

**Modelo de datos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el ordenamiento territorial**

**Eduardo Enrique Acuña Jiménez**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Ordenamiento Territorial**

**Director**

**German Raúl Luna Martínez**

**MSc – Ordenamiento Territorial**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Maestría en Ordenamiento Territorial**

**2025**

**Contenido**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                                    | 15 |
| 1. Modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico ..... | 17 |
| 1.1 Justificación .....                                               | 17 |
| 1.2 Objetivos .....                                                   | 18 |
| 1.2.1 Objetivo general .....                                          | 18 |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                                      | 18 |
| 2. Marco referencial .....                                            | 19 |
| 2.1 Marco teórico .....                                               | 19 |
| 2.2 Marco conceptual .....                                            | 37 |
| 2.3 Marco legal .....                                                 | 39 |
| 3. Método .....                                                       | 40 |
| 4. Resultados .....                                                   | 64 |
| 5. Conclusiones .....                                                 | 66 |
| Referencias.....                                                      | 68 |

**Lista de tablas**

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Marco legal</i> ..... | 39 |
|------------------------------------------|----|

**Lista de figuras**

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Ciclo de vida del dato</i> .....                                                                      | 33 |
| <b>Figura 2.</b> <i>Funciones de la gestión de datos</i> .....                                                            | 34 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Grupos y Subgrupos</i> .....                                                                          | 39 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Modelo de datos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el ordenamiento territorial</i> ..... | 43 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Estructura del método</i> .....                                                                       | 43 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Conceptos de gestión de datos.</i> .....                                                              | 43 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Proceso para la implementación del modelo de datos</i> .....                                          | 44 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Grupo de datos</i> .....                                                                              | 45 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Subgrupos del grupo cartografía base</i> .....                                                        | 50 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Subgrupos del grupo social</i> .....                                                                 | 51 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Subgrupo predial</i> .....                                                                           | 52 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Subgrupo centros poblados</i> .....                                                                  | 53 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Subgrupos del grupo biodiversidad</i> .....                                                          | 54 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Subgrupos del grupo clima</i> .....                                                                  | 57 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Subgrupos del grupo agua</i> .....                                                                   | 59 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Subgrupos del grupo suelos</i> .....                                                                 | 61 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Subgrupos del grupo geomorfología</i> .....                                                          | 62 |

### **Resumen**

La presente investigación desarrolla una propuesta de modelo de datos orientado a fortalecer la gestión de información relacionada con el recurso hídrico en los procesos de ordenamiento territorial en Colombia. El objetivo principal consiste en estructurar y estandarizar los datos requeridos en los instrumentos y estudios técnicos relacionados con la administración y planificación del recurso hídrico, tales como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), la delimitación de rondas hídricas y otros procesos de gestión ambiental territorial.

La investigación toma como unidad de referencia las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS), definidas por el IDEAM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, debido a su relevancia como esquema de organización espacial para la planificación ambiental del territorio. A partir de esta estructura se definieron siete componentes temáticos: cartografía base, clima, recurso hídrico, suelos, geomorfología, biodiversidad y variables socioeconómicas, organizados mediante categorías y subcategorías que facilitan la interoperabilidad, integración y administración de la información geográfica y alfanumérica.

Como fundamento metodológico se realizó un análisis comparativo entre distintos enfoques de gobernanza de datos, incluyendo DAMA, COBIT, Gartner e IBM, identificando en DAMA una metodología adecuada para establecer lineamientos relacionados con calidad del dato, gestión de metadatos, seguridad, definición de roles y administración del ciclo de vida de la información. Estos elementos fueron incorporados en el diseño del modelo con el propósito de mejorar la trazabilidad, consistencia y disponibilidad de los datos utilizados en la gestión hídrica.

El desarrollo de la propuesta tomó como referencia la experiencia obtenida en la construcción de un modelo de datos institucional para la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), orientado a la organización y administración de información geográfica asociada a proyectos ambientales. Esta experiencia permitió identificar necesidades reales de estructuración, estandarización e integración de datos en procesos relacionados con el recurso hídrico y el ordenamiento territorial, aportando criterios técnicos para la definición del modelo propuesto.

Como resultado, se obtuvo un modelo de datos estructurado bajo principios de gobernanza de datos y orientado a la gestión territorial, el cual define componentes temáticos, relaciones de información y lineamientos para la captura, almacenamiento y administración de datos asociados al recurso hídrico. La propuesta busca contribuir a la toma de decisiones técnicas y administrativas mediante información organizada, estandarizada y confiable, favoreciendo la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de los requerimientos normativos asociados al ordenamiento territorial.

*Palabras clave:* modelo de datos, gobierno de datos, gestión integral del recurso hídrico.

### **Abstract**

This research develops a data model proposal aimed at strengthening the management of information related to water resources within land-use planning processes in Colombia. The main objective is to structure and standardize the data required for technical instruments and studies associated with the administration and planning of water resources, such as Watershed Management and Planning Plans (POMCA), Water Resource Management Plans (PORH), the delimitation of water protection zones, and other territorial environmental management processes.

The research adopts Subsequent Hydrographic Units (UHS), defined by IDEAM and the Ministry of Environment and Sustainable Development, as the reference unit due to their relevance as a spatial organization framework for environmental territorial planning. Based on this structure, seven thematic components were defined: base cartography, climate, water resources, soils, geomorphology, biodiversity, and socioeconomic variables. These components were organized into categories and subcategories to facilitate interoperability, integration, and management of both geographic and alphanumeric information.

As a methodological foundation, a comparative analysis was conducted among different data governance approaches, including DAMA, COBIT, Gartner, and IBM, identifying DAMA as an appropriate methodology for establishing guidelines related to data quality, metadata management, security, role definition, and information lifecycle management. These elements were incorporated into the model design with the purpose of improving the traceability, consistency, and availability of data used in water resource management.

The development of the proposal was based on the experience gained during the construction of an institutional data model for the Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), focused on the organization and administration

of geographic information associated with environmental projects. This experience made it possible to identify real needs regarding data structuring, standardization, and integration in processes related to water resources and land-use planning, providing technical criteria for the definition of the proposed model.

As a result, a data model structured under data governance principles and oriented toward territorial management was obtained. The model defines thematic components, information relationships, and guidelines for the collection, storage, and management of data associated with water resources. The proposal seeks to contribute to technical and administrative decision-making through organized, standardized, and reliable information, promoting environmental sustainability and compliance with regulatory requirements associated with land-use planning.

### **Glosario**

*Administración de datos maestros:* conjunto de procesos, políticas y herramientas orientadas a gestionar de manera centralizada y consistente los datos fundamentales de una organización, tales como personas, entidades, activos o ubicaciones. Este enfoque busca garantizar uniformidad, calidad e integración de la información utilizada en diferentes procesos y sistemas institucionales (Otto, 2012, p. 111).

*Áreas hidrográficas:* corresponden a grandes regiones de drenaje conformadas por un conjunto de cuencas y corrientes hídricas que desembocan hacia un mismo mar o vertiente principal. De acuerdo con la metodología de Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas de Colombia, estas unidades representan el nivel más general de organización hidrográfica del territorio nacional (IDEAM, 2013, p. 13).

*Auditorías y monitoreo:* Las auditorías y el monitoreo corresponden a procesos de evaluación, seguimiento y control orientados a verificar el adecuado manejo, uso y administración de los datos dentro de una organización. Estas actividades permiten identificar inconsistencias, riesgos o incumplimientos asociados a la gestión de la información, contribuyendo al mejoramiento continuo de los procesos de administración de datos (ISO 19011, 2018, p. 1).

*Calidad de datos:* conjunto de procesos y criterios orientados a garantizar que la información sea precisa, consistente, completa, confiable y adecuada para su uso dentro de una organización. Estos procesos buscan asegurar que los datos cumplan con las estructuras, estándares y requisitos definidos para su captura, almacenamiento y análisis (Azeroual et al., 2018, p. 404)..

*Captura y migración de datos:* comprende los procesos relacionados con la transferencia, transformación e integración de información entre diferentes sistemas o estructuras de almacenamiento, garantizando la calidad, consistencia y disponibilidad de los datos durante su

incorporación a nuevos entornos de gestión y análisis. Estas actividades permiten asegurar la continuidad operativa de la información y facilitar procesos de interoperabilidad y administración de datos dentro de las organizaciones (Azeroual & Jha, 2021, p. 2)..

*Ciclo de vida de datos:* enfoque estructurado para la administración de la información a lo largo de todas sus etapas, desde su creación o adquisición hasta su almacenamiento, uso, conservación y eliminación. Este proceso incluye actividades relacionadas con captura, procesamiento, análisis, mantenimiento, protección y disposición final de los datos, garantizando su calidad, disponibilidad y utilidad para la toma de decisiones. De acuerdo con DAMA, el ciclo de vida de los datos debe gestionarse de manera continua y controlada, considerando la información como un activo estratégico dentro de las organizaciones (DAMA International, 2017, p. 38).

*Cuenca hidrográfica:* es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Decreto Ley 2811 de 1974). La cuenca hidrográfica se define a partir de una línea imaginaria llamada divisoria de aguas, que es una línea que separa la superficie de tierra cuyo drenaje fluye hacia un cauce dado, de las superficies de tierra cuyos drenajes corren hacia otro cauce (V.T. Chow, 1994).

*DAMA (Data Management Association):* es una organización internacional orientada a la promoción de buenas prácticas y principios relacionados con la gestión de datos. A través del Data Management Body of Knowledge (DAMA-DMBOK), la organización establece lineamientos y marcos conceptuales asociados a calidad de datos, gobierno de datos, metadatos, arquitectura de información y administración del ciclo de vida de los datos (DAMA International, 2017, p. 3)

*Dato crítico:* información considerada esencial para el funcionamiento de una organización, debido a su importancia en procesos operativos, regulatorios o estratégicos. Este tipo de datos requiere altos niveles de control, calidad y custodia para garantizar su disponibilidad e integridad (DAMA International, 2017, p. 287).

*Dato maestro:* registros únicos y consistentes utilizados para identificar entidades fundamentales dentro de una organización, tales como personas, lugares, activos o procesos. Estos datos funcionan como referencia principal para diferentes sistemas y procesos institucionales (DAMA International, 2017, p. 301).

*Dato transaccional:* registros generados durante la ejecución de actividades o procesos específicos dentro de una organización. Este tipo de datos describe eventos ocurridos en un momento determinado y se relaciona directamente con la operación y comportamiento de los datos maestros (DAMA International, 2017, p. 302).

*Gobernanza de datos:* conjunto de principios, procesos y mecanismos orientados a asegurar una adecuada gestión y control de la información dentro de una organización. Este enfoque permite definir responsabilidades asociadas a la administración, custodia y uso de los datos, garantizando criterios de calidad, disponibilidad, seguridad y cumplimiento durante todo el ciclo de vida de la información (Khatri & Brown, 2010, p. 149)..

*Lineamientos, políticas y procedimientos:* directrices definidas para regular la administración, acceso, uso y distribución de la información dentro de una organización. Estos elementos permiten establecer criterios relacionados con seguridad, control de acceso, protección y uso adecuado de los datos, garantizando coherencia en su manejo y facilitando el intercambio de información entre diferentes actores y sistemas (ISO 38505-1, 2017, p. 5).

*Metadatos y taxonomía:* Los metadatos y la taxonomía corresponden a mecanismos utilizados para describir, clasificar y organizar la información dentro de un sistema de datos. Los metadatos permiten documentar características como origen, contenido, estructura, calidad y ubicación de los datos, mientras que la taxonomía facilita su clasificación temática y recuperación dentro de sistemas de información geográfica y repositorios de datos espaciales (Longley et al., 2015, p. 120).

*Modelo de datos:* representación abstracta utilizada para definir la estructura, relaciones y reglas asociadas a la organización y administración de la información dentro de un sistema. Su propósito es establecer cómo los datos son almacenados, relacionados y utilizados, definiendo entidades, atributos y vínculos entre los diferentes componentes de información. Los modelos de datos permiten mejorar la consistencia, integridad y eficiencia en la gestión de los datos, facilitando su interpretación y utilización en distintos procesos de análisis y administración de información (Silberschatz et al., 2011, p. 25).

*Ordenamiento territorial:* El ordenamiento territorial se entiende como un instrumento de planificación y gestión orientado a organizar el territorio de manera articulada con los procesos sociales, económicos, culturales y ambientales. De acuerdo con la Ley 1454 de 2011, este proceso busca fortalecer el desarrollo institucional y territorial mediante una organización político-administrativa adecuada, promoviendo condiciones de sostenibilidad ambiental, equidad social, competitividad económica y armonía regional, en consideración de la diversidad cultural y físico-geográfica del país (Congreso de Colombia, 2011, p. 1).

*Privacidad y cumplimiento:* medidas orientadas a garantizar que los datos sean recolectados, almacenados y utilizados conforme a las disposiciones legales, normativas y políticas institucionales vigentes, especialmente aquellas relacionadas con la protección de información

personal y sensible. Estos lineamientos buscan asegurar el uso adecuado de la información, así como el cumplimiento de estándares de seguridad y confidencialidad establecidos para la gestión de datos (DAMA International, 2017, p. 85).

