



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**PROPUESTA DE MODELO DE DATOS
GEOGRÁFICO PARA LA ESCUELA AMBIENTAL DE
LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA; CON BASE EN
LA EXPERIENCIA DE PRÁCTICA PROFESIONAL
EN LA GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA**

Autor

Santiago Montoya Ochoa

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2021



Propuesta de modelo de datos geográfico para la Escuela Ambiental de la Universidad de Antioquia; con base en la experiencia de práctica profesional en la Gobernación de Antioquia

Santiago Montoya Ochoa

Informe de Práctica académica presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Asesores (a):

John Dairo Zapata Ochoa, Ingeniero Ambiental, Msc.

Andrea Sanín Hernández, Ingeniera Ambiental, Msc.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.
Medellín, Colombia
2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad de Antioquia y a cada uno de los profesores por brindarme los conocimientos y las bases necesarias para mi formación como profesional, al profesor John Dairo Zapata Ochoa por su acompañamiento y apoyo durante todo el proceso de práctica.

A la Gobernación de Antioquia por permitirme realizar esta práctica académica en el sector público, a mi tutora Andrea Sanín Hernández por su compromiso y dedicación, y a todo el equipo de trabajo de la Secretaría de Ambiente y Sostenibilidad por la grata experiencia laboral.

Y finalmente, agradezco a mi familia por ser un apoyo incondicional en mi vida y la de mis hermanos.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	9
2.1 General.....	9
2.2 Específicos.....	9
3. Marco Teórico.....	10
4. Metodología.....	19
5. Resultados y discusión.	27
6. Conclusiones y recomendaciones.....	28
Referencias Bibliográficas.....	29

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo de datos para administrar información geográfica en la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia; esta propuesta tiene como punto de partida la experiencia como practicante profesional en la Secretaría de Ambiente y Sostenibilidad (SAS) de la Gobernación de Antioquia, donde fue posible consolidar la primera fase del Sistema de Información Ambiental Multisectorial, proyecto plasmado en el Plan de desarrollo “Unidos 2020-2023”. Posteriormente, se proponen lineamientos y recomendaciones a un caso de estudio relacionado con la gestión de información de los programas académicos de la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Antioquia, con el fin de dar a conocer los programas académicos que pertenecen a la Escuela Ambiental, georreferenciar las acciones de los cursos que desarrollan actividades por fuera del campus Universitario, y proponer mejoras al manejo de información de los semilleros y grupos de investigación que pertenecen a la Corporación Académica Ambiental de la Universidad, favoreciendo la consulta y el análisis de los datos. Como conclusión, y con base en la gestión de la SAS, donde se exploraron aplicaciones computacionales para gestionar la información, espacializar y georreferenciar los datos; se propuso la integración del sistema de información geográfica en la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, buscando mejorar la disponibilidad de la información geográfica en el territorio.

Palabras Clave: Sistema de información geográfico, georreferenciar datos, análisis, Gobernación de Antioquia, Universidad de Antioquia.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el tratamiento de datos georreferenciados y el uso de dispositivos electrónicos han aumentado la necesidad de desarrollar softwares y sitios web relacionados con los SIG, término que se ha generalizado como denominación a una base de datos computarizada que contiene información espacial; esta geo tecnología se ha ido adaptando a las necesidades que han ido surgiendo, junto con metodologías para recolectar, gestionar y almacenar información, lo que posibilita la acción de georreferenciar datos y adoptar medidas de control y decisión en las diferentes etapas de un proyecto, mejorando el tiempo de análisis y respuesta para los actores tomadores de decisiones.

El termino SIG está ampliamente difundido y aplicado tanto en la geografía como en otras ciencias, principalmente en aquellas vinculadas con la planificación territorial y la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales. Según la definición por el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de los Estados Unidos, "Un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación". (Lara et al., 2006)

En los últimos años, los avances tecnológicos y los sistemas de información se relacionan constantemente con la sociedad por medio de dispositivos electrónicos. El desarrollo en este campo ha sido considerable, y de interes para el sector público y privado, desde donde se disponen aplicaciones y plataformas web que permitan mejorar la comunicación con la población y los procesos de toma de decisiones, creando estrategias, estandarizando metodologías de trabajo y mejorando la comunicación con usuarios internos y externos a través de la gestión de datos y los sistemas de información.

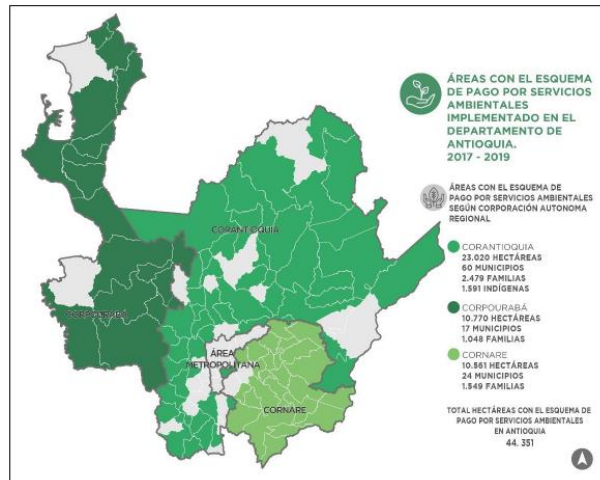
En este contexto, para obtener una adecuada gestión de los datos, es necesario definir las personas responsables de suministrar información primaria, establecer lineamientos para capturar y manipular los datos, precisar los softwares y herramientas computacionales útiles para estandarizar la metodología, diseñar y administrar las bases de datos, almacenar la información a georreferenciar, y poner a disposición la información.

Trabajar con información georreferenciada en el Departamento de Antioquia, permite realizar un modelo de análisis basado en resultados y generar una proyección gráfica de las acciones ubicadas espacialmente, siendo esto último, un soporte de información para apoyar decisiones y resolver problemáticas socioambientales en el territorio. Es por lo anterior, que surge la iniciativa de potenciar los procesos de georreferenciación de las acciones realizadas en la dependencia, e implementar un SIG por medio de aplicaciones que aporten a la gestión y espacialización de datos estratégicos para la Secretaria de Ambiente y Sostenibilidad SAS de la Gobernación de Antioquia.

El sistema de información ambiental de la SAS es uno de los indicadores de producto de la Línea 3 del Plan de Desarrollo de la Gobernación de Antioquia “Unidos 2020-2023” llamada “Nuestro Planeta”, que se encuentra dentro del componente de “Sostenibilidad ambiental y resiliencia al cambio climático”, en el programa de “Ecosistemas estratégicos y corredores ecológicos para la preservación de la biodiversidad”.

