

**MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS CONCURRENTES PARA LA GESTIÓN
DE DETERMINANTES AMBIENTALES**

LILIANA ANGÉLICA PORTILLA ANGULO
Bióloga

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MEDELLÍN
2019

**MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS CONCURRENTES PARA LA GESTIÓN
DE DETERMINANTES AMBIENTALES**

**Liliana Angélica Portilla Angulo
Bióloga**

**Monografía para optar el título de:
Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática**

**Asesor:
Julián Giraldo
Ingeniero**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MEDELLÍN
2019**

"El científico no debería actuar como las hormigas, que recogen granos y/o migajas de diversas partículas de alimento y las amontonan, pues si el científico se contenta con amontonar datos, observaciones o hechos en su mente, sin tener ideas generales que los interpreten y conecten entre sí, no se produce un avance científico.

Por otro lado, el científico tampoco debería comportarse como las arañas, que extraen de su propio organismo toda la sustancia con la que construyen sus telas, porque las teorías que uno extrae de su propia mente, sin apoyarlos en hechos concretos, no tiene ninguna validez explicativa para la ciencia.

El científico debe parecerse a las abejas, y del mismo modo que ellas extraen el polen de distintas flores, y lo elaboran en su interior hasta convertirlo en miel, el científico ha de elaborar los datos empíricos en su cabeza, hasta dotarlos de significado, pues únicamente cuando los hechos cobran sentido gracias a conceptos, principios, leyes y teorías generales, se puede hablar de verdadero conocimiento."

F. Bacon

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo:

No solo has sido testigo del gran esfuerzo, sino que también fuiste el acompañante en la conquista de este conocimiento; motivador con tu sonrisa, y el aliciente con tu voz, para continuar cuando muchas veces quise desfallecer.

Solo me queda esperar que Dios nos permita disfrutar del tiempo que me regalaste, para poder alcanzar este logro que no es mío, sino nuestro.

Que este esfuerzo vivido, te inspire en ser un humano que trasciende de lo normal, en la medida en que conectes tu grandeza con la educación.

A mi madre:

Gracias mami por estar siempre; porque aun siendo adulta, corres tras de mí, a mi auxilio, a mi consuelo, cada vez que lo necesito, tal como lo hacías cuando era un bebe. Mami, sin ti, no habría podido terminar, gracias por creer una vez más.

A mis profesores Julián Giraldo y John Fernando Escobar:

Por su aporte técnico, compromiso, voluntad, y comprensión.

A mi compañero Esteban

Por su aporte técnico, y sus palabras de aliento en esta conquista académica.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. JUSTIFICACIÓN	9
2. ANTECEDENTES	10
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL	15
4.1.1 Los Sistemas de Información.	15
4.1.2 Los Sistemas de Información Geográfica – SIG.	16
4.1.3 La Información Ambiental.	17
4.1.3.1 Determinantes Ambientales.	18
4.1.4 La Gestión Ambiental con énfasis en el desarrollo de los SIG.	21
4.2.1 Ley 99 de 1993.	25
4.2.2 Ley 388 de 1997.	25
4.2.3 Artículo 66 CRNR.	26
4.2.4 Proyecto Colectivo Ambiental	26
4.2.5 Decreto 1076 del 2015	27
4.2.5 Resolución 1402 de 2018	27
4.3 MODELOS DE DATOS	27
4.3.1 Definición	28
4.3.2 Tipos modelos	28
4.3.3 Diseño de GeodataBase	29
4.3.4 Estudios	30
4.4 TENDENCIAS DE DESARROLLO TERRITORIAL QUE MODIFICAN LOS GEODATOS Y LA GESTIÓN AMBIENTAL	32

5. DISEÑO MODELO DE DATOS	34
5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO	34
5.3 MÉTODOS	34
5.4 PROPUESTA MODELO DE DATOS CONCURRENTES PARA DETERMIANTES AMBIENTALES	35
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Línea del Tiempo ICDE	10
Figura 2. Línea del Tiempo Datos Ambientales	12
Figura 3. Componentes de un sistema de información	16
Figura 4. Determinantes ambientales por eje temático	20
Figura 5. Gestión de información ambiental en Colombia	22
Figura 6. Proceso de Gestión de Datos e información ambiental para el SAVDT	23
Figura 7. Resolución 2367/2009	24
Figura 8. Proceso de entrada de la información espacial en el almacenamiento de la base de datos	29

INTRODUCCIÓN

Los datos geográficos y alfanuméricos manejados por las diferentes entidades nacionales e internacionales en los procesos de planeación y gestión presentan desafíos, que sobre todo corresponden al almacenamiento de ellos, la consulta y salidas cartográficas que de estos se deriven. Por lo cual se hace necesaria para optimización de los procesos institucionales, contar con bases de almacenamiento que permitan la mezcla de datos espaciales con factores de cambio del territorio, permitiendo una interacción de la información de la cual se generara conocimiento.

Como propuesta para el manejo de dicha información, en el presente documento se plantea un modelo de datos que hace énfasis a aquella información cartográfica que es concurrente para la gestión de determinantes ambientales.

Este modelo contempla la Guía Metodológica Para el Diligenciamiento y Presentación de Bases de Datos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, 2016), con algunas variaciones en la incorporación de la información, pues el objetivo de esta es la generación de productos geográficos, cartográficos origen, que facilitaran la interpretación y a su vez, optimizara la revisión, gestión, el seguimiento y la evaluación con los factores de cambio del territorio que debe hacerse por parte de las diferentes autoridades ambientales y entes territoriales.

Durante el desarrollo de los capítulos del documento, se resalta cada uno de los aspectos requeridos y puestos a consideración para la construcción de la propuesta del modelo de datos, así como el paso a paso para su construcción.

Si bien el modelo se desarrolla en sus tres componentes: relacional, conceptual y físico, es necesario tener en cuenta que muchos de las entidades planteadas para este modelo, se hacen de manera general, las cuales pueden variar de acuerdo al escenario a aplicar, siendo necesario ajustar dicho modelo y sus entidades a las necesidades a satisfacer de las autoridades y entes territoriales.

1. JUSTIFICACIÓN

Desde el momento en que los Sistemas de Información Geográfica - SIG, se incorporaron en las diferentes especialidades han facilitado la interpretación del estado actual de cualquier sujeto de estudio, permitiendo pasar de unas condiciones generales, a un acercamiento detallado según el caso, tanto así que sea logrado incorporar la variable tiempo, al análisis y modelos realizados en SIG, permitiendo desarrollar escenarios tendenciales, prospectivos y deseados.

Sin embargo, se presentan inconvenientes en el manejo de dicha información geográfica, dentro de los cuales se destacan: los grandes volúmenes de información, su dinámica y sus orígenes (Molina *et al.*, 2005). De igual forma Goodchild (2018) menciona que una problemática de los SIG son sus bases de datos, las cuales presentan en muchos casos redundancia en la información, falta de estandarización y salidas de datos que no permiten la visualización del dato inmenso en la información. Por lo cual para maximizar la fuerza de la infraestructura de datos es necesario encadenar servicios de información geográfica que nos evitan tanto la acumulación de datos como la realización de procesos en nuestro propio sistema (Iniesto y Nuñez, 2014).

Tanto las problemáticas como las ventajas no se desconocen en la información geográfica ambiental, para la cual, se ha definido como estrategia para afrontar dificultades y potencializar información, mediante bases de datos, están han ido evolucionando durante el tiempo y se han ajustado conforme las necesidades de las entidades trascendiendo para muchos en diseños y arquitecturas de bases de datos.

Esta estrategia ha permitido minimizar la redundancia en el almacenamiento de los datos, disminuir la inconsistencia de los datos por errores en el proceso de entrada, compartir los datos entre usuarios, reforzar los estándares corporativos del procesamiento de los datos, aplicar restricciones de seguridad para prevenir los accesos no autorizados a los datos, mantener la integridad de los datos (precisión, compatibilidad, coherencia, actualización, recuperación y respaldo de los datos) y equilibrar los conflictos y necesidades de los diferentes usuarios (Lo y Yeung, 2007). Por lo cual, este modelo de datos geográficos pretende ser una herramienta que facilite la gestión para las determinantes ambientales de un territorio, transformándolas en herramientas verdaderas de consulta, gestión y seguimiento no solo para los entes planificadores, sino también para la ciudadanía.

2. ANTECEDENTES

Para Colombia, el desarrollo de las Bases de Datos, está ligada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, ya que este a través de la implementación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE, ha establecido “políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la producción, acceso y uso a la información geográfica de cubrimiento nacional” (IGAC, 2002); estos estándares se basan en la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales NSDI, realizada por el Comité Federal de Datos Geográficos FGDC de Estados Unidos (Álvarez y Gómez, 2006).

Figura 1. Línea del Tiempo ICDE.



Fuente: ICDE, 2019.

En 1996, se promovió a nivel mundial Las Infraestructuras de Datos Espaciales – IDE, a partir de la iniciativa de GSDI (Global Spatial Data Infrastructure) entendida como un proceso abierto que interconecta las infraestructuras nacionales y regionales para coordinar la gestión y el uso de datos geoespaciales, toma de decisiones; en los diferentes ámbitos territoriales local, nacional, regional y global en las que se desarrolle, a través de iniciativas entre el gobierno, el sector privado y la academia (ICDE, 2019).

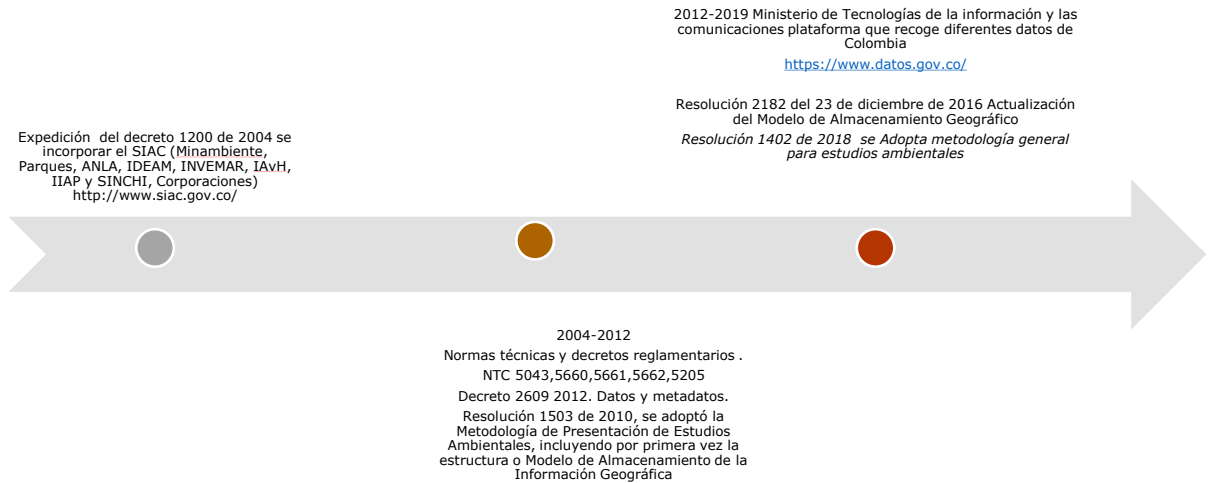
Desde su promoción a nivel mundial así como iniciativa a nivel latinoamericana, la ICDE, ha sido marcada por varios hitos históricos que visibilizan los esfuerzos no solo institucionales sino la articulación de los diferentes sectores en beneficio del fortalecimiento de las diferentes entidades productoras y usuarias de información geográfica en el País, lo cual han permitido que actualmente la ICDE este conformada por aproximadamente cuarenta y cuatro (44) entidades públicas en donde también se incluyen las instituciones e institutos académicos conformada por

un comité coordinador y cinco (5) comités sectoriales: Ambiental, Infraestructura, Defensa y Mares, Socioeconómico, y Territorial y Fronteras.