*Roles y responsabilidades:* Los roles y responsabilidades en la gestión de datos se refieren a la definición de funciones y competencias relacionadas con la administración, control y uso de la información dentro de una organización. Estos lineamientos permiten identificar los actores responsables de procesos como captura, actualización, calidad, seguridad y mantenimiento de los datos, garantizando una adecuada gestión de la información durante todo su ciclo de vida (Rajabifard et al., 2002, p. 15).

*Seguridad de datos:* procesos y medidas orientadas a garantizar la protección de la información frente a accesos no autorizados, pérdida, alteración o daño. Dentro de estas medidas se incluyen mecanismos como cifrado de información, copias de respaldo, control de accesos y políticas de protección de datos, con el propósito de asegurar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información (DAMA International, 2017, p. 93).

*Subzona hidrográfica y niveles subsiguientes SZH-NSS:* Las subzonas hidrográficas y niveles subsiguientes (SZH–NSS) son subsistemas hídricos definidos a partir de características homogéneas de relieve y drenaje dentro de una zona hidrográfica. Según la metodología de zonificación hidrográfica del IDEAM y el Ministerio de Ambiente, estas unidades integran elementos como nacimientos de agua, quebradas, arroyos y ríos que aportan caudal a un curso principal, constituyéndose como áreas de referencia para procesos de planificación y gestión del recurso hídrico. Estas unidades son utilizadas en la formulación de instrumentos como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), desarrollados en escalas de detalle orientadas al análisis y conservación ambiental (IDEAM, 2013, p. 17)..

*Zonas hidrográficas:* Las zonas hidrográficas son unidades territoriales conformadas por un conjunto de cuencas hidrográficas que drenan sus aguas superficiales hacia una misma área hidrográfica principal. De acuerdo con la metodología de Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas de Colombia, estas unidades presentan características homogéneas de relieve y drenaje, funcionando como subsistemas hídricos articulados mediante un afluente principal (IDEAM, 2013, p. 15).

*Objetos territoriales legales:* Los objetos territoriales legales representan unidades espaciales delimitadas bajo criterios homogéneos y asociadas a disposiciones normativas específicas. Según los lineamientos relacionados con Catastro 2014, estos objetos deben contar con entidades responsables de la generación, mantenimiento y administración de la información territorial correspondiente, garantizando su actualización y disponibilidad institucional (MINTIC, 2015, p. 8).

## **Introducción**

La gestión integral del recurso hídrico representa uno de los principales retos en los procesos de ordenamiento territorial en Colombia, debido a la necesidad de integrar información ambiental, social, económica y espacial que permita apoyar la toma de decisiones relacionadas con el uso sostenible del agua y la conservación de los ecosistemas. En este contexto, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico resalta la importancia de contar con información confiable y técnicamente estructurada para fortalecer los procesos de planificación y administración territorial.

El desarrollo de instrumentos como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), la delimitación de rondas hídricas y otros estudios ambientales requiere grandes volúmenes de información provenientes de diferentes fuentes y disciplinas. Sin embargo, la dispersión de los datos, las diferencias en formatos y la ausencia de estándares dificultan su integración y análisis en los procesos de gestión territorial.

De manera paralela, entidades como la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) han impulsado estrategias orientadas a la construcción de modelos de datos y estándares para la organización e interoperabilidad de la información geográfica en Colombia. Estos modelos permiten estructurar y representar objetos territoriales mediante entidades, atributos y relaciones espaciales, facilitando la integración y análisis de la información en distintos procesos de gestión territorial. Estas iniciativas evidencian la necesidad de fortalecer estructuras de información que mejoren la calidad, disponibilidad y administración de los datos utilizados en la gestión ambiental y territorial.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone un modelo de datos orientado a la estructuración y estandarización de la información requerida en los procesos de gestión del recurso hídrico. La propuesta toma como unidad de referencia las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS), definidas por el IDEAM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y organiza la información en componentes temáticos asociados con cartografía base, clima, recurso hídrico, suelos, geomorfología, biodiversidad y variables socioeconómicas.

Como soporte metodológico se realizó un análisis comparativo de diferentes enfoques de gobierno de datos, entre ellos DAMA, COBIT, Gartner e IBM, identificando en DAMA una metodología adecuada para incorporar lineamientos relacionados con calidad del dato, administración de metadatos, seguridad y gestión del ciclo de vida de la información. Estos principios fueron utilizados como base para fortalecer la consistencia y confiabilidad de los datos asociados a la gestión hídrica y territorial.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado y descriptivo–propositivo, tomando como referencia la experiencia obtenida en la construcción de un modelo de datos institucional para la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Esta experiencia permitió identificar necesidades reales de integración y administración de información geográfica en procesos ambientales, así como validar criterios técnicos para la estructuración del modelo propuesto.

En este contexto, la investigación busca responder la siguiente pregunta: ¿Cómo contribuye el desarrollo de un modelo de datos para la gestión del recurso hídrico a mejorar la toma de decisiones en los procesos de ordenamiento territorial? A partir de ello, el proyecto pretende aportar una estructura de información estandarizada que facilite el análisis territorial y contribuya

a la gestión sostenible del recurso hídrico mediante información confiable y técnicamente integrada.

## **1. Modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico**

### **1.1 Justificación**

Reconociendo que el agua constituye uno de los pilares fundamentales para la existencia humana en la Tierra, es crucial comprender a fondo su estado, cantidad y otras características relevantes. Esta comprensión es esencial para gestionar eficazmente este recurso dentro del marco del ordenamiento territorial. Asimismo, es importante reconocer que diversos factores, tanto naturales como antropogénicos, influyen en su dinámica. Por ello, resulta imprescindible realizar una caracterización detallada de estos elementos, lo cual facilitará determinar su influencia en el funcionamiento óptimo de los cuerpos de agua.

Reconociendo que “la efectividad de los proyectos depende en gran medida de cómo se gestionen los datos”, resulta fundamental la estructuración y organización de estos, asegurando su alta calidad. Identificar con precisión qué datos son necesarios y cómo deben ser tratados para cada temática relacionada es crucial en la etapa de planificación del uso del recurso hídrico.

Por lo tanto y con base en lo expuesto anteriormente, este documento tiene como objetivo desarrollar un Modelo de Datos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el ordenamiento territorial, enmarcado dentro de un esquema de gobernanza de la información. La principal función de este modelo será crear una estructura organizada y lógica que permita controlar, proteger y monitorear toda la información pertinente al proceso, asegurando así su efectividad y eficiencia.

Este modelo pretende dar un enfoque territorial alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Min ambiente – IDEAM, 2013) donde se organice y

estandarice toda la información relevante para la gestión del Recurso Hídrico sirviendo como base para para la implementación de un sistema de información que permita una correcta gestión integrada de este hacia una seguridad hídrica y el desarrollo local, llevando a las instituciones encargadas de los ordenamientos territoriales a una correcta toma de decisiones y el cumplimiento regulatorio al contar con datos que poseen el nivel de calidad requerido.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Proponer un modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico en el ordenamiento territorial, alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Min ambiente – IDEAM, 2013) a nivel de grupo y subgrupo según la metodología DAMA, donde se procese información que conduzca a la organización del territorio teniendo como pilares la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible, enmarcado en los lineamientos establecidos en las diferentes normativas dictadas por el gobierno nacional bajo el contexto de gobierno de datos.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Definir una estructura de datos especializada para gestionar información concerniente al ordenamiento del recurso hídrico y que sirva de insumo básico en los diferentes proyectos y estudios del ordenamiento del territorio teniendo como pilares la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible

Identificar los datos relevantes en los proyectos relacionados con el recurso hídrico para minimizar la duplicidad de información, reduciendo así el esfuerzo y los costos asociados a la captura de datos.

Crear un modelo de datos, a nivel de grupo y subgrupo según la metodología DAMA, con información ordenada, clasificada y agrupada, con enfoque territorial alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Min ambiente – IDEAM, 2013) donde se integren las diversas variables necesarias para el desarrollo de los proyectos de gobernanza y gobernabilidad del agua en los diferentes objetos territoriales a planificar.

## **2. Marco referencial**

### **2.1 Marco teórico**

#### **Gestión integral del recurso hídrico y gobernanza del agua**

En el marco del Programa Nacional de Gobernanza del Agua, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha promovido durante la última década un enfoque orientado a fortalecer la participación de los diferentes actores sociales, institucionales y territoriales en los procesos de gestión del recurso hídrico. Este enfoque reconoce la necesidad de integrar comunidades, entidades públicas, sector privado y academia en la construcción de soluciones frente a las problemáticas ambientales asociadas al agua, mediante mecanismos de diálogo, concertación y toma de decisiones adaptados a las condiciones sociales, económicas y ambientales de cada territorio.

La gobernanza del agua se ha consolidado como un componente fundamental de la gestión integral del recurso hídrico, incorporando principios relacionados con participación, articulación institucional y coordinación entre actores. Desde esta perspectiva, la gestión del agua requiere no solamente instrumentos normativos y administrativos, sino también mecanismos que permitan disponer de información confiable, organizada e interoperable para apoyar la planificación y el seguimiento territorial.

En Colombia, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico establece como objetivo garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante una gestión eficiente y articulada al ordenamiento territorial y a la conservación de los ecosistemas. Dentro de sus líneas estratégicas se reconoce la importancia de fortalecer la gestión de la información, la investigación y los procesos de monitoreo como elementos fundamentales para la toma de decisiones.

El desarrollo de instrumentos como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), la delimitación de rondas hídricas y otros estudios ambientales requiere grandes volúmenes de información provenientes de múltiples disciplinas y fuentes institucionales. Sin embargo, en muchos casos esta información presenta dificultades asociadas con dispersión de datos, diferencias de formatos, ausencia de estándares y limitaciones para su integración y análisis.

En este contexto, la correcta estructuración de la información adquiere un papel estratégico dentro de la gestión territorial y ambiental, debido a que permite integrar múltiples fuentes de datos, mejorar la interoperabilidad entre entidades y fortalecer la generación de insumos confiables para procesos de monitoreo, evaluación y toma de decisiones.

### **Gobierno de datos y gestión de información geográfica**

Para toda institución u organización resulta esencial implementar mecanismos eficientes para la administración y gestión de los datos, considerando que la información constituye un recurso estratégico para la formulación de políticas, definición de estrategias y toma de decisiones. En este sentido, el gobierno de datos se entiende como el conjunto de principios, políticas, roles y procedimientos orientados a garantizar la disponibilidad, calidad, integridad, seguridad y usabilidad de los datos dentro de una organización.

La implementación de estrategias de gobierno de datos permite mejorar la calidad y confiabilidad de la información, facilitar el cumplimiento normativo, fortalecer la gestión de riesgos y optimizar los procesos de análisis y explotación de datos. Así mismo, contribuye a reducir redundancias, mejorar la interoperabilidad y facilitar el uso de tecnologías asociadas con analítica espacial, inteligencia artificial y sistemas de apoyo a la decisión.

Con el propósito de identificar metodologías aplicables al contexto de la gestión del recurso hídrico, se realizó una revisión comparativa de diferentes enfoques de gobierno de datos, entre ellos DAMA, COBIT, Gartner e IBM. A partir de este análisis se identificó que la metodología DAMA proporciona lineamientos adecuados para la gestión de calidad del dato, administración de metadatos, definición de roles y responsabilidades, seguridad de la información y control del ciclo de vida de los datos.

Estos principios adquieren especial relevancia en los sistemas de información geográfica, donde la información territorial debe ser administrada bajo criterios de consistencia, trazabilidad e interoperabilidad para permitir procesos de análisis espacial y toma de decisiones en diferentes escalas territoriales.

### **Modelos de datos y sistemas de información geográfica en procesos de ordenamiento territorial**

En los últimos años, diferentes investigaciones han destacado la importancia de los modelos de datos y de los sistemas de información geográfica como herramientas fundamentales para la gestión territorial y ambiental, debido a su capacidad para integrar, estructurar y analizar información proveniente de múltiples fuentes. En los procesos de ordenamiento territorial, la interoperabilidad y estandarización de los datos se han convertido en elementos estratégicos para

mejorar la planificación, el monitoreo y la toma de decisiones relacionadas con los recursos naturales y el uso del suelo.

Diversos estudios han demostrado que la implementación de modelos de datos geoespaciales facilita la representación de objetos territoriales mediante entidades, atributos y relaciones espaciales, permitiendo organizar información temática y geográfica bajo estructuras lógicas interoperables. Estas metodologías han sido aplicadas en procesos relacionados con catastro multipropósito, gestión ambiental, planificación urbana, monitoreo de ecosistemas y administración de recursos hídricos, donde la calidad y consistencia de la información representan un factor determinante para la toma de decisiones.

