

# Análisis Geográficos

REVISTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Memorias técnicas  
**SEMANA GEOMÁTICA**  
2017 Volúmen II



Aruba

Curazao

Punto Fijo

Coro

Maracaibo

Barranquilla

Cartagena

Carabobo

Barquisimeto

Valencia

Mérida Barinas

San Cristóbal

Venezuela



Ibarra

Quito

Ecuador

São Gabriel da Cachoeira

Iquitos

Ceticia



# Análisis Geográficos

REVISTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Número 55, 118p., Bogotá, Colombia, 2017

## IVÁN DUQUE MÁRQUEZ

Presidente de la República de Colombia

## MARTHA LUCÍA RAMÍREZ

Vicepresidente de la República de Colombia

## EVAMARÍA URIBE TOBÓN

Director General Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

## CONSEJO DIRECTIVO

### Dr. JUAN DANIEL OVIEDO ARANGO

Director General del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)  
Presidente del Consejo Directivo

### Dra. GLORIA AMPARO ALONSO MÁSMELA

Director General del Departamento Nacional de Planeación (DNP)

### Dr. GUILLERMO BOTERO NIETO

Ministro de Defensa Nacional

### Dr. RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

### Dr. ANDRÉS VALENCIA PINZÓN

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

### Dra. EVAMARÍA URIBE TOBÓN

Director General del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

### Dra. MÓNICA HILARIÓN MADARIAGA

Secretaria General del Instituto Geográfico Agustín Codazzi



## COMITÉ CIENTÍFICO SEMGEO 2017

Adriana María Rojas Vargas  
 Luis Alexander Vergara Garzón  
 Héctor Ariel Perilla García  
 Carlos Andrés Franco Prieto  
 Carlos Iván Rivera Parra  
 Norma Carolina Espejo Delgado  
 David Arenas Herrera  
 Elena Posada  
 Henry Omar Augusto Castellanos Quiroz  
 Leonor Aydé Rodríguez Rojas  
 Lina María Parada Alzate  
 Luz Ángela Castro Nungo  
 María Antonieta Pérez Umaña  
 Nelson Andrés Nieto Valencia  
 Oscar Ibán Herrera Moreno  
 Osman Javier Roa Melgarejo  
 Oswaldo Ibarra Ortiz  
 Serena Sarah Weber  
 Sergio Alejandro Rojas Barbosa  
 Victoria Daniela Camacho Ochoa  
 Yesenia Vargas Tejedor

## COMITÉ EDITORIAL

- **Evamaría Uribe Tobón**  
Director General
- **Mónica Hilarión Madariaga**  
Secretaria General
- **Juan David Méndez Niño**  
Subdirector de Geografía y Cartografía
- **Guillermo López Pérez**  
Subdirector de Agrología

## EDICIÓN Y CORRECIÓN DE ESTILO

- **Daniela Lorena Rojas Galván**  
Correctora de estilo, Oficina CIAF

## DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

- **Laura Silvana Arévalo Acuña**  
Diseñador Gráfico, Oficina CIAF

## COMITÉ ORGANIZADOR SEMGEO 2017

- |   |   |
|---|---|
| Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF)   | Subdirección de Geografía y Cartografía<br>Luz Ángela Castro<br>Francisco Mora  |
| Elena Posada<br>Fredy Gutiérrez<br>José Medardo Castillo<br>Evy Jaramillo<br>Jaime Silva<br>Gina Marcela Popayán<br>Yesenia Vargas<br>Sarah Weber<br>Lina Parada<br>Diego Bustamante<br>Juan Pablo Mahecha<br>Sandra Rojas<br>Luz Ángela Uscategui<br>Doris María Rojas<br>María Libia Ortiz<br>Adriana María Rojas | Subdirección de Agrología<br>Jorge Sánchez<br>Janeth González<br><br>Oficina Asesora de Planeación<br>Andrea del Pilar Moreno<br><br>Difusión y Mercadeo<br>Alba Giraldo<br>Yudy Morón<br><br>Talento Humano<br>Jana Carvajal<br>Elizabeth García |

## ■ Jorge Augusto Bonil Cubides

Subdirector de Catastro

## ■ Diana Carolina Oviedo León

Jefe Oficina Asesora de Planeación

## ■ Alexander Ariza

Jefe Oficina CIAF

## ■ Cesar Augusto Boxiga Sánchez

Jefe Oficina de Difusión y Mercadeo

## ■ Luis Carvajal Celemín

Asesor Dirección General

## ■ Luis Nicolás Pulido

Diseñador Gráfico, Oficina CIAF

El comité editorial agradece a los pares evaluadores que hicieron posible este volumen: Camila Vanessa Valero Carvajal (Ingeniera ambiental, Universidad Santo Tomás [USTA]), Angie Lorena Avendaño Gómez (Ingeniera topográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Norma Carolina Espejo Delgado (Especialista en sistemas de información geográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Orlando Alfonso López Pérez (Ingeniero catastral y geodesista, especialista en sistemas de información geográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas), Osman Javier Roa Melgarejo (Especialista en sistemas de información geográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Biólogo, Universidad del Atlántico). Elena Posada (MSc en Ingeniería Forestal, Academia Forestal de Leningrado, Kirov).

## NOTA DEL EDITOR

Los artículos que se publican en el número 55 de la revista *Análisis Geográficos* fueron presentados en la Semana Geomática 2017 y seleccionados por su valor temático, además de cumplir con la mayor parte de las indicaciones para la presentación de documentos en extenso.

Sin embargo, cabe aclarar que los artículos referidos se prepararon respetando los originales enviados por los autores, salvo adecuaciones a las normas editoriales.

En consecuencia, la responsabilidad de los contenidos y las imágenes empleadas es exclusivamente de los autores y no comprometen al Comité Editorial ni al editor de la revista.

De los artículos aceptados en la revista *Análisis Geográficos*, se entenderá que su autor o autores le ceden a esta los derechos patrimoniales para su publicación en cualquier forma o medio (análogo o digital).

*Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Oficina Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAGF)*

*Análisis Geográficos: Tecnologías de la información para la consolidación ambiental y productiva del territorio*

*La Séptima Semana Geomática Internacional / El Instituto. Bogotá. No. 55, 2017*

*118 p. con ilustraciones, mapas a color y cuadros.*

*Incluye referencias bibliográficas  
Texto bilingüe español-inglés*

*ISSN (electrónico) 2590-7123*

*1. Conferencias magistrales 2. Planificación territorial y catastro 3. Infraestructura de datos espaciales 4. Percepción remota 5. Geodesia 6. Sistemas de información geográfica*

## POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global del conocimiento.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons *Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*.



Para más información  
escanea éste código y  
visita nuestra página:  
[www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)



IgacColombia



TheGACTV



@IgacColombia



igacolombia

# TABLA DE CONTENIDO

## TABLE OF CONTENTS



### Innovaciones en el desarrollo tecnológico y aplicaciones de observación de la tierra para el ordenamiento territorial

**11**

Uso de imágenes Landsat para el cálculo del Indicador 11.3.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible “Razón entre la tasa de consumo del suelo y la tasa de crecimiento de la población”

Sandra Moreno, Yineth Acosta

**11**

*Using Landsat images for the calculation of the Sustainable Development Goals Indicator 11.3.1: “Ratio of land consumption rate to population growth rate”, in the urban agglomerations of Colombia*

### La Geodesia en prospectiva

**32**

Colombia hacia un nuevo Sistema Vertical de Referencia

Anderson Leal Vélez, Diego Armando Cortés, Juan Sebastián Sánchez Cardenas, Francisco Javier Sarmiento, Francisco Javier Mora, Iván Dario Mora Urquiza, Jonnathan Haider Fandiño Bohorquéz, Leidy Johanna Moises Sepúlveda, Lina María Barrera Avellaneda, Luis Eduardo Gómez Daza, Nancy Paola Gutiérrez Rueda, Natalia Carolina Sánchez Torres, Ricardo Guevara Liam, Samuel Andrés Pérez Castiblanco, Sandra Milena González Giraldo, Santiago Venegas

**32**

*Colombia towards a new Vertical Reference System*

### Inventario y monitoreo de recursos naturales

**43**

Detección remota de alteración de los sedimentos en corrientes hídricas por explotaciones de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua

Sandra Rodríguez, Mauricio González, Jerson Achicanoy

**43**

*Remote sensing for detection of sediment alteration in water currents by alluvial gold exploitation using water machine*

## Tecnologías de la información geográfica como apoyo a la seguridad pública y nacional

Lina Paola Arévalo Méndez, Mauricio González,  
Miguel Serrano

**54**

Metodología para la priorización de acciones contra minas antipersona desde el enfoque de gestión integral del riesgo

**54**

*Methodology for the prioritization of action against antipersonnel mines from the integral risk management approach*

## Sistemas soporte de decisiones para la gestión territorial: SIG e IDE

Rui Pedro Julião

**69**

Infraestructuras de datos espaciales.  
Perspectiva y desafíos

**69**

*Spatial Data Infrastructures.  
Prospects and challenges*

Angélica Joana Suárez Porras,  
José Edilberto Sánchez

**81**

Navegando por geoservicios y metadatos del Portal ICDE

**81**

*Navigating geoservices and metadata of the ICDE Portal*

Edgar Roberto Mora Gómez

**97**

El rol del IGAC en la región: Territorial Nariño

**97**

*The Role of IGAC in the Region: Nariño*



## PRESENTACIÓN

### ***La Semana Geomática: aportes al desarrollo territorial (2da entrega)***

El número 55 de la revista Análisis Geográficos es el segundo de una serie que contiene los artículos derivados de las ponencias presentadas durante la 7<sup>a</sup> versión de la Semana Geomática Internacional. Esta se celebra cada dos años y es organizada por el Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica, CIAF, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por lo cual los contenidos se organizaron de acuerdo con los ejes temáticos que se abordaron durante el evento.

El volumen se inicia con el eje temático Innovaciones en el desarrollo tecnológico y aplicaciones de observación de la tierra para el ordenamiento territorial. Esta sección abre con el artículo Uso de imágenes Landsat para el Cálculo del indicador 11.3.1 de los objetivos de desarrollo sostenible Razón de la tasa de consumo del suelo y la tasa de crecimiento de la población, escrito por Sandra Moreno y Yineth Acosta, profesionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). En él se presenta un método para medir la eficiencia en el uso del suelo para lograr ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Para ello, se usaron insumos satelitales del programa Landsat. Siguiendo con esta línea temática, se presenta el artículo Colombia hacia un nuevo sistema vertical de referencia, escrito por profesionales e investigadores del Grupo Interno de Trabajo de Geodesia de la Subdirección de Geografía y cartografía del IGAC. En el artículo se presentan los avances en las mejoras y ajustes de las redes de nivelación, gravedad y posicionamiento, direccionados a la actualización del sistema vertical de referencia nacional.

En el eje inventario y monitoreo de recursos naturales, Sandra Rodríguez, Mauricio González y Jerson Achicanoy, del proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos de la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (SIMCI-UNODC), exponen una metodología basada en percepción remota mediante el empleo de álgebra de bandas (índice espectral). Esto facilita la detección y monitoreo de las zonas con alteración por sedimentos en los cuerpos de agua.

En el eje temático Tecnologías de la información geográfica como apoyo a la seguridad pública y nacional, tenemos un artículo de Lina Arévalo, Mauricio González y Miguel Serrano, quienes han trabajado en el proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos de la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (SIMCI-UNODC).





En este trabajo se centran en el uso de tecnologías geoespaciales para apoyar la toma de decisiones en la priorización, focalización y atención de los territorios y población afectada por las minas antipersona, desde el enfoque de gestión integral del riesgo.

Este número finaliza con la temática Sistemas soporte de decisiones para la gestión territorial: SIG e IDE. En esta sección contamos con el artículo del PhD Rui Pedro Julião, de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad NOVA de Lisboa. En el artículo, Julião expone cómo se articulan tres conceptos clave para proporcionar una base con miras a responder los retos sociales: las infraestructuras de datos espaciales, la información geográfica voluntaria y la calidad de los datos. Continuando con este eje temático, Angelica Joana Suarez y José Edilberto Sánchez, profesionales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi presentan un artículo de las funcionalidades del Portal Geográfico Nacional, PGN, y el Catálogo Nacional de metadatos, CNM. Tanto el PGN y como el CNM cuentan con una nueva versión orientada a mejorar la experiencia de usuario, mediante el fortalecimiento en los diferentes factores de usabilidad de estas aplicaciones WEB. Finalizando esta línea temática, se cuenta con un artículo de Edgar Roberto Mora Gómez, director de la Dirección Territorial Nariño del IGAC. El texto nos enmarca el proceso de gestión frente a las diferentes temáticas de la Territorial, en el que se resalta la contribución a los logros de los objetivos de los Planes de Desarrollo, en sus niveles territoriales, así como a apoyar la búsqueda y/o construcción de la Paz.

Esperamos que esta segunda selección de artículos sea un aporte significativo para la investigación en temas relacionados con la geomática. También, queremos que esta publicación siga contribuyendo a la transformación del territorio y la búsqueda de un mayor desarrollo económico y social con sostenibilidad.

**Alexander Ariza**

Jefe Oficina Centro de Investigación y  
Desarrollo de Información Geográfica - CIAF  
*Instituto Geográfico Agustín Codazzi*





# INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Información  
**agrológica, catastral,  
geográfica y de datos  
espaciales** al servicio de la  
construcción de un **nuevo país**

Visítanos en: [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)



IgacColombia



TheIGACTV



@IgacColombia



igacColombia

IGAC  
INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI



El futuro  
es de todos

Gobierno  
de Colombia

## **Uso de imágenes Landsat para el cálculo del Indicador 11.3.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: “Razón entre la tasa de consumo del suelo y la tasa de crecimiento de la población”, en las aglomeraciones urbanas de Colombia**

*Using Landsat images for the calculation of the Sustainable Development Goals Indicator 11.3.1: “Ratio of land consumption rate to population growth rate”, in the urban agglomerations of Colombia*

---

Sandra Moreno<sup>a</sup>, Yineth Acosta<sup>b</sup>

Innovaciones en el desarrollo tecnológico y aplicaciones de observación de la tierra para el ordenamiento territorial

### **Resumen**

Este artículo explica la metodología desarrollada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para calcular el indicador 11.3.1, definido en la agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este mide la eficiencia en el uso del suelo para lograr ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; y presenta los resultados obtenidos al aplicarla en las aglomeraciones urbanas de Colombia<sup>1</sup>. Esta metodología utilizó imágenes de satélite del programa Landsat, capturadas en los años 2003 y 2015, que se clasificaron en Google Earth Engine para obtener el área construida de las aglomeraciones en cada año, y así calcular la tasa de consumo de suelo. Posteriormente, a partir de las proyecciones de población del DANE para estos mismos años, se calculó la tasa de crecimiento de la población, y finalmente, se obtuvo el valor del indicador 11.3.1 a partir de la razón entre las dos tasas, para 107 ciudades.

**Palabras clave:** aglomeración urbana, ciudad, imágenes de satélite, indicador 11.3.1., Landsat, Objetivos de Desarrollo Sostenible, población.

a. Master en Sistemas de Información Geográfica. DANE. slmorenom@dane.gov.co

b. Especialista en Sistemas de Información Geográfica. DANE. yinethaco@gmail.com

1. Definidas en el documento CONPES 3819 – Política Nacional para consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia.



---

## Abstract

*This article explains the methodology developed by DANE to calculate indicator 11.3.1, defined in the 2030 agenda of the Sustainable Development Goals, which measures the efficiency of land use to make cities inclusive, safe, resilient and sustainable; and presents the results in the application of the urban agglomerations of Colombia. This is a list of satellite images of the Landsat program captured in the years 2003 and 2015, which are classified to obtain the constructed area of the agglomerations in each year, in order to calculate the rate of land consumption. Subsequently, based on the population projections of DANE for these same years, the population growth rate was calculated and, finally, the value of indicator 11.3.1 was obtained from the relationship between the rates for 107 cities.*

**Keywords:** city, indicator 11.3.1., Landsat, population, satellite images, Sustainable Development Goals, urban agglomeration.



## Introducción

En septiembre de 2015, los países miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que abarcan las dimensiones del desarrollo: económica, social y ambiental. Del conjunto de ODS, el 11 tiene como objetivo “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. Para ello, en una de sus metas, la 11.3, se planteó: “de aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países”. Uno de los indicadores para monitorear esta meta es el 11.3.1, definido como “Razón entre la tasa de consumo de suelo y la tasa de crecimiento de la población”.

Como complemento a la información cartográfica recolectada y actualizada por los institutos geográficos y otras entidades, resulta relevante el uso de imágenes de satélite para obtener información sobre la cobertura del suelo, que es un insumo para determinar el consumo de suelo.

En este sentido, desde el 2015, el DANE inició el desarrollo de una metodología para el cálculo del indicador 11.3.1, que involucra el procesamiento de imágenes de los satélites Landsat 7 y 8. Esto con el fin de determinar el consumo del suelo, aplicada en 16 de las 18 aglomeraciones (equivalente a 107 ciudades) urbanas de Colombia.

## Marco teórico

### *Indicador ODS 11.3.1*

Este indicador está definido como la razón entre la tasa de consumo de suelo y la tasa de crecimiento de la población y se utiliza para medir la eficiencia en el uso del suelo. Hay un uso eficiente del suelo urbano cuando la tasa de consumo de suelo es inferior a la tasa de crecimiento de la población, es decir, cuando el valor del indicador es menor a uno (UN- Hábitat, 2018).

En el metadato del indicador, elaborado por ONU-Hábitat (agencia custodia), se indica que las imágenes de satélite son una fuente de datos para determinar el consumo del suelo, que se refiere a las áreas edificadas (superficies impermeables) y espacios abiertos urbanizados.

### *Procesamiento digital de imágenes*

Algunos conjuntos de imágenes de satélite están disponibles de forma gratuita. Entre estos, tres ejemplos sobresalen: las imágenes de los satélites Landsat, capturadas desde 1972, con resolución espacial de 30 metros y un ciclo de repetición de 16 días (cabe mencionar que, a partir del 31 de mayo de 2003 las imágenes del satélite Landsat 7 presentan vacíos de información); las Sentinel 2A, capturadas desde 2015, con una resolución espacial de 10 metros y un ciclo de repetición de 10 días; y, finalmente, las imágenes Áster, capturadas desde 1999, con una resolución espacial de 15 metros y un ciclo de repetición de 16 días.



Existen procesos que tienden a eliminar cualquier anomalía detectada en la imagen, ya sea en su localización –correcciones geométricas–, o en los niveles digitales de los pixeles que la componen –correcciones radiométricas–. Dentro de las radiométricas se encuentran dos tipos de correcciones: la corrección atmosférica en el espectro óptico, que es el proceso de convertir la reflectividad aparente (TOA) a reflectividad de la superficie terrestre (Hantson et al., 2011); y la corrección topográfica, que permite compensar las diferencias de iluminación solar debidas a la variación altitudinal del terreno (Riaño, Salas, Chuvieco, de Alcalá, & de Henares, s/f).

En cuanto a la clasificación de las imágenes de satélite, existen diferentes métodos, entre ellos el supervisado, en el que el intérprete delimita sobre la imagen áreas piloto, que se consideran suficientemente representativas de las categorías que componen la leyenda y que tales áreas sirven para “entrenar” al algoritmo en el reconocimiento de las distintas categorías (Gil, García, Ponvert-Delisles, Sánchez, & Vega, 2003). Dentro de los algoritmos de clasificación supervisada está *Random Forest*, su enfoque implica la construcción de múltiples árboles de decisión, los cuales consideran varios subconjuntos de la muestra de entrenamiento. La predicción de cada uno de los árboles de decisión obtenidos se le considera como un “voto”. Estos votos se utilizan para obtener una sola predicción en consenso.

Después del proceso de clasificación, se realiza la evaluación de la exactitud, el instrumento más usual es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia. Esta es una matriz cuadrada de  $n \times n$  filas y columnas, en la que la  $n$  representa el número de clases, las columnas corresponden a los datos de referencia, y las filas corresponden a las asignaciones del clasificador (Picone & Linares, 2014).

## **Google Earth Engine (GEE)**

Google Earth Engine es una plataforma, de acceso público sin costo, para el análisis de datos geoespaciales. Dispone de imágenes de satélite en diferentes niveles de procesamiento, coberturas geográficas y temporales, organizadas a través de colecciones, por ejemplo, se encuentran disponibles las colecciones de Landsat procesadas a la reflectividad aparente (TOA) y a la reflectividad de la superficie terrestre y que incluyen una máscara de nubes, sombras, agua y nieve.

Esta plataforma permite automatizar procesos a través de una librería de algoritmos de procesamiento digital de imágenes de satélite, susceptibles de personalizar por parte de los usuarios, así como incorporar información geográfica en formato vector y ráster, requerida por el usuario. El procesamiento se realiza en la nube.

