Jover Biboum, M., García Rubio, R., & Ávila Calzada, C. (2020). Procesos urbanos, dinámicas del agua y cambio climático. *ZARCH*, 15, 4-11.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.26754/ojs\\_zarch/zarch.2020154933](https://doi.org/https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2020154933)
- Kruse, T. (2005). La "Guerra del Agua" en Cochabamba, Bolivia: terrenos complejos, convergencias nuevas. En E. d. Toledo, *Sindicatos y nuevos movimientos sociales en América Latina* (págs. 121-161). CLACSO.
- Landa, R., Ávila Flores, B., & Hernández, M. (2010). *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para América Latina y el Caribe*.
- Ministerio de Agricultura. (1977, 27 de junio). *Decreto 1449 "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"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015, 17 de marzo). *Resolución 0631 "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones alcantarillado"*.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 31 de agosto). *Resolución 1514 "Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010, 23 de diciembre). *Decreto 4728 "Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010, 25 de octubre). *Decreto 3930 "Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II - Parte III-Libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 2 de agosto). *Decreto 1640 "Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 21 de diciembre). *Decreto 2667 "Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 28 de junio). *Resolución 955 "Por la cual se adopta el Formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012, 6 de febrero). *Decreto 0303 "Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013, 21 de mayo). *Resolución 0509 "Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del Plan de Ordenación de la Cuenca y se denación de la Cuenca y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013, 27 de diciembre). *Resolución 1907 "Por la cual se expide la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014, 25 de julio). *Resolución 1207 "Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1076 "Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017, 29 de diciembre). *Decreto 2245 "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas"*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (29 de Marzo de 2023). *El agua subterránea, recurso por investigar*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:  
<https://www.minambiente.gov.co/el-agua-subterranea-recurso-por-investigar/#:~:text=,colombiana%20se%20redujo%C2%A090%20por%20ciento>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Investigación para la gestión integral del recurso hídrico*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:  
<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/gobernanza-del-agua/investigacion-y-gestion-de-la-informacion-de-recurso-hidrico#:~:text=Motivo%20por%20el%20cual%20el,y%20%C2%A01a%20sostenibilidad%20del%20recurso>

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, 8 de marzo). *Resolución 2040 "Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, 13 de diciembre). *Resolución 1433 "Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, 22 de enero). *Decreto 155 de 2004 "Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, 7 de mayo). *Decreto 1443 "Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006, 18 mayo). *Resolución 872 "Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 19 de abril). *Decreto 1323 "Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH-"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 19 de abril). *Decreto 1324 "Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 20 de septiembre). *Decreto 3600 por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 22 de junio). *Resolución 2115 "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 4 de mayo). *Decreto 1480 "Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008, 29 de agosto). *Decreto 3200 por el cual se dictan normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009, 26 de mayo). *Resolución 0941 "Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, y se adopta el Registro Único Ambiental – RUA."*
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.*
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión INtegral del Recurso Hídrico.*
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, 01 de julio). *Decreto 2372 "Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras"*.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, 28 de mayo). *Resolución 1023 "Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables – SIUR, para el sector manufacturero y se dictan otras disposiciones"*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011, 24 de enero). *Resolución 0075 "Por la cual se adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público."*
- Ministerio de Protección Social. (2007, 9 de mayo). *Decreto 1575 "Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua"*.
- Ministerio de Protección Social. (2010, 18 de noviembre). *Resolución 4716 "Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007"*.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2013). *Impactos del Cambio Climático en la Salud. Resumen Ejecutivo*.
- Mundial, B. (s.f.). *Banco Mundial*.  
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security#:~:text=En%20el%20estudio%20se%20pone,la%20implementaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20multiprop%C3%B3sito>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición especial*.
- OCDE. (2012). *Gobernabilidad del Agua en América Latina y el Caribe. Un enfoque multinivel*. Éditions OCDE. <https://doi.org/10.1787/9789264079779-es>
- Organización de las Naciones Unidas (Asamblea General). (1966). *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2009). *La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (s.f.). *fao. WaPOR, teledetección al servicio de la productividad del agua*: <https://www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/country-activities/colombia/es#:~:text=Para%20el%20a%C3%B1o%202020%2C%20la,hydrocarbur%C3%B3n%20industria%20servicios%20oficiales%20y%20construcci%C3%B3n>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). *Hacia un uso más eficiente del agua: Reporte y seguimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.4 en América Latina y el Caribe*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (21 de Marzo de 2025). *FAO hace recomendaciones de políticas públicas para el manejo sostenible y eficiente del agua en América Latina y el Caribe*. *cción Climática PLACA*: [https://accionclimaticaplaca.org/es/fao-hace-recomendaciones-de-politicas-publicas-para-el-manejo-sostenible-y-eficiente-del-agua-en-alc/?utm\\_source=chatgpt.com](https://accionclimaticaplaca.org/es/fao-hace-recomendaciones-de-politicas-publicas-para-el-manejo-sostenible-y-eficiente-del-agua-en-alc/?utm_source=chatgpt.com)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE. (2025). *The Circular Water Economy in Latin America*.
- Ortega Ramirez, A. T., Marín Maldonado, D. F., & Ochoa Rodríguez, E. D. (2019). Revisión general de la producción elevada de agua en la industria del petróleo. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, 17(2), 39-50. <https://doi.org/10.18273/revfue.v17n2-2019005>

- Presidencia de la República. (1978, 28 de junio). *Decreto 1451 "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.*”.
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N., Clark, D., . . . Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *PNAS*, *11*(9), 3245-3250. <https://doi.org/www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1222460110>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde.*
- Torre, F. B. (2017). Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución. En I. E. Estratégicos, *Cuaderno de Estrategia 186. El agua: ¿fuente de conflicto o cooperación?* (págs. 21-68). Ministerio de Defensa.
- UNESCO, ONU-Agua. (2020). *ejecutivo, Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020. Agua y Cambio Climático. Resumen.* UNESCO.
- UNESCO, ONU-Agua. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos.* UNESCO.
- UNESCO, ONU-Agua. (2022). *El valor del agua. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021. Datos y cifras.* UNESCO.
- UNESCO, ONU-Agua. (2024). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: Agua para la prosperidad y la paz.* UNESCO.
- Universidad de Cartagena. (s.f.). *Estructura orgánica.* Universidad de Cartagena: <https://www.unicartagena.edu.co/informacion-de-la-entidad/estructura-organica>
- Vásquez, J. P. (15 de Abril de 2024). La ciencia en Colombia se queda sin dinero: tiene el menor presupuesto en 15 años. *El País*. <https://elpais.com/america-colombia/2024-04-15/la-ciencia-en-colombia-vive-la-mayor-desfinanciacion-de-los-ultimos-25-anos.html>
- World Wide Fund for Nature - WWF. (2016). *Cambia la energía, cambia el clima. Cambio climático y su impacto en el sector energético.*