Este indicador de producto tiene la iniciativa de consolidar una estrategia de almacenamiento de datos y elaboración periódica de salidas graficas para la consulta y seguimiento a los indicadores más representativos de la SAS. Al espacializar las metas de algunos indicadores definidos en el Plan de Desarrollo, es posible monitorear acciones estratégicas, y tomar decisiones encaminadas al cumplimiento de los objetivos en diversas temáticas ambientales. Uno de esos indicadores tiene que ver con los incentivos a la conservación (Pago por Servicios Ambientales PSA), donde se pretende la intención de beneficiar a 7.000 familias con ingresos económicos por la protección medio ambiental o la meta estratégica de los 25.000.000 de árboles sembrados en departamento de Antioquia entre los años 2.020 y 2.023. (Plan de desarrollo de la Gobernación de Antioquia, UNIDOS 2020-2023)

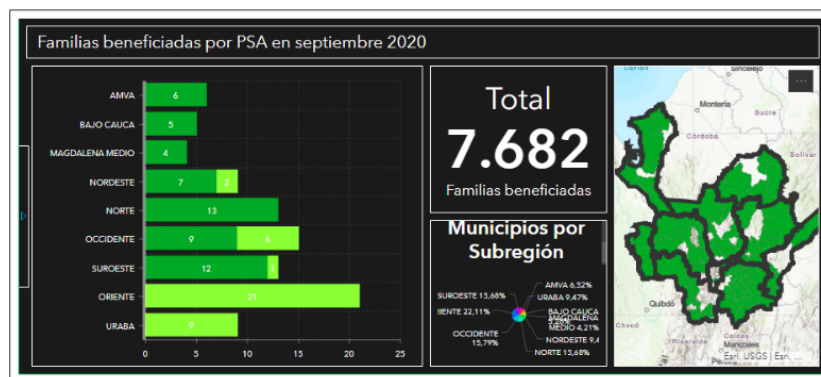
En el Plan de Desarrollo se define el Pago por Servicios Ambientales (PSA) como una herramienta de incentivos y compensaciones económicas a los propietarios del suelo para la generación de beneficios mutuos que permitan mejorar la utilización de este, con el fin de proteger la Estructura Ecológica Principal del Departamento; la meta es la de beneficiar y garantizar la seguridad alimentaria de 7.000 familias con este importante instrumento entre los años 2.020 y 2.023, teniendo en cuenta el esquema de PSA implementado entre los años de 2.017 y 2.019 en el Departamento de Antioquia, donde fue posible beneficiar bajo este instrumento de financiación a 5.076 familias y 1.591 indígenas (*Mapa 1*), llevando a cabo programas de capacitación y apoyo en los procesos de restauración y preservación del suelo, con la idea de cuidar y proteger las fuentes hídricas y ayudar a las comunidades a generar procesos productivos rentables y ambientalmente sostenibles.



Mapa 1. Esquema de PSA implementado en el Departamento de Antioquia entre 2017 y 2019

Fuente: Gobernación de Antioquia. SAS con base en información geográfica suministrada por la Corporación MasBosques, 2019.

Al definir la meta de las 7.000 familias beneficiadas del indicador de producto de PSA y la metodología para capturar y almacenar la información en una base de datos geográfica, parte integral de un SIG que provee de capacidades para representar, almacenar y acceder a los datos; es posible monitorear y tener un seguimiento de la cantidad de familias beneficiadas e identificar el momento en el cual la meta está próxima a cumplirse o cuando ésta se ha superado (**Tablero 1**) generando así, a través de las bases de datos espaciales y sus funciones básicas de almacenamiento eficiente y posibilidad de acceso y consulta sobre los datos, la oportunidad de adoptar medidas y estrategias que permitan fortalecer los indicadores e identificar las subregiones de Antioquia y los municipios donde aún no se ha implementado esta importante herramienta que incentiva a la conservación del suelo.



Tablero 1. Tablero de control de las familias beneficiadas por PSA al mes de septiembre del año 2020

Fuente: Elaboración propia.

Con base en esta experiencia, surgió la propuesta de proponer un SIG para la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, donde sea posible ubicar espacialmente a los programas académicos en cada una de las Subregiones de Antioquia y crear una infraestructura de datos, con el fin de mejorar la comunicación de la Escuela Ambiental UdeA y conocer las funcionalidades que se desarrollan en el territorio, con un seguimiento georreferenciado de las actividades que se adelantan por fuera del campus universitario y un registro de los procesos académicos con datos asociados a una referencia espacial que pueden ser almacenados en una base de datos geográfica y analizados a través de un SIG.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

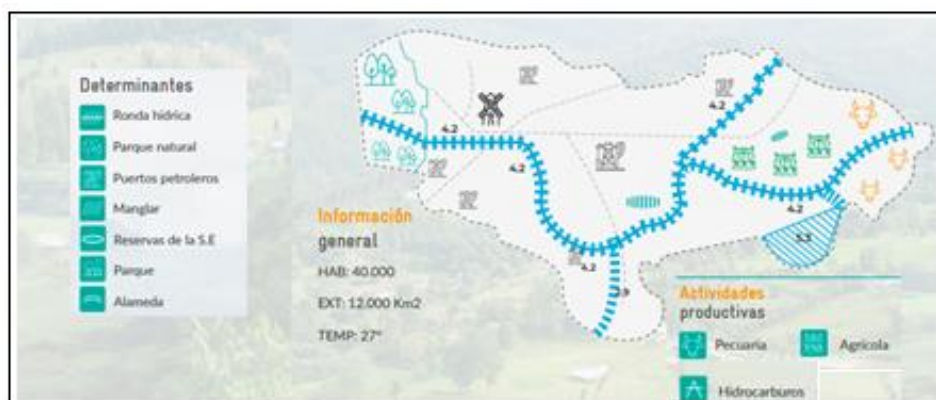
Desarrollar un modelo que permita gestionar y espacializar la información ambiental en un caso de estudio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explorar un proceso estandarizado de gestión de datos para recolectar y clasificar la información ambiental en la SAS de la Gobernación de Antioquia.
- Procesar la información recolectada en el paso anterior para ser espacializada y georreferenciada por medio de los sistemas de información geográfica.
- Proponer, a través de recomendaciones y lineamientos, el desarrollo de los objetivos anteriores, un modelo de datos geográfico que pueda ser aplicado a los programas académicos de la Escuela Ambiental UdeA, y posteriormente, a los grupos de investigación que se relacionan por medio de la Corporación Académica Ambiental.

3. MARCO TEÓRICO

El ejercicio para un mayor entendimiento sobre las acciones en un territorio se da a partir de propuestas y la selección de los instrumentos más adecuados. Una de las herramientas participativas más usada en la identificación de acciones en el territorio son los mapas parlantes (*Mapa 2*), su nombre se debe a que tienen la posibilidad de generar un diálogo mediante una representación gráfica del territorio que incluye a la comunidad y los recursos con los que cuenta, utilizando dibujos, figuras y objetos que representan el mundo real. (FAO, 2019).



Mapa 2. Mapas Parlantes

Fuente: Fedemunicipios, ejercicio participativo sobre instrumentos económicos, de financiación y de gestión del suelo.

2019

Representar la realidad por medio de los mapas parlantes y su relación con los geodatos, ha generado un proceso de transición y cambio condicionado por un entorno tecnológico que ha ido tomando más fuerza y protagonismo a través de la generalización de Internet como campo de operaciones, aumentando la disponibilidad de grandes fuentes de datos, con el consiguiente aumento del volumen de información y el cambio de paradigma en la búsqueda, tratamiento y análisis de datos de tipo geográfico. (Juan et al, 2019)

Hace algunos años, el uso de cartografía en planos de papel y algunos sistemas de información geográfica se encontraban limitados a pocos organismos públicos, hoy en día, la democratización del uso de estos a través de visores geográficos y otras herramientas, resulta ser más accesible por técnicos e instituciones, lo cual permite mantener una base de datos única, eliminando la posibilidad de que existan duplicaciones y errores en la gestión y espacialización de datos; y posibilitando la toma de decisiones.