Dentro de los hitos más relevantes están:

- La formación del Comité Técnico de Normalización de información Geográfica, por parte del ICONTEC, y partir de este empiezan a ser objetos de estudios las Normas técnicas, una de las primeras es la Norma Técnica: NTC- 4611, referida a Los Metadatos.
- La firma del acuerdo No 1 de 2000 en el que se crea el CONPES 3585 “Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE”.
- Resolución 068 de 2005 – MAGNA –SIRGAS- Por lo cual adopta como único Datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS.
- En 2007 se realiza el lanzamiento de la primera versión del portal ICDE, y con el ánimo de apoyar la implementación de metadatos en las entidades del ICDE, se lanza el gestor de metadatos SWAMI 2.0.
- En 2010, la Norma Técnica NTC -5661, presenta la Metodología para la catalogación de objetos geográficos estableciendo la estructura y las características para un catálogo de datos con el objetivo de estandarizarlos.
- 2013. Se realiza la vinculación de la estrategia Gobierno en línea, esto con el fin de definir una estrategia de datos abiertos.
- En 2014 se realiza la Publicación del Portal Geográfico Nacional PGN, siendo un visor de los cinco sectores rectores de la ICDE.
- En 2016 se lanza la segunda versión del Portal ICDE, el cual se considera como un catálogo de datos de repositorio no solo de información geográfica suministrada por los entes ICDE sino también con noticias, guía y documentación asociada.

Figura 2. Línea del Tiempo Datos Ambientales.



Fuente: Elaboración Propia, 2019

De igual forma, la información ambiental del país, ha estado direccionada por el órgano rector establecido mediante Ley 99 de 1993 correspondiente al Sistema Nacional Ambiental (SINA), integrado por el Ministerio del Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales, las Entidades Territoriales, y los institutos de investigaciones vinculados al Ministerio, el cual ha influenciado no solo la gestión ambiental sino, la gestión de datos ambientales en el país. Como estrategia de gestión en 2004 mediante el Decreto 1200, se incorpora el Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC “conjunto integrado de procesos y tecnologías involucradas en la gestión de la información ambiental del país, para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible”(MADS, 2019).

Asimismo, a petición del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se formula en 1998 el Sistema de Indicadores de Planificación y Seguimiento Ambiental (SIPSA), que buscaba hacer seguimiento y monitoreo a programas y proyectos, así como al impacto que éstos generan sobre los componentes ambiental, social y económico. El SIPSA, definió indicadores según el modelo Presión–Estado–Impacto/Efecto–Respuesta-Gestión (PE-I/E-R-G) y los agrupó en temas, realizando una adaptación de los lineamientos que sobre indicadores ambientales y de sostenibilidad había desarrollado la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (López, 2006).

Es Decir, que desde hace más de veinte (20) años el país ha desarrollado una serie de estrategias que enmarcan la formación de institutos, autoridades (IDEAM, ANLA y otros) y de herramientas, que ampliaron la visión de los datos geográficos en el

país con el objeto de mejorar la gestión de la información. De conformidad con la Ley 1712 de 2014 de Transparencia y Acceso a la Información Pública, se desarrolló una guía la cual da apertura a los datos abiertos en Colombia, garantizando la participación democrática y la transparencia en la gestión pública.

Esta gestión de datos, mejorada por las autoridades e institutos rectores, ha sido acogida como estrategia para la gestión regional y local; muestra de ello, es la incorporación de “La Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos (ANLA, 2016), a gran cantidad de organizaciones, centros, entes municipales y estudios ambientales, los cuales, gestionan su información mediante este modelo de datos, sin embargo este modelo y la aplicabilidad y ajuste para los diferentes procesos y gestiones ambientales requiere investigación, pues del diseño y arquitectura del modelo de datos dependerá el éxito de los productos generados y del seguimiento a estos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño de modelo de datos geográficos concurrentes para la gestión de determinantes ambientales.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar la línea base geoambiental actual para los determinantes ambientales en Colombia.
- Describir el régimen legal ambiental en Colombia relacionado con las determinantes ambientales y sus geodatos asociados.
- Analizar las tendencias de desarrollo territorial que puedan modificar los geodatos y condicionan la gestión ambiental de la base de datos.

4. MARCO TEÓRICO

Los elementos que delimitan el entorno del diseño y validación del modelo de datos espacial propuesto se presentan en este capítulo; conforman el marco conceptual que contextualiza la línea base de los sistemas geoambiental, según las normas jurídicas, los modelos de datos espaciales y las tendencias de desarrollo territorial que puedan modificarlos.

4.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL

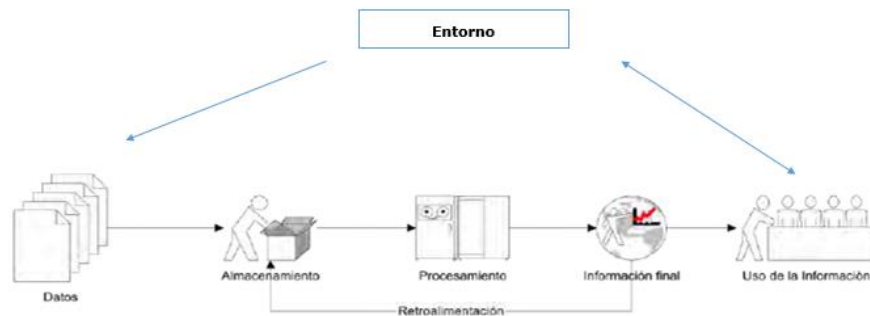
4.1.1 Los Sistemas de Información. De acuerdo a Johansen (1998), define sistema como un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos. De igual forma, este define Subsistema como conjunto de partes e interrelaciones que se encuentran estructuralmente y funcionalmente, dentro de un sistema mayor, y que posee sus propias características.

Por lo cual, Martínez (2010) menciona que un sistema de información es la capacidad que tiene un conjunto de elementos interrelacionados para convertir datos que por sí solos no presentan coherencia en hechos de interés general o particular para una organización. Los sistemas de información como cualquier sistema persiguen un fin y se encuentran enmarcados en un alcance y contexto; en este sentido, los componentes de un sistema de información son: los datos como entrada al sistema; almacenamiento de datos, estructura de los datos, procesamiento de datos, modelamiento, la información de salida o output y la retroalimentación, sin embargo existen unos factores de cambios en el ambiente, que pueden ser modificados o factores de cambios de los datos, por lo que dentro del sistema de información deberán ser incluidos (ver figura 3).

Con la evolución de la tecnología este sistema de información, pudo ser aplicado para la recolección de datos geográficos, la cual estuvo influenciada por la gran necesidad de georreferenciar desde enfermos médicos hasta eventos climáticos y sociales, que permitan la toma de decisiones y el control en la gestión en la estuviesen siendo aplicados.

Por lo anterior, cuando se realiza el símil de los compuestos de los sistemas de información con los SI geográficos, te das cuenta que de igual forma, es necesario incluir las variaciones en el entorno que tanto las decisiones como la ausencia de ellas y naturales pueden ejercer en los datos origen.

Figura 3. Componentes de un sistema de información



Fuente: Martínez (2010). Universidad Nacional. Modificado por Portilla (2019).

En cuanto:

- Los datos los cuales podrán ser: espaciales y tabulares.
- El almacenamiento dependerá: Modelo de datos, la tecnología entendida como el hardware y el software.
- El procesamiento el cual corresponde: las correcciones, procedimientos y modelaciones.
- La Información final: especialización del estudio de caso.
- Uso de la información: la aplicación de la información obtenida según el caso.
- El entorno: como un ente dinámico, en el cual se dan procesos socio ecológicos, ligados en muchos casos a las decisiones antrópicas, de igual forma no se pueden desconocer cambios es las dinámicas climáticas generando eventos ENOS y cambios climáticos modificadores de datos origen y final.
- El personal como vemos desde el paso dos, aparecen los especialistas pues constituyen un factor esencial, ya que del ingenio de estos partirá el modelo de datos, el procesamiento y el producto final.

4.1.2 Los Sistemas de Información Geográfica – SIG. Para iniciar con la definición de SIG, es necesario mencionar que la información geográfica/geoespacial está caracterizada por presentar cuatro dimensiones (4-D), los cuales

corresponden a tres dimensiones espaciales y una dimensión temporal (Bartelme, 2012).

En cuanto a la definición de SIG existen numerosas posturas, para efectos del estudio se revisarán varias que contemplen definiciones más antiguas que permiten definir los SIG tradicionales aún existentes y validos como aquellas modificaciones que se han dado a lo largo del tiempo.

- SIG “es un sistema de información con una base de datos de observables de objetos distribuidos espacialmente, actividades, o eventos, que pueden ser descritos por puntos, líneas, o superficies” (Dueker, 1979).
- para UAESPNN (2003) es “un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos”.
- Lo y Yeung (2007), lo definen como un “Sistema computacional capaz de capturar, almacenar, manipular y visualizar los datos que contienen una referencia geográfica y los convierte en información espacial útil en la solución de problemas espaciales complejos. El énfasis en los datos geográficos y la capacidad de analizar los datos espacialmente distinguen los SIG de otros tipos de sistemas de información”.
- Roswell *et al.* (2012), realiza el análisis de la incorporación objetos a la definición de SIG. Donde estos objetos corresponden al modelado y los métodos correspondientes en la programación y en las estructuras de bases de datos. Métodos orientados Cerrar la brecha entre datos y funciones según la definición.

Teniendo en cuenta las dinámicas y necesidades actuales el concepto de SIG, evolucionó y se ha ampliado a un sistema de gestión de bases de datos de objeto relacional (ORDBMS) (Amankwah-Amoah y Adomako, 2018), con la finalidad de hacer frente al crecimiento de las colecciones de datos geoespaciales, inclusión de métodos que permiten la organización, búsqueda y recuperación de datos, pues de los datos origen dependen la calidad de la información generada.