En el contexto internacional, iniciativas como INSPIRE en Europa han promovido la construcción de infraestructuras de datos espaciales soportadas en modelos interoperables orientados al intercambio y reutilización de información territorial entre diferentes instituciones. De manera similar, el modelo Land Administration Domain Model (LADM) ha permitido fortalecer la estandarización de la información asociada a la administración territorial mediante estructuras relacionales que facilitan la integración de datos espaciales y alfanuméricos.

En Colombia, entidades como la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) han desarrollado lineamientos técnicos y modelos de datos orientados a la estructuración de información geográfica y representación de objetos territoriales. Estos modelos permiten organizar entidades, atributos y relaciones espaciales bajo criterios de interoperabilidad, favoreciendo la integración y análisis de la información territorial en procesos de planificación y gestión ambiental.

Desde esta perspectiva, los modelos de datos adquieren relevancia no solo como estructuras tecnológicas de almacenamiento, sino también como herramientas metodológicas para organizar relaciones entre variables ambientales, territoriales y sociales. Su implementación en entornos SIG facilita la administración de información espacial compleja, permitiendo establecer conexiones entre entidades geográficas, realizar análisis espaciales y generar insumos para procesos de evaluación y planificación territorial.

En relación con la gestión integral del recurso hídrico, diferentes autores coinciden en que la disponibilidad de información estructurada y estandarizada mejora la capacidad institucional para realizar procesos de monitoreo, evaluación ambiental y gestión de cuencas hidrográficas. La articulación entre modelos de datos, sistemas de información geográfica y mecanismos de gobernanza de datos permite fortalecer la trazabilidad, calidad y disponibilidad de la información utilizada en procesos de toma de decisiones ambientales.

Bajo este enfoque, la presente investigación articula principios de gobierno de datos planteados por la metodología DAMA con lineamientos de interoperabilidad espacial promovidos por la ICDE y el IGAC, con el propósito de estructurar un modelo lógico de datos orientado a la gestión del recurso hídrico. La propuesta organiza entidades, atributos y relaciones espaciales alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS), permitiendo integrar información geográfica y temática relacionada con clima, hidrología, suelos, biodiversidad, geomorfología y variables socioeconómicas dentro de un mismo contexto territorial.

Esta articulación busca responder a necesidades reales de integración y administración de información en procesos de ordenamiento territorial, proporcionando una estructura de datos que facilite la interoperabilidad, el análisis territorial y la generación de información confiable para la toma de decisiones ambientales e institucionales.

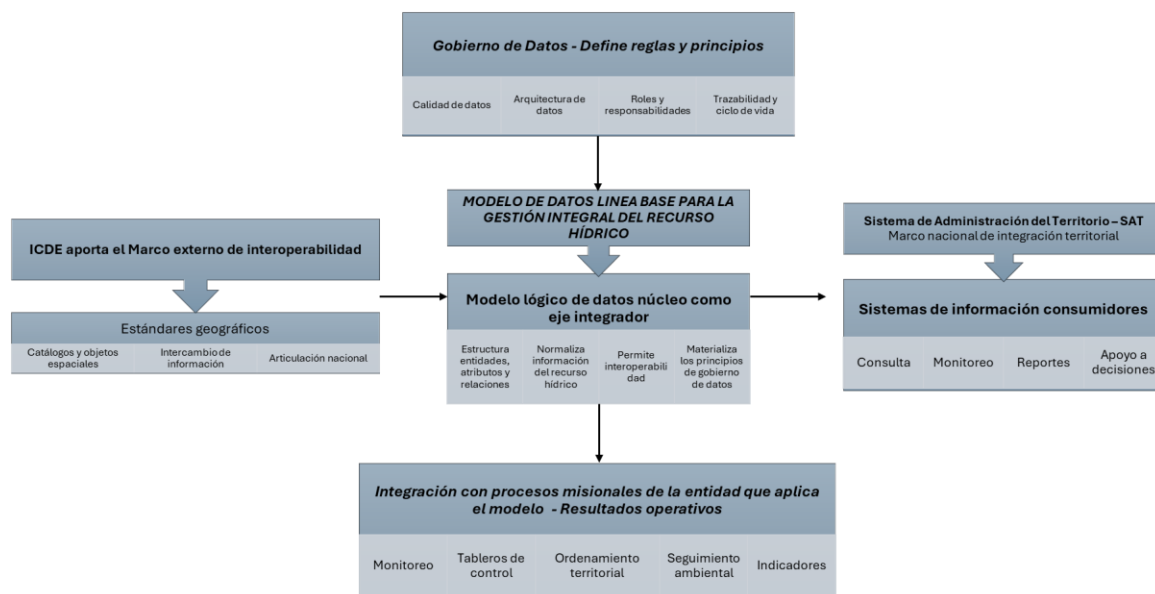
### **Representación lógica y funcional del modelo de datos**

Con el propósito de facilitar la comprensión estructural del modelo propuesto, se plantea una representación lógica y funcional de los componentes asociados a la gestión integral del recurso hídrico. Esta representación permite visualizar la relación entre los principios de gobierno de datos, los lineamientos de interoperabilidad espacial y los procesos de gestión territorial soportados por el modelo.

El modelo lógico se estructura alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS), integrando información temática y geográfica mediante entidades, atributos y relaciones espaciales organizadas bajo criterios de interoperabilidad. Así mismo, incorpora lineamientos de calidad, trazabilidad y administración de datos definidos desde el enfoque de gobierno de datos.

La arquitectura propuesta busca facilitar la integración de múltiples fuentes de información, fortalecer la disponibilidad de datos confiables y soportar procesos de monitoreo, seguimiento ambiental y toma de decisiones en el ordenamiento territorial.

En la siguiente figura se presenta la arquitectura conceptual y funcional del modelo propuesto, mostrando la articulación entre los principios de gobierno de datos, los lineamientos de interoperabilidad promovidos por la ICDE, el modelo lógico de datos y los sistemas de información utilizados en los procesos de gestión territorial. La estructura evidencia cómo el modelo permite integrar información geográfica y temática para soportar actividades de monitoreo, seguimiento ambiental y toma de decisiones en el ordenamiento territorial.



### Marco de gobierno de datos de IBM (IBM Data Governance Framework)

Se creó en 2005 y está diseñado para ayudar a las empresas a definir políticas y normativas claras, asignar roles y responsabilidades, establecer procesos y procedimientos, y seleccionar tecnologías y herramientas adecuadas para garantizar la calidad, la integridad y la seguridad de los datos en toda la empresa. Desde su creación, el marco de gobierno de datos de IBM ha sido utilizado por numerosas organizaciones en todo el mundo como una referencia para desarrollar y mejorar sus programas de gobierno de datos, proporcionando una estructura y guía para establecer y gestionar el gobierno de datos ofreciendo varios enfoques y marcos basándose en principios claves que abarcan varios aspectos del ciclo de vida de los datos y la gestión de la información. A continuación, una descripción general de los componentes principales del Marco de Gobierno de Datos de IBM:

**Definición de estrategia y objetivos:** El Marco de Gobierno de Datos de IBM comienza con la identificación de los objetivos y la estrategia del gobierno de datos. Esto implica comprender las necesidades del negocio y cómo los datos pueden ayudar a alcanzar esos objetivos.

Establecimiento de políticas y normativas: Una vez que se comprenden los objetivos del gobierno de datos, se definen políticas y normativas que guían el uso, la gestión y la protección de los datos en la organización. Estas políticas pueden abarcar aspectos como la privacidad de los datos, la calidad de los datos, la seguridad de la información, entre otros.

Organización y estructura de gobierno: EL Marco de Gobierno de Datos de IBM establece roles y responsabilidades claros para las personas involucradas en el gobierno de datos, desde los ejecutivos de alto nivel hasta los propietarios de datos individuales. Esto garantiza una estructura de gobierno efectiva y una clara rendición de cuentas en toda la organización.

Procesos y procedimientos: en esta etapa se definen procesos y procedimientos para la gestión de datos en toda la organización. Esto puede incluir procesos para la captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y distribución de datos, así como procedimientos para la resolución de problemas y la gestión de cambios.

Tecnología y herramientas: el Marco de Gobierno de Datos de IBM incluye consideraciones sobre la infraestructura tecnológica necesaria para implementar y mantener el gobierno de datos. Esto puede abarcar desde herramientas de gestión de metadatos y calidad de datos hasta soluciones de seguridad de la información y análisis de datos.

Monitoreo y medición del desempeño: aquí se establecen métricas y KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) para evaluar el desempeño del gobierno de datos y realizar un seguimiento del progreso hacia los objetivos establecidos. Esto permite realizar ajustes y mejoras continuas en la implementación del gobierno de datos

#### Metodología de gobierno de datos de Gartner

Gartner es una reconocida empresa de investigación y consultoría en tecnología; no tiene una metodología de gobierno de datos específica, pero ofrece una serie de recursos, informes y

guías que pueden ayudar a las organizaciones a establecer y mejorar sus programas de gobierno de datos. Proporciona orientación y mejores prácticas basadas en su investigación y análisis del mercado. Uno de sus principales objetivos es la creación de una cultura organizacional centrada en los datos, la definición de métricas de rendimiento y la gestión de riesgos asociados con estos. Los componentes clave que Gartner sugiere para un programa de gobierno de datos efectivo incluyen:

Definición de la visión y los objetivos del gobierno de datos: Es fundamental que las organizaciones establezcan una visión clara de lo que quieren lograr con su programa de gobierno de datos y definan objetivos claros que estén alineados con las necesidades del negocio.

Establecimiento de políticas y normativas: Gartner recomienda que las organizaciones definan políticas y normativas claras que rijan el uso, la gestión y la protección de los datos en la organización. Esto puede incluir políticas relacionadas con la calidad de los datos, la privacidad, la seguridad de la información, entre otros aspectos.

Asignación de roles y responsabilidades: es importante asignar roles y responsabilidades claras a las personas involucradas en el gobierno de datos, desde los ejecutivos de alto nivel hasta los propietarios de datos individuales. Esto garantiza una estructura de gobierno efectiva y una clara rendición de cuentas en toda la organización.

Desarrollo de procesos y procedimientos: Gartner sugiere que las organizaciones desarrollen procesos y procedimientos para la gestión de datos en toda la organización. Esto puede incluir procesos para la captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y distribución de datos, así como procedimientos para la resolución de problemas y la gestión de cambios.

Selección de tecnologías y herramientas: Gartner ofrece orientación sobre las tecnologías y herramientas que pueden ayudar a las organizaciones a implementar y mantener un programa de

gobierno de datos efectivo. Esto puede incluir herramientas de gestión de metadatos, calidad de datos, seguridad de la información, entre otras.

Monitoreo y medición del desempeño: Gartner sugiere que las organizaciones establezcan métricas y KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) para evaluar el desempeño del gobierno de datos y realizar un seguimiento del progreso hacia los objetivos establecidos, lo que permite realizar ajustes y mejoras continuas en el programa de gobierno de datos.

#### Metodología de gobierno de datos de Data Management Maturity (DMM)

Desarrollada por el Data Management Institute (DMI), no es exclusivamente una metodología de gobierno de datos, sin embargo, proporciona un marco para evaluar la madurez de la gestión de datos en una organización y establecer una hoja de ruta para mejorarla. Se basa en una serie de prácticas recomendadas y niveles de madurez que van desde inicial hasta optimizado. Fue creada en la década de 1990 y ha evolucionado a lo largo de los años con la contribución de profesionales de la industria y expertos en gestión de datos. Los componentes claves de esta metodología son:

Evaluación de la madurez de la gestión de datos: este proceso implica evaluar múltiples dimensiones de la gestión de datos, incluyendo el gobierno de datos, la calidad de los datos, la gestión de metadatos, la arquitectura de datos, entre otros.

Definición de niveles de madurez: la DMM define una serie de niveles de madurez que van desde inicial hasta optimizado en diferentes áreas de la gestión de datos, incluido el gobierno de datos. Cada nivel representa un conjunto de prácticas y capacidades que una organización puede alcanzar en esa área específica.

Identificación de áreas de mejora: basándose en los resultados de la evaluación de la madurez, la DMM ayuda a identificar áreas específicas en las que la organización puede mejorar

su gestión de datos, incluyendo el gobierno de datos, lo que implica la definición de políticas y normativas, la asignación de roles y responsabilidades, el establecimiento de procesos y procedimientos, entre otros aspectos.

Desarrollo de un plan de mejora: una vez identificadas las áreas de mejora, la DMM ayuda a desarrollar un plan detallado para mejorar la gestión de datos, que incluye actividades específicas, plazos, recursos necesarios y métricas de progreso.

Implementación y seguimiento: finalmente, proporciona orientación sobre cómo implementar el plan de mejora y realizar un seguimiento continuo del progreso hacia los objetivos establecidos. Esto puede incluir la asignación de responsabilidades, la capacitación del personal, la adquisición de tecnologías y herramientas, entre otras actividades.