## **Estadísticas de población**

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, tiene como objetivos garantizar la producción, disponibilidad y calidad de la información estadística estratégica; así como dirigir, planear, ejecutar, coordinar, regular y evaluar la producción y difusión de información oficial básica. Entre sus estadísticas, respecto a demografía y población, realiza las proyecciones de población tomando como base los resultados ajustados de población del Censo 2005 y la conciliación censal 1985 – 2005, así como los análisis



sobre el comportamiento de las variables determinantes de evolución demográfica, las hipótesis y algunos comentarios sobre sus resultados (DANE, 2018). El mayor nivel de desagregación de estas proyecciones es por cabecera<sup>2</sup> y resto municipal<sup>3</sup>. No existen proyecciones desagregadas por centro poblado<sup>4</sup>.

## Aglomeraciones urbanas

En el documento CONPES 3819, Política Nacional para consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia, se definieron 18 aglomeraciones urbanas, entendidas como el conjunto de ciudades y sus centros urbanos contiguos (incluidos sus territorios de influencia) entre los que existen relaciones funcionales en términos de actividades económicas, oferta y demanda de servicios (Departamento Nacional de Planeación, 2014). Las aglomeraciones corresponden a Bogotá D.C (23 ciudades), Medellín (10 ciudades), Cali (10 ciudades), Barranquilla (16 ciudades), Cartagena (7 ciudades), Bucaramanga (4 ciudades), Cúcuta (4 ciudades), Pereira (3 ciudades), Villavicencio (2 ciudades), Armenia (4 ciudades), Pasto (2 ciudades), Manizales (2 ciudades), Rionegro (5 ciudades), Tuluá (2 ciudades), Tunja (5 ciudades), Girardot (3 ciudades), Sogamoso (9 ciudades) y Duitama (2 ciudades).

## Metodología

En el desarrollo de la metodología fue necesario definir los años de estudio en función de las imágenes disponibles; y el área de estudio según el nivel de desagregación de las proyecciones de población. Para el cálculo de la tasa de consumo de suelo, se requiere el área construida (edificación) de las ciudades, y, para el cálculo de esta área, se realizó la selección de las imágenes, la corrección topográfica, la clasificación y la evaluación de exactitud, mediante un algoritmo desarrollado en GEE. A continuación se detallan estas actividades y las fórmulas que se aplicaron para el cálculo de las tasas y del indicador.

### Definición de los años de estudio y programa satelital seleccionado

Para que el indicador fuera comparable, se consideró definir los mismos años de estudio inicial y final para todas las ciudades de las aglomeraciones.

Como año inicial, se pensó en 2005, siendo este el año en que se realizó el Censo General. Con respecto a las imágenes de satélite, para 2005, Landsat7 y Áster estaban disponibles. No obstante, el número de escenas Áster para Colombia, en comparación con Landsat, fue menor, lo que se sumó a una gran nubosidad en las imágenes, por lo que se descartó el uso de imágenes Áster para este estudio. En cuanto a las imágenes Landsat7, el DANE desarrollo y aplicó el algoritmo *Phase 2 Gap-Fill Algorithm*<sup>5</sup> para corregir los vacíos de información. Sin embargo, no fue posible realizar la corrección para todas las ciudades que se requerían, por lo que se decidió cambiar el año de estudio al 2003, momento en el que había imágenes Landsat sin vacíos de información.

2. Delimitación geográfica definida por el DANE para fines estadísticos, alusiva al área geográfica delimitada por el perímetro censal. A su interior se localiza la sede administrativa del municipio, es decir la alcaldía. Este nivel geográfico contiene el perímetro urbano establecido por acuerdos del Concejo Municipal.

3. Delimitación geográfica definida por el DANE para fines estadísticos, comprendida entre el perímetro censal de las cabeceras municipales y el límite municipal. Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y de explotaciones agropecuarias existentes en ella.

4. Se define como una concentración mínima de veinte viviendas contiguas o vecinas, ubicada en el área resto municipal.

5. <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L7SLCGapFilledMethod.pdf>





Como año final, se seleccionó 2015 ya que, además de la existencia de imágenes del satélite Landsat 8 (sin vacíos de información), permite definir un intervalo de tiempo suficientemente amplio para identificar cambios en ciudades donde no hay una alta dinámica de consumo de suelo.

### **Definición del área de estudio y de la fuente de datos para el cálculo de la tasa de crecimiento de la población**

Para los años 2003 y 2015, se encuentran disponibles las proyecciones de población del DANE a nivel de cabecera y resto municipal. Por esto, el área de estudio se define por el área edificada, obtenida a partir de la clasificación de las imágenes Landsat, que se interseca con la cabecera municipal de las ciudades que conforman las aglomeraciones, dentro del límite municipal (excluye el área censal de los centros poblados).

### **Selección de la colección y de las imágenes de satélite Landsat**

Se revisaron las colecciones de imágenes Landsat disponibles en GGE y se seleccionaron Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIRS, procesadas a la reflectividad de la superficie terrestre. Luego, se desarrolló un script que permite filtrar las imágenes teniendo en cuenta: los años de interés, y las mejores imágenes libres de nubes y sombras en las ciudades de estudio. Para el desarrollo de esta tarea se utilizó la banda que sirve de máscara para las nubes y sombras.

### **Aplicación del método de corrección topográfica**

Se aplicó el algoritmo Factor C, único algoritmo disponible en GEE, el cual fue modificado con los parámetros de las imágenes y con el modelo digital SRTM Digital Elevation Data 30m.

### **Selección del algoritmo y clasificación de las imágenes**

Se realizó la clasificación supervisada del Área Metropolitana de Bucaramanga, mediante los algoritmos disponibles en GEE (*Support Vector Machine, Decision Tree y Random Forest*). Se seleccionó *Radom Forest* por brindar un mayor porcentaje global de exactitud (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Porcentaje global de exactitud

| Algoritmo de clasificación | Exactitud |
|----------------------------|-----------|
| Support Vector Machine     | 69%       |
| Decision Tree              | 69%       |
| Random Forest              | 80%       |

Luego, se llevó a cabo la clasificación de las imágenes para todas las ciudades de estudio, de modo que a partir de imágenes de mayor resolución espacial, se generaron muestras de entrenamiento y validación para áreas edificadas y áreas no edificadas (agua, vegetación, suelo desnudo).



Se definió que la clasificación se aceptaba cuando la evaluación de la exactitud global fuera igual o mayor al 80%.

### **Cálculo del área construida**

Se seleccionaron los polígonos que se intersecan con el área censal de las ciudades, se excluyeron las áreas censales de los centros poblados o fuera del límite municipal. Luego se realizó el cálculo del área total de la zona construida (edificada) resultante, esto utilizando herramientas GIS.

### **Cálculo de la tasa de consumo de suelo**

Para el cálculo de la tasa de consumo de suelo se utilizaron las mediciones del área construida en cada uno de los años de estudio y la fórmula propuesta por UN-HABITAT (2016):

$$TCS = \frac{LN(Urb_{t+n}/Urb_t)}{(y)}$$

Donde:

$Urb_{t+n}$  = Área construida en el año 2015

$Urb_t$  = Área construida en el año 2003

$y$  = Número de años entre los dos momentos de medición

### **Cálculo de la tasa de crecimiento de la población**

La tasa de crecimiento anual de población (TCP) fue calculada de acuerdo con la siguiente fórmula propuesta por UN-HABITAT (2016)

$$TCP = \frac{LN(Pop_{t+n}/Pop_t)}{(y)}$$

Donde:

$Pop_{t+n}$  = Proyección de la población de la cabecera municipal en el año 2015

$Pop_t$  = Proyección de la población de la cabecera municipal en el año 2003

$y$  = Número de años entre los dos momentos de medición

### **Cálculo del indicador**

Se calculó el cociente entre la tasa de consumo del suelo y la tasa de crecimiento de la población (UN-HABITAT, 2016)

$$Indicador 11.3.1 = \frac{TasaConsumo de Suelo}{TasaCrecimiento Poblacion}$$

## Resultados

Para las aglomeraciones de Armenia y Pasto no se obtuvieron imágenes Landsat libres de nubes en los años de estudio, por lo que se realizó el cálculo del indicador ODS 11.3.1 para las 16 aglomeraciones urbanas restantes y las ciudades que las componen. En la Figura 1 se visualizan los valores de tasa de consumo de suelo y la tasa de crecimiento de población; en la Figura 2 el valor del Indicador ODS 11.3.1 en el periodo de estudio 2003 y 2015, para cada aglomeración; y en la tabla 2 los valores desagregados por ciudad. Para ver los mapas de consumo de suelo 2003 -2015 de las aglomeraciones remítase al Anexo 1.

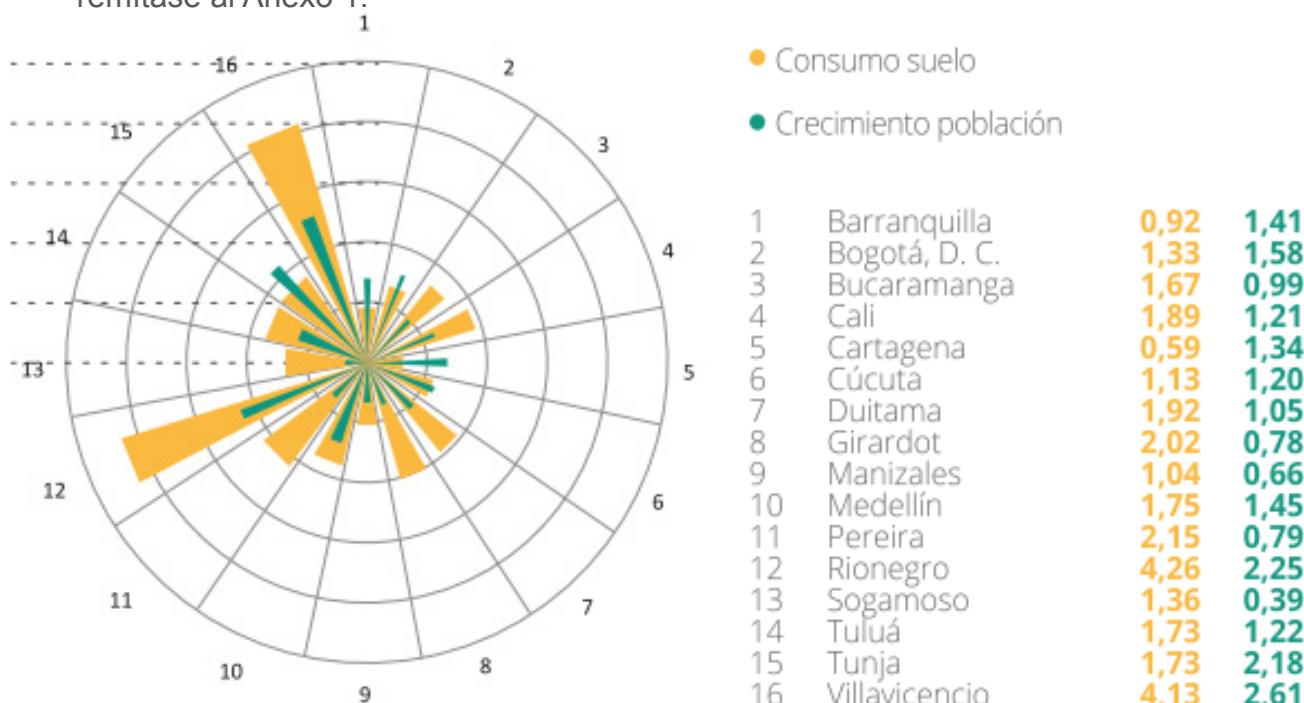


Figura 1. Tasas de consumo de suelo y crecimiento de la población

Fuente: elaboración propia.

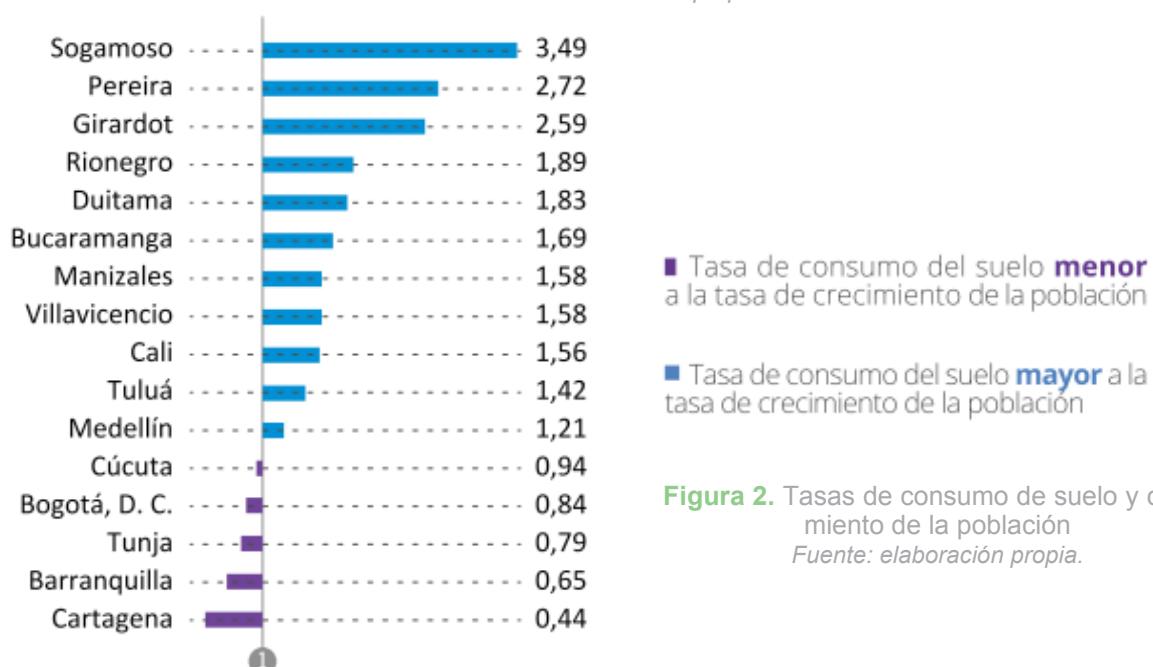


Figura 2. Tasas de consumo de suelo y crecimiento de la población

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.** Tasas de consumo de suelo, crecimiento de la población e Indicador ODS para las ciudades que componen los Aglomerados Urbanos objeto de estudio

| Aglomeración | Ciudad           | TCS   | TCP  | Ind. 11.3.1 |
|--------------|------------------|-------|------|-------------|
| Barranquilla | San Cristóbal    | 1,62  | 1,55 | 1,05        |
|              | Sitionuevo       | 0,32  | 1,89 | 0,17        |
|              | Barranquilla     | 0,52  | 0,62 | 0,84        |
|              | Baranoa          | 1,18  | 1,29 | 0,91        |
|              | Galapa           | 3,10  | 3,13 | 0,99        |
|              | Malambo          | 1,87  | 1,86 | 1,01        |
|              | Palmar de Varela | 0,90  | 0,85 | 1,06        |
|              | Polonuevo        | 0,31  | 1,04 | 0,3         |
|              | Ponedera         | 1,89  | 1,52 | 1,24        |
|              | Puerto Colombia  | 2,82  | 0,94 | 3,00        |
|              | Sabanagrande     | 1,58  | 2,41 | 0,66        |
|              | Sabanalarga      | 1,20  | 1,96 | 0,61        |
|              | Santo Tomás      | 1,25  | 0,83 | 1,51        |
|              | Soledad          | 1,28  | 2,97 | 0,43        |
| Bogotá, D.C  | Tubará           | -0,10 | 0,76 | -0,13       |
|              | Usiacurí         | 0,36  | 0,51 | 0,71        |
|              | Bogotá           | 0,92  | 1,44 | 0,64        |
|              | Bojacá           | 3,01  | 3,27 | 0,92        |
|              | Cajicá           | 4,37  | 2,86 | 1,53        |
|              | Chía             | 2,92  | 3,06 | 0,95        |
|              | Cogua            | 1,62  | 2,69 | 0,6         |
|              | Cota             | 6,76  | 3,04 | 2,22        |
|              | Facatativá       | 1,66  | 2,28 | 0,73        |
|              | Funza            | 4,63  | 2,22 | 2,09        |
|              | Gachancipá       | 2,97  | 3,76 | 0,79        |
|              | Guatavita        | 1,34  | 1,11 | 1,21        |
|              | La calera        | 1,50  | 2,31 | 0,65        |
|              | Madrid           | 3,74  | 2,35 | 1,59        |
|              | Mosquera         | 6,23  | 3,11 | 2,00        |
|              | Nemocón          | 2,51  | 1,44 | 1,74        |
|              | Sesquilé         | 2,20  | 3,81 | 0,58        |
|              | Sibaté           | 3,03  | 2,05 | 1,48        |
|              | Soacha           | 3,43  | 2,5  | 1,37        |
|              | Sopó             | 3,45  | 3,1  | 1,11        |
|              | Sutatausa        | 1,49  | 2,62 | 0,57        |
|              | Tabio            | 1,82  | 3,85 | 0,47        |
|              | Tausa            | 2,23  | 3,05 | 0,73        |
|              | Tocancipá        | 2,77  | 3,59 | 0,77        |
|              | Zipaquirá        | 1,61  | 1,96 | 0,82        |



| Aglomeración | Ciudad            | TCS  | TCP  | In. 11.3.1 |
|--------------|-------------------|------|------|------------|
| Bucaramanga  | Bucaramanga       | 0,90 | 0,27 | 3,33       |
|              | Floridablanca     | 1,84 | 0,53 | 3,47       |
|              | Girón             | 2,75 | 3,19 | 0,86       |
|              | Piedecuesta       | 4,22 | 2,81 | 1,50       |
| Cali         | Padilla           | 1,43 | 0,57 | 2,51       |
|              | Puerto tejada     | 0,48 | 0,35 | 1,37       |
|              | Villa rica        | 4,1  | 2,11 | 1,94       |
|              | Cali              | 1,44 | 1,15 | 1,25       |
|              | Candelaria        | 1,45 | 1,40 | 1,04       |
|              | Florida           | 2,16 | 0,47 | 4,60       |
|              | Jamundí           | 5,07 | 2,25 | 2,25       |
|              | Pradera           | 1,75 | 1,32 | 1,33       |
|              | Vijes             | 2,89 | 1,95 | 1,48       |
|              | Yumbo             | 4,52 | 2,41 | 1,88       |
| Cartagena    | Cartagena         | 0,21 | 1,29 | 0,16       |
|              | Arjona            | 0,53 | 1,79 | 0,30       |
|              | Clemencia         | 0,11 | 2,06 | 0,05       |
|              | Santa rosa        | 1,41 | 1,52 | 0,93       |
|              | Turbaco           | 3,52 | 1,55 | 2,27       |
|              | Turbaná           | 0,41 | 1,47 | 0,28       |
|              | Villanueva        | 0,55 | 1,66 | 0,33       |
| Cúcuta       | Cúcuta            | 1,01 | 1,03 | 0,98       |
|              | Los patios        | 1,23 | 1,36 | 0,9        |
|              | San Cayetano      | 1,21 | 2,82 | 0,43       |
|              | Villa del rosario | 1,76 | 2,38 | 0,74       |
| Duitama      | Cerinza           | 3,69 | 0,34 | 10,85      |
|              | Duitama           | 1,88 | 1,06 | 1,77       |
| Girardot     | Girardot          | 1,61 | 0,75 | 2,15       |
|              | Ricaurte          | 6,92 | 2,63 | 2,63       |
|              | Flandes           | 1,91 | 0,62 | 3,08       |
|              | Manizales         | 0,76 | 0,46 | 1,65       |
| Medellín     | Manizales         | 3,45 | 2,41 | 1,43       |
|              | Medellín          | 1,03 | 1,17 | 0,88       |
|              | Barbosa           | 4,17 | 2,16 | 1,93       |
|              | Bello             | 2,6  | 2,32 | 1,12       |
|              | Caldas            | 3,13 | 1,51 | 2,07       |
|              | Copacabana        | 5,21 | 1,52 | 3,43       |
|              | Envigado          | 3,69 | 2,64 | 1,4        |
|              | Girardota         | 1,50 | 2,65 | 0,57       |
|              | Itagüí            | 0,91 | 1,46 | 0,62       |
|              | La estrella       | 8,54 | 1,72 | 4,97       |
|              | Sabaneta          | 3,81 | 1,71 | 2,23       |



| Aglomeración  | Ciudad               | TCS   | TCP   | In. 11.3.1 |
|---------------|----------------------|-------|-------|------------|
| Pereira       | Pereira              | 2,17  | 0,62  | 3,5        |
|               | Dosquebradas         | 2,15  | 1,17  | 1,84       |
|               | Santa Rosa de Cabal  | 2,09  | 0,70  | 2,99       |
| Rionegro      | El Carmen de Viboral | 2,99  | 2,86  | 1,05       |
|               | Guarne               | 5,71  | 2,36  | 2,42       |
|               | La Ceja              | 6,94  | 1,85  | 3,75       |
|               | Marinilla            | 4,08  | 2,61  | 1,56       |
|               | Rionegro             | 3,01  | 2,05  | 1,47       |
| Villavicencio | Villavicencio        | 4,02  | 2,63  | 1,53       |
|               | Restrepo             | 7,32  | 1,09  | 6,72       |
| Sogamoso      | Busbanzá             | 0,32  | 3,89  | 0,08       |
|               | Corrales             | 5,04  | -0,08 | -63,00     |
|               | Firavitoba           | 0,23  | 0,22  | 1,05       |
|               | Iza                  | 3,62  | 1,32  | 2,74       |
|               | Monguí               | 0,69  | 0,41  | 1,68       |
|               | Nobsa                | 1,94  | 2,22  | 0,87       |
|               | Sogamoso             | 1,30  | 0,21  | 6,19       |
|               | Tibasosa             | 0,85  | 1,40  | 0,61       |
|               | Tópaga               | 7,37  | 1,29  | 5,71       |
|               | Andalucía            | 2,64  | 0,45  | 5,87       |
| Tuluá         | Tuluá                | 1,63  | 1,29  | 1,26       |
| Tunja         | Tunja                | 1,62  | 1,62  | 0,76       |
|               | Chivatá              | 11,08 | 11,08 | 2,38       |
|               | Cómbita              | 6,09  | 6,09  | 2,02       |
|               | Motavita             | 6,13  | 6,13  | 1,70       |
|               | Oicatá               | 0,54  | 0,54  | 1,00       |

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

La metodología desarrollada para el cálculo del indicador ODS 11.3.1, *Razón entre la tasa de consumo del suelo y la tasa de crecimiento de la población*, es replicable a otras áreas urbanas, además el uso de la plataforma Google Earth Engine permitió optimizar el procesamiento y clasificación de las imágenes, ya que se disponen de *scripts* parametrizables que facilitan el procesamiento de las mismas.