4.1.3 La Información Ambiental. La información ambiental es un compendio de informaciones alfanuméricas y cartográficas de diversa procedencia, enormemente dependiente de su posición en el terreno. Una buena forma de presentar esta información es mediante el apoyo de mapas bajo soporte digital o en copia papel. Aunque el medio ambiente tiene difícil encuadre en una fórmula matemática, los medios y herramientas actuales permiten la toma de decisiones en planificación y gestión alejándolos de la improvisación y teniendo en cuenta muchas de las

variables que afectan a cada metro cuadrado de nuestro territorio (García y Otalvaro, 2009).

Es imprescindible, para su planificación y gestión, que toda esta información relativa al medio ambiente esté disponible para hacer estudios y comparativas de los diversos indicadores ambientales. Una gestión ambiental integral debe agrupar el medio ambiente natural (flora, fauna, paisaje, tierra, agua, aire) con el medio ambiente urbano (residuos, vertidos, saneamientos, contaminaciones). Debe ordenar y sistematizar, evitando la dispersión y la duplicidad de estudios, tratando de hacerla homogénea y disponible (Rayón *et al.* 1999).

De igual forma, la información ambiental y su procesamiento, está cambiando y, en consecuencia, también se modifica la información emitida. Por esta razón, si queremos describir ciertos fenómenos o tener una idea de él, es necesario reunir suficiente información ambiental, que permita una descripción lo suficientemente precisa para distinguir el fenómeno observado de otros Fenómeno (similar o diferente) y distinguirse en diferentes puntos del tiempo, poco las transiciones y cambios de los SIG han sido en pro del entendimiento de los fenómenos naturales, mejorando la capacidad de los humanos para describir y tal vez tomar mejores decisiones sobre la gestión del mundo (Stevovic y Nestorovic, 2016).

A razón de la necesidad de estudiar las dinámicas, problemáticas y presiones sobre los recursos, se desarrolló la recolección de la información ambiental a través de los sistemas de información geográfica, usando metodologías y métodos que permitiesen la generación de información para toma de decisiones y planificación territorial (Bocco *et al.* 2010).

Para Colombia, la información ambiental ha sido gestionada a través de Sistema Nacional de Información Ambiental (SINA), que junto con las entidades que lo integran han desarrollado estrategias que permitan fortalecer las posibilidades de acceso, uso de los productos, servicios y veracidad de la información ambiental. Como ejemplo de gestión de la información a través de bases de datos cartográficas, se tienen el SIAC, Cecoldo, SIB Colombia, entre otras.

4.1.3.1 Determinantes Ambientales. El término determinante fue establecido por la Ley 388 de 1997, específicamente en su artículo 10º, el cual prevé que los municipios y distritos en la elaboración y adopción de sus Planes de Ordenamiento Territorial - POT deben tener en cuenta las “determinantes que constituyen normas de superior jerarquía en sus propios ámbitos de competencia” (MADS, 2016). Los determinantes indicados en el artículo 10 de la ley 38 de 1997 son los siguientes.

- Las relacionadas con la conservación y protección ambiental, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

- Las políticas, directrices y regulaciones sobre conservación, preservación y uso de las áreas inmuebles consideradas como patrimonio cultural, histórico, artístico y arquitectónico de la Nación y los departamentos.
- El señalamiento y localización de infraestructuras básicas relativas a la red vial nacional y regional, puertos y aeropuertos, sistemas de abastecimiento de agua, saneamiento y suministro de energía.
- Los componentes de ordenamiento territorial en los planes de desarrollo metropolitanos, en cuanto se refieran a hechos metropolitanos, así como objetivos y criterios definidos por las áreas metropolitanas.

Para esta monografía, el estudio se centra en las determinantes del numeral 1° del artículo 10 de la Ley 388 de 1997, sin detrimento de las determinantes no mencionadas y que corresponden a los numerales 2°, 3° y 4° de dicha ley.

Las Determinantes Ambientales no se limitan exclusivamente a definir áreas de conservación ambiental; su concepto es más amplio en la medida en que sirven de base para construir el modelo de ocupación territorial. Estas pueden generar diferentes grados de restricción al uso del suelo, desarrollo de actividades y aprovechamiento de los recursos naturales, bien sea como proveedores de servicios ecosistémicos o como receptores de emisiones y vertimientos. En consecuencia, las determinantes ambientales tienen doble función: ser elementos articuladores del territorio y ser orientadoras de los modelos de ocupación territorial de los municipios y distritos propendiendo por la sostenibilidad ambiental y por la reducción de conflictos socioambientales y territoriales asociados al uso y manejo de los recursos naturales (MADS, 2016). En la figura 4 se muestran los determinantes ambientales por eje temático de acuerdo a la clasificación establecida según la normatividad vigente.



Figura 4. Determinantes ambientales por eje temático.

Fuente: MADS, 2016

La mencionada Ley del 1997 refiere entonces, que en aquellas determinantes que hacen parte del medio natural, se debe tener en cuenta las normas, directrices y reglamentos que las entidades hayan establecido con relación a la conservación y protección del medio ambiente, además corresponsabiliza a los municipios, quienes deberán acogerse a dichos lineamientos para la elaboración y adopción de los POT, es así como esta ley puntualiza que para definir las áreas con “limitaciones derivadas del estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente exclusivamente a sus aspectos ambientales” se debe acoger a lo establecido por el SINA, respeto a las “áreas reserva, alindamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional; las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas” se deben las directrices, normas y reglamentos emitidos por las Corporaciones Autónomas Regionales de cada jurisdicción, las directrices que bajo las áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales y las reservas forestales nacionales rijan y por último los lineamientos sobre “prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales” las cual deben identificarse a partir de

la normatividad vigente ya que la ley no establece cual es la entidad que debe encargarse de definir los lineamientos respecto a este epígrafe (Moya, 2017). Es decir que estas determinantes ambientales son las que direccionan la planificación del territorio y para esto se han dispuesto de los SIG para mejorar su gestión.

4.1.4 La Gestión Ambiental con énfasis en el desarrollo de los SIG. A nivel mundial, los SIG cuentan con años de desarrollo, y son utilizados ampliamente en la gestión ambiental, para planificación y tomas de decisiones entorno del uso sostenible de los recursos naturales, de esta manera se han desarrollado diversidad de metodologías y modelos que han sido adaptado en Colombia, sin embargo a pesar que en el país se han realizado dichas adaptaciones y diferentes estrategias para implementar y organizar la información cartográfica aplicada a la información ambiental, aún quedan análisis e investigaciones por adelantar.

Algunas de las implementaciones y estrategias desarrolladas con los SIG en Colombia, y relacionadas con la información ambiental y territorial, son las descritas en la tabla 1, estas, han sido de gran éxito e impacto a nivel nacional, y son el resultado de la necesidad de precisión, estructura y gestión de datos ambientales para una mejor gestión.

Tabla 1. Sistemas de Información geográfica en Colombia

Sigla	Nombre
SIAC	Sistema de información Ambiental de Colombia
SIAT-AC	Sistema de información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana
IDEAM	Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
SIG-OT	Sistema de Información geográfica para la planeación y el ordenamiento Territorial)
SICA	Sistema Geo referenciado de Información Cafetera
GEOTHINKING	Tremarctos
ArcgisGAIA	Fundación GAIA
SITE	Sistema de información Territorial de Medellín
SIGPER	Sistemas de Información de Pereira
SINUPOT	Plan de Ordenamiento Territorial del Sinú
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
POTA	Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario
SIGSINAP	Sistema de información geográfica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas

CARTOANTIOQUIA Proyecto Cartografía de Antioquia "CartoAntioquia".

Fuente: Elaboración propia

Para la gestión de la información ambiental en Colombia, era necesario que esta fuera un eje articulador, y a su vez la base del diagnóstico del estado ambiental del País, (MA, 2002). Actualmente esta gestión se soporta por protocolos, metodologías, y normas que han permitido que la información se estandarice y mejore su veracidad, actividad que es misión del Sistema de Información Nacional, en donde se encuentra adscrito en grupo Sistema de información Ambiental SIA – resolución 0224 de 2005 (IDEAM, 2014), esta coordina las siguientes áreas estratégicas:

- Genera, documenta y gestiona la adopción de estándares, normas, lineamientos que garantiza a usuarios y productores de información la calidad, confiabilidad, interoperabilidad, uso y acceso de la misma.
- Dirigir y coordinar el Sistema de Información Ambiental ver Decreto 1600/94, e Implementar el Sistema de Información Ambiental para Colombia ver Decreto 1200/04, y ejercer la secretaria técnica, ver resolución 1484/13.

Figura 5. Gestión de información ambiental en Colombia.



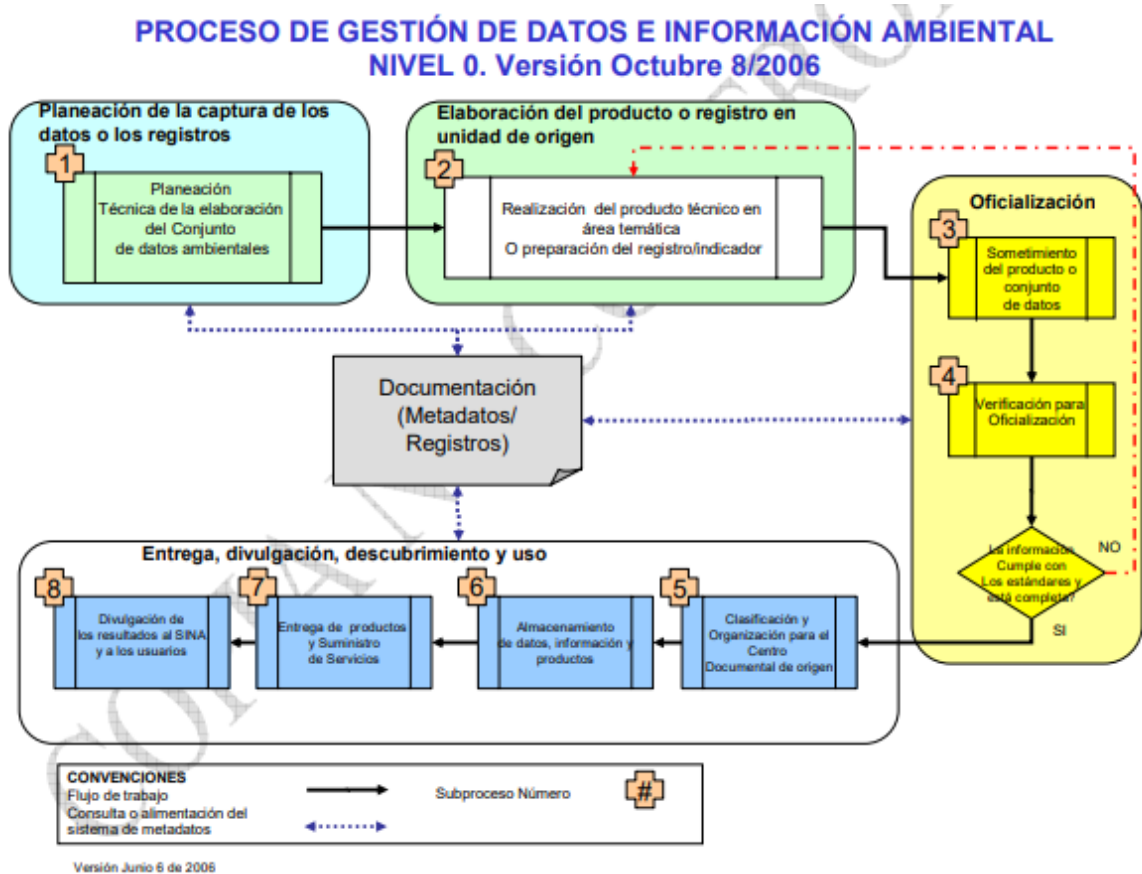
Fuente: IDEAM, 2014

- Sistematiza, regula y orienta las acciones de gestión y aplicación de las tecnologías espaciales de Observación de la Tierra en el marco de la Comisión Colombiana del Espacio – CCE, ver Decreto 2442 de 2006.