#### Metodología de Gobierno de Datos de Microsoft

Microsoft ofrece su propio enfoque para el gobierno de datos, que se centra en la integración de herramientas y tecnologías para gestionar y proteger los datos de manera efectiva. Ofrece varias herramientas y recursos que pueden utilizarse para establecer y mejorar el gobierno de datos en una organización, pero no tiene una metodología específica de gobierno de datos como tal. Facilita orientación y mejores prácticas a través de sus documentos técnicos, blogs y otros recursos en línea. Algunos de los componentes y enfoques que se encuentran comúnmente en la metodología de gobierno de datos de Microsoft incluyen:

Azure Purview: Azure Purview es una plataforma de gobierno de datos unificada que permite a las organizaciones descubrir, gobernar y administrar los datos en toda su infraestructura de datos, incluidos los datos en la nube y locales. Proporciona capacidades de descubrimiento automático, catalogación de datos, clasificación y etiquetado de datos, y cumplimiento normativo.

Microsoft Information Protection: esta suite de herramientas permite a las organizaciones proteger y gestionar la seguridad de los datos confidenciales en toda su infraestructura, lo que incluye la clasificación de datos, el etiquetado, la prevención de pérdida de datos (DLP), la encriptación y el control de acceso.

Power BI Governance: Microsoft ofrece guías y recomendaciones para implementar un gobierno efectivo de Power BI, que incluye la gestión de contenido, la seguridad, la administración de acceso y la implementación de políticas de uso.

Microsoft 365 Compliance Center: esta herramienta proporciona una suite completa de soluciones para ayudar a las organizaciones a cumplir con los requisitos de cumplimiento normativo relacionados con la gestión de datos, la privacidad, la seguridad y la retención de datos en Microsoft 365.

Documentación y recursos técnicos: Microsoft ofrece una amplia documentación técnica, guías de implementación y recursos de capacitación que cubren una variedad de temas relacionados con el gobierno de datos, incluidos el modelado de datos, la gestión de metadatos, la seguridad de la información y las mejores prácticas de gobernanza.

#### Metodología COBIT (Control Objectives for Information and Related Technologies)

Es un marco de trabajo de gobierno y gestión de TI desarrollado inicialmente en 1996 por ISACA (Information Systems Audit and Control Association) que es una asociación internacional de profesionales de tecnología de la información enfocada en la auditoría, el control y la seguridad de los sistemas de información y actualmente mantenido por la asociación COBIT. Incluye componentes relacionados con la gestión de datos como parte integral de la gestión de la tecnología de la información y la mitigación de riesgos asociados con el uso y la seguridad de los datos. COBIT se ha convertido en un marco de referencia ampliamente utilizado para el gobierno de TI

y la gestión de riesgos, y ha sido adoptado por organizaciones de todo el mundo como una guía para establecer y mejorar sus prácticas de gobierno y gestión de TI. Los elementos relevantes de COBIT para el gobierno de datos son:

**Marco de Referencia:** COBIT proporciona un marco de referencia completo que cubre todas las actividades de TI dentro de una organización. Incluye procesos y controles que abarcan desde la estrategia y la planificación hasta la implementación y el monitoreo.

**Dominios de Procesos:** COBIT organiza las actividades de TI en cuatro dominios principales: Planear y Organizar, Adquirir e Implementar, Entregar y Soportar, y Monitorear y Evaluar. Cada dominio contiene procesos específicos que cubren diversas áreas de la gestión de TI, incluyendo el gobierno de datos.

**Objetivos de Control:** COBIT establece objetivos de control que son necesarios para garantizar la efectividad, eficiencia, confidencialidad, integridad, disponibilidad, cumplimiento y confiabilidad de los procesos de TI. Estos objetivos de control proporcionan orientación sobre las acciones que una organización debe tomar para garantizar una gestión adecuada de los datos y otros recursos de TI.

**Marco de referencia de información:** COBIT incluye un marco de referencia específico para la gestión de la información, que aborda aspectos relacionados con la calidad de los datos, la seguridad de la información, la gestión de la privacidad y el cumplimiento normativo.

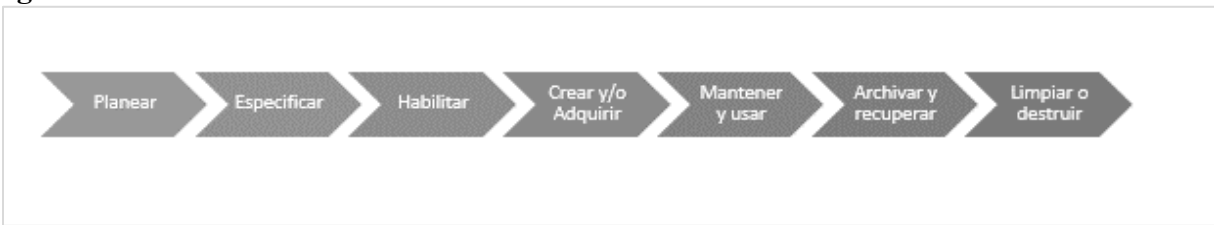
**Métricas de desempeño:** COBIT define métricas de desempeño que permiten a las organizaciones evaluar y medir la eficacia de sus procesos de TI, incluyendo aquellos relacionados con la gestión de datos. Estas métricas pueden ayudar a identificar áreas de mejora y establecer objetivos de rendimiento.

Relación con otros marcos de trabajo: COBIT se puede integrar con otros marcos de trabajo y estándares relacionados con la gestión de datos, como ITIL (Information Technology Infrastructure Library) y ISO/IEC 38500 (Gobierno Corporativo de TI).

#### Metodología DAMA

DAMA “Data Management Association”, es un organismo internacional que definió el Framework de gestión de información y que tiene grupos para el desarrollo de estándares y procesos para cada función, que genera guía para la implementación del Gobierno de Datos en cualquier Organización y que cubre gran parte de las necesidades requeridas para la organización efectiva del Recurso Hídrico. La metodología basa su importancia en los datos como un activo empresarial de gran importancia, por lo tanto, deben ser manejados con sumo cuidado. Las inversiones para implementar un gobierno de datos se verán reflejadas en el cumplimiento de los objetivos de las organizaciones. Ninguna empresa puede ser eficaz sin datos de alta calidad. Algunos de los aspectos para tener en cuenta dentro del Gobierno de datos que describe la metodología los vemos a continuación:

- Ciclo de vida del dato: al igual que cualquier activo los datos tienen un ciclo de vida donde estos son creados, adquiridos, almacenados, actualizados o mantenidos, utilizados y en algunos casos destruidos. En el curso de su vida los datos pueden ser extraídos, importados, exportados, migrados, limpiados, transformados integrados o agregados a otros datos. Los datos solo tienen valor cuando se utilizan o pueden ser útiles en el futuro; todos los datos durante su ciclo de vida tienen costos y riesgos asociados, pero solo la utilización aporta valor a las organizaciones. Es importante, por lo tanto, gestionar el ciclo de vida, inclusive en una etapa anterior a su creación y generar procesos que describan y puedan controlarlo como se observa en la siguiente figura:

**Figura 1.** *Ciclo de vida del dato*

Tomado de DAMA-DMBOK Guide, (2009)

- Función de gestión de datos: esta función se encarga de la planificar el negocio, controlar y entregar datos y activos de información, para esto se contemplan las siguientes disciplinas:

Desarrollo, ejecución y supervisión.

Planes, políticas, programas, proyectos, procesos prácticas y procedimientos.

Controlar, proteger, entregar y mejorar.

El valor de los datos y activos de información.

Esta gestión de datos es conocida también como gestión de la información, gestión de la información empresarial, gestión de datos empresariales, gestión de recursos de datos, gestión de recursos de información y gestión de activos de información. Todos estos términos tienen significados similares, pero para la metodología se denominan Gestión de Datos. Así mismo incluye lo que se conoce como el diseño de la base de datos, la administración, soporte, producción y mantenimiento. La función de gestión y su alcance varían teniendo en cuenta el tamaño, los medios y la experiencia de las organizaciones.

- Responsabilidad compartida: la metodología DAMA indica claramente que la gestión de datos es responsabilidad de todos los actores dentro de una organización ya sea desde el área de tecnología como los custodios de datos del negocio como los administradores y usuarios de estos.

El alcance de la metodología abarca las siguientes diez funciones principales para la gestión de datos:

**Figura 2.** *Funciones de la gestión de datos*



Tomado de DAMA-DMBOK Guide (2009)

1. Gobierno de datos: incluye planificación, supervisión y control de la gestión y el uso de datos.
2. Gestión de arquitectura de datos: define el modelo para la gestión de los activos de datos desde el área de tecnología.
3. Desarrollo de datos: comprende el análisis, diseño, implementación, prueba, despliegue y mantenimiento.
4. Gestión de operaciones de base de datos: proporciona apoyo desde la adquisición de datos hasta su depuración.
5. Gestión de la seguridad de datos: garantiza la privacidad confidencialidad y el acceso adecuado.
6. Gestión de datos maestros y de referencia, lo cual involucra gestión de versiones originales y réplicas.

7. Almacenamiento de datos y gestión de inteligencia de Negocio: definición, seguimiento y mejora de la calidad de datos.
8. Gestión de documentos y contenido: gestiona los datos que no se encuentran en las fuentes principales de la organización.
9. Gestión de metadatos: integrar, controlar y proporcionar metadatos.
10. Gestión de calidad de datos: especificaciones de los datos, análisis, medición y mejora.

Además de identificar estas 10 funciones de gestión de datos, la metodología identifica 7 elementos básicos que apoyan el desarrollo de la metodología:

1. Objetivos y principios direccionales de negocios y de cada función.
2. Actividades de cada función, actividades de menor nivel, subactividades y grupos de actividades las cuales luego se descomponen en tareas y pasos.
3. Entregables primarios, la información base de datos físicas y los documentos creados como salidas intermedias y finales de cada función.
4. Roles y Responsabilidades que están involucrados en el desempeño y supervisión de cada función.

Otros aspectos en los cuales se enfoca el DAMA para la implementación de un modelo de gobierno de datos y que proporcionan un marco integral para la gestión efectiva de los datos en una organización, asegurando su calidad, integridad, seguridad y relevancia en apoyo a los objetivos del negocio son los siguientes:

- Definición de roles y responsabilidades: establecer roles claros y responsabilidades definidas para las personas involucradas en la gestión de datos, como stewards de datos, propietarios de datos, arquitectos de datos, etc.

- Políticas y procedimientos: desarrollar políticas y procedimientos que rijan el uso, acceso, calidad y seguridad de los datos en toda la organización.
- Estándares de datos: definir y aplicar estándares para la captura, almacenamiento, integración y presentación de datos, asegurando la coherencia y la calidad de los datos en toda la empresa.
- Calidad de datos: implementar medidas para garantizar la calidad de los datos, incluyendo la limpieza de datos, la estandarización y la validación de datos.
- Gestión del ciclo de vida de los datos: gestionar el ciclo de vida completo de los datos, desde su creación hasta su eliminación, asegurando su relevancia, integridad y disponibilidad en todo momento.
- Seguridad y privacidad de los datos: establecer medidas de seguridad y privacidad para proteger los datos sensibles y cumplir con las regulaciones y normativas aplicables.
- Gestión de metadatos: capturar, almacenar y gestionar metadatos que describan los datos en términos de su estructura, significado y contexto, facilitando su comprensión y uso adecuado.
- Gestión del cambio y alineación con el negocio: gestionar el cambio organizacional y asegurar la alineación de las iniciativas de gestión de datos con los objetivos y procesos del negocio.
- Monitoreo y métricas: establecer sistemas de monitoreo y métricas para evaluar el rendimiento de las iniciativas de gobierno de datos y realizar ajustes según sea necesario.
- Cultura de datos: fomentar una cultura organizacional que valore y priorice la gestión de datos como un activo estratégico de la empresa.

## 2.2 Marco conceptual

Para la definición del modelo de datos utilizaremos lo desarrollado en la guía técnica del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH del MADS 2014 en donde se identifican cada uno de los componentes necesarios que integran el modelo conceptual para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, en el cual se definen las fuentes de los datos, los dueños de estos y los usuarios o interesados.

- Definición de líderes.

En este paso se identifican los cargos y responsables de la información.

- Líder de la información: es el cargo o persona que responsable de definir niveles de calidad de la información del grupo, su utilización y los administradores funcionales de los datos
- Administrador: es el cargo que conoce el ciclo de vida del dato, como se adquiere, como se procesa y como se generan los respectivos informes. Es el líder funcional
- Custodio: es el cargo encargado de la base de datos, sistemas o aplicativos fuentes, en donde se encuentran los datos.

Definición de conceptos generales.

Basados en la metodología DAMA y con el fin de estandarizar el lenguaje en cuanto al modelo de datos presentados se deben tener en cuenta los siguientes términos.

- Política Integraciones y Aprovisionamiento de Datos

El objetivo de esta política es proporcionar claridad a los consumidores de datos sobre las ubicaciones requeridas y formas de integración para acceder a datos con control y calidad.

Para ejecutarla, contará con el siguiente procedimiento:

- Procedimiento de gestión de datos e información.

Para un correcto manejo de los grupos de datos identificados, se deberá garantizar el cumplimiento de los siguientes principios

- Registro de fuente autorizada.

El proyecto GIHR, deben definir un estado de fuente autorizada e integraciones para todos los sistemas que almacenan elementos de datos clave.