Se puede afirmar que el inicio de los SIG se da con la aparición de las técnicas cartográficas y su cambio del formato analógico al formato digital. (Lara et al., 2006), además, el uso de programas que permiten realizar una adecuada gestión de información brinda la oportunidad de compartir los datos por medio de los SIG y sus aplicaciones, donde se ofrece gran variedad de herramientas para el geoprocesamiento de datos que mejoran el conocimiento de la realidad y facilitan al usuario la interacción con la información.

Las unidades funcionales más importantes en un SIG es el componente operativo funcional y la base de datos. El componente funcional es un conjunto de procedimientos que actúan sobre la información contenida en la base de datos, el cual puede definirse como un procedimiento algorítmico que permite seleccionar, procesar y actualizar los objetos o datos contenidos en la base de datos.

Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones o modelados: objetos discretos como: casas, parques o municipios; y objetos continuos, como la lluvia y la elevación. Además, existen dos formas de almacenar o tener una aproximación básica de como modelizar el espacio en un SIG: una es por medio de un modelo ráster y la otra por medio de un modelo vector (Flores, 2015); un modelo ráster almacena píxeles o celdas para representar la realidad, y se obtiene cuando se “digitaliza” un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites; por otra parte, el modelo vector resulta adecuado para la representación de objetos geométricos reales, el cual asigna un conjunto único de coordenadas X, Y a cada atributo.

Para modelar digitalmente los elementos del mundo real en la estructura vectorial, los objetos se representan mediante tres entidades geometrías básicas: punto, línea y polígono. Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que pueden ser expresadas por un único punto de referencia como las localizaciones de los pozos, fuentes de agua o infraestructuras; las líneas son usadas para representar ríos, caminos, ferrocarriles o ductos de agua; y, por último, los polígonos se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra como lagos, usos del suelo o la división político-administrativo de una entidad territorial. (Flores, 2015)

En un SIG, las características geográficas que se expresan como vectores mantienen las características geométricas de las figuras u objetos discretos, cada una de estas geometrías está vinculada a un registro en una base de datos geográfica que describe sus atributos.

Una base de datos geográfica o Geodatabase (GDB), se conforma como un gran conjunto de datos geográficos de distintas clases, con capacidad y potencialidad de actuar como fuente de conocimiento y base para otro tipo de investigaciones; su diseño e implementación permite transformar el dato en información, realizar análisis y descubrir patrones de comportamiento y fenómenos dinámicos que representen atributos descriptivos del mundo real. La GDB se almacena en un gestor de base de datos, un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, la modificación y extracción de la información mediante las aplicaciones SIG, las cuales permiten conectarse a prácticamente todos los gestores de bases de datos presentes en el mercado. (Juan et al, 2019)

En este contexto, los SIG pueden representar la realidad con geometrías simples a través de softwares de código abierto como QGis, proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), o softwares con licenciamiento como ArcGIS, programa computacional desarrollado por la empresa Esri (Environmental Systems Research Institute, por sus siglas en inglés), este último utilizado por entidades del sector público y privado, entre ellas la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia; brindando herramientas que permiten ejecutar las principales funcionalidades que actúan como un puente de comunicación para la toma de decisiones y mejorando la representación espacial de la realidad territorial, compartiendo la información y optimizando el tiempo en la búsqueda de datos.

Por medio de herramientas como los mapas parlantes y los SIG, es posible visualizar datos de manera gráfica, interactuar con la información y realizar un análisis pertinente acorde al caso. La Secretaría de Ambiente y Sostenibilidad es una de las dependencias de la Gobernación de Antioquia que implementa el SIG, hacen uso del software ArcGIS, el cual está diseñado para trabajar con los recursos de la GDB y aprovechar la información con la ayuda de un sistema de administración de bases de datos relacionales, mostrando una vista integral de los datos y proporcionando información clave para que los usuarios puedan observar tendencias y tomar decisiones oportunas.

Al capturar y almacenar la información geográfica en una GDB, es importante precisar el sistema de referencia en un mundo geodésico que permita ubicar cualquier punto de la tierra (sin necesitar otro punto de referencia); según la resolución 471 de 2020 del Instituto Agustín Codazzi (IGAC), el Marco Geocéntrico Nacional de referencia para Colombia es MAGNA-SIRGAS. SIRGAS es una extensión densificada en el continente americano del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF, Internacional Terrestrial Reference Frame), conformada por una red con más de 180 estaciones geodésicas de alta precisión, cuya distribución ofrece un cubrimiento homogéneo sobre el continente

y correspondiente al datum geodésico definido a partir de los parámetros del elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), que en la práctica equivale al elipsoide WGS84 (World Geodetic System, 1984), un estándar usado mundialmente en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984 y que permite localizar cualquier punto de la tierra por medio de un sistema geodésico de coordenadas geográficas.

SIRGAS es la extensión del ITRF en América, sin embargo, dadas las características técnicas de precisión de la información georreferenciada en Colombia, el IGAC, organismo nacional encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los sistemas oficiales de referencia geodésico, gravimétrico y magnético, a partir de las estaciones SIRGAS determinó la red básica GPS para el país, denominada MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia), que, por estar referida a SIRGAS se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

El sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS fue adoptado con la resolución 068 de enero 28 de 2005 del IGAC con seis (6) orígenes de referencia para el sistema de coordenadas proyectadas (*Imagen 1*), sin embargo, se debe tener en cuenta la Resolución 471 de mayo 14 de 2020, donde se reemplaza el sistema MAGNA-SIRGAS de seis orígenes por un origen único nacional, el cual debe ser adoptado por todas aquellas entidades que produzcan, usen o compartan información geográfica oficial para brindar continuidad en coordenadas proyectadas a la cartografía nacional y facilitar la producción cartográfica por parte del IGAC.

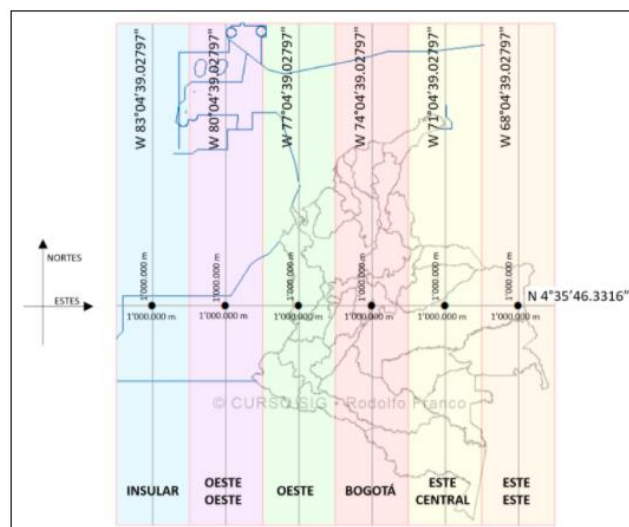


Imagen 1. Orígenes de referencia para el sistema de coordenadas proyectadas en Colombia

Fuente: Curso SIG. Rodolfo Franco

No obstante, como este trabajo se realizó en el año 2.020, el proceso de transición se venía dando de forma paulatina en instituciones como la Gobernación de Antioquia, donde se emplea la proyección cartográfica oficial de Colombia MAGNA_Colombia_Bogotá en la base de datos corporativa, uno de los seis (6) orígenes adoptados para el país según la resolución 068 de enero 28 de 2005; esto último, mientras se preparan los protocolos de migración, ajustes y requerimientos para trabajar con el origen único nacional como sistema de coordenadas proyectadas.