Por otro lado, aunque se implementaron métodos para la corrección de nubes y sombras, las aglomeraciones de Armenia y Pasto presentan alta nubosidad en todo el año. Por tanto, las imágenes no pudieron ser mejoradas satisfactoriamente. En ese contexto, surge entonces la necesidad de indagar en métodos que permitan superar las limitaciones por la presencia de nubes o evaluar el uso de nuevas fuentes de información tales como imágenes de radar.



---

Para el cálculo de las tasas de crecimiento poblacional se utilizaron los datos de proyecciones de población, los cuales toman como referente la información de los censos y se ajustan de acuerdo a un modelo logístico de crecimiento. Es por esto que, una vez se cuente con un censo de población reciente, es recomendable recalcular las tasas de crecimiento de población de acuerdo a los cambios que se incorporen en las proyecciones.

Finalmente, los datos obtenidos evidencian que las ciudades objeto de estudio presentan tasas de consumo de suelo más altas en relación con su crecimiento de población. Los mapas elaborados para cada Aglomerado Urbano presentan las zonas de consumo de suelo y las zonas de pérdida de área construida, insumo relevante para evaluar las zonas de expansión urbana y planificar la gestión del territorio para garantizar un desarrollo urbano sostenible.

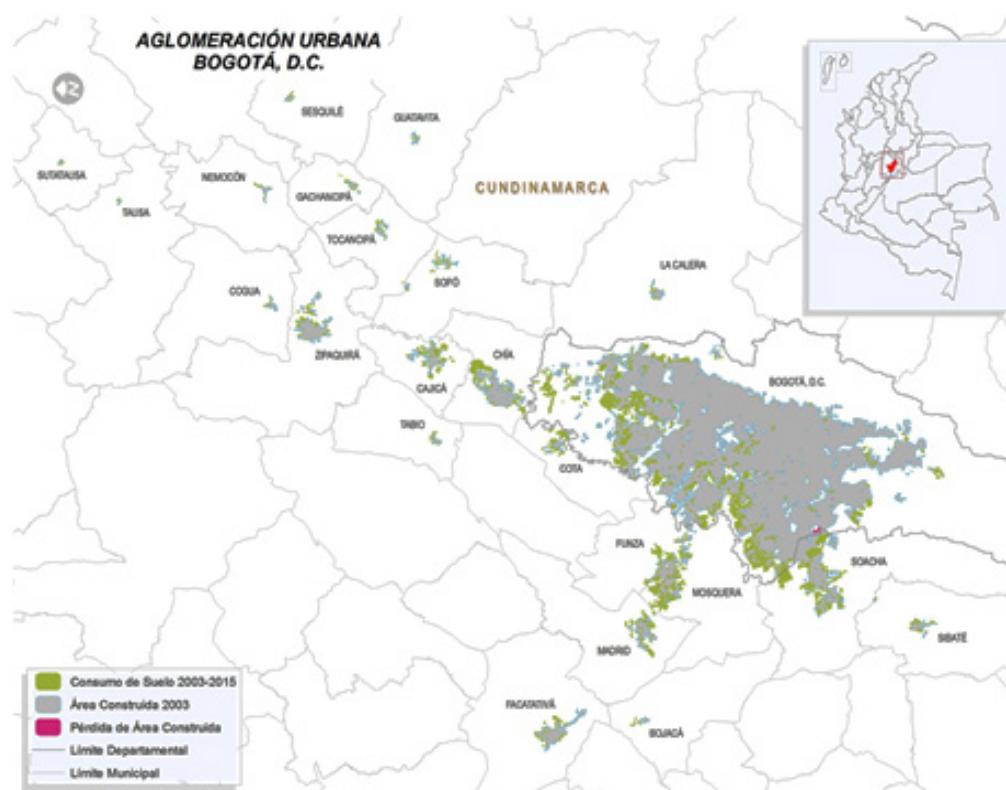
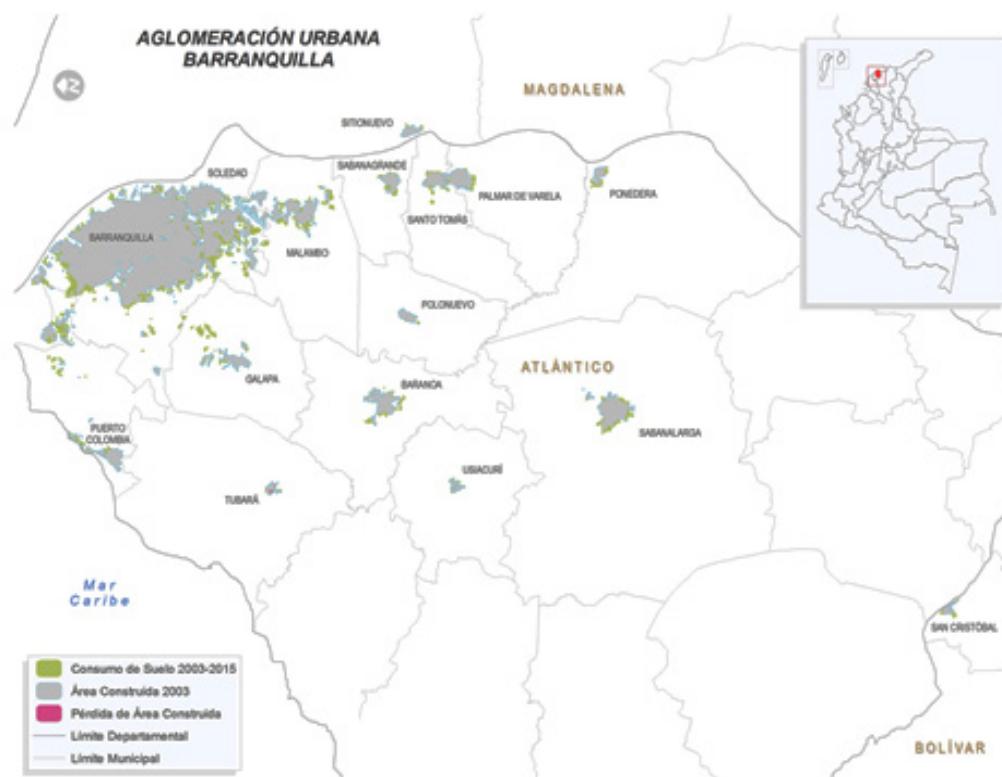


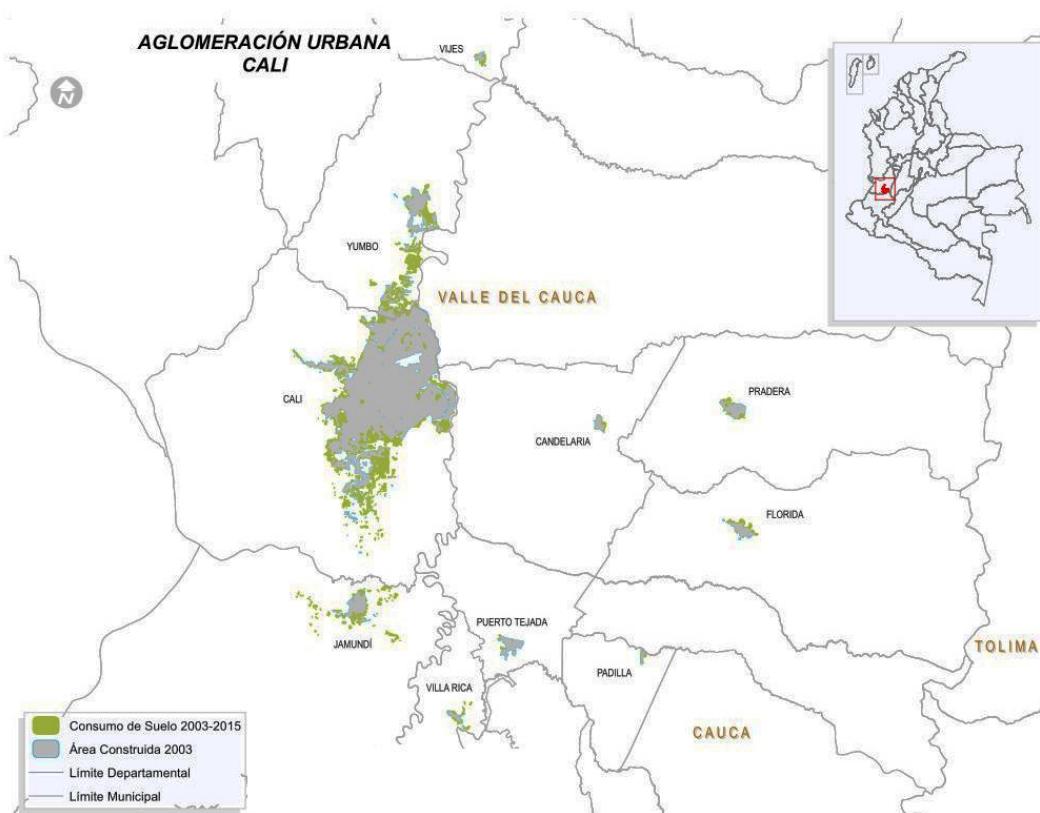
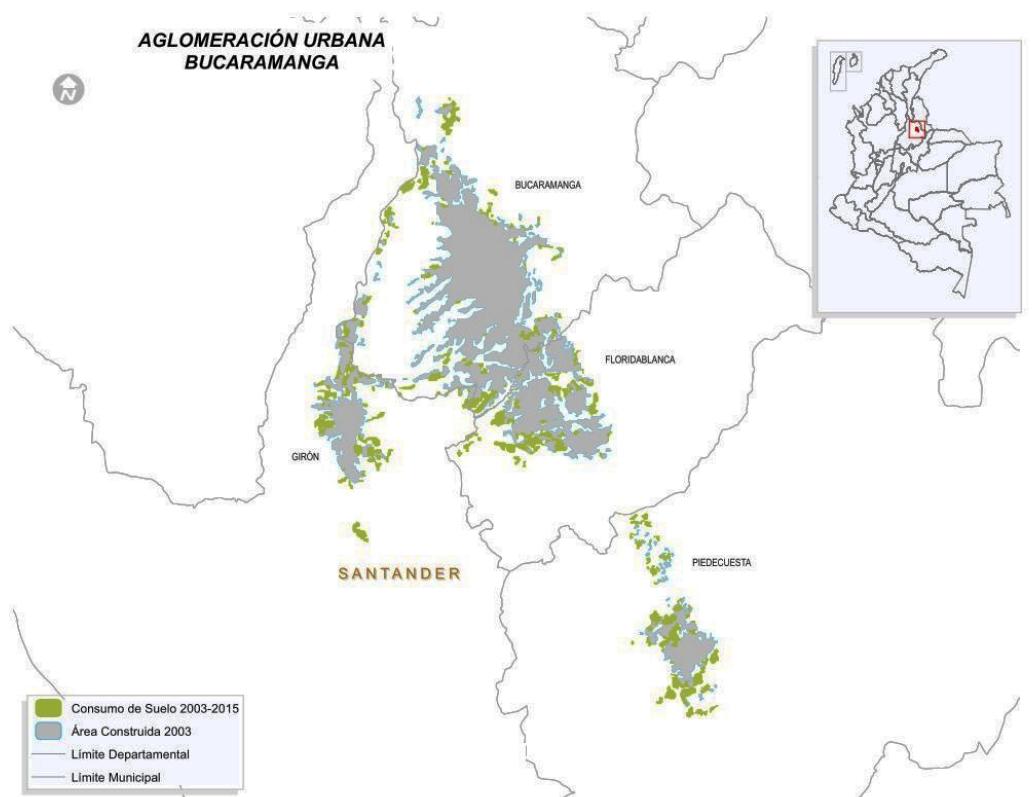
## Bibliografía

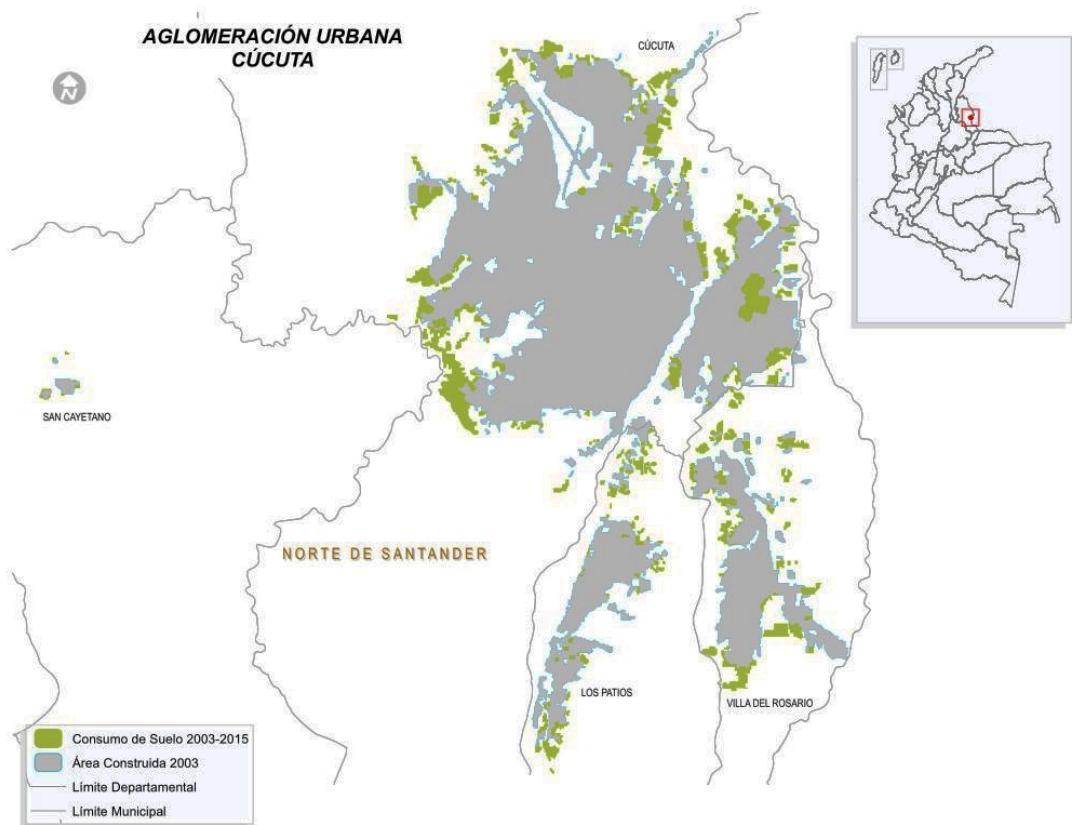
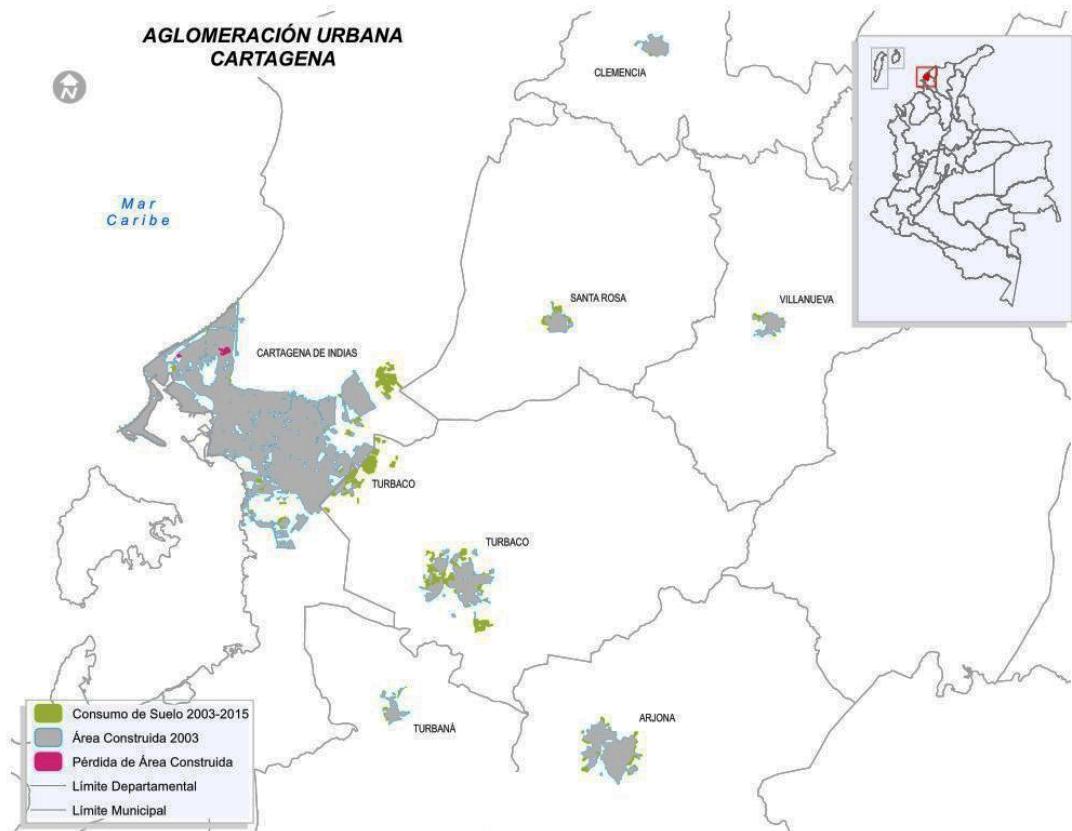
- Departamento Nacional de Estadística, DANE. (2018). Proyecciones de población. Recuperado el 1 de junio de 2018, de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Departamento Nacional de Planeación. (2014, octubre 21). Documento Conpes 3819. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3819.pdf>
- Gil, J. L., García, E. B., Ponvert-Delisles, D. R., Sánchez, R., & Vega, M. B. (2003). Enfoques para la clasificación digital de imágenes mono y multiespectrales y su implementación en el software cubano TN Estudio V2.0. 18.
- Hantson, S., Chuvieco, E., Pons, X., Domingo-Marimon, C., Cea, C., Moré, G., ... Tejeiro, J. (2011). Cadena de pre-procesamiento estándar para las imágenes Landsat del Plan Nacional de Teledetección. Revista de Teledetección, 36, 51–61.
- Picone, N., & Linares, S. (2014). Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina. 20.
- Riaño, D., Salas, J., Chuvieco, E., de Alcalá, U., & de Henares, A. (s/f). Corrección Atmosférica y Topográfica, Información Multitemporal y Auxiliar Aplicadas a la Cartografía de Modelos de Combustibles con Imágenes Landsat-TM. 18.
- UN- Habitat. (2018, julio). Indicator category: Tier III. Recuperado de papel.
- UN-HABITAT. (2016). Sustainable Development Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. Recuperado de <http://localizingth-esdgs.org/library/60/SDG-Goal-11-Monitoring-Framework-A-guide-to-assist-national-and-local-governments-to-monitor-and-report-on-SDG-goal-11-indicators.pdf>