- Definición de fuente autorizada.

Una fuente autorizada de elementos de datos crítico es un sistema (o sistemas) que contiene elementos de datos críticos registrados y está autorizada a compartir esos datos con otros sistemas de acuerdo con las políticas de suministro de datos. Cada sistema debe estar registrado y determinado por los elementos de datos clave que se comparte. El registro debe actualizarse para reflejar cualquier información adicional necesaria con respecto a los elementos de datos críticos.

- Acceso y abastecimiento de datos.
- Todos los usuarios deben obtener sus datos de un punto de aprovisionamiento aprobado.

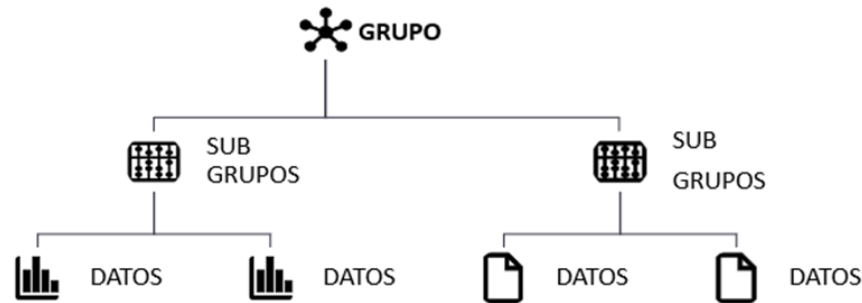
Identificación de grupos.

Dentro del contexto de DAMA, un "grupo de datos" puede no ser una terminología específica. Sin embargo, la idea de categorizarlos o agruparlos es un concepto fundamental para su gestión. En esta asociación se unen conjuntos de datos que comparten ciertas características, como su origen, uso, tipo o importancia.

Un subgrupo son divisiones o subcategorías dentro de cada grupo principal que se utilizan para organizar actividades más específicas y detalladas relacionadas con la gestión de datos. Cada grupo puede tener varios subgrupos que se centran en aspectos particulares o áreas de enfoque dentro del ámbito más amplio de este. Una de las características más importante de los subgrupos

es que ayudan a desglosar las responsabilidades y tareas de gestión los datos en componentes más manejables y específicos.

Figura 3. Grupos y Subgrupos



Tomado de DAMA-DMBOK Guide

Estos son los puntos de partida para definir un grupo de datos, basados en los conceptos amplios de gestión de datos promovidos por DAMA.

2.3 Marco legal

Como base del análisis para identificar el modelo idóneo, se validaron las siguientes normatividades aplicables en Colombia que soportan la construcción del mismo y que establecen lineamientos para la gestión del dato en los diferentes proyectos que se desarrollen al interior de las entidades del estado.

Tabla 1. Marco legal

| Ley o Decreto                         | Objetivo – Definición                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plan nacional de desarrollo 2022-2026 | “Colombia, potencia mundial de la vida”.<br>Ordenamiento del Territorio alrededor del Agua y justicia ambiental                                                                                                                                                                         |
| Decreto 1263 de 2022                  | “Por el cual se adiciona el Título 22 a la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, con el fin de definir lineamientos y estándares aplicables a la Transformación Digital Pública”. |
| Decreto 1389 de 2022                  | Lineamientos generales para la gobernanza en la infraestructura de datos, y se crea                                                                                                                                                                                                     |

| <i>Ley o Decreto</i>                        | <i>Objetivo – Definición</i>                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución 197 de 2022                      | el Modelo de gobernanza de la infraestructura de datos.<br>Por medio de la cual se modifica la Resolución 471 y 529 de 2020 “Por medio de la se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia”. |
| Directiva presidencial no. 03 del 2021      | Lineamientos para el uso de servicios en la nube, Inteligencia artificial, seguridad digital y gestión de dato.                                                                                                                                                               |
| Conpes 4007                                 | Estrategia para el fortalecimiento de la gobernanza en el Sistema de administración del territorio.                                                                                                                                                                           |
| Conpes 3975 de 2019                         | “Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial”.                                                                                                                                                                                                 |
| Resolución 0957 de 2018                     | “Por la cual se adopta la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones”.                                                                                                                                  |
| Decreto 1076 del 2015, artículo 2.2.3.3.1.4 | Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico.                                                                                                                                                                                               |
| Resolución 0955 de 2012                     | “Por la cual se adopta el Formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico”                                                                                                                                                             |
| Decreto 2693 de 2012                        | “Por el cual se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en línea de la República de Colombia, se reglamentan parcialmente las Leyes 1341 de 2009 y 1450 de 2011, y se dictan otras disposiciones”.                                                 |
| Ley 99 de 1993                              | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.          |

### 3. Método

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, con un diseño metodológico de tipo descriptivo–propositivo, orientado a la estructuración de un modelo lógico de datos para la gestión de información asociada al recurso hídrico en procesos relacionados con el ordenamiento territorial. El componente descriptivo permitió identificar las necesidades de organización, integración e interoperabilidad de la información geográfica y temática utilizada en instrumentos de planificación y gestión hídrica. Por su parte, el componente propositivo estuvo orientado al diseño de una estructura de datos basada en principios de gobierno de datos y administración de información geoespacial.

El desarrollo metodológico tomó como referencia lineamientos asociados con gobierno de datos, gestión de información geográfica y estándares de interoperabilidad territorial, incorporando principios de la metodología DAMA y criterios promovidos por entidades como la

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Estos elementos permitieron definir lineamientos relacionados con calidad del dato, administración de metadatos, organización temática, trazabilidad e integración de información territorial.

La investigación no se orientó a la implementación operativa de un sistema de información para un caso específico de ordenamiento territorial, sino a la formulación de un modelo lógico de datos que permitiera estructurar y relacionar variables estratégicas asociadas a la gestión integral del recurso hídrico alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS). No obstante, la construcción y validación conceptual de la propuesta tomó como referencia una experiencia institucional desarrollada en una autoridad ambiental regional, donde se implementaron estructuras de organización y administración de información geográfica relacionadas con proyectos ambientales y gestión territorial. Esta experiencia permitió evaluar la pertinencia funcional del modelo y contrastar su aplicabilidad frente a necesidades reales de integración y administración de datos.

Como parte de la estructura metodológica de la investigación, se definió un modelo base orientado a la gestión integral del recurso hídrico, organizado bajo criterios de interoperabilidad y estructuración temática de la información. La construcción de esta estructura tomó como referencia experiencias institucionales de organización de información geográfica desarrolladas en autoridades ambientales regionales, particularmente procesos asociados a la administración y modelado de información territorial en la CDMB. No obstante, el alcance de la presente investigación se centró exclusivamente en la definición y estructuración del modelo base, sin contemplar el desarrollo de componentes extendidos o implementaciones específicas para otros procesos temáticos.

A partir de este enfoque, el proceso metodológico se desarrolló mediante una secuencia estructurada de fases orientadas a la identificación de requerimientos, definición de arquitectura de datos, organización temática de la información, construcción del modelo lógico y establecimiento de lineamientos de calidad e interoperabilidad.

A partir de estos lineamientos metodológicos, se desarrolló el proceso de construcción del modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico, articulando de manera secuencial cada una de las fases requeridas para su estructuración. Inicialmente, se realizó el análisis temático y funcional de la información requerida, así como la identificación de necesidades asociadas a la integración, organización y administración de datos relacionados con el recurso hídrico y el ordenamiento territorial.

Posteriormente, se definió la arquitectura de datos mediante la selección de esquemas organizacionales a nivel de grupos y subgrupos temáticos que facilitaran el almacenamiento, procesamiento, administración y acceso a la información. Este proceso incluyó la definición de metadatos y la estructuración de una taxonomía orientada a mejorar la clasificación, recuperación e interoperabilidad de los datos.

Finalmente, se desarrolló el diseño del modelo lógico de datos (Figura 4), donde se establecieron las entidades, atributos y relaciones espaciales que conforman la estructura principal del sistema de información. Durante esta fase fue fundamental la incorporación de principios de calidad de datos, debido a que estos constituyen la base para la generación de análisis orientados a la toma de decisiones desde los niveles estratégico, táctico, operativo e informativo.

**Figura 4.** *Modelo de datos para la Gestión Integral del Recurso Hidrico en el ordenamiento territorial*



Finalmente, el modelo de datos se valida y refina para asegurar que se cumpla con todos los requisitos y expectativas. Es de aclarar que este procedimiento iterativo se debe continuar en el tiempo para permitir la adaptación y mejora continua del modelo, alineándolo con la evolución de las necesidades de negocio y tecnológicas, así como de procedimientos de auditoría y monitoreo a lo largo del tiempo.

Los pasos a tener en cuenta para la construcción de un modelo de gobierno de datos son los siguientes:

**Figura 5.** *Estructura del método*

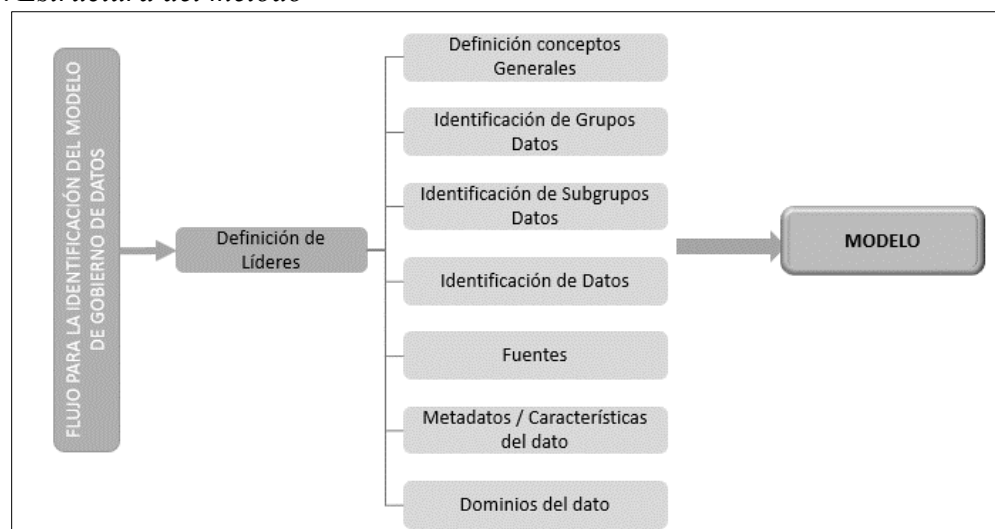
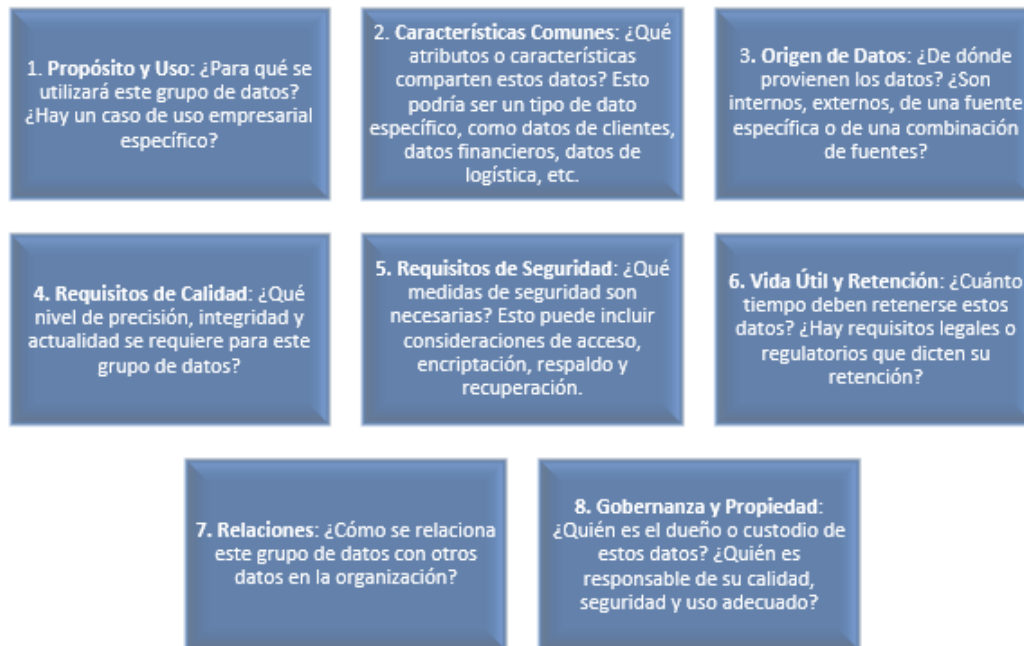


**Figura 6.** *Conceptos de gestión de datos.*



Basados en lo anterior, se tienen en cuenta 2 pilares:

- Características Comunes, lo cual permitirá la estandarización de los datos y poder generar interoperabilidad con las demás Instituciones del país.
- Propósito y Uso de los datos, que asegura el un uso eficiente de la información

De acuerdo con los componentes del DAMA, el proceso para la implementación del modelo de datos dentro del proyecto puede verse gráficamente así:

**Figura 7.** Proceso para la implementación del modelo de datos



### Identificación de grupos de datos

Correspondiendo con lo descrito en los objetivos del proyecto, donde se busca proponer un modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico alrededor de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Min ambiente – IDEAM, 2013) a nivel de grupo y subgrupo según la metodología DAMA”, se presenta la siguiente estructura compuesta por siete (7) grupos principales, fundamentada en la comprensión de que el ordenamiento territorial constituye un proceso multidimensional que implica el análisis de variables ambientales, sociales, económicas, de salud, vivienda, entre otras.