- El IDEAM es el punto focal para Colombia en la iniciativa mundial Group Earth Observation – GEO; cuyo trabajo es el de articular las acciones pertinentes ante esta instancia y establecer previa consulta y análisis con las entidades y sectores correspondientes, la posición nacional en los diferentes ámbitos de aplicación de esta iniciativa (IDEAM, 2014).

Para la Gestión de datos en Colombia, en 2006 se diseñó el protocolo base para la gestión de este tipo, con el objetivo de presentar Lineamientos de Política de Gestión de Información con las características, criterios y normatividad para el proceso de gestión de datos.

Figura 6. Proceso de Gestión de Datos e información ambiental para el SAVDT.



Fuente: MAVDT, 2006

A través de los años, la información requirió un manejo eficiente y adecuado de los datos, por lo cual se debió mejorar la planeación, la producción, la preservación, la integración, el acceso y la difusión de estos, con el fin de garantizar a usuarios y productores la calidad, confiabilidad, interoperabilidad, uso y acceso de la misma.

Por lo cual, el IDEAM expidió la Resolución 2367/2009 en la que se establece normas para la gestión de información misional en cumplimiento de los objetivos de proveer productos y servicios de información a la sociedad colombiana en los temas ambientales (IDEAM, 2014).

Figura 7. Resolución 2367/2009.



Fuente: IDEAM, 2014

Teniendo en cuenta lo anterior, en Colombia y el mundo crece la necesidad de desarrollar los SIG para mejorar la gestión ambiental del territorio con especial cuidado en los datos que entran al sistema, por lo cual se desarrolla una serie de normatividad y modelos que garanticen la eficacia.

4.2 NORMATIVIDAD

Para el desarrollo de la gestión ambiental a través de los SIG y de los determinantes ambientales que se desarrollan en la presente monografía, se presenta a continuación la normatividad relevante que se han desarrollado a través del tiempo en el país, las cuales permiten que actualmente se continúe ampliando tecnologías entorno a ellas.

4.2.1 Ley 99 de 1993. En desarrollo de lo dispuesto en la Constitución Política, la Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio de Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, define en su artículo 7º el ordenamiento ambiental territorial –OAT, como “la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible (MA, 2002).

De acuerdo con la mencionada Ley 99 de 1993, el objeto de las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, es la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables en lo relacionado con su administración, manejo y aprovechamiento. Así, las corporaciones son las encargadas de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente (MA, 2002).

4.2.2 Ley 388 de 1997. Esta Ley 388 de 1997 fijó los objetivos, principios y fines del ordenamiento territorial que rigen las actuaciones de las autoridades municipales y distritales para alcanzar el objeto del ordenamiento del territorio, esto es, complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible en los términos de los artículos 1º, 2º, 3º y 6º de la mencionada ley.

La Ley 388 de 1997 define la exigencia de que todo municipio colombiano debe formar un expediente urbano, como se expone a continuación:

"Artículo 112. Expediente urbano. Con el objeto de contar con un sistema de información urbano que sustente los diagnósticos y la definición de políticas, así como la formulación de planes, programas y proyectos de ordenamiento espacial del territorio por parte de los diferentes niveles territoriales, los municipios y distritos

deberán organizar un expediente urbano, conformado por documentos, planos e información georreferenciada, acerca de su organización territorial y urbana".

Este es un asunto que aún no ha sido encarado por los municipios en general, pero que le da contexto a la exigencia de la misma ley de elaborar un POT; no solo se exige la elaboración de un documento específico, una instantánea del municipio en el 2000, sino que se pretende que el municipio concentre y utilice de modo efectivo la información necesaria para la planificación. El expediente urbano debe verse necesariamente como un sistema en el cual se ingresa la información de las múltiples fuentes existentes y se le da coherencia, y no como una tarea más o una serie de documentos recogidos en un momento dado para cumplir una norma. Una visión como ésta, aparte de convertirse en una carga más para los funcionarios municipales, refleja momentos particulares del municipio y no su historia (MA, 2002).

4.2.3 Artículo 66 CRNR. Artículo 66, que se encuentra en el Código Nacional de los Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente, en donde se dispone que "se organizarán servicios de representación cartográfica de los objetos sobre los cuales recaigan los derechos determinados en el Capítulo precedente, y de los recursos naturales renovables de dominio público, por especies de recursos y por regiones."

4.2.4 Proyecto Colectivo Ambiental. El Proyecto Colectivo Ambiental dispone realizar "...un esfuerzo significativo por integrar y unificar la información básica y aplicada disponible, escrita, estadística y cartográfica, entre los sectores público, privado y comunitario, con el fin de apoyar la toma de decisiones a nivel regional y local y establecer y difundir una línea base sobre el estado de los recursos naturales y la gestión ambiental, centrada en el recurso agua. Con esta línea base se establecerá un sistema dinámico y participativo, estructurado a partir de los institutos de investigación del SINA, que asocie los procesos de investigación, comunicación y formación, y garantice que la información esté disponible en forma oportuna y didáctica en los ámbitos municipal, regional, nacional y sectorial, para uso y alimentación permanente por parte de los actores sociales e institucionales interesados..." (MA, 2000)

El Artículo 1 del Decreto 48 de 2001, dispuso que "El proceso de planificación ambiental trasciende los límites de la jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales, conformando lo que en adelante se denominarán Regiones de Concertación SINA. Con ellas se busca garantizar la coherencia y articulación entre los distintos procesos de ordenamiento, planificación y gestión ambiental, además de armonizar criterios para el manejo y administración de sus recursos naturales. Al interior de estas regiones se identificarán y priorizarán áreas de carácter subregional y local que se denominarán Ecorregiones Estratégicas, las cuales se constituyen en prioridades para la gestión ambiental colectiva."

El Artículo 12 de la Ley 57 de 1985 preceptúa que "toda persona tiene derecho a consultar los documentos que reposen en las oficinas públicas y a que se le expida

copia de los mismos, siempre que dichos documentos no tengan carácter reservado conforme a la Constitución o la ley, o no hagan relación a la defensa o seguridad nacional”.

4.2.5 Decreto 1076 del 2015. El decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, es una compilación de las normas expedidas por el Gobierno Nacional en cabeza del presidente de la República, en ejercicio de las facultades reglamentarias otorgadas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política.

La pretensión de esta iniciativa es recoger en un solo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta la fecha, que desarrollan las leyes en materia ambiental. Teniendo en cuenta esta finalidad este decreto no contiene ninguna disposición nueva, ni modifica las existentes

4.2.5 Resolución 1402 de 2018. Resolución 1402 de 25 de julio de 2018 por la cual se adopta la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales y se toman otras determinaciones.

Dentro de esta metodología desarrollada por el ANLA, se solicita presentar la información con el cumplimiento de unos mínimos técnicos así:

- Metadatos: de conformidad con el artículo 30 del Decreto 2609 de 2012, Norma Técnica Colombiana NTC-4611.
- Base de datos: de conformidad con el modelo de datos geográficos de la resolución No 2182 de 2016.
- Diccionario de datos. De conformidad con la guía del ANLA 2016
- Documento Word. De conformidad con la guía del ANLA 2016.

4.3 MODELOS DE DATOS

Para el desarrollo de este apartado es necesario establecer la diferencia entre información y datos, definiciones relevantes en SIG y que caracterizamos de la siguiente manera:

- Según Barteleme (2012), los datos son lo que se almacena y se transporta, como cadenas de caracteres o píxeles, o estructuras definidas en esto, y la información es un resultado de la interpretación cuando visualización o análisis de datos.
- Geodatos, es un tipo particular de base de datos diseñada para almacenar, buscar y recuperar geodatos o atributos geográficos Los sistemas actuales pueden utilizar una geobase de datos para almacenar la ubicación de los objetos del mundo

real (archivos vectoriales y ráster) y otra para almacenar los atributos asociados a los geodatos. La mayoría de las geobases de datos proveen funciones especializadas que permiten realizar búsquedas geoespaciales utilizando el lenguaje SQL (Structured Query Language o Lenguaje Estructurado de Consultas), diseñado especialmente para los Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales (SGBDR) (Falla, 2012).

4.3.1 Definición. El término modelo ampliamente desarrollado y definido, recientemente y para este trabajo hacemos referencia a un procedimiento numérico (a menudo implementado en un programa de computadora) que simula el comportamiento de un sistema ambiental, por ejemplo, resolviendo un conjunto de ecuaciones algebraicas (modelo estático) o integrando ecuaciones diferenciales sobre un Dominio espacio-temporal (modelo dinámico). Llamamos factor de entrada a cualquier elemento que se pueda cambiar antes de la ejecución del modelo y a la salida. Una variable que se obtiene después de la ejecución del modelo. Ejemplos de factores de entrada son los parámetros que aparecen en las ecuaciones del modelo, los estados iniciales, las condiciones de contorno o los datos de forzado de entrada de un modelo dinámico; así como factores no numéricos como las propias ecuaciones del modelo o, en el caso de modelos dinámicos, la resolución de la cuadrícula de tiempo / espacial para la integración numérica. Para modelos dinámicos, el término 'salida' generalmente no se refiere al rango completo de variables temporales y espaciales producidas por la simulación del modelo, sino a una variable de resumen que se obtiene mediante una función escalar de la serie de tiempo simulada (Pianosi *et al.* 2016).

Un modelo representa la simplificación de la realidad compleja y fragmentada, siendo su nivel de detalle consecuente con los objetivos y la precisión del estudio, la disponibilidad de datos básicos y el conocimiento disponible para establecer las reglas necesarias de representación. (Dumanski y Onofrei, 1989).