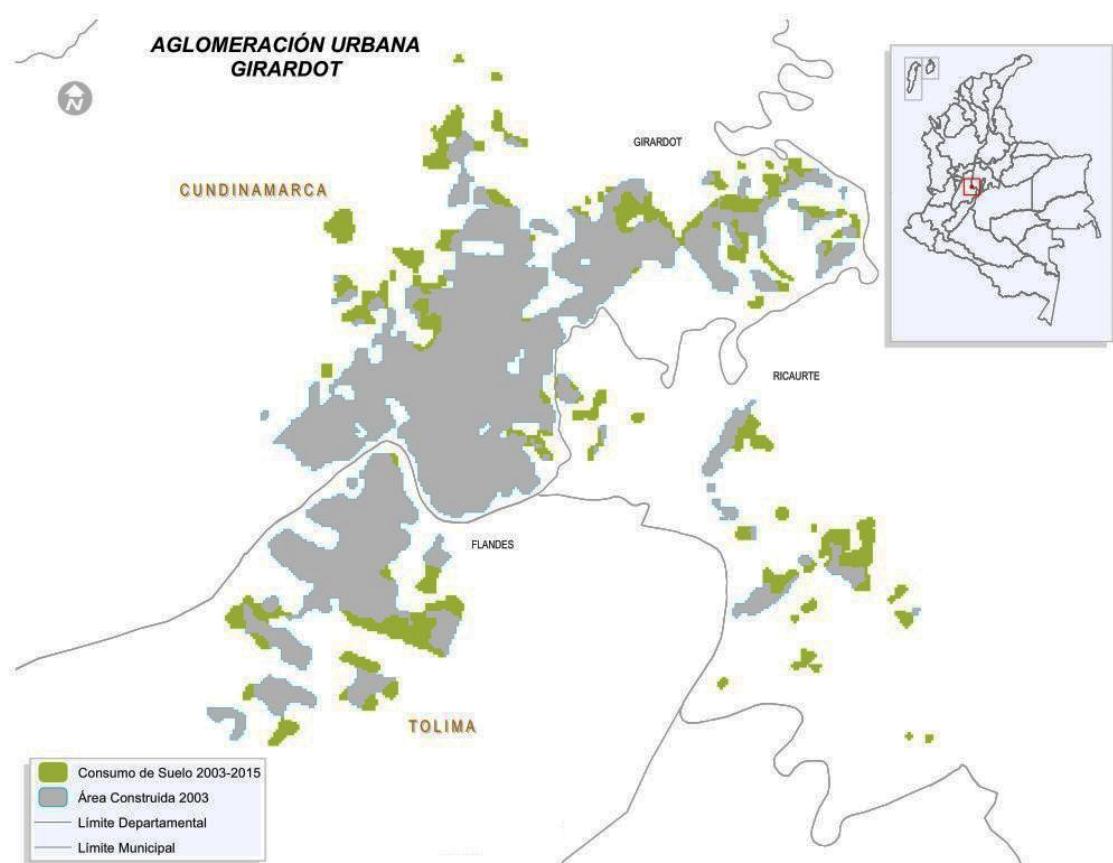
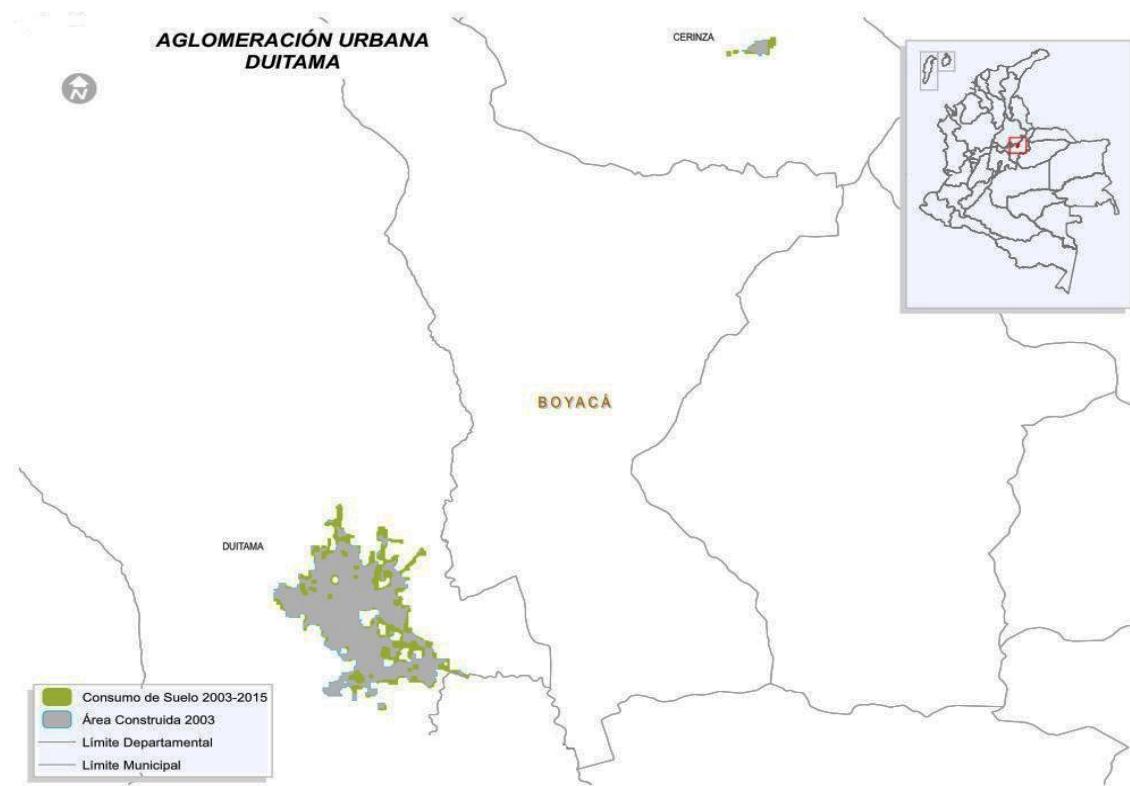


### Anexo 1. Mapas de consumo de suelo











### AGLOMERACIÓN URBANA MANIZALES



MANIZALES

CALDAS

VILLAMARÍA

- Consumo de Suelo 2003-2015
- Área Construida 2003
- Límite Departamental
- Límite Municipal



### AGLOMERACIÓN URBANA MEDELLÍN



BARBOSA

BELLO

GIRARDOTA

COPACABANA

ANTIOQUIA

ITAGÜÍ

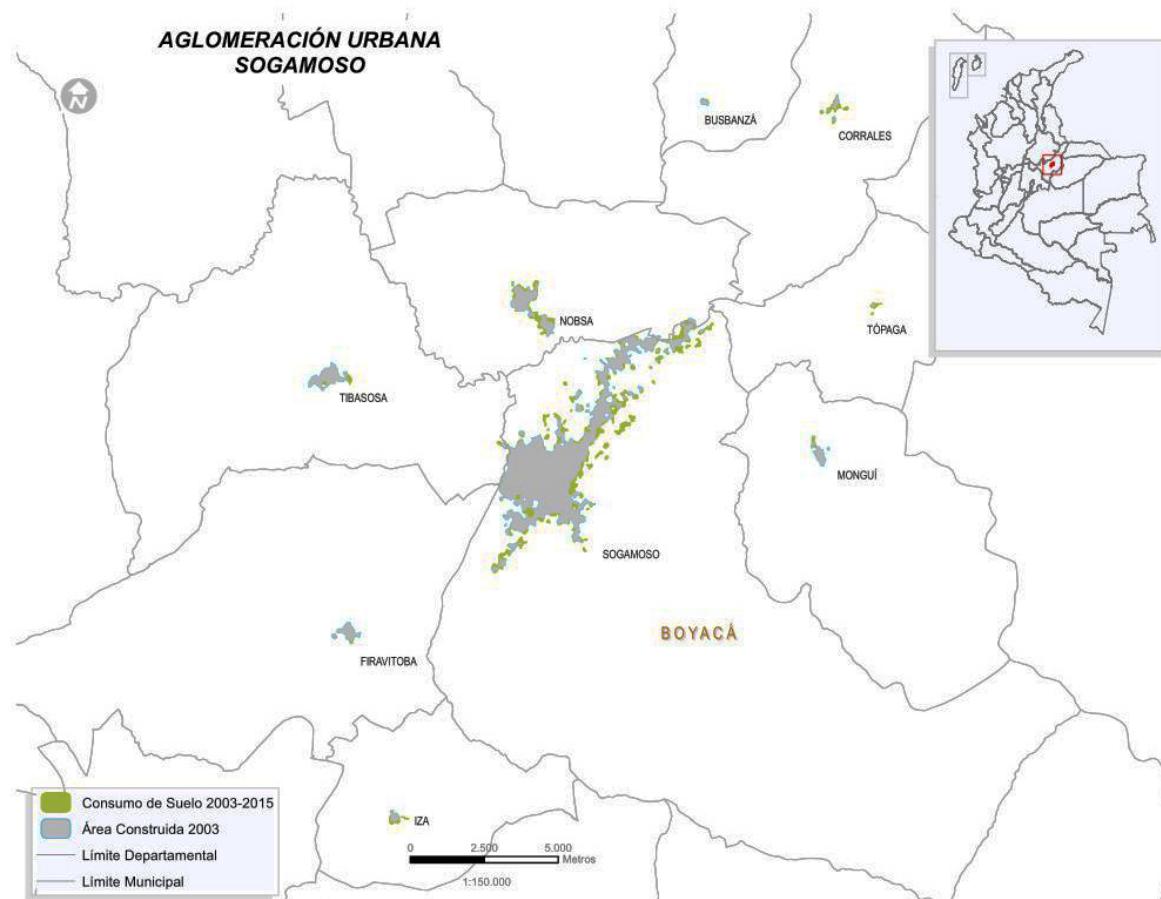
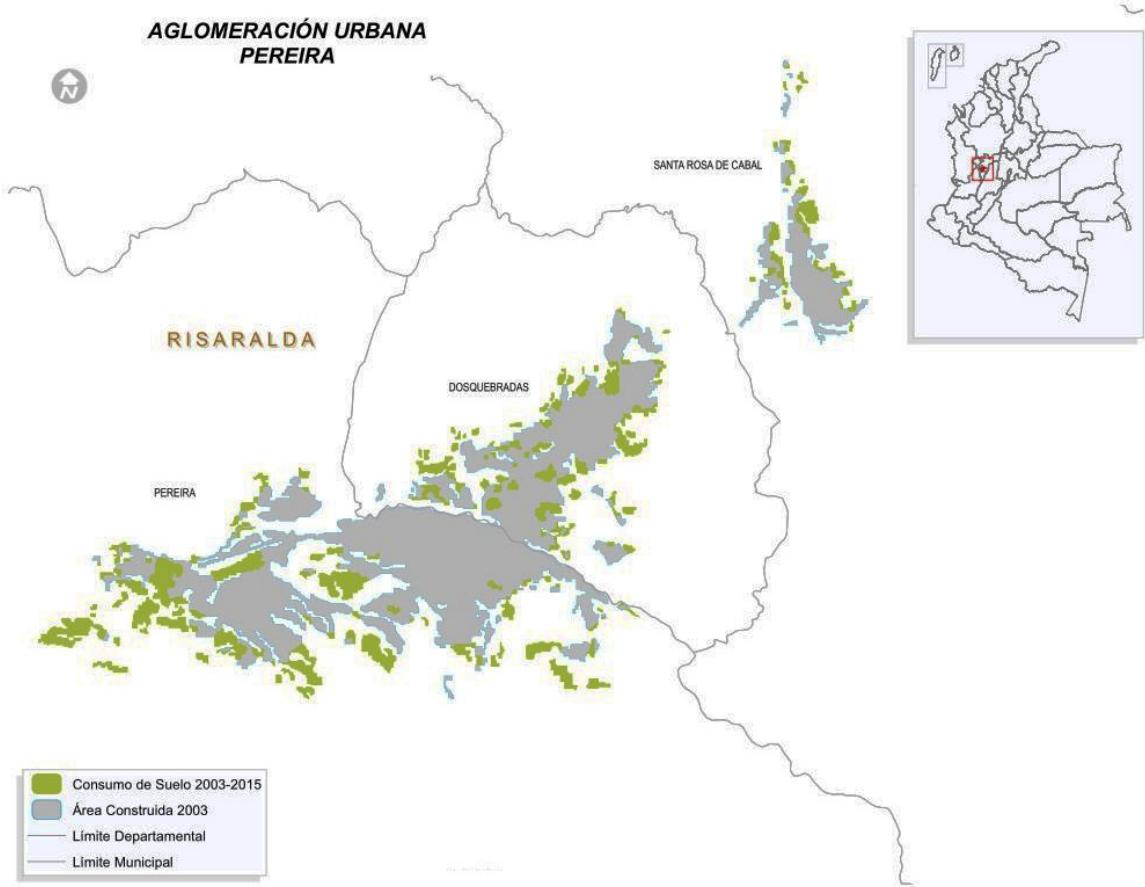
LA ESTRELLA

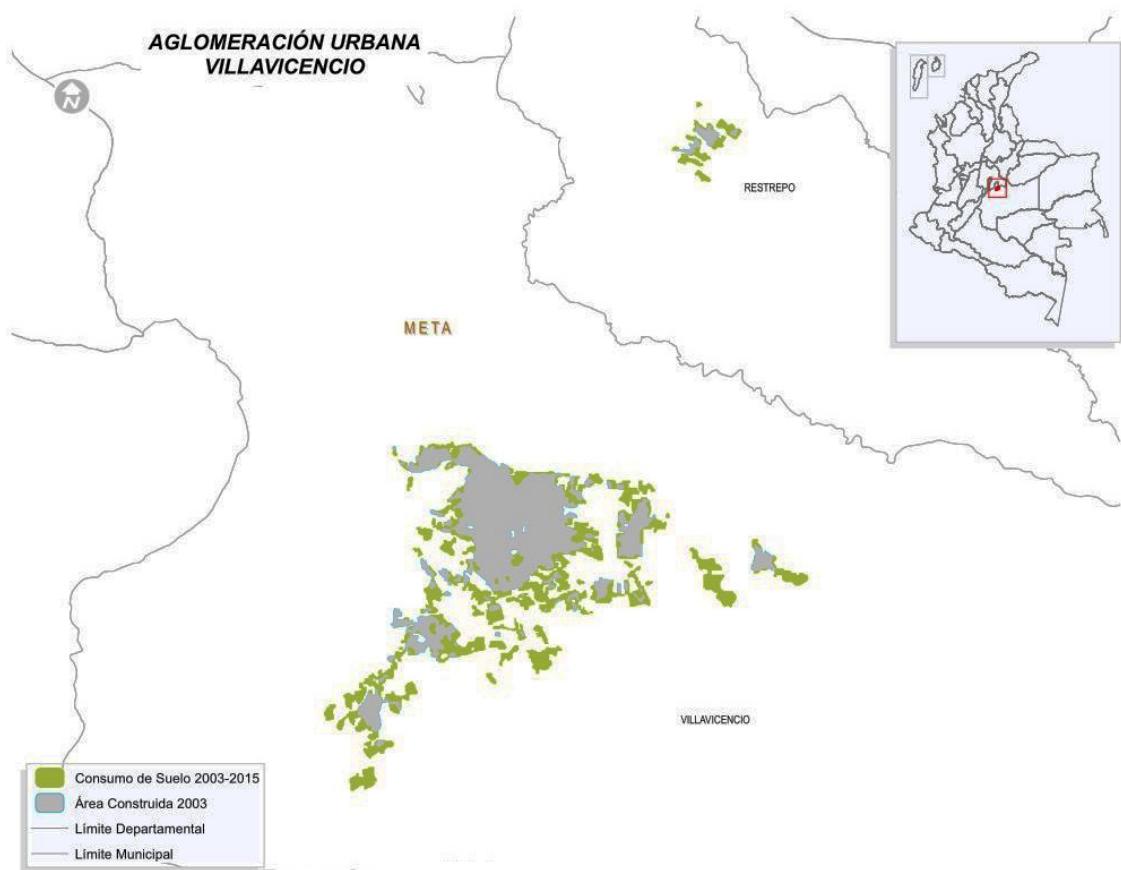
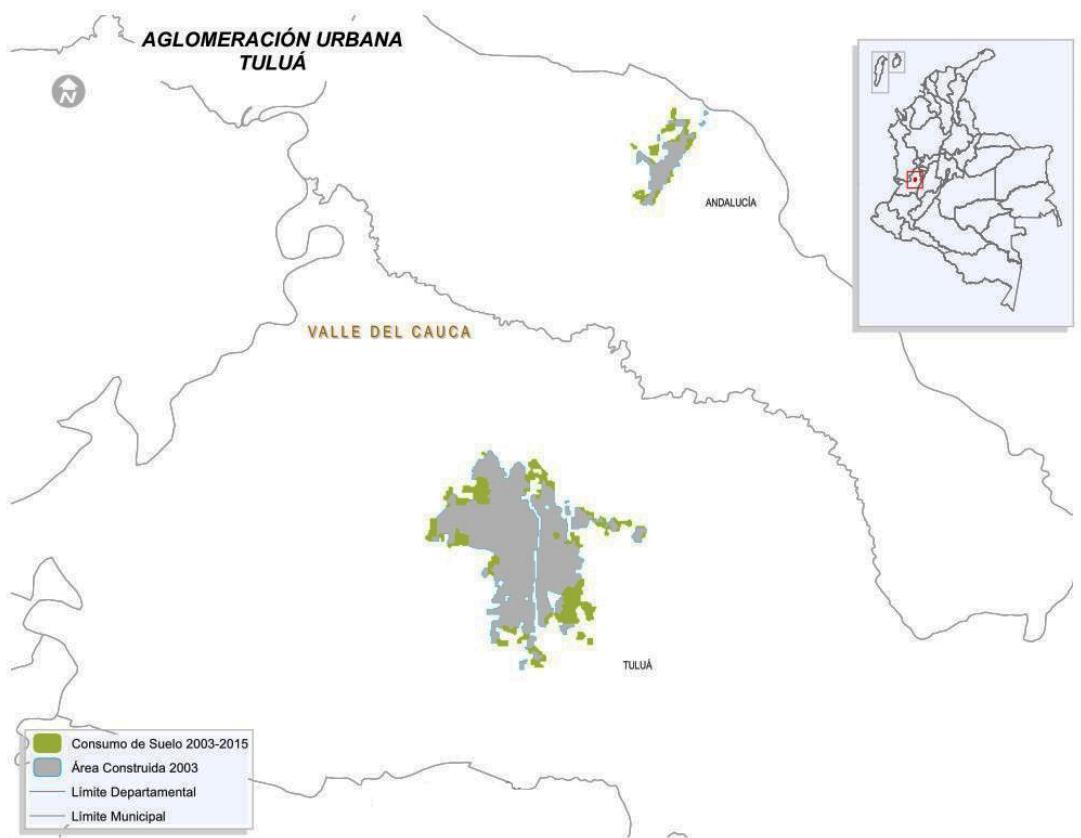
SABANETA

CALDAS

- Consumo de Suelo 2003-2015
- Área Construida 2003
- Límite Departamental
- Límite Municipal









# CIAF

Desarrollo de 8 programas de  
formación avanzada en convenio  
con universidades:

|  |  |
|--|--|
| Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia | Maestría en Geografía y Doctorado en Geografía                                     |
| Universidad Nacional de Colombia                 | Maestría en Geomática  |
| Universidad Católica de Manizales                | Maestría en Teledetección  |
| Universidad de Manizales                         | Especialización en Sistemas de Información Geográfica                              |
| Universidad Francisco José de Caldas             | Especialización en Sistemas de Información Geográfica y Especialización en Avalúos |
| Universidad Sergio Arboleda                      | Maestría en Gestión de Información y Desarrollo de Tecnologías Geoespaciales       |



1 9 6 7 • 2 0 1 9

Centro de Investigación y Desarrollo  
de Información Geográfica - CIAF



Más de 440 colombianos  
capacitados y 170 extranjeros



# Colombia hacia un nuevo Sistema Vertical de Referencia

*Colombia towards a new Vertical Reference System*

---

Anderson Leal Vélez<sup>a</sup>, Diego Armando Cortés<sup>b</sup>, Juan Sebastián Sánchez Cárdenas<sup>c</sup>  
Francisco Javier Sarmiento<sup>d</sup>, Francisco Javier Mora<sup>e</sup>, Ivan Dario Mora Urquiza<sup>f</sup>,  
Jonnathan Haider Fandiño Bohórquez<sup>g</sup>, Juan Sebastián Sánchez Cárdenas<sup>h</sup>, Leidy  
Johanna Moises Sepúlveda<sup>i</sup>, Lina María Barrera Avellaneda<sup>j</sup>, Luis Eduardo Gómez Daza<sup>k</sup>,  
Nancy Paola Gutierrez Rueda<sup>l</sup>, Natalia Carolina Sánchez Torres<sup>m</sup>, Ricardo Guevara Lima<sup>n</sup>,  
Samuel Andres Perez Castiblanco<sup>o</sup>, Sandra Milena Gonzalez Giraldo<sup>p</sup>, Santiago Venegas<sup>q</sup>.

Innovaciones en el desarrollo tecnológico y aplicaciones de observación de  
la tierra para el ordenamiento territorial.