Con estos siete (7) grupos (Figura 8) se pretende recopilar, estructurar y organizar de una forma lógica toda la información necesaria para el desarrollo de actividades y procesos concernientes al ordenamiento del recurso hídrico de tal manera que se garantice la sostenibilidad de este.

Es crucial abordar estas variables a un nivel de detalle que permita entender la relación entre la población y el territorio con el objetivo de ayudar en la generación de directrices que promuevan un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y mejores condiciones de vida de los seres humanos que interactúan con estos.

**Figura 8. Grupo de datos**



Cada grupo debe reunir toda la información relevante a la temática mencionada, abarcando los datos específicos para su análisis propio o que sirvan como variable en procesos o modelamientos donde se integren con otros datos.

Es importante tener en cuenta que el hecho de que un dato se utilice en un proceso para generar información que se almacenará en un grupo no implica que dicho dato pertenezca automáticamente a ese grupo.

Es esencial comprender tanto el origen de los datos como el nivel de detalle requerido para emplearlos como variables en procesos o modelamientos que integren información de diversas fuentes. Esto facilita su asignación al grupo correspondiente de manera efectiva.

Con esta práctica se logra evitar la redundancia de información y la disponibilidad de datos claros, precisos y confiables.

A continuación, se relacionan los siete (7) grupos principales propuestos, así como una descripción general del tipo de información que debe contener cada uno.

Para la selección de la información que se integrará en cada grupo, es imperativo tener en cuenta los lineamientos establecidos por las entidades del estado responsables de determinar las metodologías para la generación de los datos de cada temática.

- Grupo cartografía base:

Este grupo debe contener datos relacionados con la cartografía básica como red vial, drenajes sencillos, dobles, curvas de nivel, etc., generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC quien es la Entidad encargada de su producción, así como la generadora de lineamientos para la construcción de información en áreas donde no exista o se requiera construir información cartográfica básica con mayor detalle.

- Grupo social:

Este grupo debe contener datos que puedan ofrecer un completo conocimiento para una visión clara y objetiva de la realidad social y económica que contribuya tanto a la comprensión de los problemas y desafíos, como a la formulación e implementación de políticas y programas efectivos para el desarrollo regional teniendo como eje principal el recurso hídrico.

- Grupo biodiversidad:

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. El concepto fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929), entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, quien tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “biodiversidad (CONABIO, 2022).

Por lo tanto, se define este grupo con el propósito de organizar datos relevantes para la gestión integral del recurso hídrico de tal forma que permitan reconocer, valorar y cuantificar la biodiversidad presente en el territorio desde el entendido que el buen estado de estas desencadena una serie de beneficios que van más allá de la preservación de las especies individuales.

Reconocer y valorar la biodiversidad en las cuencas hidrográficas es un paso crucial hacia la protección y el uso sostenible de estos recursos naturales tan vitales para la vida en nuestro planeta.

- Grupo clima:

Este grupo debe contener datos relacionados con la climatología con los cuales se puedan analizar patrones climáticos, tendencias climáticas a largo plazo y los eventos extremos, con los cuales se puedan identificar áreas vulnerables a fenómenos climáticos adversos y tomar medidas preventivas para mitigar sus impactos. Igualmente debe contar con toda la información para realizar cálculos hidro climatológicos de manera efectiva.

- Grupo agua:

Este grupo debe contener datos relacionados con la gestión del recurso hídrico donde se puedan abordar temas relacionados con oferta, demanda, infraestructura, seguridad hídrica y el desarrollo sostenible de la región.

Con la organización y estructuración de la información relevante para este grupo temático se podrá realizar una gestión adecuada de este equilibrio entre oferta y demanda, lo cual es esencial para evitar la escasez de esta, la degradación de los ecosistemas y los conflictos por el uso del recurso.

- Grupo suelos:

Este grupo debe contener datos relevantes sobre los levantamientos de suelos (tipo de suelo, geocodificación, georreferenciación, etc.), que permitan conocer no solamente la distribución de ellos, sino también la calidad de los mismos, que es el insumo inicial que permite la elaboración de planes de desarrollo regional o zonal; igualmente determinar los conflictos relacionados con el uso de las tierras, la vulnerabilidad de los mismos ante la acción de los agentes atmosféricos y antrópicos; la aptitud de uso y los requerimientos de prácticas de uso y manejo que permite la conservación de los suelos dentro de los conceptos de un desarrollo sostenible.

- Grupo geomorfología:

La geomorfología es la rama de la geografía que se encarga del estudio de la superficie terrestre y de los procesos que la han modelado a lo largo del tiempo geológico.

Por lo tanto, este grupo de datos contempla la información resultado del estudio de las formas del relieve terrestre, los procesos geológicos que las moldean y la evolución del paisaje.

Identificación de subgrupos de datos.

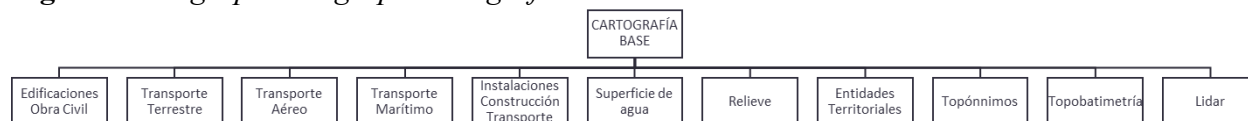
Como se mencionó previamente, los subgrupos son divisiones o subcategorías dentro de cada grupo principal que permiten organizar actividades más específicas y detalladas relacionadas con la gestión de datos. En este contexto, el proceso para la identificación de estos incluyó varios pasos fundamentales.

En primer lugar, se realizó un análisis exhaustivo de los requisitos de información para comprender las necesidades de gestión del recurso hídrico. Posteriormente, se procedió a la identificación de entidades y atributos relevantes que desempeñan un papel crucial en dicha gestión. Luego, se llevó a cabo una agrupación de estos elementos en subgrupos lógicos, considerando criterios como la funcionalidad, la frecuencia de uso y la interrelación con otros datos utilizados en modelamientos de otras temáticas dentro de los demás grupos principales.

Esta agrupación permitió establecer una estructura de datos clara y coherente, facilitando así la gestión y el análisis eficientes del recurso hídrico en todas sus dimensiones.

- Grupo cartografía base

Se acoge la estructura del grupo y subgrupo generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, quien es la Entidad encargada de producir la cartografía básica del país y los lineamientos para su construcción, por lo tanto, la forma como queda la estructura es la siguiente seleccionando los subgrupos que son indispensables dentro del modelo de datos para la gestión integral del recurso hídrico por lo cual algunos subgrupos no se relacionan:

**Figura 9.** *Subgrupos del grupo cartografía base*

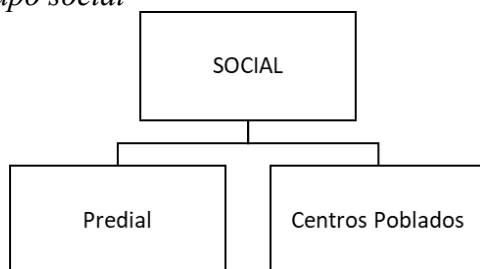
- Grupo social:

La consolidación organizada de la información socioeconómica en una región permite tener una comprensión detallada y precisa de las características y condiciones socioeconómicas de dicha zona. Esta información es fundamental para diversos actores, como los responsables de la toma de decisiones, los planificadores y los investigadores, ya que les permite:

- Identificar desafíos y oportunidades:
- Formular y evaluar el impacto de las políticas y programas establecidos.
- Facilitar la toma de decisiones permitiendo generar soluciones más efectivas y eficientes para los problemas y desafíos de la región.

El completo conocimiento de esta información en una región proporciona una visión clara y objetiva de la realidad social y económica, lo que contribuye tanto a la comprensión de los problemas y desafíos, como a la formulación e implementación de políticas y programas efectivos para el desarrollo regional.

En ese orden, en la estructura general se establecen dos subgrupos, Predial y Centros Poblados, donde se generan los datos necesarios para el conocimiento completo de las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Minambiente – IDEAM, 2013) las cuales son el objetivo principal para aplicación del modelo de datos.

**Figura 10.** *Subgrupos del grupo social*

- Subgrupo Predial

Este subgrupo representa un componente esencial para la gestión ambiental y su estructura permitirá almacenar datos cruciales que lleven a realizar análisis detallados de la dinámica ocurrida en ese espacio geográfico. En contextos de ordenamiento hídrico esta información adquiere un valor significativo, especialmente cuando los predios colindan con las fuentes hídricas relevantes de la cuenca o si la propiedad las atraviesa, porque conocer su extensión, las actividades que allí se desarrollan, las actitudes de sus habitantes frente al uso del recurso hídrico, etc., se convierte en datos clave para el ordenamiento.

Una vez recolectada en campo y procesada, esta información se convertirá en un banco de indicadores regionales que podrán ser utilizados en una variedad de procesos y acciones donde se procesen datos económicos y sociales. Estos indicadores pueden ser aprovechados en diferentes metodologías, brindando una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de proyectos y políticas que impulsen el desarrollo y el bienestar en la región.

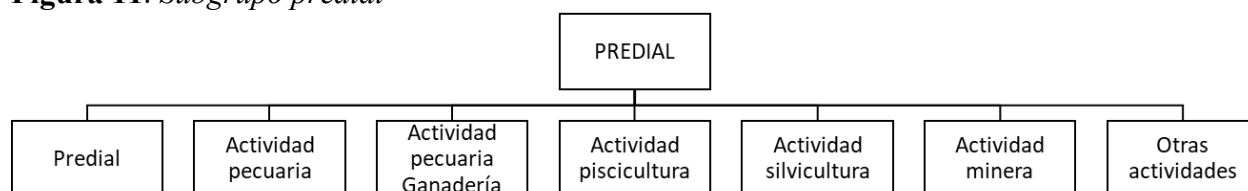
Esta información que debe ser capturada en campo y después de ser procesada representará un banco de indicadores de tipo regional que podrá ser aprovechada en procesos bajo diversas metodologías y acciones donde se manejen datos económicos y sociales.

Para la creación de este subgrupo se utilizaron elementos de referencia de la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA, Instrumento aplicado por el DANE-Colombia, el cual en su diseño distingue tres tipos de actividades:

- Actividad Agrícola: involucra el manejo y producción de cultivos.
- Actividad Pecuaria: involucra lo relacionado a la crianza de animales (ganadería y aves)
- Actividad Agropecuaria: involucra la realización de las dos actividades anteriores en forma simultánea.

Por lo tanto, para este subgrupo se plantea la siguiente estructura en la cual se debe almacenar toda la información relevante relacionada a cada temática:

**Figura 11.** *Subgrupo predial*



- Subgrupo Centros Poblados

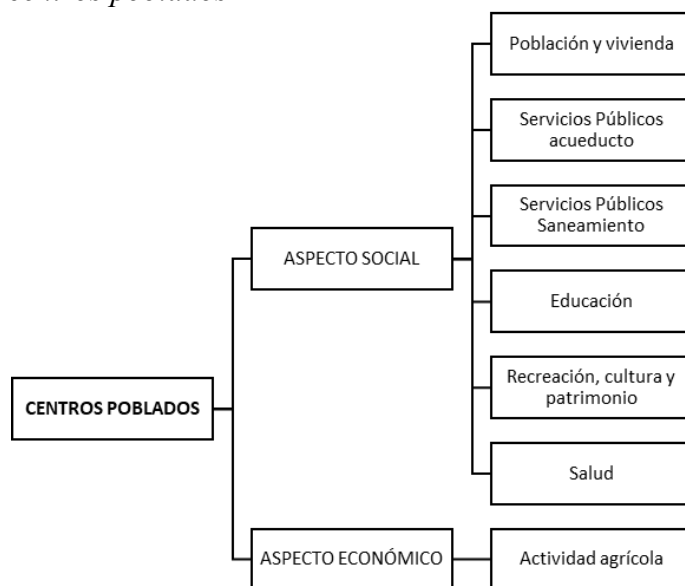
Este subgrupo contempla la información socioeconómica relevante de los centros poblados la cual permitirá ofrecer una capacidad para realizar un análisis exhaustivo de las condiciones de vida, el progreso y el bienestar de las comunidades. Estos datos son fundamental para orientar decisiones en ámbitos locales, regionales y nacionales sobre una variedad de temas como:

- Planificación y desarrollo.
- Asignación de recursos.
- Medición del progreso.
- Identificación de desigualdades.