La proyección MAGNA_Colombia_Bogotá corresponde a las coordenadas planas de Gauss-Krüger, una proyección de un sistema cilíndrico transversa de Mercator de tipo tangente en representación al elipsoide sobre un plano asociado; es decir, el ángulo formado entre dos líneas de la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) sobre uno de los meridianos de la superficie terrestre, al ser éstas proyectadas sobre el plano, define la posición sobre el mismo (*Imagen 2*). (IDECA, 2016)

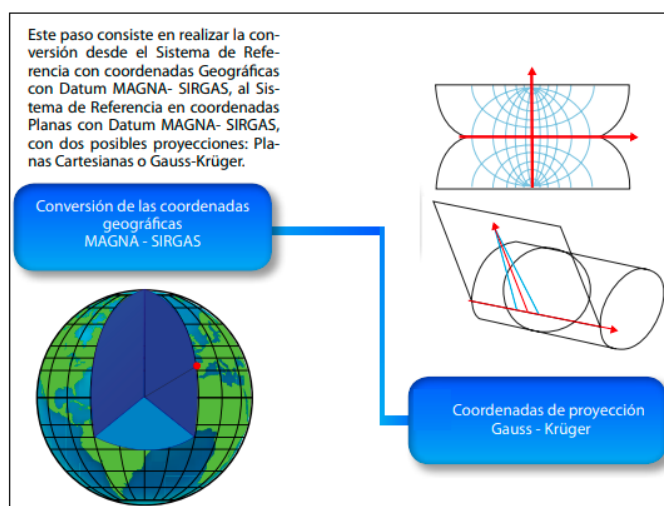


Imagen 2. Conversión de las coordenadas MAGNA_SIRGAS a Gauss-Krüger

Fuente: IDECA, La IDE de Bogotá

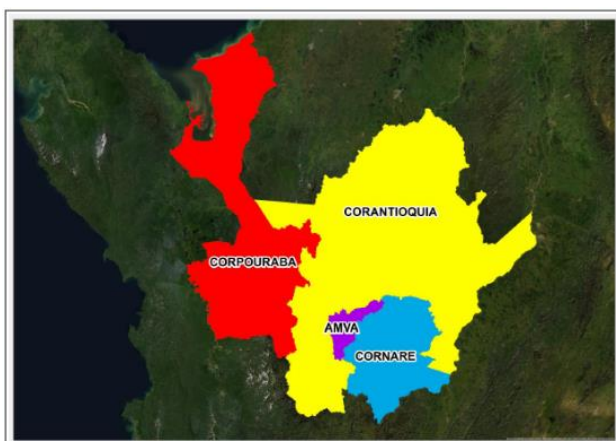
El departamento de Antioquia se encuentra localizado al noroeste del país, limita al norte con el mar Caribe y con el departamento de Córdoba; al occidente con el departamento del Chocó; al oriente con los departamentos de Bolívar, Santander y Boyacá; y al sur con los departamentos de Caldas y Risaralda (*Mapa 3*).



Mapa 3. Ubicación del Departamento de Antioquia en Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los principales retos para fortalecer el trabajo ambiental en el Departamento es la comunicación constante y articular labores entre diferentes entidades y corporaciones ambientales. El departamento de Antioquia es el departamento con el mayor número de autoridades ambientales en Colombia (*Mapa 4*), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), con jurisdicción en el área urbana de 10 municipios; la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), con jurisdicción en 80 municipios; la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare), con jurisdicción en 26 municipios; y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpourabá), con jurisdicción en 19 municipios. (Plan integral del cambio climático de Antioquia, 2018)



Mapa 4. Autoridades Ambientales en Antioquia

Fuente: Secretaría del Ambiente y Sostenibilidad

Siguiendo el CONPES 3975 de 2019, la Gobernación de Antioquia consolidará la plataforma del Centro de Información de Antioquia (CIFRA) como una estrategia para promover un Gobierno abierto. En Colombia, el marco normativo de la iniciativa de datos abiertos está respaldado principalmente por la Ley 1712 de 2014, la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1008 de 2018; política dirigida a quienes encuentren en los datos abiertos no solo una fuente de información y transparencia gubernamental, sino una herramienta para generar oportunidades y crear soluciones en el sector público, privado y académico. (Senado de la República, 2020)

Con CIFRA se espera aumentar la generación de valor social y económico a través de la transformación digital del sector público y del sector privado, para que Colombia y Antioquia puedan aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la cuarta revolución industrial (4RI), donde la información esté al alcance de todos y se impulsen las oportunidades para generar conocimiento entre los diferentes actores territoriales, públicos, privados y comunitarios.

La plataforma CIFRA es un programa del componente “Sistema Urbano Regional” de la Línea “Nuestro Planeta” del Plan de Desarrollo de la Gobernación de Antioquia “Unidos 2020-2023”, el cual integrará los portales, sistemas de información y bases de datos existentes de las diferentes dependencias de la Gobernación de Antioquia, además de esto, incluirá un apartado denominado “Territorio Antioquia”, que busca establecer un Sistema de Información Geográfico unificado del departamento de Antioquia, integrando capas de los instrumentos de ordenamiento a nivel municipal, planes a nivel regional, departamental y nacional, logrando una gestión efectiva y sincronizada con los datos alfanuméricos que puedan tener desagregación territorial. (Plan de desarrollo de la Gobernación de Antioquia, UNIDOS 2020-2023)

Disponer de la información pública en datos abiertos, permite que la sociedad civil, las entidades públicas y privadas y otros grupos de interés, realicen procesos de investigación y control social con su efectiva utilización; además de ser un insumo fundamental para la generación del nuevo conocimiento, el ecosistema de actores responsable del diseño, la implementación y la promoción de la política de datos abiertos en Colombia, incluye a la academia como un organismo que ha participado en el impulso, la promoción y el desarrollo de la iniciativa. (*Imagen 3*) (MinTIC, 2020)



Imagen 3. Ecosistema de actores en la Política Nacional de datos abiertos

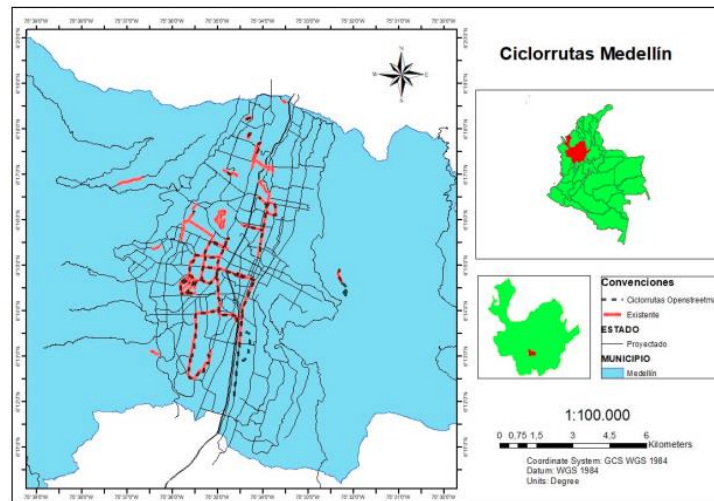
Fuente: Guía para el uso y aprovechamiento de Datos Abiertos en Colombia, MinTIC.