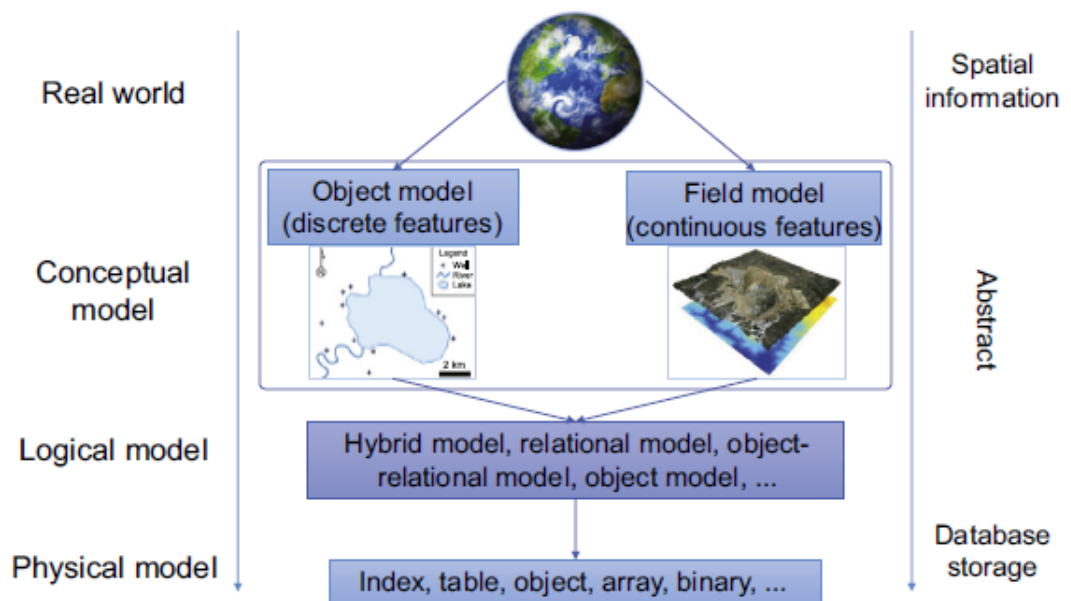
Un “modelo de datos” proporciona a los diferentes usuarios un mayor entendimiento y punto de referencia de la realidad. Para desarrolladores, un modelo de datos es el medio para representar el campo de aplicación en términos que puede ser trasladado al diseño y la implementación de un sistema. Para los usuarios esto proporciona la descripción de la estructura del sistema independiente de los ítems específicos de datos y detalles de una aplicación en particular (Worboys, 1995).

Un modelo es una abstracción de la realidad. Es una descripción formal de los elementos más esenciales de un problema. Debido que estos elementos constituyen un sistema, el modelo se puede considerar como una descripción formal de un sistema de interés. (Grant, 2001).

4.3.2 Tipos modelos. Los modelos de datos se pueden clasificar como modelos conceptuales, modelos lógicos y modelos físicos según sus usos previstos (Date, 2003).

Los modelos conceptuales, que también se denominan modelos de información, modelan información del mundo real desde la perspectiva de los usuarios y se utilizan principalmente durante la etapa de diseño de la base de datos. Los modelos lógicos organizan los datos desde la perspectiva de los sistemas informáticos y se utilizan principalmente durante la etapa de implementación de DBMS. Adicional, también se encuentran los modelos jerárquicos y los modelos de red son ampliamente empleados lógicamente en las bases de datos de primera generación. Los modelos jerárquicos se basan en la estructura de árbol y los modelos de red se basan en un gráfico. De los modelos más usados están los relacionales, propuestos por E.F. Codd en 1970, sientan las bases de las bases de datos de segunda generación, desde entonces, han predominado en el mercado de bases de datos. Y Los modelos físicos son abstracciones de datos en el nivel más bajo y describen los aspectos físicos Modo de almacenamiento y método de acceso en el sistema informático interno (Yue y Tan, 2018).

Figura 8. Proceso de entrada de la información espacial en el almacenamiento de la base de datos



Fuente: Yue y Tan, 2018

4.3.3 Diseño de GeodataBase. Por lo general las bases de datos con atributos geográficos, funcionan de la siguiente manera: cada relación puede visualizarse como una tabla que está compuesta por registros (filas de una tabla) y campos (columnas de una tabla). Algunos programas de SIG diseñados para trabajar con bases de datos menos complejas y de menor tamaño (como ArcView, GvSig e ILWIS) usan archivos planos o tablas (e.g. Dbase) para almacenar los atributos de los elementos geométricos (Falla, 2012).

Para el diseño de estas bases de datos, se presenta el siguiente diseño de acuerdo a Castro *et al* (2017).

- **Diseño Conceptual- Modelo Entidad Relación.** En donde en este punto se realiza a la identificación de entidades (objetos de estudios) y sus atributos; una vez surtida esta etapa se identifican los vínculos o relaciones directas existentes entre sí.
- **Diseño Lógico o Modelo Relacional.** se selecciona el modelo de datos en el que se van a realizar las operaciones de estructuración de los datos, de actualización y de consulta. Este diseño es independiente del Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD), que cual incluye el repositorio de datos, es decir, donde se implementará la persistencia de datos.
- **Diseño físico.** para el tipo de diseño físico a emplear depende del SGBD a utilizar presentando varias opciones entre esas: FileGeodatabase, Oracle y SqlServer; La más empleada es para el caso de una base de datos espacial que será estructurada, actualizada y consultada desde Arcgis 10.x. El manejo de los datos espaciales obedece a un modelo objeto-relacional, es decir, una base de datos relacional a la que se le implementan características del paradigma orientado a objetos.

4.3.4 Estudios. Durante la revisión bibliográfica se recuperaron artículos que corresponden a estrategias para la gestión de datos geográficos, enfrentando varios desafíos, incluidos la aplicación en tiempo real, el almacenamiento de grandes volúmenes de información y la dificultad en las consultas. Una de esas estrategias, corresponde a SUMATRA, estrategia planteada por Apicce *et al.* (2014) y plantea un modelo de datos que permite el conteo de estos, para así procesar el flujo de ingreso de datos, segmentando el flujo en ventanas, y calcula los resúmenes ventana por ventana mejorando la precisión y la eficiencia de los datos de consulta espacio-tiempo del sensor. De igual forma en Stevovi, y Nestorovi (2018) se diseña base de datos, que sea aplicable para análisis, pronóstico y toma de decisiones sobre actividades y objetivos relacionados con la ingeniería hidráulica, así como el error de modelado GIS. Además, se recuperó un artículo en donde Zhang *et al* (2016) plantea un modelo de datos para sistemas de información tri dimensional (*3D GIS*), en esta se planea que los modelos de datos GIS3D sufren incompatibilidad con datos y en general cierta insuficiencia en la representación de datos, dificultando cumplir con los requisitos de los usuarios, por lo cual ellos usan expresiones discretas y presentan nuevos tipos de representación para la creación de un modelo de datos heterogéneo y funcional, permitiendo la reutilización de datos primarios y la vinculación del SIG estático con el SIG dinámico.

Para Colombia se revisa el estudio realizado por Martinez (2011) en donde se diseña un modelo de datos geográficos para la gestión empresarial caso de estudio empresa de acueductos aguas capital, el cual responde a las necesidades de integración de los datos que cada área funcional de la empresa produce y

estructurándola en una sola, permitiendo representar las relaciones operativas y técnicas que una empresa de acueducto mantiene en su interior para responder a las necesidades del negocio. En el 2016, el ANLA publica la *Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos*, mediante la Resolución 2182 de 2016, en esta guía se presenta una consolidación del modelo de datos tal como se muestra en la Figura 9.

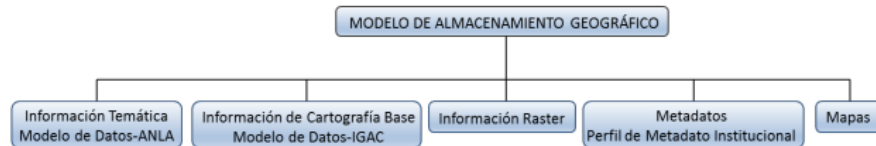


Figura 9. Modelo de almacenamiento geográfico

Fuente: ANLA 2016.

Este modelo de datos, incluye unos datos de información temática, la cual reagrupa información de cada temática técnica, geográfica y cartográfica, para el modelo de datos base, se incluye los datos obtenidos de las fuentes tal como IGAC, SGC, IDEAM, INVEMAR, MADS, entre otras, con el objeto de armonizar y estandarizar el conjunto de datos. De esta forma se reduce la redundancia de los datos.

De nuestro interés, son aquellas modificaciones que sufrió el modelo en la inclusión de la información biótica, y de determinantes ambientales tal como se muestra en la figura 10 y 11.

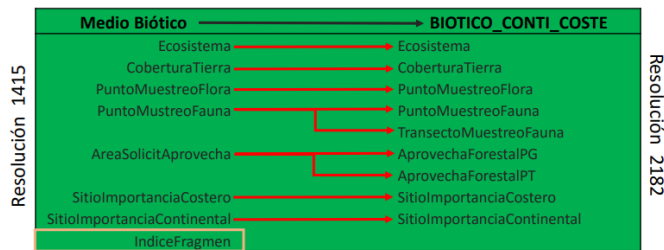


Figura 10. Información Biótica, continental y costera.

Fuente: ANLA 2016.



Figura 11. Estructura de GDB para determinantes ambientales
Fuente: ANLA 2016.

Para estas temáticas se crearon capas y se estructuró la GDB, de tal forma, que esta permitiera obtener en la salida cartográfica la recopilación de la información base, siendo esto un avance en la gestión de la información para el país, sin embargo aún al presentar la información de la anterior forma, para las determinantes ambientales, no permite conocer los datos de entrada, pudiendo generar errores en el momento de generarse traslape de los polígonos, por lo cual es necesario presentar un modelo que permita mejorar la gestión y manejo de estos datos origen.

4.4 TENDENCIAS DE DESARROLLO TERRITORIAL QUE MODIFICAN LOS GEODATOS Y LA GESTIÓN AMBIENTAL

Maza (2018) desde su análisis de la evolución de la cartografía, menciona que dentro los procesos de la evolución cartográfica se debe tener en cuenta la incorporación de los avances y procesos tecnológicos que sufre el territorio, resaltando la importancia de la georreferenciación de estos procesos en un Sistema de coordenadas.

Echeverría, y Perea (2018), debe ser un propósito el reconocimiento de proyectos que se vienen ejecutando o que se pretendan ejecutar en las áreas o zonas de estudios, para Colombia el título VIII de la Ley 99 de 1993, menciona que aquellas obras proyectos que se vengán realizando en el territorio están sujetos al régimen de licenciamiento ambiental. Es de resaltar que cuando se hace referencia al régimen de licenciamiento se hace referencia, no solo aquellos proyectos, obras o actividades que tienen dicho instrumento de manejo y control ambiental, sino que además nos referimos aquellos que en virtud de los regímenes de transición del título poseen un instrumento equivalente como es el caso del mencionado planes de manejo ambiental.