Colombia hacia un nuevo Sistema Vertical de Referencia

## Resumen

La asamblea general de la Naciones Unidas publicó en febrero de 2015 la resolución 69/266 que promueve el Marco de referencia geodésico mundial para el desarrollo sostenible. La Asociación Internacional de Geodesia, IAG (por sus siglas en inglés), emite la resolución el 1 de julio de 2015, en la que se describe las características para la definición y realización de un Sistema Internacional de Referencia de Alturas (IHRS), promoviendo la mejora y la compatibilidad de los sistemas espaciales de navegación y de determinación de la posición, incluidos los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS) y el acceso universal a estos.

De esta manera Colombia, bajo la dirección del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), como organismo rector de la geodesia en el país, específicamente desde el Grupo Interno de Trabajo (GIT) Geodesia, concentra sus esfuerzos actuales en mejorar y ajustar las redes de nivelación, las redes de gravedad y las redes de posicionamiento, con el objetivo de mejorar su sistema vertical. Las tareas asociadas al mejoramiento consisten en otorgar cierre a los circuitos que componen las diferentes redes de medición actuales, aplicar un ajuste en bloque, conectar las tres diferentes redes de medición, realizar el cálculo de números geopotenciales y alturas físicas asociadas. La determinación de un modelo geoidal nacional actualizado con mayor precisión es necesario para la definición de un nuevo sistema vertical de referencia nacional. Este permite definir parámetros locales que faculten la conexión entre sistemas verticales de países vecinos y su implementación al IHRS e IHRF.

**Palabras clave:** Modelo Geoidal, Sistema Vertical de Referencia, Cuasi-Geoide, IHRS.

i. Ingeniera en Catastral y Geodesia leidyjohanna.moises@igac.gov.co





---

## Abstract

*The General Assembly of the United Nations, in February 2015, issued the resolution 69/266, which promotes the Global Geodetic Reference Framework for Sustainable Development. The International Association of Geodesy (IAG) issued the resolution #1 on July of 2015 describing the characteristics for the definition and realization of an International Height Reference System (IHRS), promoting the improvement and compatibility of Space Systems Navigation and the determination of the positioning, including Global Navigation Satellite Systems (GNSS), and universal access to them.*

*In this way Colombia, with the direction of the Geographic Institute Agustín Codazzi (IGAC) as guiding agency of geodesy in the country, the Internal Group of Work (GIT) in Geodesy, concentrates its current efforts in improving and adjusting leveling networks, gravity nets and positioning networks, aiming to improve its vertical system. The tasks associated with the improvement consist in granting closure to the circuits that compose the different current measurement networks, apply an adjustment in block, connect the three different measurement networks, perform the calculation of geopotential numbers and associated physical heights.*

*The determination of an updated national geoid model with greater precision is necessary for the definition of a new national vertical reference system, which allows to define local parameters that enable the connection between vertical systems of neighbour countries and their implementation to IHRS and IHRF.*

**Keywords:** Geoid Model, Vertical Reference System, Quasi-Geoid, IHRS.



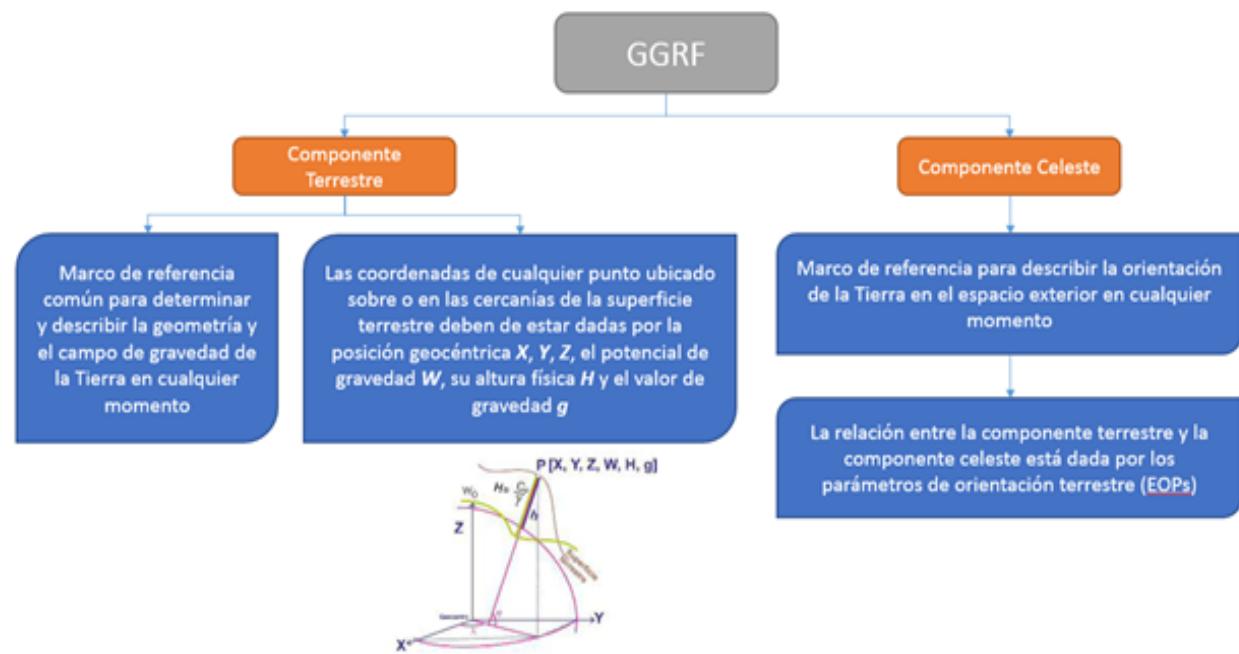


## Introducción

La IAG estableció el Sistema Global de Observación Geodésica, GGOS, como uno de los componentes que integra las diversas contribuciones geodésicas, para consolidar la cuantificación de los cambios en el espacio y el tiempo de nuestro planeta. El sistema cuenta con la precisión y fiabilidad que se requiere para obtener datos de buena calidad.

La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la resolución de un Marco de Referencia Geodésico Global para el Desarrollo Sostenible (A/RES/69/266) en Febrero 26, 2015, donde invita a los estados miembros a comprometerse a mejorar la infraestructura geodésica nacional como un medio esencial para mejorar el marco de referencia geodésico mundial

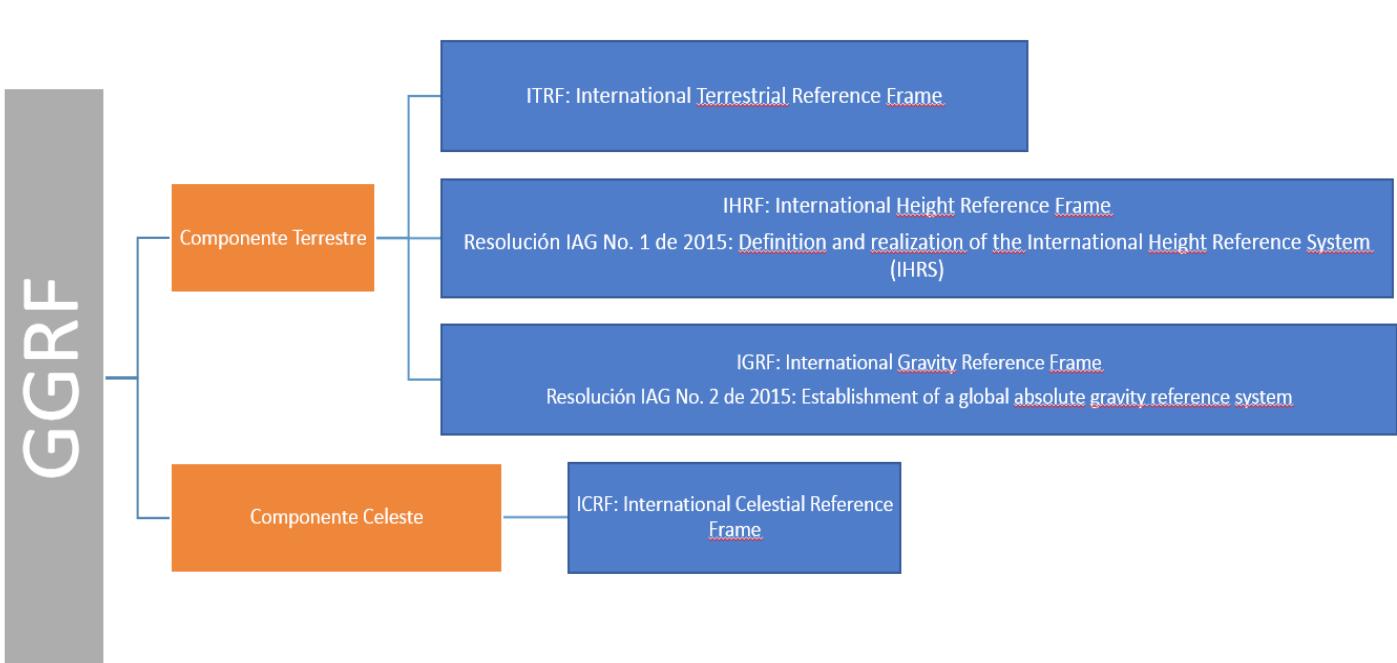
Para la realización de esto se requiere hacer actividades de mantenimiento y mejora continua de las redes geodésicas, el análisis combinado de las mediciones geométricas y gravimétricas, utilizando también diferentes técnicas geodésicas terrestres y espaciales. En este contexto, **Global Geodetic Reference Frame** (GGRF) desempeña un papel clave, facilitando la integración de las diferentes observaciones geométricas y gravimétricas, con el objetivo de proporcionar productos y servicios geodésicos confiables y de alta calidad, incluyendo los cambios a través del tiempo.



Estructura tomada del Taller SIRGAS, Sistema Verticales de Referencia – L. Sánchez, Quito, Ecuador.

**Figura 1.** Estructura del GGRF  
Fuente: IGAC





Estructura tomada del Taller SIRGAS, Sistema Verticales de Referencia – L. Sánchez, Quito, Ecuador.

**Figura 2.** Instalación pánneles solares Estación continua Fúneque  
Fuente: IGAC

En el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, el Grupo GIT-Geodesia ha enfocado sus esfuerzos en el levantamiento de información geodésica por todo el territorio nacional. Esto comprende los levantamientos de nivelación, GNSS, valores de gravedad y mantenimiento de la Red MAGNA – ECO, para actualizar y densificar la Red Geodésica Nacional. Teniendo en cuenta la importancia del desarrollo sostenible para Colombia, es importante participar activamente en la implementación, actualización y mejora continua de los procesos geodésicos, para proporcionar información en la implementación, definición y estructura del Sistema Internacional de Referencia de Alturas (IHRS: *International Height Reference System*), y así mismo definir un nuevo Sistema Vertical de Referencia para Colombia, que sea físico y para que permita combinar las técnicas GNSS adecuadamente, para optimizar los recursos económicos, tiempo y obtener productos de alta precisión.

El Datum vertical clásico para Colombia está definido al nivel medio del mar en el mareógrafo de Buenaventura, el cual se asemejaría al geoide, entendido como una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre. Como es bien sabido, el mar presenta diferentes niveles que dependen de variaciones temporales y de la posición geográfica, lo que indica que la topografía dinámica del océano varía entre -2 m +2 m, lo que genera diferencias de nivel en varios metros. Pero dichas variaciones no son iguales en todos los lugares del mar.

Esto implica que el nivel medio del mar registrado en los mareógrafos no siempre coincide con el geoide y las alturas asociadas a los mareógrafos no son compatibles entre sí, debido a que el nivel medio del mar registrado depende del periodo utilizado. La nivelación geodésica permite determinar el comportamiento de las superficies equipotenciales mediante los desniveles, que no son paralelos, y en consecuencia la determinación de alturas por medio de la nivelación geométrica se ve influenciada por el campo de gravedad terrestre.



En los cálculos realizados para la definición del datum vertical no se tuvo en cuenta el campo de gravedad terrestre ni los movimientos de la corteza terrestres, bajo la premisa de que estos eran errores sistemáticos. Esto implicaría que las alturas en Colombia no sean compatibles con proyectos internacionales y que las alturas no satisfacen lo suficiente la precisión de la ecuación:

$$h \approx H^o + N, h \approx H^N + N$$

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, las alturas existentes resultan ser arcaicas para la precisión que se obtienen actualmente con los sistemas de posicionamiento y navegación satelital.

El IGAC tiene como objetivo determinar el W0 local para el territorio nacional y así mismo establecer estaciones que sean vinculadas al IHRF con coordenadas primarias X (coordenadas X,Y,Z), W (potencial del campo de gravedad de la Tierra), H (Altura física) y el vector de gravedad  $g$ . El Sistema Vertical moderno permite la combinación exacta de datos geométricos verticales con datos físicos (alturas físicas); y la combinación con modelos geoidales. Así se garantiza la compatibilidad entre alturas físicas existentes en cualquier país, ya que todas estarían referidas a la misma superficie de referencia.

## Desarrollo teórico y metodológico

Las actividades a desarrollar en Colombia para la vinculación del IHRF – IHRS son las siguientes:

- Establecer y seleccionar estaciones de referencia de operación continua que permita garantizar la perdurabilidad, estabilidad a largo plazo del marco de referencia y permita detectar posibles deformaciones del marco de referencia.
- Realizar la nivelación con equipos electro ópticos de las estaciones seleccionadas.
- Definir puntos gravimétricos que estarán distribuidos homogéneamente alrededor de las estaciones definidas para el IHRF, hasta una distancia de 210 km (2°).
- Densificar las redes regionales y locales para proveer accesibilidad al marco de referencia en cualquier lugar y en cualquier momento, teniendo en cuenta que en áreas montañosas se debe tener un promedio del 50 % de información adicional.
- Definir el nuevo modelo geoidal para el territorio nacional.
- Integrar los mareógrafos de referencia y las redes de nivelación.
- Determinar coordenadas GNSS para los puntos que se van a densificar.
- Determinar las coordenadas GNSS en el mareógrafo de Buenaventura.
- Realizar las respectivas conexiones de las redes verticales por medio de nivelación con los países cercanos.
- Calcular los circuitos de nivelación en términos de números geopotenciales.
- Definir el potencial para Colombia.
- Establecer estaciones de referencia del nuevo Global Absolute Gravity Reference System (Resolución IAG 2015 No. 2, Praga 2015).

## Actividades a realizar o en ejecución

### GNSS

- Actualización del Marco de Referencia de Colombia SIRGAS95 (ITRF94 época 1995.4).
- Como prioridad se requiere que las coordenadas de los puntos que tienen la componente de nivelación y gravimetría sean transformados al ITRF actual.





## Nivelación

- Digitalización de los desniveles medidos por las líneas de nivelación del territorio nacional. Dichos desniveles incluyen otros, de las líneas antiguas y de las líneas nuevas.
- Identificación de los puntos nodales de las líneas de nivelación (son los puntos que conectan diferentes líneas de nivelación).
- Correcciones de los desniveles (temperatura, ortométricos, si se requiere).
- Análisis de la precisión de los circuitos de nivelación.
- Creación de una base de datos para el manejo de los desniveles medidos por las líneas de nivelación. Esto con el fin de facilitar al usuario interno el uso de la base, ya que la nivelación no se ha realizado en orden geográfico.
- Al realizar la estandarización de la información, se requiere que se haga una evaluación de la información faltante por nivelar para que esta sea programada, y durante los próximos años se le dé prioridad al levantamiento de dicha información.

El resultado de este proceso es obtener los desniveles para que sean procesados con los datos de gravedad con el fin de obtener números geopotenciales.

## Gravimetría

- Digitalización de las lecturas instrumentales de las campañas anteriores al año 2008.
- Definición de los circuitos para realizar el cálculo de la información gravimétrica.
- Cálculo de la información gravimétrica de los años 2008-2017.
- Análisis de los resultados obtenidos del cálculo.
- Evaluación de la toma de información gravimétrica para los próximos años con base a los circuitos de nivelación.
- Definición de los cierres que están pendientes por realizar en el año 2017.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, esto es una de las principales actividades para la modernización del sistema vertical de referencia de Colombia. Por tal razón, y de acuerdo con los documentos consultados, se requiere determinar las tareas pendientes para geodesia en cuanto a la estrategia de trabajo para la determinación e implementación del IHRS/IHRF.

## Actividades futuras a ejecutar

### Mareógrafo

Vincular los mareógrafos de Colombia que estén actualmente en funcionamiento, para procurar un mejor ajuste del  $W_{oi}$ . Para esto se tendrán en cuenta estas tareas:

- Con levantamientos GPS sobre los mareógrafos calcular la tendencia del desplazamiento de la componente vertical de la corteza de la tierra. (GNSS)
- Calcular la tendencia del nivel del mar con los datos de registro histórico de los mareógrafos.
- Estimar la superficie del mar en las áreas aledañas al mareógrafo con datos de altimetría satelital.

Realizadas las tareas anteriores, se procede a realizar lo siguiente con los resultados obtenidos:





- Corregir los niveles medios del mar por movimientos verticales de la corteza, combinando los tres productos anteriores.
- Reducir el parámetro del Datum obtenido a la misma época de cuando el nivel cero fue realizado.

Para esta actividad son necesarios los siguientes datos:

- Registro de los datos históricos del mareógrafo de Buenaventura principalmente.
- Datos GNSS del punto del mareógrafo de Buenaventura CMB-10

### **Números Geopotenciales**

Las tareas pertinentes a este tema serían las siguientes:

- Determinar la metodología para el cambio de época de los números geopotenciales teniendo en cuenta su cambio en la componente vertical.
- Determinar los circuitos de ajuste de redes de nivelación y gravimetría, generando los nodos.
- Ajuste por bloque de la red de gravimetría.
- Cálculo de las correcciones a datos de nivelación (desniveles)
- Interpolación de datos de gravimetría.

### **Compensación de la Red (Altimétrica y Gravimétrica)**

La compensación de las redes gravimétricas incluye el estudio pertinente para determinar qué tipos de alturas físicas se deben calcular en Colombia. En este capítulo se requiere que sean evaluadas todas las metodologías para definir el tipo de alturas ortométricas que se utilizaran y se le proporcionaran al usuario tanto interno como externo.

### **Vinculación de altimetría y gravimetría con otros países**

La vinculación de las redes de nivelación y gravimetría son importantes para el desarrollo de las actividades propuestas por SIRGAS para la definición del IHRS. La actividad de Colombia consiste en realizar la conexión de las redes verticales y gravimétricas con los países de Panamá, Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela. Esto hace a Colombia un país de gran relevancia, dado que, además, conecta hacia los países de Centro América.

Esta tarea implica analizar y evaluar las metodologías propuestas por otros países y, así mismo, generar propuestas técnicas para que el IGAC realice la vinculación con los países vecinos.

### **Ubicación de la Red de Estaciones GNSS de Operación Continua**

Las estaciones GNSS de rastreo continuo se encuentran ubicadas estratégicamente en el territorio nacional y sirven como base de referencia para los levantamientos diferenciales, ya que reciben información satelital en tiempo real.

La red de estaciones GNSS (Sistemas Globales de Navegación Satelital) de funcionamiento continuo MAGNA-ECO (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Estaciones Continuas) forma parte de la Red SIRGAS, Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) con 44 estaciones GNSS que se encuentran registradas. A continuación se dan a conocer algunas imágenes de las nuevas actualizaciones de la Red MAGNA-ECO de las Estaciones GNSS de Operación Continua.





La instalación de los kits de Protección, Comunicación y Energía Solar, conformados por el Tablero Eléctrico de Control del Sistema Fotovoltaico y los Paneles Solares, se hace con el fin de optimizar el funcionamiento de las Estaciones que conforman la Red MAGNA-ECO, dejándolas totalmente autónomas y operativas para la transmisión de información en Tiempo Real.

Para los años subsiguientes, se continuará con la densificación de la Red MAGNA-ECO con cobertura Nacional, para optimizar el servicio, e implementar nuevos Sistemas de Transmisión de Información en Tiempo Real a Múltiples usuarios.



**Figura 3.** Instalación páneles solares  
Estación continua Fúquene  
Fuente: IGAC



**Figura 4.** Estación continua Fúquene  
Fuente: IGAC

Teniendo en cuenta los criterios para la implementación del Marco de Referencia Internacional de Alturas (IHRF) y Sistema Internacional de Referencia de Altura (IHRS) – IGRF, las nuevas estaciones deben ser materializadas a nivel del piso, para dar cumplimiento a los anteriores criterios. Actualmente se está trabajando para materializar las Estaciones de Funcionamiento Continuo de la Red MAGNA-ECO, a nivel del suelo.



**Figura 5.** Modelo Estación continua Fúquene  
Fuente: Berkely Seismology Lab - California





A continuación se da a conocer uno de los modelos de monumentación para implementar la materialización a nivel del suelo:

### **¿Qué aplicaciones presenta el GGRF y el IHRS/IHRF?**

Algunas de las aplicaciones consisten en:

- Dar soporte a la demanda creciente de posicionamiento, navegación, sincronización, cartografía y en el ámbito de las geociencias.
- El GGRF es esencial para la determinación de cambios en el sistema Terrestre.
- Ofrece información para mitigar desastres naturales.
- Monitorear los cambios del nivel del mar y del cambio climático.
- Provee información precisa para la toma de decisiones en cuanto al desarrollo sostenible.