- Análisis de tendencias.
- Establecimiento de metas y objetivos.
- Inversión y desarrollo empresarial.

En el entendido que el concepto de “socioeconómico” se refiere a la situación social y económica de las personas, es decir, su condición de vida, su educación, su situación laboral, entre otras, se plantea la siguiente estructura para este subgrupo que por lo descrito amerita una subdivisión adicional permitiendo almacenar la mayor cantidad de información requerida para tener un conocimiento completo de la dinámica socioeconómica del territorio.

**Figura 12.** *Subgrupo centros poblados*

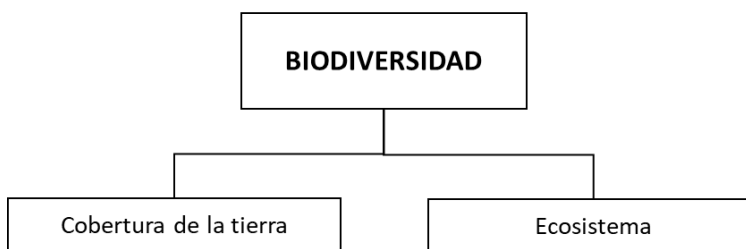


- Grupo biodiversidad:

La biodiversidad en las cuencas hidrográficas genera una amplia gama de beneficios que trascienden la mera preservación de las especies individuales. Su contribución a la purificación del agua, la estabilidad del ecosistema y la capacidad de adaptación ante los cambios ambientales son fundamentales para asegurar la salud y la sostenibilidad de estos ecosistemas acuáticos.

Aunque el concepto de biodiversidad es amplio y de acuerdo con el objetivo del proyecto, se plantean dos subgrupos relacionados con la cobertura de la tierra (IDEAM, s.f.) y los ecosistemas continentales y costeros (IDEAM, s.f.) donde se podrá organizar y estructurar información básica para la correcta estabilidad de la biodiversidad.

**Figura 13.** *Subgrupos del grupo biodiversidad*



- Subgrupo cobertura de la tierra.

Este subgrupo contempla información sobre la cobertura de la tierra generada a partir de metodologías aprobadas como la metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000, estos datos son esenciales para los procesos de ordenamiento territorial brindando información sobre su estado, la relación con los ecosistemas presentes y su influencia en numerosos procesos y funciones vitales.

La presencia y distribución de la vegetación tienen un impacto profundo en la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas permitiendo:

Producción de Oxígeno.

Fijación de Carbono.

Estabilidad del Suelo.

Regulación del Ciclo del Agua.

Hábitat y Biodiversidad.

Servicios Ecosistémicos.

Embelllecimiento y Recreación.

Lo que la convierte en un componente esencial de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Sus impactos se extienden más allá de lo meramente visual, influenciando los procesos climáticos, la biodiversidad, la calidad del suelo y del agua, y proporcionando una serie de servicios esenciales para la humanidad. La conservación y el manejo sostenible de este recurso garantiza la salud de los ecosistemas y la sostenibilidad a largo plazo.

- Subgrupo Ecosistemas continentales y costeros.

Este subgrupo contempla información sobre los ecosistemas terrestres los cuales desempeñan un papel crucial en las cuencas hidrográficas, ya que interactúan directa e indirectamente con los ecosistemas acuáticos en un equilibrio dinámico teniendo un impacto significativo en la salud, la calidad del agua y la resiliencia de las cuencas hidrográficas en su conjunto. Los bosques, los humedales y los pastizales, cumplen una actividad indispensable en la regulación del ciclo del agua, actúan como esponjas naturales que absorben el agua de lluvia, permitiendo que se infiltre gradualmente en el suelo y recargue los acuíferos. Esta regulación ayuda a mantener un flujo constante de agua en los ríos y arroyos, evitando inundaciones y sequías extremas.

En la prevención de la erosión del suelo, especialmente en las laderas y colinas, actúa como una barrera natural contra la erosión de este. Las raíces de las plantas sujetan el suelo, evitando que sea arrastrado por la lluvia y el viento, siendo esencial para mantener la salud del suelo y evitar la sedimentación en los cuerpos de agua. Igualmente desempeñan un papel fundamental en la filtración y purificación del agua que fluye hacia los cuerpos de agua en la cuenca hidrográfica,

debido a que la vegetación y el suelo actúan como filtros naturales que retienen sedimentos, nutrientes y contaminantes antes de que lleguen a los ríos y lagos.

En el control de inundaciones, los ecosistemas terrestres, como los humedales y las zonas inundables, pueden actuar como "esponjas" que absorben el exceso de agua durante eventos de lluvias intensas. Esto reduce el riesgo de inundaciones al proporcionar áreas de almacenamiento temporal para el agua antes de que fluya hacia los ríos y arroyos.

La conservación y el manejo adecuado de estos ecosistemas terrestres son esenciales para garantizar el funcionamiento adecuado de los sistemas acuáticos y la provisión sostenible de servicios ecosistémicos.

Para cada subgrupo se adopta la estructura de datos aplicada en la información espacial alojada en la página de datos abiertos del IDEAM (IDEAM, s.f.), así como también la que se encuentra en el modelo de almacenamiento geográfico – MAG de la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA-, 2019).

- Grupo Clima:

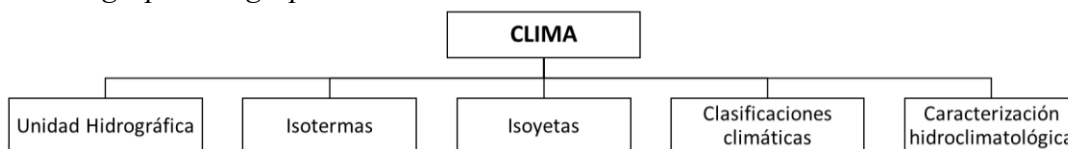
“El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera).

Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, este se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar

también con las variables de otros de los componentes del sistema climático” (IDEAM, s.f.).

Por lo anterior y teniendo claro que este se convierte en un factor crucial en la dinámica hidrológica se hace indispensable su integración en el modelo de datos objeto del presente estudio, por lo tanto, se analizó la información que abarca este grupo y se definieron cuatro (4) subgrupos específicos donde se deben recopilar datos detallados sobre aspectos climáticos relevantes con los cuales se pretende tener una mejor comprensión y predicción de los procesos hidrológicos.

**Figura 14.** *Subgrupos del grupo clima*



- Subgrupo Unidad Hidrográfica

Este subgrupo debe contener información relacionada con la unidad hidrográfica, zonas, subdivisiones hidrográficas, etc., de acuerdo con lo establecido por el IDEAM (IDEAM, 2013).

- Subgrupo Isotermas

Este subgrupo debe contener información relacionada con las isotermas, la cual proporcionará información sobre la temperatura media en un periodo determinado. Con estos datos se podrá analizar la distribución espacial de las temperaturas en la región.

- Subgrupo Isoyetas

Este subgrupo se enfoca en las isoyetas, que representan la precipitación media en un periodo dado. Esta sección del modelo de datos proporcionará información esencial sobre la distribución espacial de las precipitaciones, un factor determinante en la recarga de fuentes de agua superficiales y subterráneas.

- Subgrupo Clasificaciones Climáticas

Este subgrupo está dedicado a la información relacionada con las clasificaciones climáticas que se basan en factores como la temperatura, la precipitación y la altitud, de acuerdo con lo establecido por el IDEAM (IDEAM, s.f.), donde no solo proporcionan una comprensión más profunda de la diversidad climática de Colombia, sino que también son fundamentales para la planificación y gestión de recursos, así como para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas.

- Subgrupo Caracterización Hidroclimatológica

Este subgrupo está dedicado a la información relacionada con la caracterización hidroclimatológica siendo un proceso fundamental en la comprensión de los recursos hídricos y el clima de una región específica donde se combinan el análisis de datos climáticos e hidrológicos para identificar patrones, tendencias y variabilidad en las condiciones meteorológicas y los sistemas hídricos. Mediante la recopilación y el análisis de información sobre variables como la temperatura, la precipitación, la humedad, el caudal de los ríos y la evaporación, se puede desarrollar una imagen detallada del ciclo hidrológico y sus interacciones con el clima local y regional.

Esta caracterización es esencial para la gestión sostenible de los recursos hídricos, la planificación de infraestructuras, la predicción de eventos extremos y el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático

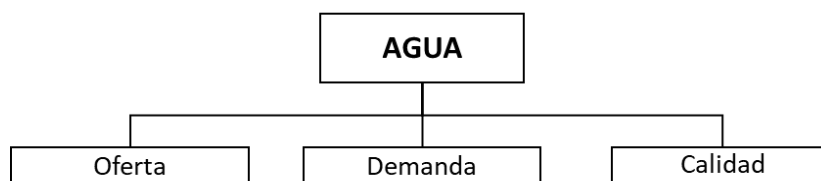
La estructura base de los datos a almacenar en cada subgrupo puede ser la establecida en el modelo de almacenamiento geográfico – MAG de la ANLA o lo que defina el IDEAM, entendiendo que la estructura final será la que se logre acordar en las mesas de trabajo con las personas responsables y usuarios de la información.

- Grupo agua:

Este eje temático abarca una amplia gama de aspectos relacionados con la gestión del recurso hídrico. La integración y análisis de esta información son esenciales para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible de una región.

Para este grupo temático se proponen tres (3) subgrupos donde se gestione información de la demanda, oferta y calidad del recurso hídrico con la cual se podrá conocer las necesidades de diferentes sectores, como el abastecimiento urbano, la agricultura, la industria, la energía y el medio ambiente, la cantidad y calidad del agua disponible en las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Minambiente – IDEAM, 2013).

**Figura 15.** *Subgrupos del grupo agua*



- Subgrupo oferta

En este subgrupo se refiere a la disponibilidad de agua en una región o área geográfica específica en un momento dado. Esta oferta de agua puede provenir de diversas fuentes, como ríos, lagos, embalses, acuíferos subterráneos y precipitación. La disponibilidad de agua puede variar significativamente según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas.

Es un factor crítico para la sostenibilidad ambiental, el desarrollo económico y la calidad de vida de las comunidades. La gestión adecuada de esta oferta es esencial para garantizar un

suministro suficiente de agua para usos domésticos, industriales, agrícolas y ecológicos sin agotar los recursos hídricos o dañar los ecosistemas acuáticos.

Es importante monitorear y gestionar de manera sostenible la oferta de agua, especialmente en áreas propensas a la escasez de agua o donde la demanda de agua supera la disponibilidad, ya que esto puede tener un impacto significativo en la seguridad alimentaria, la salud pública y el medio ambiente.

- Subgrupo demanda

Este subgrupo temático gestionará información con la cual se podrá conocer las necesidades de diferentes sectores, como el abastecimiento urbano, la agricultura, la industria, la energía y el medio ambiente, y la oferta, con la cual se podrá conocer la cantidad de agua disponible en las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (zonificación hidrográfica Min ambiente – IDEAM, 2013).

La demanda del recurso hídrico integra la información del usuario para la solicitud de permisos relacionados con la captación de aguas superficiales y vertimientos. Identificar la demanda del recurso hídrico de los usuarios existentes permite conocer la capacidad con la que cuenta la fuente para proyecciones de usuarios nuevos.

- Subgrupo calidad

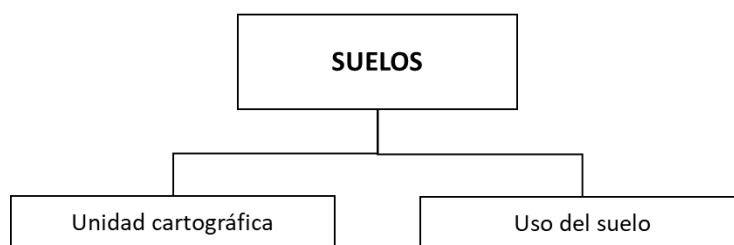
Este subgrupo contempla información relacionada con la caracterización de aguas superficiales, índices de calidad en los puntos de monitoreo identificados y datos hidrobiológicos.

Con la organización y estructuración de la información relevante para este grupo temático se podrá realizar una gestión adecuada de este equilibrio entre oferta y demanda, lo cual es esencial para evitar la escasez de esta, la degradación de los ecosistemas y los conflictos por el uso del recurso.

- Grupo suelos:

Este grupo se subdivide en dos (2) niveles, unidad cartográfica y uso del suelo, teniendo en cuenta el manual de métodos y especificaciones para los estudios de suelos de la subdirección agrológica del IGAC (IGAC, 2010), la cual adopta las metodologías del departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), que viene siendo actualizada según la evolución de la ciencia del suelo a nivel mundial.

**Figura 16.** *Subgrupos del grupo suelos*



- Subgrupo unidad cartográfica

En este subgrupo el objetivo es almacenar información relacionada con sus componentes, clima ambiental, grado de erosión, profundidad efectiva, clases agrológicas entre otros datos, siguiendo la nomenclatura definida por el “Manual de Códigos IGAC 2010”.