Así las cosas, aquellas áreas que se encuentren espacializadas como proyectos futuros y cuenten con licencias ambientales o un instrumento equivalente son necesarias incorporarlas en la gestión ambiental de un territorio, pues si bien, no se han desarrollado físicamente, en el escenario tendencial modifica e impacta el territorio.

De igual forma, dependiendo de la gestión que se pretenda realizar, será necesario tener en cuenta, indicadores de línea base del territorio, tales como índice de Aridez (IA), Índice de Uso de Agua Superficial (IUA), entre otros, dado que con estos índices se puede estimar la tendencia respecto a suficiencia o insuficiencia de algún recurso o sostenimiento de un ecosistema, el cual puede verse afectado por la variación climática.

5. DISEÑO MODELO DE DATOS

5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de estudio: descriptivo Modelo de datos concurrentes para la gestión de determinantes ambientales.

5.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Determinantes ambientales del Medio Natural.

5.3 MÉTODOS

- Se realiza rastreo documental Las bases de datos utilizadas para la búsqueda de proyectos de investigación fueron Bio One, Dialnet, Current Contents, Springer, Elsevier, Scopus, Scielo. Para esto, se tuvo en cuenta la terminología referente a sistemas de información, en la tabla 2 muestra los patrones de búsqueda utilizados.

Tabla 2. Rastreo Documental

Principales
Sistema de información geográfica
Bases de datos geográficas
Gestión ambiental
Determinantes ambientales
Secundarias
Datos geográficos
Geo información
Servidor de geodatos
Cartografía

- Con el fin de gestionar la búsqueda, se establecieron ecuaciones, las cuales permitieron la recuperación de manera fácil y ordenada, se establecieron palabras claves normalizadas para facilitar la recuperación de la información y evitar las confusiones con otras disciplinas. Estas fueron:

Ecuaciones de búsqueda:

1. (“sistema de información geográfica” OR “Bases de datos” OR Geodatos)
AND determinantes ambientales

2. “Bases de datos” AND (geoinformación OR “datos geográficos”) AND “servidor de geodatos” AND (“gestión ambiental” OR “determinantes ambientales”)
3. “Sistema de información” AND “datos geográficos” AND cartografía
4. “information system” AND “environmental management”

- Para la selección de los artículos, se establecieron dos criterios para determinar la relevancia de los mismos: inclusión y exclusión. El primer término hace referencia a trabajos que se centran en sistemas de información y propuestas de modelos de datos, mientras que el segundo término hace referencia a los trabajos que no contengan modelos de datos pero se refieran a cartografía y determinantes ambientales.
- Una vez revisado y seleccionado los artículos, estos son incorporados en el cuerpo del documento, soportando y actualizando la información al respecto y aquellos que fueron innovadores se realiza una breve descripción y análisis de ellos.
- Diseño de propuesta de modelo de base de datos concurrentes para determinantes ambientales, en este se plantea modelo entidad relación con variables establecidas según análisis de la información recopilada y las tendencias de desarrollo que puedan afectar dichas bases de datos y además se plantea una propuesta del modelo físico para la gestión de dicha base.

5.4 PROPUESTA MODELO DE DATOS CONCURRENTES PARA DETERMIANTES AMBIENTALES

La geodatabase se estructura con el fin de generar un almacenamiento de datos de forma organizada de los determinantes ambientales que se tienen para un territorio específico, los cuales, son insumo para la gestión ambiental del mismo. La redundancia de datos es una de las complejidades en el momento de generar una consulta específica sobre la información cartográfica que puede tener una entidad territorial, es por esto, que se pretende anular esta posibilidad de datos repetidos seleccionando las entidades necesarias y organizándolas en una Geodatabase, para así tener mayor control y capacidad de manipulación al momento de realizar consultas que requieren esta información.

Este tipo de consultas son generalmente para la viabilidad ambiental de algún proyecto específico que puede generar cualquier usuario, instituciones de tipo público o privado, entidades territoriales de los diferentes niveles y entre otros. Es por esto, que las consultas se generan a partir de un dato de entrada que puede ser punto, línea o polígono, cuyo fin es verificar espacialmente si existe algún determinante ambiental que se intercepte con dicha entidad. Es aquí donde radica la importancia de la organización de este tipo de datos, a partir de esta relación de

objetos reduzco los datos a utilizar para generar resultados a partir de la consulta por atributos.

A continuación, se enuncia el contenido de la geodatabase:

Data Frame	Feature Class
Areas_importancia_ambiental	Areas_Complementarias_conservacion Paramos_zonificacion Recarga_aguiferos Titulos colectivos Resguardos indígenas
Areas_SINAP	Area_Sinap
Derivadas_Ley_2_1959	Reservas_forestales
Estrategias_conservacion	Patrimonio_mundial RAMSAR Reserva_Biosfera
Instrumentos_planificacion	POMCAs_zoniambiental POMCAs_ZoniAmenazaAveTorren POMCAs_ZoniAmenazaIncen POMCAs_ZoniAmenazaInund POMCAs_ZoniAmenazaMovMasa POT_AreasExpansion POT_Rondahidrica POT_usosuelo
Licencias_ambientales	Hidroelectricas Mineria PCHs Puertos Vias

Los determinantes ambientales en las normatividad colombiana han sido definidos y/o citados en varias leyes y decretos mencionados con anterioridad, (la ley 388 de 1197, Decreto 3600 de 2007, Decreto 097 de 2006 y Decreto 4066 de 2008, Decreto 1069 de 2009, Decreto 2372 de 2010, Decreto 1640 de 2012 y Decreto 1120 de 2013), sin embargo es solo hasta la inclusión en la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de cuencas POMCAS, en donde se las incorpora a estas como una salida cartográfica de Áreas y Ecosistemas Estratégicos, donde se citan y clasifican las áreas referidas para incluir en la categoría de ordenación de conservación y protección ambiental, Jara (2017) precisa que el no haberse presentado esta síntesis e inclusión en documentos anteriores pudo causar falencias en su identificación y por tanto en la inclusión en instrumentos de planificación como determinantes ambientales. Por tal razón, se hace necesario el estudio y mejora de la base de datos para mejorar su gestión.

Como continuación de la propuesta, se indica que existe información que es específica de los municipios, por ello parte de la consulta debe ser el municipio o los municipios en los que se ubica el dato.

En la figura 12, se observa que el objeto que puede ser un proyecto específico o una solicitud de algún permiso ambiental entre otros, es la entidad principal para las relaciones y vínculos con las demás entidades y atributos, este modelo se estructura teniendo en cuenta el especial cuidado que se debe tener con los datos de entrada al sistema, y evitar la redundancia y errores por desconocimiento de los datos origen.

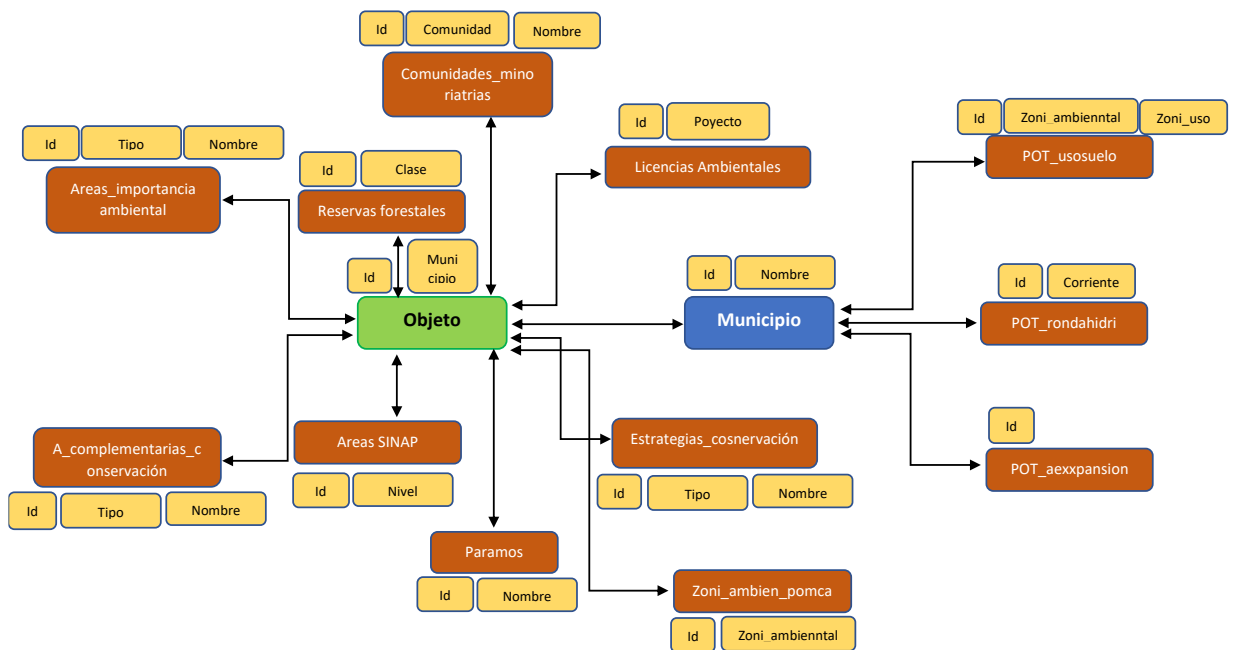


Figura 12. Propuesta Modelo conceptual de datos concurrentes para determinantes ambientales

Fuente: Propia

También se propone una estructura de modelo de datos, para esto, se presenta a continuación un paso a paso de la construcción del mismo.

1. Para generar un nuevo feature Class, Feature Dataset o nueva tabla, se debe hacer click derecho en la geodatabase, elegir la opción 'New' y crear el archivo nuevo deseado.