## **Conclusiones**

La implementación de esta metodología permite que Colombia genere, de forma confiable y precisa, información para el intercambio de datos a nivel transcontinental.

Un Sistema Vertical moderno permite la combinación de alturas geométricas con alturas físicas, garantizando la compatibilidad de estas, en un marco global al ser referidas a una misma superficie de referencia.

La vinculación de estaciones continuas al IHRF/IHRS, permite monitorear la deformación del marco de referencia nacional.

La inclusión de Colombia al IHRF permite la participación activa en el desarrollo del GGRF.

A futuro permite generar un modelo de velocidades en su componente vertical por medio del estudio de alturas físicas.





---

## Bibliografía

- Heiskanen, W. A., y Moritz, H. (1967). *Physical Geodesy*. San Francisco, USA: Freeman and Company.
- Hofmann, B., y Moritz, W. (2005). *Physical Geodesy Second, corrected edition*. Graz, Austria: SpringerWienNewYork.
- Martínez, W., y Sánchez, L. (2001). Improving the quisigeoid in Colombia. *IAG Symposia*, 124, pp. 152-156.
- Martínez, W., Sánchez, L., & Flórez, J. (1995). *Determinación de nuevas estaciones absolutas de gravedad en Colombia*.
- Sánchez, L. R. (2003). *Determinación de la superficie vertical de referencia para Colombia*. Dresden: Technische Universität Dresden.
- Sánchez, L., & Drewes, H. (2001). Comparison of the classical and the modern vertical reference system in Colombia. *IAG Scientific Assembly*, 8-9.
- Sánchez, L., & Martinez, W. (2001). *Approach to the New Vertical Reference System for Colombia*. *IAG Symposia*, 124, pp. 27-33.
- Sánchez, L., Drewes, H., Blitzkow, D., & Freitas, S. (2001). *Sistema Vertical de Referencia para América del Sur*.

## Ponencias:

- Sánchez, Laura. (2016). *Sistemas Verticales de Referencia*. Ponencia presentada en Simposio SIRGAS, Quito, Ecuador, 16-18 de noviembre.



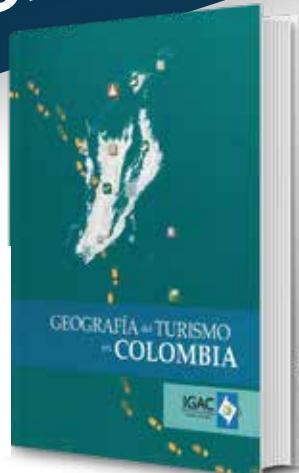
**Adquiera  
libros y mapas  
sin salir de casa**

TIENDA VIRTUAL

**¡A un solo clic!**

<https://tiendavirtual.igac.gov.co>

**Escanee ahora y compre**



**Nuestros productos son exentos de IVA  
y a precio de costo.**

**Envíos a domicilio a nivel nacional.**

# Detección remota de alteración de los sedimentos en corrientes hídricas por explotaciones de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua

[*Remote sensing for detection of sediment alteration in water currents by alluvial gold exploitation using water machine*]

Oficina de las Naciones Unidas Contra la droga y el Delito (UNODC)

Sandra Rodríguez<sup>a</sup>, Mauricio González<sup>b</sup>, Jeison Achicanoy<sup>c</sup>

Eje investigación para la detección de evidencias a través de percepción remota de actividades de ilegalidad en el territorio

## Resumen

La utilización de maquinaria en cuerpos de agua para la explotación de depósitos de oro aluvial causa alteración del fondo de los lechos de las corrientes hídricas y provoca cambios en la cantidad de sedimentos en suspensión. Estos modifican la reflectancia natural del cuerpo hídrico en las imágenes satelitales. En este contexto, el Sistema Integrado de Monitoreo de cultivos ilícitos, SIMCI, desarrolló una metodología basada en percepción remota mediante el empleo de álgebra de bandas (índice espectral), que facilita la detección y monitoreo de las zonas con alteración por sedimentos en los cuerpos de agua. El índice empleado es el MNDWI: Modification for Normalized Difference Water Index.

Esta metodología facilita identificar las alteraciones en la dinámica natural de la corriente, atribuibles a las actividades de explotación de oro, a partir del comportamiento espectral del agua en las imágenes. El método consiste en el establecimiento de la base natural espectral del cuerpo de agua como Tiempo 0. Luego, se realizan tres mediciones posteriores utilizando las imágenes disponibles para examinar los cambios en el índice espectral. Finalmente, una vez creada la línea de comportamiento espectral natural, se aplica el índice espectral para así construir las curvas espectrales que viabilizarán la identificación de la dinámica de cambio en los sedimentos en suspensión a través del tiempo, así como los puntos de máxima alteración o alertas.

**Palabras clave:** Percepción remota, índices espectrales, explotación de oro aluvial, afectación del agua por sedimentos, río Inírida

a. Ingeniera Forestal. Especialista en Sistemas de Información Geográfica, Analista senior en PDI del proyecto Sistema Integrado de monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC. Sandraconstanza.rodriguez@un.org

b. Ingeniero Forestal. Ingeniero de Soporte PDI del proyecto Sistema Integrado de monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC.

c. Ingeniero Agro-Forestal., Ingeniero Junior en PDI del proyecto Sistema Integrado de monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC.



---

## Abstract

*The use of machinery in water during the exploitation of deposits of alluvial gold causes alteration in the riverbed and generates changes in the quantity of suspended sediments, that modify the natural reflectance of the water body. In this context, SIMCI project developed a methodology based on remote sensing through the use of band algebra (spectral index), which allows the detection and monitoring of alterations of amount of sediments dissolves in the water. The index used is the MNDWI (Modification for Normalized Difference Water Index).*

*This methodology allows the identification of alterations in the natural dynamics of the current attributable to gold mining exploitation, based on the spectral behavior of the water. The method consists in establishing the natural spectral base of the water body as Time 0, and three further measurements are made using the available images to examine changes in the spectral index. Finally, once the line of natural spectral behavior is established, the index is applied in order to construct the spectral curves that will allow the identification of the dynamics of change in suspended sediments over time, as well as the points of maximum alteration or alerts.*

**Keywords:** *Remote sensing, spectral index, gold mining exploitation, affection of water by sediments, Inírida river*



## Introducción

La explotación aurífera en Colombia contempla dos tipos de yacimiento de acuerdo con las condiciones geológicas de formación: i) primarios, conocidos como de filón o veta y (ii) secundarios o de aluvión. La explotación de los yacimientos, tanto de filón como de aluvión, presenta dos modalidades básicas en cuanto a la extracción y beneficio, de acuerdo con el nivel tecnológico aplicado: la que emplea técnicas y herramientas rudimentarias y la que usa maquinaria pesada. Aunque la utilización de maquinaria pesada ha ganado protagonismo en las explotaciones auríferas como herramienta de mejora en la rentabilidad en la extracción, al remover grandes volúmenes de material en poco tiempo, repercute con mayor impacto si no se sigue un plan de manejo ambientalmente sostenible. (UNODC-MJD, 2016)

En consecuencia, el tipo de extracción, las herramientas y maquinaria utilizadas generan en el territorio evidencias físicas. La explotación de oro de aluvión con maquinaria pesada genera evidencias sobre la cobertura en la que se desarrolla. Aquella, llevada a cabo sobre paisajes aluviales en terrenos circundantes a los ríos con el uso de maquinaria tipo retroexcavadoras, ocasiona cambios en el paisaje de fuerte impacto visual. Pero otro tipo de explotación, aquella realizada en el lecho de los ríos con el uso de maquinaria tipo dragas, provoca cambios en el medio hídrico, al generar alteración de los sedimentos en suspensión. (UNODC-MJD, 2016)

Para la detección de la alteración de los sedimentos suspendidos en los cuerpos hídricos atribuibles a la actividad, se desarrolló una metodología basada en percepción remota, a través del uso de álgebra de bandas (índices espectrales). La que se implementa en una zona de estudio, en la que predomina este tipo de explotación (Río Inírida).

## Desarrollo teórico y metodológico

Las imágenes de satélite capturan información en diferentes rangos del espectro electromagnético y posibilitan estudiar diversas coberturas sobre la tierra. Los cuerpos de agua en las imágenes satelitales son uno de los elementos que mejor explican las propiedades ópticas de reflectancia, transmitancia y absorción (Hernández, 2007). Esto porque el agua absorbe o transmite la mayor parte de la radiación visible que recibe, siendo mayor su absorsividad<sup>1</sup> cuanto mayor sea la longitud de onda. La mayor reflectividad<sup>2</sup> del agua clara se produce en el rango del espectro electromagnético que comprende desde 0,45 hasta 0,52  $\mu\text{m}$ , reduciendo su valor paulatinamente hacia el infrarrojo cercano, donde ya es prácticamente nulo. La reflectividad se ve afectada por factores como el contenido de clorofila, sólidos en suspensión, rugosidad superficial y profundidad (Hernández, 2007).

La remoción de material en el lecho y riveras de los ríos durante las actividades de explotación del mineral, con uso de maquinaria pesada, genera alteración en los sedimentos en suspensión, modificando la reflectancia del cuerpo hídrico. Sin embargo, discriminar el cambio en la cantidad de sólidos en suspensión en los

1. En el proceso de teledetección, relación entre el flujo incidente y el que absorbe una superficie.

2. En el proceso de teledetección, relación entre el flujo incidente y reflejado en una superficie.



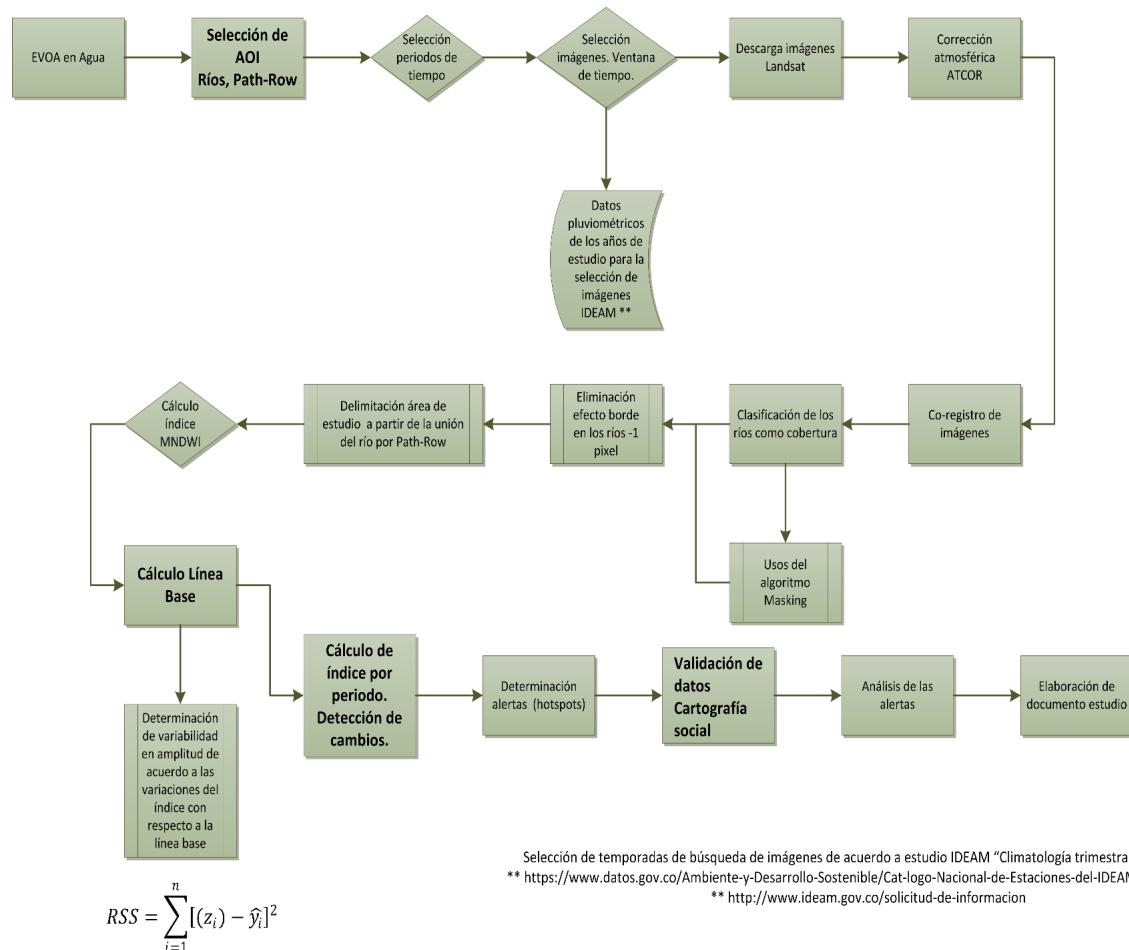


cuerpos de agua requiere del uso de herramientas con mayor sensibilidad a este fenómeno. Tal es el caso de los índices espectrales, cuyo objetivo es realizar y suministrar información sobre una cobertura específica y, por otro lado, facilitan obtener, de una forma objetiva y precisa, información cuantitativa del objeto de estudio.

En este contexto, en coordinación con el Ministerio de Justicia y del Derecho, UNODC, en cabeza del proyecto SIMCI, diseñó una metodología basada en imágenes Landsat e índices espectrales, que parte del establecimiento de la línea base natural espectral del río de interés durante el periodo de aguas bajas, durante un periodo en el que no ocurría afectación por esta actividad (1996). Continúa con mediciones posteriores del índice (2002, 2007, 2011 y en 2014 cuando ya se registró esta actividad), utilizando las imágenes disponibles para examinar los cambios en el índice espectral con respecto al comportamiento natural, y termina con la validación de los resultados mediante información cualitativa y cuantitativa disponible. (UNODC-MJD, 2016)

## Modelo metodológico

El modelo está basado en la identificación de cambios en el comportamiento natural de los sedimentos en ríos que se pueden medir a través de cambios en los índices espectrales, y que se pueden asociar con actividades de extracción de oro de aluvión.



**Figura 1.** Esquema general metodológico  
Fuente: Gobierno de Colombia . UNODC



Para la aplicación de este modelo se seleccionó el índice modificado de agua de diferencia normalizada MNDWI (por sus siglas en inglés), dado que este emplea el uso del rango del espectro electromagnético. En efecto, la banda correspondiente al infrarrojo medio, que posibilita diferenciar y resaltar lugares donde las características del agua se ven afectadas por alguna alteración (Vivek Kumar, Piyush Kumar, P, & M, 2015). Este índice se seleccionó tanto para la caracterización de la línea base, como para el análisis de los períodos.

El modelo de monitoreo para la detección de actividades de explotación de oro de aluvión en agua, basado en índices espectrales incluye tres etapas:

- i) Construcción de la línea de base<sup>3</sup> para el río en la que se garantiza el comportamiento espectral “natural”, es decir, sin intervención de actividades de explotación de minerales.
- ii) Detección de los cambios en el comportamiento natural, mediante la observación y análisis de índices espectrales.
- iii) Identificación de los cambios detectados con actividades de explotación de oro de aluvión.

La selección de la zona piloto se hizo teniendo en cuenta las características geográficas, hidrografía, régimen de precipitaciones y climatología. Efectivamente, se eligieron dos ríos para la construcción de la línea base de comportamiento espectral natural: el río Inírida a la altura de las comunidades de Zancudo, Chorro Bocón, Huesito y Morroco; y el río Orinoco, a aproximadamente 55 km al noroccidente de la provincia de Tama, en la jurisdicción del Estado de Amazonas en la República de Venezuela, donde se sabe que no existen antecedentes de afectación por explotación mineral. Los hallazgos obtenidos para ambos ríos tienen una tendencia similar, por lo que se selecciona como línea base el Río Inírida, dado que es donde se realiza la aplicación del modelo.

#### Línea base comportamiento espectral natural de los sedimentos en suspensión en un cuerpo de agua.

Para el establecimiento de la línea base y posterior comparabilidad de la dinámica espectral en los diferentes períodos de tiempo, las imágenes se corrigieron atmosféricamente, mediante el algoritmo ATCOR. De otro lado, los puntos de muestra fueron distribuidos sistemáticamente cada 5 km, para abarcar la variabilidad de la zona.

Por otra parte, para garantizar la medición objetiva del índice MNDWI, se realizó un filtro de pixeles por efecto de borde para eliminar interferencia (ruidos) no atribuible al fenómeno en estudio.

Finalmente, para garantizar la comparabilidad en función del caudal hídrico, se seleccionó para cada período una ventana de tiempo correspondiente a la estación de bajas lluvias en función de las premisas:

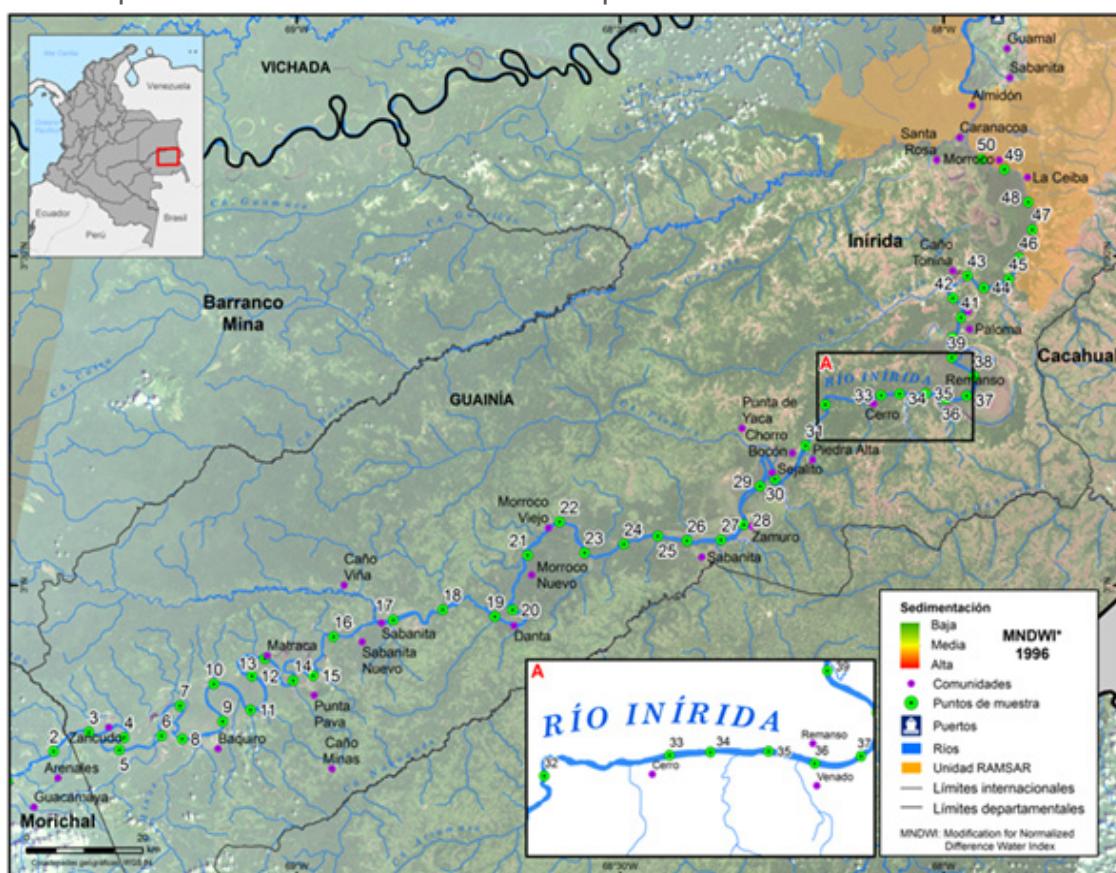
- El menor caudal facilita la detección de alteraciones en los sedimentos suspendidos.
- El período lluvioso representa un régimen fuerte de precipitación, que conlleva un incremento en los sedimentos trasportados. Estos se generan tanto por el régimen

3. Los estudios de línea base proporcionan una base de información contra la cual monitorear y evaluar (ONU mujeres, 2019)

de lluvias como por otros factores inherentes a la temporada de lluvias, erosión fluvial lateral, desplomes de material en las orillas en condiciones naturales y en consecuencia un incremento en el arrastre de material.

- La información secundaria reportada por las instituciones presentes en la zona menciona que el mayor caudal dificulta el acceso al yacimiento por parte de la maquinaria utilizada.

Con los valores obtenidos en cada punto de muestra en la imagen de 1996, se construyó una curva de comportamiento *natural* *spectral*. Los valores mínimos y máximos del índice determinan el rango de comportamiento natural, que a su vez posibilita identificar los cambios posteriores en los sedimentos suspendidos.