Para el caso de estudio propuesto en la Universidad de Antioquia, los programas académicos que hacen parte de la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería, los semilleros y grupos de investigación que integran teorías y metodologías con el fin de abordar de manera interdisciplinaria y rigurosa el conocimiento ambiental; es posible aplicar a partir de problemas concretos, con capacidad y habilidad para aplicar los recursos que ofrecen los SIG, resolver cuestiones de observación y seguimiento de datos que incentiven la promoción de datos abiertos en la Universidad. p. ej. el semillero GeoLab, un semillero creado en el mes de agosto de 2016, que pertenece al grupo de investigación GeoLimna de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia; promueve el uso de los SIG, herramientas geo informáticas, softwares con licencias abiertas y comerciales, y tiene como objetivo involucrar estudiantes para crear y utilizar datos geoespaciales para cubrir las necesidades reales de desarrollo de comunidades locales.

La creación del grupo se ve impulsado por la invitación que hace el Equipo de Mapeo Humanitario de OpenStreetMap Colombia a la Universidad de Antioquia por medio del Decano de la Facultad de Ingeniería para participar en la Red Internacional Youth Mappers, en la cual se encuentran vinculadas Universidades de diferentes países incluyendo de Colombia.

El semillero GeoLab es miembro activo de la comunidad global de Youth mappers y ha realizado asesorías técnicas en trabajos e investigaciones en la ciudad de Medellín, construyendo mapas, realizando análisis y propuestas en proyectos como el estudio de cartografiar la ciclo infraestructura existente y rutas frecuentes transitadas por personas que utilizan la bicicleta como modo de transporte

urbano en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), para la optimización de rutas con herramientas geoespaciales y datos abiertos (SIG enbici). (*Mapa 5*)



Mapa 5. Ciclo Infraestructura de Medellín.

Fuente: Proyecto de cartografía colaborativa de ciclo infraestructura para la optimización de rutas y mapas temáticos en el Valle de Aburrá con herramientas geoespaciales y datos abiertos.

La Corporación Colectivo SiClas, un colectivo de ciudadanos que promueve la bicicleta como medio de transporte urbano, contactó al Semillero GeoLab y le expuso las problemáticas y necesidades del proyecto, el cual plantea verificar el estado de la información cartográfica de las ciclorrutas del Valle de Aburrá, adaptando una plataforma que permita la visualización de los datos de seguridad, infraestructura, problemáticas ambientales y movilidad, y en la cual pueda recolectarse la información de eventualidades compartidas por los usuarios. Además, se pretende capacitar al Colectivo y otros usuarios en el uso de herramientas libres para el mapeo remoto de las rutas faltantes y tener la opción de modificar las erróneas.

En el ámbito de movilidad sostenible, en el cual se busca promover modos de transporte con el menor costo ambiental, económico y social, el ciclismo es una opción de movilidad que además influye directamente al cumplimiento de 11 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible estipulados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

En materia de investigación ambiental y desarrollo flexible de actividades en campo, la información de los programas académicos y las actividades que se relacionan al área de ingeniería de la Escuela Ambiental UdeA puede ser susceptible a ser espacializada y georreferenciada, otorgando información

abierta e interoperable que permita darle continuidad a los procesos académicos y las actividades de investigación que se desarrollan en el territorio.

En ese contexto, para una segunda fase del sistema de información de la Universidad de Antioquia, pueden considerarse los semilleros y grupos de investigación que más se relacionan al área de ingeniería de la Escuela Ambiental y los que se integran por medio de la Corporación Académica Ambiental, una unidad académica de la Universidad de Antioquia ubicada en la ciudad de Medellín, creada mediante los acuerdos 107 y 110 de 1997 del Consejo Superior; se encargan de desarrollar programas de investigación, extensión y docencia en el área ambiental, buscando soluciones a problemas de dicha área del conocimiento. Las principales líneas de investigación de la Corporación Académica Ambiental son: Desarrollo sostenible con énfasis en zonas rurales, Estudio integral de ecosistemas naturales, Ecotoxicología, Estudio integral de paisajes urbanos, Tecnologías limpias y desarrollo sostenible, Medio ambiente y sociedad, y, por último, Turismo y patrimonio. Relacionar las líneas de acción y georreferenciar la investigación ambiental en el territorio puede ser posible al definir una ruta de gestión de los datos con especificaciones únicas, haciendo uso de los sistemas de información y las herramientas geo informáticas, de manera que su producción sea independiente, oficializando la información para múltiples fines y siendo compartida con todos los derechos reservados.

En ese orden de ideas, y en cumplimiento con la Política Nacional de datos abiertos, la Ley 1752 de 2014, y el artículo 20 de la Ordenanza 16 de 2015 de la Gobernación de Antioquia, la participación de las Universidades, los institutos de investigación y las entidades territoriales que producen información sobre estrategias de conservación, territorios colectivos y geodiversidad, se integrarán con el sistema de información ambiental del departamento por medio del Sistema Departamental de Áreas Protegidas (SIDAP), responsable de centralizar y actualizar la información.

4. METODOLOGÍA

En primera instancia, para desarrollar un modelo de recolección y georreferenciación de datos se debe identificar la información de interés y definir la metodología para georreferenciar los datos, tener en cuenta la disponibilidad, la periodicidad de los cambios o actualizaciones en las bases de datos y la forma de poner a disposición las salidas gráficas y la información para los usuarios. La metodología para gestionar y espacializar la información ambiental en el caso de estudio de la SAS se basó en (3) etapas: (1) recolección y revisión de la información. (2) almacenamiento de datos en la Geodatabase.

(3) elaboración de salidas graficas que permitan analizar y definir el geoprocesamiento de los datos, la visualización y actualización periódica de los mapas temáticos en la plataforma de ArcGIS Online para su socialización. (*Figura 1*)

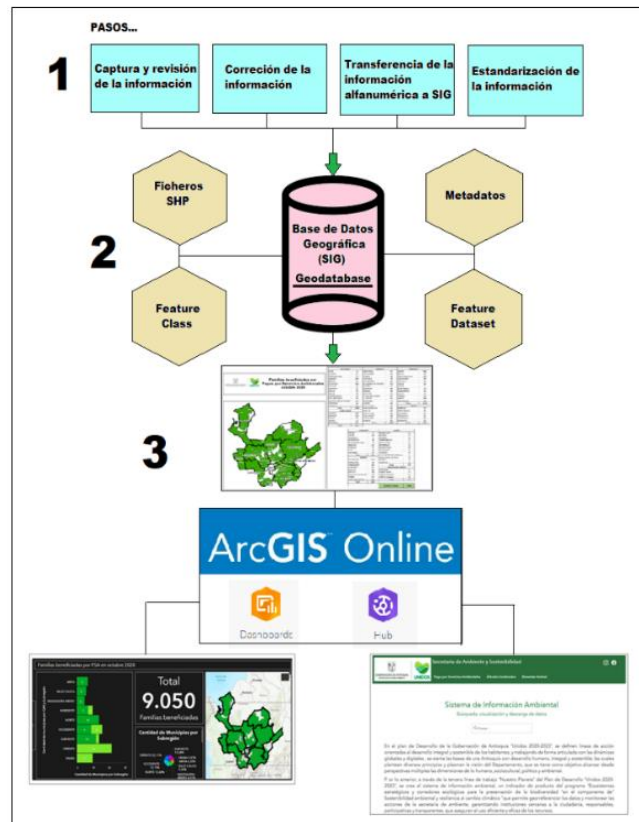


Figura 1. Esquema metodológico

Fuente: Elaboración propia

El modelo incorporará dos tipos de datos o metadatos, la información alfanumérica y la información de mapas como resultado del procesamiento de datos de la información alfanumérica. Igualmente, es importante mencionar la gestión de un modelo que determine la estructura lógica de una base de datos y el lenguaje orientado a manejar la información primaria sin que llegue a ser modificada en el proceso de análisis y georreferenciación, fundamentado en el modo de almacenar, organizar y manipular los datos.