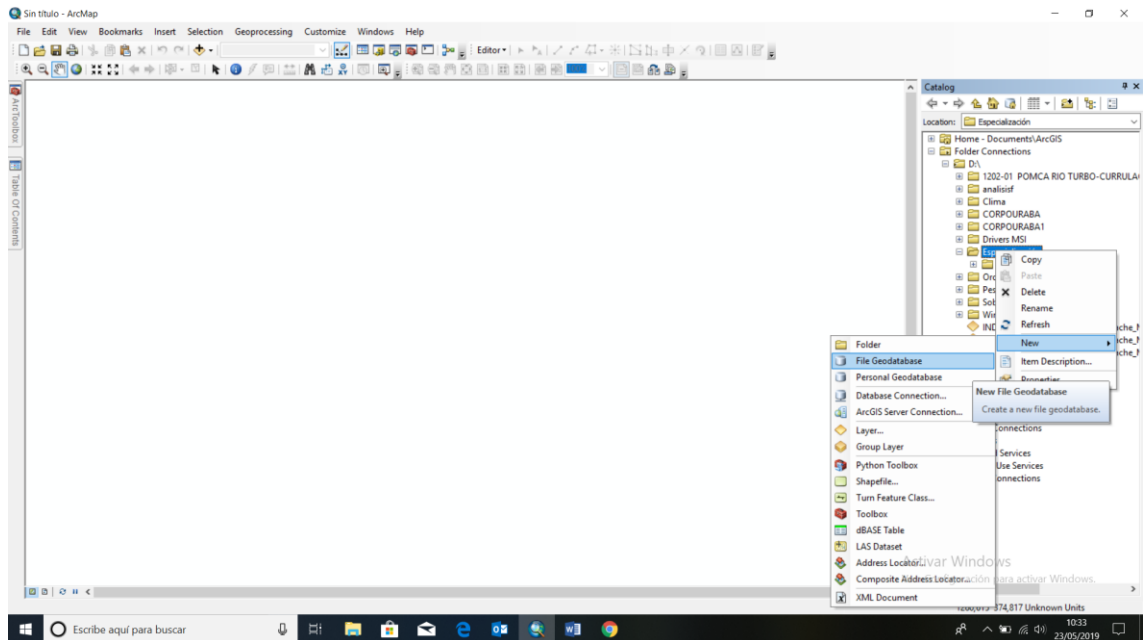


Figura 13. Propuesta Modelo físico de datos concurrentes para determinantes ambientales, paso 1.

Fuente: Propia

2. Se genera un Feature Dataset

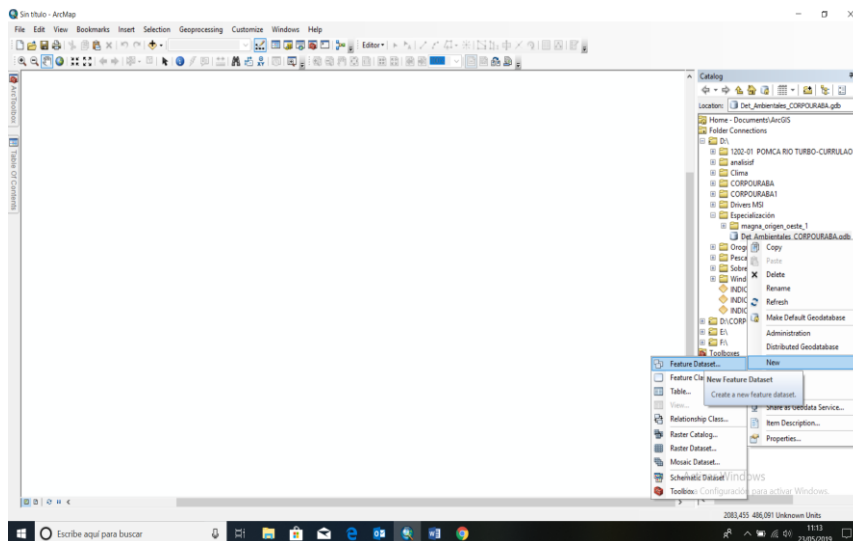


Figura 14. Propuesta Modelo físico de datos concurrentes para determinantes ambientales, paso 2.

Fuente: Propia

En la generación del Feature Dataset, se generan varias ventanas entre esas la de mayor importancia es aquella en la que se selecciona el sistema de coordenadas.

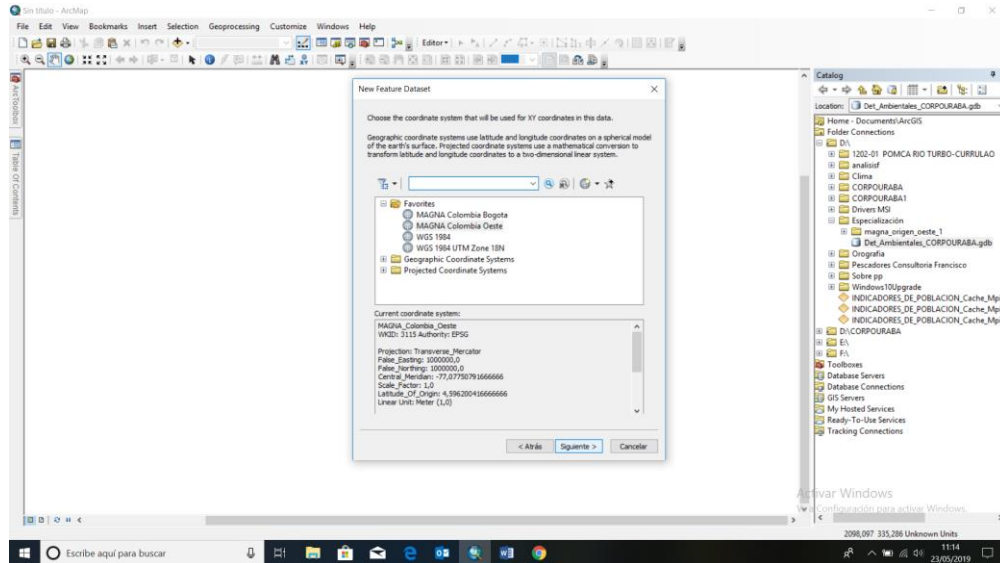


Figura 15. Propuesta Modelo físico de datos concurrentes para determinantes ambientales, paso 2a.

Fuente: Propia

3. Se genera los Feature Class.

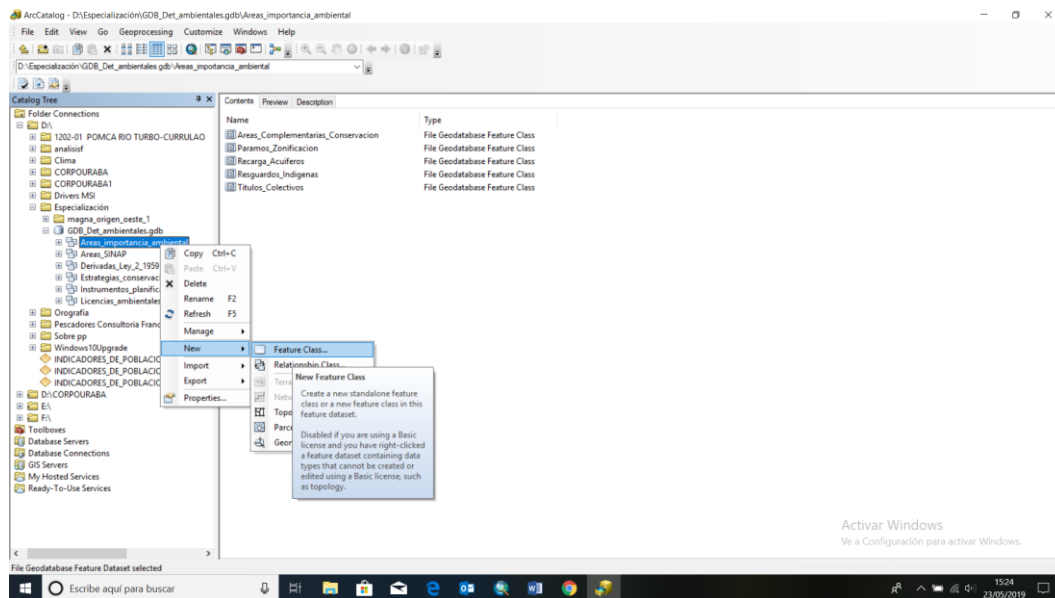


Figura 16. Propuesta Modelo físico de datos concurrentes para determinantes ambientales, paso 3.

Fuente: Propia

4. Propuesta de GDB

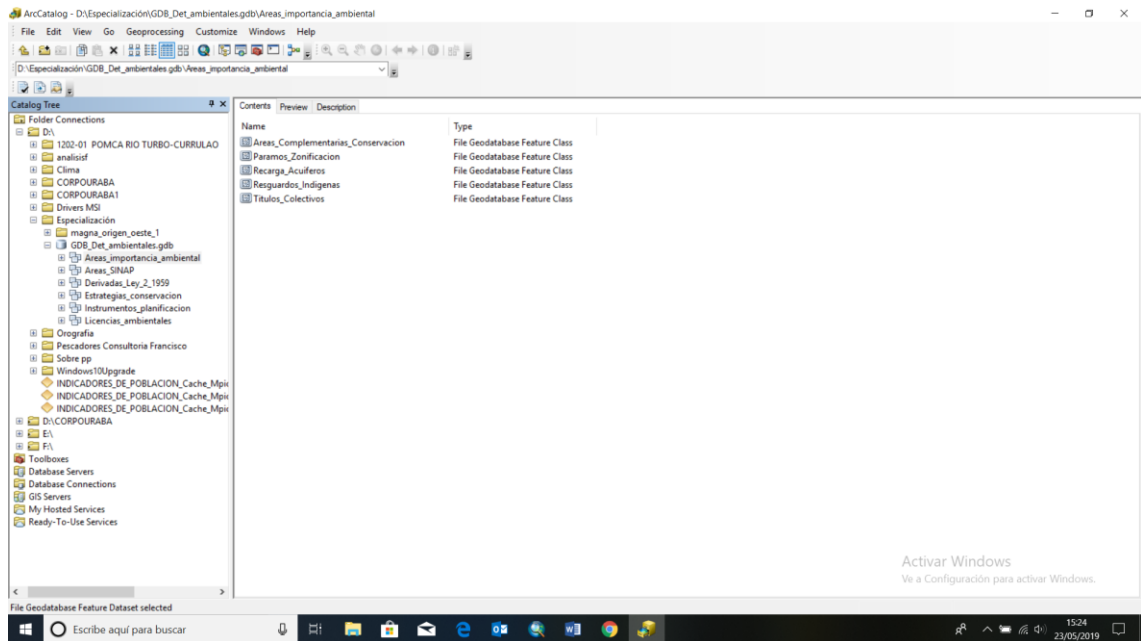


Figura 17. Propuesta Modelo físico de datos concurrentes para determinantes ambientales, paso 4.

Fuente: Propia

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizada la línea base geoambiental actual para los determinantes ambientales en Colombia, nos indica que aún hace falta estudios que profundicen en el contexto de las bases de datos, puesto que el modelo de la información es un factor que determina la utilidad y calidad de la base y por ende la utilidad y acceso a la información.

De acuerdo al régimen legal ambiental en Colombia relacionado con las determinantes ambientales y sus geodatos asociados, estos se encuentran estandarizados de acuerdo a la guía del ANLA (2016) y sus respectivas modificaciones de igual forma, cada autoridad ambiental, de acuerdo a sus necesidades y características del territorio establece y determina como gestionar sus determinantes ambientales.

Analizada las tendencias de desarrollo territorial que puedan modificar los geodatos y condicionan la gestión ambiental de la base de datos, es necesario incluir en la gestión los escenarios tendenciales, y aquellos que aunque aún no se encuentren en desarrollo, cuenten con licenciamiento ambiental, puesto que esto, generara mejores gestiones y análisis de la información ambiental y de la gestión de los datos.