**Figura 2.** Representación del índice MNDWI en el área de estudio para el periodo 1996

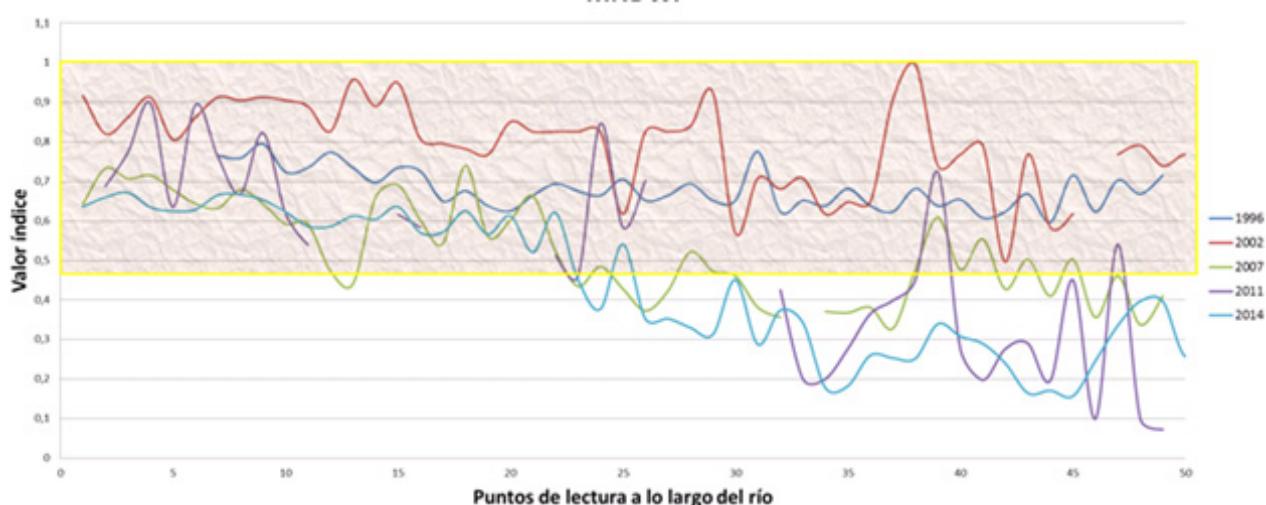
Fuente: Gobierno de Colombia - UNODC<sup>4</sup>

De acuerdo con el índice MNDWI para el año 1996, el río presenta uniformidad en el análisis en la mayoría de los puntos tomados como muestra. La representación de la alteración de sedimentos parte de la tonalidad azul que indica mínima afectación, hasta el color rojo que representa una alta afectación. Como se puede observar en la figura 2, el río presenta una coloración azul, inclusive en zonas de meandros (curva interna) donde, por el comportamiento del río, se deberían acumular sedimentos, lo que valida que para la fecha base, este no estaba afectado por factores externos que alteraran los sedimentos suspendidos en el río Inírida. Para efectos del monitoreo, las variaciones a este comportamiento indican alteraciones en los sedimentos en suspensión en esta corriente que pueden relacionarse con actividades de explotación de oro de aluvión en agua.

4. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de Naciones Unidas.

### **Construcción de curvas de comportamiento espectral**

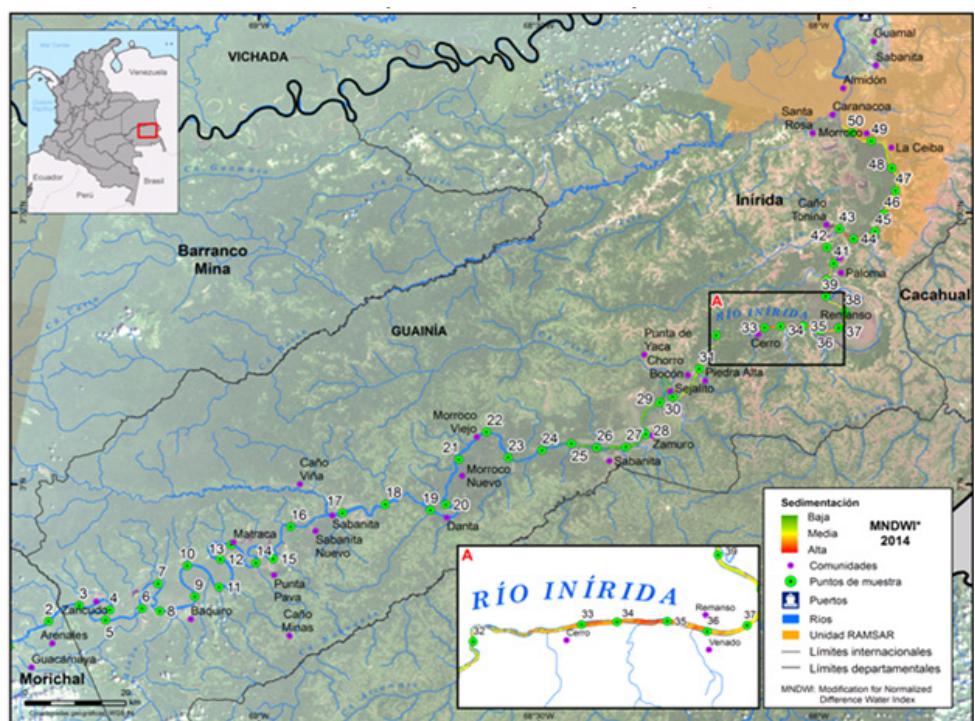
Para la construcción de las curvas de comportamiento espectral durante los períodos de tiempo establecidos, se obtuvo el valor del índice en los puntos muestra seleccionados. Estos valores se compararon con la línea base para detectar los cambios en los sedimentos suspendidos y la identificación de zonas alerta. Mediante análisis visual cuantitativo y análisis espacial con coberturas, se depuraron zonas de alerta, aplicables a agentes exógenos a la actividad de extracción de oro de aluvión.



**Figura 3.** Curva de comportamiento espectral en suspensión en zona de estudio

Fuente: Gobierno de Colombia . UNODC

Los segmentos de las curvas que se encuentran por fuera del recuadro amarillo corresponden a alteraciones en los sedimentos suspendidos. En este sentido, durante los años 1996 y 2002 los valores del índice se encuentran dentro del comportamiento natural del río. Sin embargo, a partir del año 2007 se evidencia alteración de los sedimentos en suspensión a partir del punto 24.



**Figura 4.** Representación del índice MNDWI en el área de estudio para el periodo 2014

Fuente: Gobierno de Colombia- UNODC<sup>5</sup>

5. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de Naciones Unidas.



De acuerdo con el índice MNDWI para el año 2014, se puede observar sectores del río donde se evidencia alteración de sedimentos. Las tonalidades que van del naranja al rojo evidencian una mayor alteración de los sedimentos y dichos sectores coinciden con las zonas de extracción de oro sobre el río Inírida según la información secundaria.

**Tabla 1.** Puntos con evidencia de alteración de sedimentos de acuerdo con el índice MNDWI

| Punto de Muestra | COMUNIDAD     | MNDWI |       |       |       |       |
|------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |               | 1996  | 2002  | 2007  | 2011  | 2014  |
| 12               | Baquiro       | 0,770 | 0,830 | 0,470 | **    | 0,590 |
| 14               | Matraca       | 0,700 | 0,890 | 0,660 | **    | 0,600 |
| 24               | Morroco Viejo | 0,660 | 0,830 | 0,480 | 0,850 | 0,380 |
| 26               | Chorro Bocón  | 0,650 | 0,830 | 0,370 | 0,700 | 0,350 |
| 27               | Sabanita      | 0,660 | 0,830 | 0,420 | **    | 0,350 |
| 29               | Zamuro        | 0,650 | 0,920 | 0,470 | **    | 0,310 |
| 30               | Sejalito      | 0,650 | 0,570 | 0,460 | **    | 0,450 |
| 31               | Piedra Alta   | 0,780 | 0,710 | 0,380 | **    | 0,290 |
| 32               |               | 0,620 | 0,680 | 0,360 | 0,430 | 0,370 |
| 33               |               | 0,650 | 0,710 | **    | 0,200 | 0,340 |
| 34               | Cerro         | 0,640 | 0,620 | 0,370 | 0,200 | 0,180 |
| 35               |               | 0,680 | 0,650 | 0,370 | 0,280 | 0,180 |
| 36               | Remanso       | 0,640 | 0,650 | 0,380 | 0,360 | 0,260 |
| 37               |               | 0,620 | 0,910 | 0,330 | 0,400 | 0,250 |
| 38               |               | 0,680 | 1,000 | 0,480 | 0,450 | 0,250 |
| 39               |               | 0,640 | 0,740 | 0,610 | 0,720 | 0,340 |
| 40               | Paloma        | 0,650 | 0,770 | 0,480 | 0,280 | 0,310 |
| 41               | Huesito       | 0,610 | 0,790 | 0,550 | 0,200 | 0,290 |
| 42               |               | 0,620 | 0,500 | 0,430 | 0,280 | 0,240 |
| 43               | Caño Tonina   | 0,670 | 0,770 | 0,500 | 0,290 | 0,160 |
| 44               |               | 0,600 | 0,580 | 0,410 | 0,200 | 0,170 |
| 45               |               | 0,720 | 0,620 | 0,500 | 0,450 | 0,160 |
| 46               |               | 0,620 | **    | 0,360 | 0,100 | 0,250 |
| 47               |               | 0,700 | 0,770 | 0,460 | 0,540 | 0,340 |
| 48               | La Ceiba      | 0,670 | 0,790 | 0,340 | 0,100 | 0,400 |
| 49               |               | 0,720 | 0,740 | 0,410 | 0,070 | 0,400 |
| 50               | Morroco       | **    | 0,770 | **    | **    | 0,260 |

\*\* Zonas sin información por cubrimiento de nubes

Fuente: Gobierno de Colombia- UNODC



### **Relación entre la información obtenida con las actividades de explotación de oro de aluvión**

Para la validación de la robustez de la aplicación de índices espectrales, se obtuvo información correspondiente a operaciones de control e interdicción de la Armada Nacional de Colombia. Además, se realizaron talleres de aproximación sobre lugares de exploración y explotación de oro de aluvión con instituciones y mineros de la región de estudio. Utilizando los resultados obtenidos en el piloto, se realizó un análisis de correspondencia espacial entre la información obtenida de los índices y la información secundaria. Los resultados obtenidos validan la metodología.

### **Conclusiones**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, la metodología diseñada con base en índices espectrales, en particular el MNDWI, se constituye en una herramienta confiable para la detección de alteración de los sedimentos en suspensión en las corrientes hídricas, debidos a la explotación de oro de aluvión.

Aunque los resultados hacen referencia a la región de estudio, la metodología es aplicable en el ámbito nacional, considerando las particularidades de cada región, en cuanto a características geográficas, hidrográficas y meteorológicas.



## Bibliografía

Hernández, H. D. (2007). *Manejo y Conservación de Recursos Forestales*. Santiago de Chile: Pirámide Editions.

ONU mujeres. (22 de 04 de 2019). <http://www.endvawnnow.org>. Obtenido de <http://www.endvawnnow.org/es/articles/959-estudios-de-linea-de-base.html>

Pérez, C., y Muñoz, A. (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.

UNODC-MJD. (2016). *Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota.2016*. Bogotá.

Vivek Kumar, G., Piyush Kumar, G., P, M., & M, A. (2015). Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *Aquatic Procedia, Volume 4*, 739-746.



# BIBLIOTECA IGAC



Toda la evidencia, los estudios, informes y los grandes aportes a la geografía, los suelos, el catastro y la ciencia geomática del país durante estos 84 años de existencia, la puede conocer a través de nuestra biblioteca

Más de  
19.959 libros



Visítanos: Más de 19.959 libros entre los que se destacan:  
El galardonado internacionalmente por la FAO: Suelos y Tierras de Colombia, Estudios General de Suelos y Zonificación de Tierras de los departamentos; Geografía y suelos para Niños., Geografía de Colombia, Estudio de los Conflictos de Uso del Territorio Colombiano, Manejo de Suelos Colombianos y Nariño: características geográficas, tesis de los programas de maestría del CIAF, Atlas de Colombia incluyendo la versión en Braille.

# Metodología para la priorización de acciones contra minas antipersona desde el enfoque de gestión integral del riesgo

[Methodology for the prioritization of action against antipersonnel mines from the integral risk management approach]

Oficina de las Naciones Unidas Contra la droga y el Delito (UNODC)

Lina Paola Arévalo Méndez<sup>a</sup>, Mauricio González<sup>b</sup>, Miguel Serrano<sup>c</sup>

Eje. Las tecnologías de la información geográfica como apoyo a la seguridad pública y Nacional

## Resumen

Este estudio está dirigido a apoyar la toma de decisiones en la priorización, focalización y atención de los territorios y población afectada por las minas antipersona —función liderada por la Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersona—, desde el enfoque de gestión integral del riesgo. El riesgo, entendido como la confluencia de personas en sitios contaminados por minas antipersona (MAP) o municiones sin explotar (MUSE), está dado por la interacción entre amenaza y vulnerabilidad.

Para calcular la magnitud de la vulnerabilidad, se tuvieron en cuenta variables asociadas con la ubicación y concentración de la población (densidad de construcciones habitacionales, densidad de establecimientos educativos, presencia de vías y estratificación basada en coberturas vegetales). La amenaza se determina por presencia de MAP o MUSE y por la coincidencia en el territorio de cultivos de coca, procesos de erradicación de cultivos de coca, y/o evidencia de explotación de oro de aluvión. Para realizar los cálculos y análisis espaciales se utilizó el marco de áreas de 1km<sup>2</sup>.

Como resultado del análisis de amenaza y vulnerabilidad, se obtiene una capa con la cobertura nacional en grillas de 1km<sup>2</sup> de la vulnerabilidad, amenaza y riesgo por presencia de minas antipersona. En Colombia hay un total de 106.734 km<sup>2</sup> en algún nivel de riesgo por contaminación de MAP/MUSE. Los departamentos con mayor cantidad de área en algún grado de riesgo son Caquetá, Meta, Nariño, Putumayo, Guaviare y Antioquia. La mayor concentración de riesgo muy alto y alto se encuentra en Antioquia, Cauca y Putumayo.

**Palabras clave:** Minas antipersona (MAP), Munición sin Explotar (MUSE), análisis espacial, vulnerabilidad, amenaza, riesgo.

a. Ingeniera Geógrafa y Ambiental. Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Analista e investigadora del Proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC. lina.arevalo@unodc.org

b. Ingeniero Forestal. Especialista en Geomática. Ingeniero de Soporte PDI del Proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC. mauricio.gonzalez@unodc.org

c. Doctor en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Experto en Investigación Territorial del Proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos SIMCI-UNODC. miguel.serrano@unodc.org





---

## Abstract

*This study aims to support the decision-making in the prioritization, targeting and attention of the territories and population affected by anti-personnel mines; lead by the Directorate of Integral Action against Antipersonnel Mines, from a integral risk management approach. Risk, understood as the confluence of people at sites contaminated by antipersonnel mines (MAP) or unexploded ordnance (MUSE), is a result of the battle between threat and vulnerability.*

*In order to calculate the magnitude of the vulnerability, a few variables were taken into account. These, associated with population location and concentration (density of residence constructions, educational establishments, roads and the stratification based on the vegetation cover). The threat to the population is determined by the presence of Antipersonnel Mines or unexploded ordnances. Also, because most fields are being used to cultivate coca or are part of the eradication process. Furthermore, in many fields, there's evidence of alluvial gold exploitation. In order to perform the calculations and the spatial analysis, an area of 1-km<sup>2</sup> was used.*

*As a result, a layer with the national coverage in 1km<sup>2</sup> grids, is obtained from the vulnerability, threat and risk from the presence of Antipersonnel Mines. In Colombia, there is a total of 106,734 km<sup>2</sup> in some risk level by contamination of Antipersonnel Mines and unexploded ones. The departments with greater amount of area with some risk are Caquetá, Meta, Nariño, Putumayo, Guaviare and Antioquia. The highest concentration of very high and eminent risk is found in Antioquia, Cauca and Putumayo.*

**Keywords:** Antipersonnel Mines, Unexploded ordnance (UXO), spatial analysis, vulnerability, threat, risk.



## Introducción<sup>1</sup>

En Colombia, la entidad encargada de gestionar la información sobre las minas antipersona es la Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersona, DAICMA, la cual es una dependencia del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República. Entre sus funciones se encuentra la coordinación y monitoreo de las actividades para la Acción Integral contra Minas Antipersona, AICMA.

Por otra parte, el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos, SIMCI, de la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, UNODC, apoya el monitoreo de cultivos de coca en Colombia. Desde el año 2000, el proyecto SIMCI ha venido realizando diferentes investigaciones en torno al territorio y ha construido un modelo de investigación integral, basado en la espacialización de fenómenos concurrentes en el territorio, para entender las dinámicas y explicar las problemáticas de ilegalidad que se dan en él.

Con base en las funciones y potencialidades temáticas del DAICMA y el SIMCI, se estableció una alianza interinstitucional entre estas entidades, con el propósito de desarrollar un instrumento que permitiera afinar la focalización de la atención de los territorios y población afectada por las minas antipersona. Lo anterior bajo la premisa de que el objetivo primordial de la acción contra minas antipersona consiste en evitar que se presenten nuevos accidentes.

Para ello debe determinarse cuáles son las áreas en las que existe mayor probabilidad de que coincidan la población y las minas antipersona. Por ello, se propuso una metodología para abordar la priorización desde el enfoque de gestión integral del riesgo. Esta consiste en la reducción de la amenaza y de la vulnerabilidad. La metodología propuesta se basa en el uso de herramientas de análisis espacial para identificar niveles de vulnerabilidad, amenaza y riesgo en el territorio colombiano, y brindar un soporte para la priorización espacial de acciones contra las minas antipersona.

La información resultante permite realizar análisis a una escala regional inferior a la municipal, lo que es útil para focalizar las acciones técnicas, políticas, sociales y económicas para reducir el impacto social, económico y ambiental que generan las MAP/MUSE instaladas o abandonadas en los territorios rurales de Colombia, como consecuencia del conflicto armado.

Es de resaltar que no se registra la existencia de estudios anteriores sobre este fenómeno que apliquen el enfoque de gestión integral del riesgo, desde una perspectiva espacial. Por lo tanto, este estudio sirve como punto de partida para la profundización en el tema y para el desarrollo de futuras investigaciones.

## Desarrollo teórico y metodológico

El Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos, SIMCI, ha diseñado una estrategia de espacialización de fenómenos concurrentes en el territorio, denominada “Marco de áreas”. Esta consiste en la división del territorio en una retícula, en la que cada unidad espacial se denomina “grilla”. De acuerdo con la naturaleza del fenómeno, en ocasiones es pertinente utilizar grillas de 5 km \* 5 km (cuadrados de 25 km<sup>2</sup>) y en otras de 1 km \* 1 km (cuadrados de 1 km<sup>2</sup>), permitiendo realizar análisis multiescala.

1. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la posición oficial de las entidades involucradas.





Debido a su potencial para realizar análisis temáticos de problemáticas complejas, el marco de áreas es una herramienta para la integración de información de manera estandarizada, que permite hacer análisis espaciales con diferentes variables, incorporando la comparabilidad temporal. De esta manera se permite la espacialización de fenómenos concurrentes en el territorio.

Similar a como es utilizado por SIMCI para hacer comparable la información de diferentes fuentes, y para generar indicadores temáticos relacionados con cultivos de coca, la adaptabilidad del marco permite añadir la información relacionada con eventos (accidentes e incidentes) por Minas Antipersona, MAP, y Municiones sin Explotar, MUSE, de la DAICMA. Dicha información puede ser analizada a una escala que permita la focalización de acciones para reducir el impacto que generan las MAP/MUSE, instaladas o abandonadas en los territorios rurales de Colombia, por efecto del conflicto armado.

Para la realización de la presente metodología, se utilizó la base de datos de eventos del Sistema de Información de Acción Contra Minas, IMSMA, de la DAICMA, con corte a 31 de diciembre de 2015. Adicionalmente, y con el fin de tener un conocimiento temático relacionado con las minas antipersona y la focalización de acciones de intervención, se realizaron talleres con las organizaciones que tienen a cargo el desminado humanitario, educación en el riesgo de minas y los expertos de la DAICMA.

El proceso de integración de la información AICMA al marco de áreas se realizó con la ubicación de las coordenadas geográficas (sistema de proyección WGS84), de los campos de latitud y longitud de la base de datos. El software utilizado durante todo el proceso fue ArcGis 10.3.1. Como resultado, cada grilla contiene información de los límites político administrativo (departamento, municipio), áreas de reglamentación especial (parques nacionales naturales, resguardos indígenas, tierras de las comunidades negras), cantidad de accidentes, incidentes y eventos ocurridos por año (desde 1990 hasta 2015). Toda esta información se consolida en una geodatabase.