Al realizar un proceso interno de gestión de información en la SAS, fue posible espacializar y poner a disposición la información de acciones o actividades ambientales enmarcadas en indicadores del Plan Departamental de Desarrollo.

Al interior de la SAS, los funcionarios almacenan información alfanumérica en formatos predefinidos, en hojas de cálculo de Microsoft Excel, una herramienta ofimática de los programas computacionales de Microsoft office, la cual se usa como punto de partida para relacionar, a través de “Join Espaciales”, la información alfanumérica externa, con la información geográfica almacenada en SIG mediante el formato de tablas tipo Excel (.xls) observado en la **Imagen 4**; lo anterior, con la finalidad de consolidar el sistema de información ambiental y disponer de la información de geográfica. De igual manera, se debe tener en cuenta la metodología estandarizada para espacializar las acciones en el territorio, los programas computacionales y las herramientas que se usaron para cumplir con los objetivos, con la idea de referenciar y relacionar los procesos en el modelo propuesto para el caso de estudio.

Tema:									
Nombre de la persona que reporta:									
Email de la persona que reporta:									
Fecha de reporte (Dia_Mes_Año):									
Numeracion Alfabética	ID_ID_ESPACIA	NOM_DEPART	NOM_MUNICI	CAR	SUBREGION	Numero	Actividad	Descripcion	
1	75	05002	ANTIOQUIA	ABEJORRAL	CORVARÉ	ORIENTE			
2	22	05004	ANTIOQUIA	ABRIJÓ	CORPOURABA	OCCIDENTE			
3	29	05021	ANTIOQUIA	ALÍ JAZORA	CORVARÉ	ORIENTE			
4	87	05030	ANTIOQUIA	AMBAJÁ	CORANTIOQUIA	SUROESTE			
5	62	05031	ANTIOQUIA	AMALÁ	CORANTIOQUIA	NOROESTE			
6	137	05034	ANTIOQUIA	ANDEÍ	CORANTIOQUIA	SUROESTE			
7	10	05038	ANTIOQUIA	ANGELÓPOLIS	CORANTIOQUIA	SUROESTE			
8	44	05039	ANTIOQUIA	ANGOSTÚRA	CORANTIOQUIA	NORTE			
9	88	05040	ANTIOQUIA	ARORÉ	CORANTIOQUIA	NOROESTE			
10	28	05044	ANTIOQUIA	ANZÁ	CORANTIOQUIA	OCCIDENTE			
11	88	05046	ANTIOQUIA	APARÍZADO	CORPOURABA	URUBÁ			
12	88	05061	ANTIOQUIA	ARBOLETES	CORPOURABA	URUBÁ			
13	69	05066	ANTIOQUIA	ARGELIA	CORVARÉ	ORIENTE			
14	6	05069	ANTIOQUIA	ARIMENA	CORANTIOQUIA	OCCIDENTE			
15	88	05079	ANTIOQUIA	BARBOSA	AMBA	AMBA			
16	32	05088	ANTIOQUIA	BELLO	AMBA	AMBA			
17	35	05086	ANTIOQUIA	BELMIRA	CORANTIOQUIA	NORTE			
18	71	05091	ANTIOQUIA	BETANA	CORANTIOQUIA	SUROESTE			
19	88	05093	ANTIOQUIA	BETULIA	CORANTIOQUIA	SUROESTE			
20	67	05107	ANTIOQUIA	BROCEÑO	CORANTIOQUIA	NORTE			
21	46	05113	ANTIOQUIA	BURITICA	CORANTIOQUIA	OCCIDENTE			
22	88	05120	ANTIOQUIA	CACERES	CORANTIOQUIA	BAJO CAUCA			
23	91	05126	ANTIOQUIA	CACEDO	CORANTIOQUIA	OCCIDENTE			
24	102	05136	ANTIOQUIA	CAJICÁ	AMBA	AMBA			

Imagen 4. Formato tipo Excel (.xls) de la SAS para capturar y espacializar los datos de los indicadores

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente de la Gobernación de Antioquia.

Haciendo uso de las herramientas ofimáticas y teniendo en cuenta la información de interés, se define el formato tipo Excel para la gestión de información interna (**Imagen 4**), donde se encuentran los 124 municipios del departamento de Antioquia y su distrito con su respectiva numeración en orden alfabético, la subregión del departamento y la Corporación Autónoma Regional que corresponde a cada municipio; además, en la columna nombrada “ID_Espacial” se encuentra el número que corresponde al código único DANE de cada municipio.

A través de los formatos de tablas de tipo Excel y la herramienta “Join espacial” del software ArcGIS (**Imagen 5**), fue posible relaciona los datos de parejas de tablas, por un lado, la tabla externa con la consolidación de actividades por municipio, y la tabla de atributos interna del shape de municipios obtenida de la base de datos geográfica de la SAS.

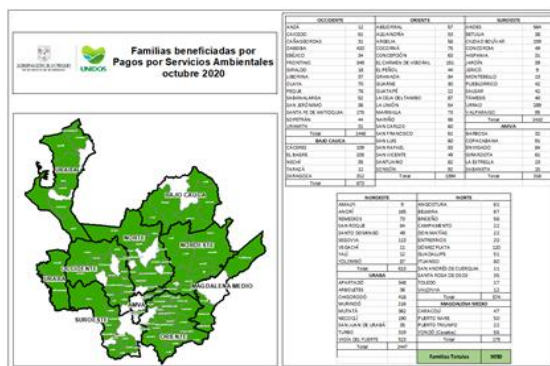


Imagen 5. Herramienta de trabajo “Join data” en los sistemas de información geográfica

Fuente: Elaboración propia

Cada municipio de la columna “ID_Espacial” de la *imagen 4* y la cartografía básica de los municipios de Antioquia del sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIG-OT) de la base de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), contienen en su tabla de atributos el mismo número de la ficha municipal del Departamento Nacional de Planeación. De esta manera, es posible espacializar y georreferenciar la información de las acciones en el territorio, a través de “Join espaciales”, enlaces y vínculos alfanuméricos creados entre ambos programas, combinando dos conjuntos de datos y donde al menos una columna en cada conjunto de datos debe ser la misma (campo llave); estos enlaces temporales, posteriormente serán almacenados en la base de datos geográfica de la Gobernación de Antioquia como un Feature Classes de la SAS.