La integración adecuada de los datos que son determinantes ambientales para una jurisdicción para una empresa, conduce a procesos ágiles y seguros que evitan gran parte de la duplicidad de la información en la empresa, que podría darse en el caso de técnicos con informaciones aisladas, evitando, así, errores consecuencia de la redundancia de datos.

El modelo de datos propuestos, es un avance en la consulta y uso de los datos e información referente a los determinantes ambientales, permitiendo conocer los datos origen, que en la gran mayoría generan errores y permitiendo una mejor armonización de dicho instrumentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez N., Gómez J. (2006). *Sistema de Información Geográfico en la Unidad de Parques Naturales*. Estado del arte. 5 p.
- Amankwah-Amoah y Adomako. (2018). *Bases De Datos Objeto-Relacionales. Un sistema de gestión de pedidos*.
- Appice A., Ciampi A., Fumarola F., Malerba D. (2014). *Geodata Stream Summarization*. En: Técnicas de minería de datos en redes de sensores. SpringerBriefs in Computer Science. Springer, Londres.
- ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales. (2017). Equipo de Geomática. *Manual para la publicación de Servicios en el visor sigweb*. Versión: 2 Código: GI-M-4. 30 p.
- ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales. (2016). Equipo de Geomática. *Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos*. 61 p.
- Bartelme, N., (2012). *Geographic In 6. Geographic Information Systems*.
- Bocco G., Urquijo P.S., Vieyra. (2010). *Geografía y ambiente en América Latina*. 1ª ed. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA).
- Bocco *et al.* (2010). La Cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. ed. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA).
- Boştenaru Dan M., Crăciun C., (eds.). (2016). *Space and Time Visualisation*. Romanía: Springer International Publishing.pdf. 1096 p.
- Burítica Macías D.C., (s.f.). *Diseño de la base de datos para la sistematización del material educativo de la unidad de educación alimentaria nutricional del centro de orientación nutricional y alimentaria, Cona*. Trabajo de Grado Nutricionista Dietista Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 34 p.
- Capacho Portilla J.R., Nieto Bernal, W. – (2009). *Diseño de bases de datos*. Disponible en Google Libros.html.
- Castro, Carlos., Garcés, Helena., Arias, Beatriz., Martínez, Yuliana., Vanegas, Claudia., Arias Muñoz, Carolina., Zapata, Oscar., Valencia Hernández,

Germán., Giraldo Ocampo, Julia., Aristizabal Niño, Nixon., Valdes, Juan., Londoño, Ciro Libardo., Escobar, John., Álvarez, Horfan., Jiménez, Tafur., Gómez Colorado, Oscar., Orozco, Jhon., Cañón Barriga, Julio., Betancourt Lozano, Carlos., Mira, Sergio. (2017). *Geoinformática aplicada con Aprendizaje Basado en Problemas*. 10.5281/zenodo.2613952.

Date, J. (2003). *An introduction to database systems*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Dueker, (1979). *Geographic Information Systems: Research Issues*. Center for Urban Studies Publications and Reports. Paper 45. Disponible en Internet: http://pdxscholar.library.pdx.edu/cus_pubs/45

Dumanski, J. Onofrei, C. (1989). Techniques of crop yield assessment for agricultural land evaluation. *Soil Use Manag.* 5(1): 9-16

Echeverria, E., Perea Castaño, E., (2018). *Architectural draughtsmanship. From Analog to Digital Narratives*. Alcalá de Henares, Spain; Springer International Publishing AG. 1713 p.

Falla Gamboa, J. (2012). *Datos y Geodatos. GeoInformación a su alcance. Software de SIG*. 47 p.

García Ruiz L.A., Otálvaro Arango D.M., (2009). *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la Gestión en organizaciones ambientales*. Monografía Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática, Universidad de Antioquía, Medellín. 105 p.

Grant, R. (2010). *Contemporary Strategy Analysis*. 7th ed, Wiley, Chichester.

Grueau, C., Laurini, R., Rocha J. (2016). *Communications in Computer and Information Science 741. Geographical Information Systems Theory*. Second International Conference, GISTAM. Revised Selected Paper - Springer: Rome, Italy. 190 p.

Goodchild, M. (2018). *Big Geodata*. University of California, Santa Barbara, CA, United States. Elsevier Inc. All rights reserved

ICDE, Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. (2019). *¿Quiénes somos? Línea de tiempo*. Disponible en Internet: <http://www.icde.org.co/quienes-somos/lineadetiempo>

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Gestión de Información Ambiental. Ecosistemas*. Disponible en Internet: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/gestion-datos-informacion>

- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Ecosistemas. Gestión de la información ambiental.*
- Iniesto M., Núñez A., (2014). *Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN). DOI: 10.7419/162.12.2014. Madrid. 418 P.*
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2002). *Participación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la Primera Actualización de la NTC 4611 - Metadatos geográficos.* Norma Técnica Colombia de Metadatos Geográficos.
- Jafari J., Xiao H., (eds). (2016). *Encyclopedia of Tourism.* Switzerland: Springer International Publishing pdf. 1096 p.
- Jara Céspedes C.F., (2017). *Los determinantes ambientales y su efecto en la planificación del territorio.* Trabajo de Grado Especialización en Gestión Territorial y Avalúos, Universidad Santo Tomás, Bogotá. 37 p.
- Johansen, O. (1998). *Introducción a la Teoría General de Sistemas* (1a. Ed.). México: Limusa/Noriega.
- López, M. O. (2006). *Revisión, evaluación y documentación de las experiencias internacionales y nacionales desarrolladas en torno al diseño y la construcción de indicadores ambientales.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 114 pp.
- Lo, C., Yeung, A. (2007). *Concepts and techniques of geographic information systems.* 2 Ed. New Delhi. 2007. Prentice-Hall. 532 p
- MA, Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Política Nacional De Educación Ambiental SINA.* Bogotá.
- MA, Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Conceptos, Definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Tomo 1. Sistema de información ambiental.*
- Mahmood, Z., Ramayah, T., Saeed, S. (2017). *User Centric E-government Challenges and Opportunities.* pdf. New York Inc: Series Editors: Ramesh Sharda · Stefan Voß. Springer-Verlag. 258 p.
- Martínez Ospina D., (2010). *Diseño de un modelo de datos geográficos para la gestión empresarial. Caso de estudio: Aguas Kapital Bogotá S.A. Esp.*

Empresa de acueducto. Trabajo de Grado. Maestría en Geomática, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 65 p.

MAVDT, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. (2006). Protocolo Gestión Información PGI. pdf Disponible en Internet. http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/home/PDF/1400_GI_43_01_PRO_TOCOLO_GESTION_INFORMACION_PGI.pdf

Mayr Maldonado J. (2002). *Sistema de información ambiental de Colombia. SIAG. Tomo 1. Conceptos, Definiciones e Instrumentos de la Información Ambiental de Colombia.* Colombia: Trade Link Ltda. 295 p.

Maza Vázquez F. (2018). *La evolución de la cartografía y la georeferencia.* Castaño Perea E., Echeverría Valiente E. (eds) Drenaje arquitectónico. EGA 2016. Springer, Cham

Mendoza Rodríguez T. (2015). *Documento con la base de datos e información cartográfica de figuras de protección (áreas protegidas) asociadas a humedales, pertinentes para su identificación y caracterización.* Bogotá: Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación. 25 p.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Sistema de Información Ambiental Colombiano – SIAC.* Disponible en Internet <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=136:plantilla-areas-tecnologias-de-la-informacion-y-la-comunicacion-7>. Bogotá.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Orientaciones A Las Autoridades Ambientales Para La Definición Y Actualización De Las Determinantes Ambientales Y Su Incorporación En Los Planes De Ordenamiento Territorial Municipal Y Distrital.* Dirección General De Ordenamiento Ambiental Territorial Y Coordinación del SINA Grupo De Ordenamiento Ambiental Territorial. Disponible en Internet [http://www.minambiente.gov.co/images/OrdenamientoAmbientaITerritorialYCoordinaciondelSIN/pdf/Orientaciones para la definicion y actualiza de las Det Amb.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/OrdenamientoAmbientaITerritorialYCoordinaciondelSIN/pdf/Orientaciones_para_la_definicion_y_actualiza_de_las_Det_Amb.pdf)

Molina A.M., López L.F., Villegas G.I., (2005). *Los Sistemas De Información Geográfica (Sig) En La Planificación Municipal.* En: Rev. EIA.Esc. Ing. Antioq No. 4. Medellín: Artículo recibido 12-X-2004. Aprobado con revisión 19-X-2005. Discusión abierta hasta mayo 2006

Moya García L.M., (2017). *Análisis de las determinantes ambientales en el ordenamiento territorial del municipio de la vega Cundinamarca.* Trabajo de

Grado, Especialización de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá: Universidad Distrital Francisco de Caldas. 93 p.

Müller F., Baessler C., Frenzel M., Klotz S., Schubert H., (auth.), (2010). *Long-Term Ecological Research_ Between Theory and Application.pdf*: Germany: Felix Müller, Cornelia Baessler, Hendrik Schubert, Stefan Klotz (eds.) 475 p.

Orozco O.A., Llano Ramírez G. (2015). *Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar*. En: Revista Ingenierías Universidad de Medellín. DOI: 10.22395/v15n28a07.pdf. 22 p.

Pianosi A. F., Beven F. K., Freer C.J., W. Hall D. J., Rougier B. J., Stephenson E. D.B., Wagener A. T., (2016). *Sensitivity analysis of environmental models: A systematic review with practical workflow*. Environmental Modelling & Software. 214 - 232.

Rayón, C., González, V. M., González, F. (1999). *Geomática e Información Ambiental*. [En línea]. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=304

Roswell *et al.* (2012). Springer handbook of geographic information. (Springer, Verlag Berlin Heidelberg) pp. 169-1131.

Stevovic, S., y Nestorovic, Z. (2016). *Impact of Environment GIS Modeling on Sustainable Water Systems Management*. International Conference on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2nd EWaS.

UAESPNN, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2003) *Protocolo para los Estándares de la UAESPNN en el Desarrollo de Sistemas de Información*, Mayo 2003. Pags 7-8.

Worboys, F. (1995). *A canonical model for a class of areal spatial objects*. In: *Advances in Spatial Databases*. LNCS, Vol. 692 (Springer, Berlin, Heidelberg 1993) pp. 36–52

Yue, P., Tan, Z. (2018). *GIS Databases and NoSQL Databases*. Wuhan University, Wuhan, China. Elsevier Inc. All rights reserved.

Zhang ShuQing, Zhou ChengHu, Zhang JunYan & Chen XiangCong, (2016). *Article A ubiquitous knowledgeable data representation model (UKRM) for three-dimensional geographic information systems (3D GIS).pdf*. En: Science China. Earth Sciences. April 2016 Vol. 59 No. 4: 780–794 - DOI: 10.1007/s11430-015-5255-7. Research Paper. 15 p.