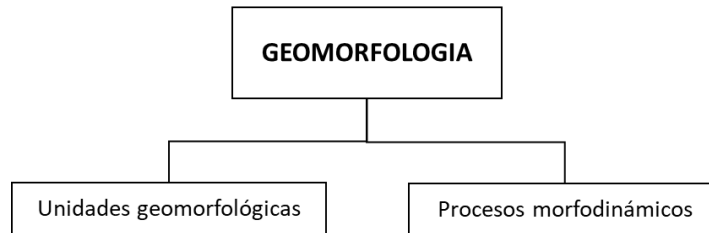
- Subgrupo usos del suelo

En este subgrupo el objetivo es almacenar información relacionada con la distribución y calidad de estos que es el insumo inicial que permite la elaboración de planes de desarrollo regional o zonal; igualmente determinar los conflictos relacionados con el uso de las tierras, la vulnerabilidad de los mismos ante la acción de los agentes atmosféricos y antrópicos; la aptitud de uso y los requerimientos de prácticas de uso y manejo que permite la conservación de los suelos dentro de los conceptos de un desarrollo sostenible. Igualmente, este subgrupo se desarrolló siguiendo el manual de métodos y especificaciones para los estudios de suelos (IGAC, 2010).

- Grupo geomorfología:

Este grupo se divide en dos subgrupos denominados unidades geomorfológicas y procesos morfodinámicos.

**Figura 17.** *Subgrupos del grupo geomorfología*



- Subgrupo unidades geomorfológicas

Este subgrupo contempla información que describa las regiones o áreas de la superficie terrestre que compartan características geomorfológicas similares, como la forma del relieve, la geología subyacente y los procesos geomorfológicos dominantes. Estas unidades se definen en función de sus rasgos morfológicos distintivos, que pueden incluir montañas, valles, llanuras, mesetas, entre otros. El análisis de las unidades geomorfológicas permite comprender la evolución del paisaje a lo largo del tiempo, identificar áreas propensas a ciertos procesos geomorfológicos como la erosión, los deslizamientos de tierra o la sedimentación, y evaluar la susceptibilidad a riesgos naturales.

Para la identificación de las unidades geomorfológicas existen dos metodologías, la generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y la del Servicio Geológico Colombiano – SGC, estas difieren en varios aspectos clave.

El IGAC tiende a enfocarse en la división del territorio nacional en unidades geomorfológicas amplias y reconocibles a escala regional, utilizando criterios como la forma del relieve, la geología subyacente y los procesos geomorfológicos dominantes. Por otro lado, el SGC

adopta una aproximación más detallada y especializada, centrándose en la identificación y caracterización de unidades geomorfológicas a escalas más locales o específicas, con un énfasis particular en la evaluación de riesgos geológicos y la gestión del territorio. Mientras que el IGAC proporciona una visión general del paisaje y sus características a nivel nacional o regional, el SGC se centra en aspectos más específicos y detallados relacionados con la geología y la geomorfología de áreas específicas, con el fin de apoyar en temas como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la mitigación de riesgos geológicos.

Por lo tanto, la estructura de datos a utilizar será la especificada por metodología seleccionada.

- Subgrupo procesos morfodinámicos

Este subgrupo contempla información sobre los procesos morfodinámicos ocurridos en un territorio como la erosión, sedimentación, deslizamientos de tierra, entre otros, que causan cambios en la morfología o forma de la superficie terrestre a lo largo del tiempo.

Es importante la identificación de estos procesos y su origen, los cuales son causados por diversas fuerzas y factores, como la acción del agua, el viento, la gravedad, la actividad tectónica y la influencia humana. Esta información proporciona una mejor comprensión de la dinámica del territorio orientando a una mejor gestión de este.

#### 4. Resultados

Como resultado del proceso desarrollado, se consolidó una propuesta de modelo lógico de datos orientado a la gestión integral del recurso hídrico, tomando como referencia las Unidades Hidrográficas Subsiguientes (UHS) definidas por el IDEAM como unidad de análisis territorial. El modelo desarrollado permitió organizar información temática y espacial asociada a procesos de planificación ambiental y ordenamiento territorial.

La propuesta integra componentes relacionados con cartografía base, clima, recurso hídrico, geomorfología, suelos, biodiversidad y variables socioeconómicas, organizados mediante grupos y subgrupos temáticos que facilitan la administración y consulta de información proveniente de diferentes fuentes institucionales.

Uno de los principales resultados obtenidos corresponde a la definición de una arquitectura de datos capaz de relacionar variables asociadas con oferta hídrica, demanda, calidad del agua, cobertura y uso del suelo, ecosistemas y dinámicas socioeconómicas del territorio. Esta articulación permite consolidar una estructura orientada al análisis territorial y al soporte de procesos de toma de decisiones asociados a la planificación ambiental.

En este sentido, el modelo propuesto representa un aporte técnico para el ordenamiento territorial, considerando que el recurso hídrico constituye un determinante ambiental fundamental para la regulación de usos del suelo, la gestión del riesgo y la sostenibilidad ambiental. La integración de información espacial y temática facilita la generación de insumos técnicos para instrumentos como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) y procesos de delimitación de rondas hídricas.

Con la metodología aplicada fue posible organizar conjuntos de datos ambientales y socioeconómicos bajo criterios de consistencia y trazabilidad, permitiendo relacionar información asociada con población, actividades productivas, cobertura del suelo, oferta hídrica, demanda y calidad del agua dentro de un mismo contexto territorial.

La estructura desarrollada incorpora criterios de calidad y organización temática de la información, permitiendo mantener coherencia y consistencia en los conjuntos de datos estructurados. Así mismo, el modelo fue planteado bajo una arquitectura flexible, con capacidad de adaptación frente a diferentes necesidades institucionales relacionadas con la administración de información territorial y ambiental.

La pertinencia funcional del modelo fue contrastada mediante su referencia y aplicación en procesos institucionales desarrollados en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), donde se implementaron esquemas de administración de información geográfica asociados a proyectos ambientales y gestión del recurso hídrico. Esta experiencia permitió evidenciar la necesidad institucional de contar con estructuras organizadas para soportar procesos de análisis territorial y gestión ambiental.

Como parte de esta experiencia institucional, fue posible consolidar conjuntos de datos geográficos asociados a componentes ambientales y territoriales, permitiendo estructurar información para procesos de análisis espacial, seguimiento ambiental y generación de productos cartográficos. La implementación de estas estructuras permitió mejorar la organización, consulta y administración de la información generada en diferentes proyectos y dependencias institucionales.

Aunque el alcance de la investigación no contempló el desarrollo de aplicativos o plataformas tecnológicas específicas, el modelo construido establece una base estructural para

futuras implementaciones orientadas al análisis geoespacial, integración de información ambiental y generación de herramientas de soporte para la gestión hídrica y el ordenamiento territorial.

## **5. Conclusiones**

Como primera conclusión se evidencia que la organización y estructuración de la información geográfica asociada al recurso hídrico constituye un componente estratégico para fortalecer los procesos de ordenamiento territorial y gestión ambiental. La construcción de un modelo lógico de datos orientado a la gestión integral del recurso hídrico permitió establecer una estructura capaz de articular información ambiental, territorial y socioeconómica dentro de un mismo contexto espacial, facilitando su administración, análisis e interoperabilidad.

Igualmente se concluye que el recurso hídrico no debe entenderse únicamente como un componente ambiental aislado, sino como un determinante estructural del territorio que condiciona la planificación, el uso del suelo, la sostenibilidad ambiental y la toma de decisiones institucionales. En este sentido, la correcta organización de la información relacionada con el agua representa un elemento fundamental para soportar instrumentos de planificación y gestión territorial.

La estructuración del modelo permitió identificar que uno de los principales desafíos en la gestión territorial corresponde a la dispersión y heterogeneidad de la información geográfica proveniente de múltiples entidades y fuentes temáticas. Frente a este escenario, el modelo propuesto aporta una estructura organizada y coherente que favorece la integración de datos y fortalece procesos de análisis territorial y generación de información técnica.

De igual manera, se establece que la incorporación de principios de gobierno de datos y lineamientos de interoperabilidad geoespacial contribuye a mejorar la consistencia, trazabilidad y

disponibilidad de la información utilizada en procesos ambientales y territoriales. La articulación entre modelos lógicos de datos y sistemas de información geográfica permite establecer bases estructuradas para futuros desarrollos asociados al análisis espacial, monitoreo ambiental y soporte a la toma de decisiones.

La experiencia institucional tomada como referencia en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) permitió evidenciar la pertinencia técnica y funcional del enfoque propuesto, demostrando la necesidad real de contar con estructuras organizadas para la administración de información territorial y ambiental. Aunque el alcance de la investigación se centró en el diseño del modelo lógico de datos y no en el desarrollo de aplicativos específicos, la experiencia analizada permitió contrastar la aplicabilidad del modelo frente a necesidades institucionales reales.

Finalmente, se concluye que el desarrollo de modelos lógicos de datos orientados a la gestión integral del recurso hídrico constituye una herramienta técnica y metodológica con potencial para fortalecer futuros procesos de planificación territorial, gestión ambiental y administración de información geográfica, facilitando la construcción de análisis territoriales más consistentes y procesos de toma de decisiones soportados en información organizada y confiable.

### Referencias

- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA–. (2019). Sistema de información geográfica. [https://www.anla.gov.co/01\\_anla/entidad/subdirecciones-y-oficinas/instrumentos-permisos-y-tramites-ambientales/sistema-de-informacion-geografica](https://www.anla.gov.co/01_anla/entidad/subdirecciones-y-oficinas/instrumentos-permisos-y-tramites-ambientales/sistema-de-informacion-geografica)
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2016). Modelo de datos geográficos ANLA Resolución 2182.
- Azeroual, O., & Jha, M. (2021). Without data quality, there is no data migration. *Big Data and Cognitive Computing*, 5(2), 24. <https://doi.org/10.3390/bdcc5020024>
- Azeroual, O., Saake, G., & Abuosba, M. (2018). Data quality measures and data cleansing for research information systems. *Journal of Digital Information Management*, 16(1), 12–21.
- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.
- CONABIO. (2022). ¿Qué es la biodiversidad? [https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es](https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es)
- Cortés, L., & Malagón, C. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- DAMA International. (2017). *The DAMA guide to the data management body of knowledge (DAMA-DMBOK2)*. Technics Publications.
- Department of Agriculture. (2010). *Keys to soil taxonomy* (11th ed.). USDA.
- Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico MinAmbiente. (2018). *Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial*.
- Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico MinAmbiente. (2018). *Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia*.

European Commission. (2007). INSPIRE Directive 2007/2/EC: Infrastructure for Spatial Information in the European Community.

Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>

IDEAM. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000.

IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>

IDEAM. (2022). Estudio nacional del agua.

ISO 19011. (2018). Guidelines for auditing management systems. International Organization for Standardization.

ISO 38505-1. (2017). Information technology — Governance of IT — Governance of data — Part 1: Application of ISO/IEC 38500 to the governance of data. International Organization for Standardization.

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). (2020). Lineamientos y estándares para la interoperabilidad de la información geográfica en Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2016). Catálogo de objetos geográficos, cartografía básica.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2022). Modelo de datos y especificaciones técnicas para objetos territoriales.

Khatri, V., & Brown, C. V. (2010). Designing data governance. *Communications of the ACM*, 53(1), 148–152. <https://doi.org/10.1145/1629175.1629210>

Lemmen, C., van Oosterom, P., & Bennett, R. (2015). The Land Administration Domain Model.

Land Use Policy, 49, 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.01.014>

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic

information systems and science (4th ed.). Wiley.

MINTIC. (2015). Concepto de incorporación estándar Land Administration Domain Model

(LADM) ISO 19152.

[https://lenguaje.mintic.gov.co/sites/default/files/archivos/concepto\\_incorporacion\\_ladm.pdf](https://lenguaje.mintic.gov.co/sites/default/files/archivos/concepto_incorporacion_ladm.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Programa Nacional de Gobernanza del

Agua: Documento técnico de avance.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política nacional para la

gestión integral del recurso hídrico.

Otto, B. (2012). Managing the business benefits of master data management. Computer Science -

Research and Development, 27(2), 111–124. <https://doi.org/10.1007/s00450-011-0171-0>

Rajabifard, A., Feeney, M. E. F., & Williamson, I. P. (2002). Future directions for SDI

development. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,

4(1), 11–22. [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(02\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(02)00002-8)

Ramírez-Ramírez, L. G., & Jiménez-Patiño, L. A. (2018). Plan de formación para la gestión

integral del recurso hídrico. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de

Colombia.

[https://archivo.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/PLAN\\_DE\\_FORMACION\\_PARA\\_LA\\_GIRH\\_LIBRO\\_DIGITAL.pdf](https://archivo.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/PLAN_DE_FORMACION_PARA_LA_GIRH_LIBRO_DIGITAL.pdf)

Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2011). Database system concepts (6th ed.). McGraw-Hill.

Tomlinson, R. (2013). Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers (5th ed.). ESRI Press.

United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. (2020). Integrated geospatial information framework.

Zinck, J. (1981). Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Serie Suelos y Clima.