Entre los indicadores de producto y las metas estratégicas que trabaja la SAS, uno de los indicadores estratégicos que se puede espacializar y georreferenciar, es el de las familias beneficiadas por los pagos por servicios ambientales, donde gracias al formato de la Imagen 4 y las herramientas SIG, es posible estructurar los datos de manera organizada y clasificar la información por municipio y subregión para generar salidas gráficas, y conocer periódicamente el avance de los objetivos de este indicador. (Ver Mapa 6).



Mapa 6. Familias beneficiadas por Pago por Servicios Ambientales en los municipios de Antioquia.

Fuente: Elaboración propia.

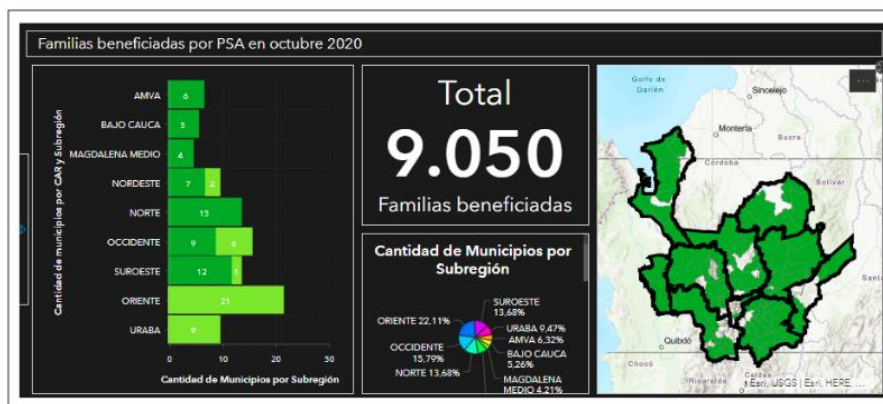
Por otra parte, gracias a la versión online del software ArcGIS y la cuenta licenciada de la Gobernación de Antioquia, es posible cargar las capas de información o “Feature Class” y trabajar con los enlaces e hipervínculos mencionados anteriormente. A partir de la versión online y la información almacenada en la cuenta de la Gobernación de Antioquia, se seleccionan dos aplicaciones para poner a disposición la información, la aplicación Dashboard y la Aplicación Hub (*Imagen 6*). La aplicación Dashboards o tableros de control, se usa para monitorear operaciones en tiempo real, con información configurable y flexible para la toma de decisiones de manera rápida, y la aplicación Hub, permite integrar los tableros de control, proporcionando una plataforma que organiza y empodera las comunidades y mejora los resultados a través de la colaboración.



Imagen 6. Dashboard y Hub, aplicaciones y herramientas de ArcGIS online

Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso de las herramientas Dashboard y Hub, y definiendo los lineamientos y parámetros para crear los tableros de control de la información mencionada en el Mapa 6, es posible monitorear las familias beneficiadas por Pago por Servicios Ambientales y crear tableros dinámicos que permiten al usuario interactuar con la información, conociendo así, la cantidad de familias beneficiadas por subregión y municipio (*Tablero 2*); además, permite a los actores tomadores de decisiones un análisis de los datos y la implementación de estrategias oportunas para cumplir con los objetivos y metas definidas.



Tablero 2. Tablero de control de las familias beneficiadas por PSA actualizado al mes de octubre del año 2020

Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de obtener la información ambiental en el caso de la Universidad de Antioquia, es posible tener en cuenta los resultados de la consolidación de la plataforma web del sistema de información de la SAS (*Imagen 7*), el cual actúa como referente para gestionar la información de los programas de pregrado que pertenecen a la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería UdeA; además, haciendo uso de la licencia del software Arcgis y otras herramientas, la información capturada en la Universidad de Antioquia podría ser susceptible a ser georreferenciada y compartida públicamente.



Imagen 7. Plataforma web de la SAS en la cuenta de ArcGIS online de la Gobernación de Antioquia

Fuente: Elaboración propia

<https://secretaria-de-ambiente-gobantioquia.hub.arcgis.com/>

En ese orden de ideas, para el caso de estudio de la Universidad de Antioquia, el punto de partida es identificar a las personas encargadas de la Coordinación académica de los programas académicos que

hacen parte de la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería UdeA (**Tabla 1**), información que posteriormente podrá ser anexada a un formato que permita clasificar los datos y georreferenciarlos por medio de las herramientas SIG, definiendo la proyección de un sistema de coordenadas acorde a las necesidades y que permita coordinar las estructuras de datos con otros sistemas de información como CIFRA o el SIDAP.

Escuela Ambiental				
Jefatura: Julio César Saldarriaga Molina		Correo: jambiental@udea.edu.co		Teléfono: 219 5570
Programas	Sede	Coordinación académica	Correo	Teléfono
Ing. Ambiental	Medellín	Alba Nury Gallego	cooringambiental@udea.edu.co	219 5591
Ing. Ambiental (Virtual)	Antioquia	Isabel Echeverri Espinosa	ingambientalvirtual@udea.edu.co	219 8570
Ing. Civil	Medellín	Edwin Fabián García Aristizábal	cooringcivil@udea.edu.co	219 5573
Ing. Sanitaria	Medellín	Diana Catalina Rodríguez Loaiza	cooringsanitaria@udea.edu.co	219 5573
Ing. Sanitaria e Ing. Civil (Presencial)	Apartadó	Andrés Felipe Echeverri González	andres.echeverri1@udea.edu.co	2198332 - Ext. 2856
Ing. Oceanográfica	Turbo	Alfredo Jaramillo Vélez	alfredo.jaramillov@udea.edu.co	2198332 - Ext. 2835
Ing. Urbana	El Carmen de Viboral	Javier Enrique Riveros Jeréz	jriveroudea@gmail.com	219 8332 - Ext. 2916

Tabla 1. Responsables de la coordinación académica de la Escuela Ambiental UdeA.

Fuente: Universidad de Antioquia (2020)

La organización territorial del departamento de Antioquia está comprendida por nueve subregiones: Bajo Cauca, Magdalena medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste, Urabá y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). La sede central de la Universidad de Antioquia y la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería, se encuentran ubicadas en la ciudad de Medellín, en la subregión del Área metropolitana del Valle de Aburrá, donde se encuentran los programas académicos de ingeniería ambiental, civil y sanitaria; en la subregión del Urabá se encuentran los programas de ingeniería sanitaria e ingeniería civil en el municipio de Apartadó e ingeniería oceanográfica en el municipio de Turbo; en la subregión del Oriente, el programa de ingeniería urbana en el municipio del Carmen de Viboral, y por último, el programa virtual de ingeniería ambiental.

Al proponer un modelo para georreferenciar la información ambiental del caso de estudio, espacializar las Sedes de la Universidad de Antioquia que se encuentran en el departamento (**Mapa 7**) puede ser el punto inicial para espacializar y georreferenciar en un sistema de información, las actividades curriculares de los programas académicos mencionados anteriormente.



Mapa 7. Sedes de la Universidad de Antioquia en las Subregiones del Departamento de Antioquia.

Fuente: Universidad de Antioquia.

En ese orden de ideas, al estructurar una base de datos geográfica en la Escuela Ambiental UdeA, se deben seguir los parámetros para capturar la información y cumplir las características necesarias de los metadatos que se incorporarán a los feature class, los cuales se integrarán a la base de datos geográfica del caso de estudio y actuarán como insumos geográficos para la georreferenciación de la información.

Las características mínimas de los metadatos que se incorporan en cada feature class de los programas académicos de la Escuela Ambiental UdeA que adelantan actividades por fuera de las sedes universitarias pueden ser:

- | | |
|---|--|
| • Programa académico | Vereda |
| • Sede a la cual pertenece el programa | • Contactos: incluir los datos de contacto de las personas del lugar visitado. |
| • Nombre del profesor | Nombre completo |
| • Nombre del monitor (si aplica) | Organización a la que pertenece |
| • Código del curso | Cargo |
| • Nombre del curso | Rol |
| • Número de estudiantes | Teléfono |
| • Resumen o descripción de la actividad | Email |
| • Palabras clave | Ciudad |
| • Lugar visitado: Nombre | Departamento |
| Departamento | |
| Municipio | |

- Referencia espacial: Coordenada “X” y Coordenada “Y”.

Por otra parte, es necesario definir la proyección del sistema de coordenadas de la base de datos geográfica para referenciar espacialmente la información, la cual se recomienda trabajar en dos (2) versiones para que estas se puedan coordinar con otros sistemas de información en un futuro:

1. Con referencia espacial Magna Colombia Bogotá
2. Con referencia espacial Magna Colombia origen único, según resolución 471 de 2020 IGAC.

En ese orden de ideas, al explorar el proceso estandarizado del sistema de información de la SAS y la gestión de datos, es posible considerar para una segunda fase del proyecto, los grupos de investigación que más se relacionan al área de Ingeniería de la Escuela Ambiental UdeA. Los grupos de investigación como el grupo de Investigación Aliados con el Planeta, el Grupo Gestión y Modelación Ambiental – GAIA, el Grupo Medio Ambiente y Sociedad -MASO, el Grupo Geolimna, Grupo Ingeniería y Gestión Ambiental – GIGA; podrían tener información susceptible a ser espacializada, lo cual permitiría identificar, interpretar y analizar a un nivel de detalle municipal y regional, las acciones y estudios ambientales que adelanta la Universidad de Antioquia en el territorio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al conocer las acciones georreferenciadas de la SAS, se evidencia la utilidad del modelo y se genera un mayor conocimiento y apropiación del mundo real donde se desarrollan las actividades. Además, al estandarizar los lineamientos para gestionar y georreferenciar la información, será posible articular el portal con otros sistemas de información georreferenciados, como lo es el apartado “territorio Antioquia” en el portal CIFRA de la Gobernación de Antioquia, donde se integrará un archivo histórico de Antioquia y evolucionará la forma de interacción con los datos alfanuméricos y la información georreferenciada en el departamento.

Al identificar los actores responsables, la periodicidad de la información ambiental y definir la metodología y el sistema de coordenadas para procesar y espacializar la información, es posible desarrollar un modelo estandarizado para gestionar, capturar, almacenar y espacializar la información ambiental en un caso de estudio, definiendo lineamientos y recomendaciones que se relacionan con el proceso de georreferenciación de datos, con la finalidad de poner a disposición la información de

forma abierta para el público a través de la tecnología que posibilita el intercambio de datos y de funcionalidades como el Internet.

Al consolidar el sistema de información de la SAS, se confirma la necesidad de compartir la información de forma abierta con usuarios internos y externos que suministran y recolectan información, además, los servicios web son una importante herramienta para los actores tomadores de decisiones, al ofrecer la oportunidad de representar espacialmente la realidad, monitorear y analizar los datos de forma eficiente y definiendo estrategias de manera oportuna para cumplir con las metas y objetivos de una institución.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque el uso de SIG en los análisis de datos proporciona muchos beneficios, existen varios factores que pueden limitar su aplicabilidad; muchas de estas limitaciones están relacionadas con la economía y el recurso humano. Se requiere una cantidad considerable de tiempo y costo para recopilar los datos necesarios. Además del costo, se requiere personal especializado para establecer un SIG, garantizar su operación, mantenimiento y analizar la salida de la información.

Para la gestión de información de la Escuela Ambiental UdeA, y a partir de los espacios virtuales de datos abiertos, boletines y herramientas que aumentan la capacidad de análisis en relación con el tratamiento de geodatos; se recomienda un proceso que permita clasificar la información ambiental siguiendo los lineamientos y parámetros para gestionar los datos de los programas académicos que hacen parte de la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia y el alcance de sus acciones en el territorio.

Al trabajar con los sistemas de información geográfica es posible involucrar en el proceso de captura de datos las aplicaciones y herramientas geo informáticas que pueden mejorar la gestión y los procesos; explorando otro tipo de aplicaciones de ArcGIS Online, como las aplicaciones Survey123 y Collector for ArcGIS (ver Imagen 6), las cuales dan la garantía de trabajar con información primaria y sin procesar, mejorando los resultados del modelo propuesto y relacionando a los estudiantes y profesores de los programas académicos, con la captura de datos y el levantamiento de información en campo, registrando la relación con las personas y lugares que visitaron, anexando reportes de las actividades realizadas y su respectiva ubicación georreferenciada para un registro y seguimiento de los procesos académicos.

BIBLIOGRAFÍA

Asamblea Departamental de Antioquia. 20 de agosto de 2015. Ordenanza 16.

Da Silveira Arruda, Natalia. Navia Hermida, Ana Maria. Álvarez Valle, Mónica. Neira Alzate, Fabio. Benjumea Garcés, Juliana. Ospina Arcila, Sara. Arias Valencia, Santiago. y Ortega Espinosa, Diana Carolina. (2019). *Proyecto de cartografía colaborativa de ciclo infraestructura para la optimización de rutas y mapas temáticos en el Valle de Aburrá con herramientas geoespaciales y datos abiertos*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

García Juan, Laura. y Vallina Rodríguez, Alejandro. (2019). *SIG y Bases de Datos, oportunidades y retos en la transición de los sistemas tradicionales al Big Data*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

Gobernación de Antioquia. (2020). *Plan de Desarrollo “Unidos por la vida 2020-2023”*. Antioquia, Colombia.

Gobernación de Antioquia. y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO-, (2018). *Plan Integral del Cambio Climático de Antioquia -PICCA-*. Antioquia, Colombia.

Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital -IDECA-, La IDE de Bogotá. (2016) *Procedimiento de transformación de coordenadas geográficas con la herramienta ArcToolbox al sistema de referencia MAGNA-SIRGAS*. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Tipos de coordenadas manejados en Colombia*. Colombia

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 14 de mayo de 2020. *Resolución 471*. Colombia

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 28 de enero de 2005. *Resolución 068*. Colombia

López Lara, Enrique. Posada Simeón, Carlos. y Moreno Navarro, Jesús Gabriel. (2006). *Los Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Sevilla, España.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC -. (2020). *Guía para el uso y aprovechamiento de Datos Abiertos en Colombia*. Colombia

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO -. (2019). *Mapas parlantes: curso de conservación de la biodiversidad: instrumentos económicos, de financiación y de gestión del suelo*. Colombia.

Ramos Flores, Mario Esteban. (2015). *Propuestas de un modelo de datos en SIG para los sistemas de riego en Bolivia*. Bolivia

Senado de la República. (2020). *Proceso de gestión de recursos tecnológicos y política de datos abiertos*. Colombia