Con la información de eventos MAP/MUSE integrada al marco de áreas, se incluyó el enfoque de riesgo por contaminación MAP/MUSE de forma espacial. La definición clásica de riesgo lo propone como una función compuesta por la amenaza (probabilidad de sufrir una perturbación) en su interacción con la vulnerabilidad (susceptibilidad, exposición a la amenaza y capacidad de recuperación de la afectación o daño causado por la amenaza). La amenaza se configura como el evento que puede tener efectos sobre el sistema considerado, mientras que la vulnerabilidad se enfoca en las condiciones internas, determinadas por el nivel de exposición a la amenaza, por la susceptibilidad del territorio a ser afectado, y por la capacidad del sistema para manejar esta perturbación en caso de que se presente (Lavell, 2001).

En el caso de la contaminación por minas antipersona o municiones sin explotar, las definiciones correspondientes para el abordaje del problema desde el enfoque de gestión integral del riesgo, son las siguientes:

- Amenaza. Presencia de minas antipersona o municiones sin explotar en el territorio.
- Vulnerabilidad. Intensidad de la presencia o circulación de personas en el territorio.
- Riesgo. Confluencia de personas en sitios contaminados por minas antipersona o municiones sin explotar.

Con base en las anteriores definiciones, se establecieron algunos factores para evaluar la vulnerabilidad y la amenaza.



## Vulnerabilidad

La vulnerabilidad viene dada, fundamentalmente, por el nivel de concentración de las personas en el territorio. Con el fin de tener una aproximación a la ubicación y concentración de la población en el territorio, se evaluaron las siguientes variables:

**Tabla 1.** Valoración de variables de vulnerabilidad

| Variable   | Peso       | Limitaciones   |
|--|------------|--|
| Densidad de construcciones habitacionales <sup>2</sup> | 30         | <p>Se obtiene a partir de cartografía del IGAC a escala 1:100.000 de 2012. La anterior puede presentar limitaciones por actualización y escala, ya que 1 mm en el plano equivale a 100 m en el terreno. Por lo tanto, las construcciones aisladas que tengan menos de 100 m no se ven reflejadas en el mapa.</p> <p>Adicionalmente se evidencian zonas con vacíos de información por parte de la fuente.</p> |
| Densidad de establecimientos educativos <sup>3</sup>   | 40         | <p>Se obtiene a partir de cartografía del IGAC a escala 1:100.000 de 2012. Puede presentar limitaciones por actualización y escala. Adicionalmente se evidencian zonas con vacíos de información por parte de la fuente.</p>   |
| Presencia de vías                                      | 20         | <p>Se obtiene a partir de cartografía del IGAC a escala 1:100.000 de 2012. Puede presentar limitaciones por actualización y escala.</p> <p>Se toman únicamente vías terrestres sin discriminar el tipo de vía.</p>   |
| Estratificación basada en coberturas vegetales         | 10         | <p>La estratificación se realiza con base en la interpretación de coberturas SIMCI 2014 (escalas 1:50.000 y 1:25.000) y la cobertura de la tierra IDEAM 2010 - 2012 (escala 1:100.000).</p>  |
| <b>TOTAL</b>   | <b>100</b> |  |

Fuente: elaboración de los autores.

\*El criterio para la asignación de pesos fue definido en forma cualitativa, siguiendo el principio de probabilidad de circulación de las personas.

La asignación del peso de cada variable en el total de vulnerabilidad se realizó a partir del criterio de concentración de la población, dando mayor relevancia a la densidad de establecimientos educativos, por ser un sitio donde confluye gran cantidad de personas; y densidad de construcciones habitacionales, al ser el lugar donde habitan las personas. Se asignó un menor peso a la presencia de vías, pues en ellas se habita de manera apenas transitoria. En último lugar se encuentra la estratificación basada en coberturas vegetales, basados en el supuesto de que los mayores niveles de uso (cultivos agrícolas) tienen un mayor potencial de circulación de personas que aquellos que tienen menores niveles de uso (bosque o rastrojo alto). Al final el índice se normaliza de 0 a 1 donde los valores cercanos a 1 presentan mayor vulnerabilidad.

Para establecer la densidad de las construcciones habitacionales y la densidad de los establecimientos educativos, se integraron dichos objetos de la cartografía del IGAC al marco de áreas, teniendo como resultado la cantidad de construcciones habitacionales

2. La densidad de construcciones habitacionales constituye un indicador indirecto (proxy) de la localización de las personas en el espacio rural. Se estableció que el 71% de los eventos de minas antipersonal (accidentes e incidentes) se presentó en distancias inferiores a 1 km de construcciones habitacionales.

3. Las escuelas sirven también como sitio habitual de reunión de las comunidades rurales. Se estableció que el 37% de los eventos (accidentes e incidentes) ocurrió a distancias iguales o menores a 1 km de los establecimientos educativos.



y establecimientos educativos existentes por cada grilla de 1 km<sup>2</sup>. Para cada caso, el total de los valores se organizó de mayor a menor y se dividió la cantidad de grillas en quintiles. A cada quintil se le asignó un valor de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 o 1 de acuerdo con la cantidad de construcciones y establecimientos educativos existentes en cada grilla, dando mayor importancia a las grillas que concentraban mayor número de construcciones/establecimientos educativos. A partir de estos valores, mediante herramientas de análisis espacial (kernel density), se estableció la densidad de las construcciones en un rango de 2.500 m<sup>4</sup>. Como resultado, una grilla con alta densidad de construcciones/establecimientos educativos tendrá una vulnerabilidad mayor que una con baja densidad.

En el caso de la presencia de vías, se integra la información al marco maestro de áreas indicando si la grilla de 1 km<sup>2</sup> tiene o no tiene vías. La presencia de vías implica mayor vulnerabilidad.

En el caso de la estratificación basada en coberturas vegetales, se incorpora la información al marco maestro de áreas y se califica con valores altos de vulnerabilidad a zonas cultivadas, medios a zonas de pastos y bajos a bosques y zonas no potencialmente agrícolas.

Los rangos de la vulnerabilidad territorial frente a las Minas Antipersona se determinaron mediante la herramienta de cortes naturales (jenks) del software ArcGis con los siguientes resultados.

**Tabla 2.** Rangos de niveles de vulnerabilidad

| Rangos    | Nivel de vulnerabilidad |
|-----------|-------------------------|
| 0,1 – 0,2 | Baja                    |
| 0,2 – 0,5 | Media                   |
| 0,5 – 0,7 | Alta                    |
| 0,7 – 1,0 | Muy Alta                |

Fuente: elaboración de los autores.

## Amenaza con evidencia de MAP/MUSE

En cuanto a la evaluación de la amenaza por contaminación de MAP y MUSE en el territorio, se evaluó la coincidencia en territorios de 1 km<sup>2</sup> de Grupos Móviles de Erradicación, GME, cultivos de coca y evidencias de explotación de oro de aluvión, EVOA, con grillas afectadas por eventos MAP/MUSE<sup>4</sup>. El universo para el cálculo de la amenaza son las grillas de los municipios que han presentado afectación histórica por MAP/MUSE más las grillas con cultivos de coca, GME y EVOA.

Es de aclarar que existen factores de amenaza que no son posibles mapear, como por ejemplo, el área de influencia de los grupos armados organizados al margen de la ley. Por esta razón, el índice de amenaza propuesto se evalúa únicamente con las variables mencionadas.

4. Se estableció 2.500 m considerando un perímetro de circulación equivalente a un recorrido medio de media hora de desplazamiento a pie, de manera que la vulnerabilidad relacionada con construcciones permita extenderse hasta las zonas frecuentes del entorno habitacional y la localización de los lotes de terreno adjuntos a las zonas de vivienda. En el caso de establecimientos educativos, los niños y niñas deben desplazarse habitualmente hasta la escuela de la vereda en trayectos variables que tienen una media normalmente inferior a media hora de camino. Existen algunos lugares en los cuales la distancia a recorrer es superior. Pero utilizar un criterio de distancia mayor generaría condiciones de vulnerabilidad expandidas en las que una parte del territorio estaría muy probablemente sobredimensionada.

5. Factores asociados y con información disponible mencionados en los talleres de expertos realizados.



**Tabla 3.** Valoración de la amenaza

| Variable  | Peso*              | Limitaciones  |
|---|--------------------|---|
| Eventos MAP/MUSE 2010 -2015 <sup>6</sup>          | 80                 | A partir de la base de datos DAICMA, se integran al marco de áreas de 1 km <sup>2</sup> los accidentes e incidentes de 2010 a 2015.               |
| Eventos MAP/MUSE anteriores a 2010                | 50 (valor alterno) | A partir de la base de datos DAICMA, se integran al marco de áreas de 1 km <sup>2</sup> los accidentes e incidentes anteriores a 2010.            |
| Cultivos de coca                                  | 12                 | Se tiene en cuenta la presencia de cultivos de coca en grillas de 1 km <sup>2</sup> , no se tiene en cuenta el área. Serie histórica 2002 – 2015. |
| Grupos móviles de erradicación (GME)              | 6                  | Erradicación validada por UNODC de 2007 a 2015. No se tiene en cuenta erradicación por tercera modalidad.   |
| Evidencia de explotación de oro de aluvión (EVOA) | 2                  | Interpretación SIMCI de EVOA 2014.  |
| <b>TOTAL</b>                                      | <b>100</b>         |   |

Fuente: elaboración de los autores.

\*El criterio para la asignación de pesos fue definido en forma cualitativa siguiendo los siguientes principios:

1. Dado que la localización de minas antipersona constituye el elemento de evidencia más consistente sobre la contaminación del territorio, se definió asignar a esta variable el mayor peso (80%), de manera que los probables factores impulsores de contaminación asociados no pudiesen, en ningún caso, sobrepasar el valor dado a la evidencia.
2. La DAICMA ha establecido que un 24% de los eventos posteriores a 2010, llegan a generar un Área Peligrosa (AP), mientras que solo un 15% de los eventos anteriores a 2010 llegan a generar un AP. De lo anterior, se deriva que existe una probabilidad 1,6 veces superior de que se determine un área peligrosa en eventos recientes (entre 2010 – 2015) que en eventos anteriores. Debido a que dentro de la metodología de valoración del riesgo por MAP y MUSE los eventos pesan máximo el 80%, los eventos recientes (2010 – 2015) tendrán una ponderación máxima del 80%, y los anteriores una máxima del 50%.
3. El peso faltante (20%) se distribuyó de acuerdo con el porcentaje de asociación de cultivos de coca, GME y EVOA con eventos MAP/MUSE (% eventos que han ocurrido en grillas que presentan la condición), manteniendo la relación de proporcionalidad entre ellos.

La variable que determina la amenaza por contaminación de MAP/MUSE es la ocurrencia de accidentes e incidentes en el territorio. Se asignó un peso de 80% al nivel de contaminación, asociado a evidencias para eventos recientes (durante el período 2010 – 2015). Para eventos anteriores, el máximo de peso es de 50. Los demás pesos se asignaron a partir del nivel global de asociación de la variable con la presencia de eventos al nivel nacional. Estos elementos se detallan a continuación.

La asignación del peso de la variable en el total de amenaza se realizó a partir de la relación espacial que se presenta en territorios de 1 km<sup>2</sup> afectados por MAP/MUSE y cultivos de coca, GME o EVOA. Al final el índice se normaliza de 0 a 1 donde los valores cercanos a 1 presentan mayor amenaza.

6. La localización de minas antipersonal constituye el elemento de evidencia más consistente sobre la contaminación del territorio, se definió asignar a esta variable el mayor peso (80%), de manera que los probables factores impulsores de contaminación asociados no pudiesen, en ningún caso, sobrepasar el valor dado a la evidencia



Finalmente, se crean cuatro rangos de amenaza de contaminación por Minas Antipersona, mediante la herramienta de cortes naturales (jenks) del software ArcGis.

**Tabla 4.** Rangos de niveles de amenaza

| <i>Rango</i>  | <i>Nivel de amenaza</i> |
|---------------|-------------------------|
| 0,001 - 0,101 | Baja                    |
| 0,102 - 0,269 | Media                   |
| 0,270 - 0,544 | Alta                    |
| 0,545 - 1,000 | Muy Alta                |

*Fuente: elaboración de los autores.*

En cuanto a cultivos de coca, para conocer si los territorios con cultivos de coca durante el periodo 2010 a 2015 coincidían con territorios afectados por MAP/MUSE, se evaluó la coincidencia de estos dos fenómenos en el mismo periodo de tiempo en grillas de 1 km<sup>2</sup>. A escala nacional, del total de las grillas con eventos MAP/MUSE, el 25,56% presentaron cultivos de coca. A escala municipal, se evidenció que el nivel de asociación entre eventos MAP/MUSE y la presencia de cultivos de coca no era homogénea: en algunos municipios existía un alto nivel de asociación y en otros no. Con el fin de considerar el nivel de heterogeneidad propio de cada territorio, con la relación municipal entre cantidad de grillas con cultivos de coca vs grillas con eventos, se asignó un gradiente municipal a las grillas. El gradiente va de cero (cuando no hay relación) a doce (cuando el 100% de las grillas con eventos tenían coca); el valor de doce corresponde al máximo valor del peso de la asociación entre coca y MAP-MUSE, en la valoración de la amenaza. Los municipios con mayor relación entre cantidad de grillas con cultivos de coca vs grillas con eventos MAP/MUSE se encuentran en Nariño, Putumayo y Norte de Santander.

El mismo ejercicio se realizó con GME y EVOA. Del total de las grillas con eventos MAP/MUSE, el 12,46% presentaron intervención con GME. Aunque en el ámbito nacional este porcentaje no es significativo, al realizar el ejercicio a escala municipal se observan mayores coincidencias. Para la integración del nivel de asociación municipal entre cantidad de grillas con GME vs grillas con eventos MAP/MUSE, se asignó un gradiente municipal a las grillas. El gradiente va de cero (cuando no hay relación) a seis (cuando el 100% de las grillas con eventos tenían GME). Los municipios con mayor relación entre cantidad de grillas de eventos vs grillas que comparten GME y eventos fueron Linares (Nariño), San Miguel (Putumayo), Tumaco (Nariño), Policarpa (Nariño) y Puerto Asís (Putumayo).

En el caso de las Evidencias de explotación de Oro de Aluvión (EVOA), del total de las grillas con eventos MAP/MUSE de 2010 - 2015, el 1,82% presentaron EVOA en 2014. Debido a la ausencia de homogeneidad en el nivel de asociación, no es posible asignar a la explotación de oro de aluvión un factor único de impulso de la amenaza, sino que este debe considerar el nivel de heterogeneidad propio de cada territorio. Por ello, para la valoración de relación municipal entre cantidad de grillas con EVOA vs grillas con eventos, se asignó un gradiente municipal a las grillas. El gradiente va de cero (cuando no hay relación) a dos (cuando el 100% de las grillas con eventos tenían EVOA). Los municipios con mayor relación entre cantidad de grillas de eventos que comparten grillas con EVOA se encontraron en Antioquia y Chocó.



### Amenaza potencial por factores asociados

Se entiende por amenaza potencial a aquella derivada de la presencia de variables, impulsoras de aquella, diferentes a los eventos MAP/MUSE, en territorios en los que no se cuenta con evidencia de que se hayan presentado estos eventos. A manera de ejemplo, es posible que en algunos de los territorios en los que se registra afectación por cultivos de coca se hayan instalado algunas MAP, pero que hasta el momento no se haya producido ningún incidente o accidente. Del mismo modo puede abordarse la presencia de GME o de EVOA.

Por lo anterior, además del cálculo de la amenaza en territorios con evidencia de eventos MAP/MUSE, se evalúa la amenaza potencial que se puede presentar por factores asociados a la instalación de MAP (cultivos de coca, GME, EVOA). Para esto, se toman los municipios sin afectación de MAP/MUSE y con afectación de alguno de los elementos asociados. La valoración de variables se mantiene igual que en el análisis de amenaza con evidencia de MAP/MUSE.

Los valores resultantes se normalizan de 0 a 1, donde los valores cercanos a 1 presentan mayor amenaza potencial. Finalmente, se crean cuatro rangos de amenaza potencial de contaminación por Minas Antipersona, mediante la herramienta de cortes naturales (jenks) del software ArcGis.

**Tabla 5.** Rangos de niveles de amenaza

| <i>Rango</i> | <i>Nivel de amenaza potencial</i> |
|--------------|-----------------------------------|
| 0,10         | Baja                              |
| 0,11 - 0,30  | Media                             |
| 0,31 - 0,70  | Alta                              |
| 0,71 - 0,90  | Muy Alta                          |

Fuente: elaboración de los autores.

### **Riesgo**

El riesgo está dado por el producto de amenaza y vulnerabilidad en áreas de 1 km<sup>2</sup>. De esta manera, cuando un territorio es vulnerable pero no está amenazado, o cuando existe amenaza pero no hay vulnerabilidad, el nivel de riesgo resultante es cero.

Los rangos de riesgo territorial por Minas Antipersona se determinaron mediante la herramienta de cortes naturales (jenks) del software ArcGis, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 6.** Rangos de niveles de riesgo

| <i>Rangos</i>       | <i>Nivel de riesgo</i> |
|---------------------|------------------------|
| 0,000001 - 0,024884 | Bajo                   |
| 0,024885 - 0,098937 | Medio                  |
| 0,098938 - 0,265176 | Alto                   |
| 0,265177 - 0,804517 | Muy Alto               |

Fuente: elaboración de los autores.

Junto al cálculo del riesgo, se evalúo el riesgo potencial, entendido como aquel riesgo que se establece sin que exista evidencia de presencia de MAP/MUSE, pero donde confluye uno o más de los factores impulsores de la instalación de estos artefactos (cultivos de coca, GME, EVOA). Los rangos de riesgo potencial territorial por Minas Antipersona se determinaron mediante la herramienta de cortes naturales (jenks) del software ArcGis, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 7.** Rangos de niveles de riesgo potencial

| <i>Rango</i> | <i>Nivel de riesgo potencial</i> |
|--------------|----------------------------------|
| 0,01 - 0,04  | Bajo                             |
| 0,05 - 0,12  | Medio                            |
| 0,13 - 0,30  | Alto                             |
| 0,31 - 0,63  | Muy Alto                         |

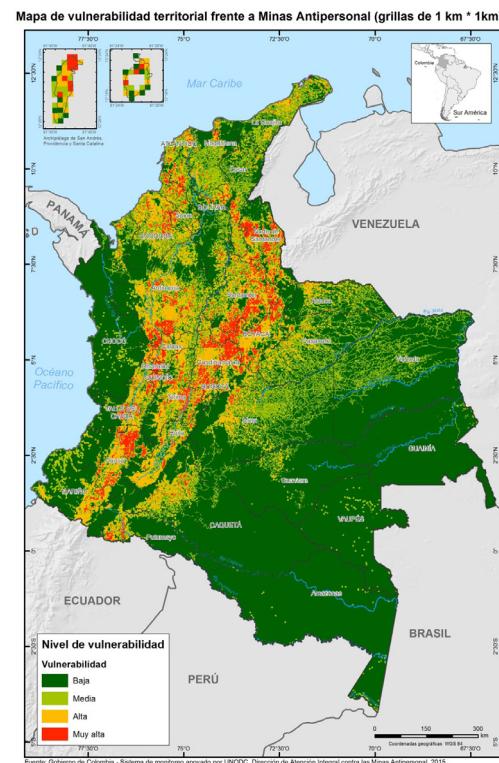
Fuente: elaboración de los autores.

## Resultados

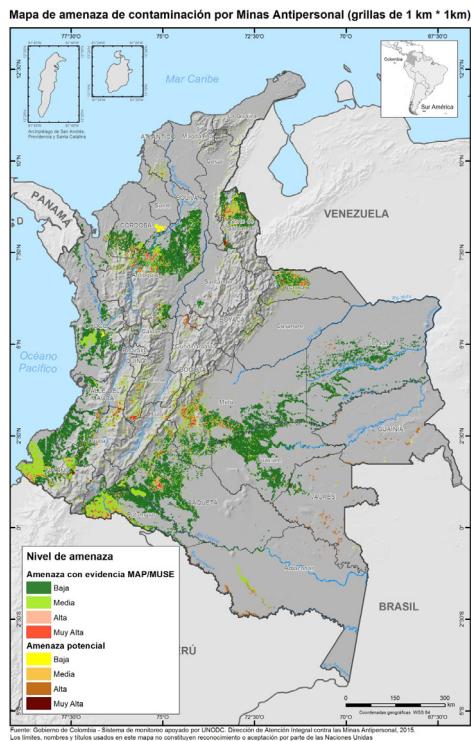
Los cálculos de vulnerabilidad, amenaza y riesgo se realizaron en áreas de 1 km<sup>2</sup> para todo el territorio colombiano.

La mayor vulnerabilidad se presenta en la zona Andina que es donde se concentra la mayor parte de la población de Colombia. Hacia la costa Pacífica y las regiones Orinoquía y Amazonía se observan valores bajos de vulnerabilidad, que aumenta a nivel medio, coincidiendo con el curso de los ríos que han sido espacios de colonización, en donde se ha establecido la población en estas zonas del país. Los departamentos con mayores valores de vulnerabilidad son Antioquia, Santander, Cundinamarca y Boyacá; los de valores más bajos son Amazonas, Vichada, Caquetá y Guainía.

En cuanto a la amenaza, los departamentos que tienen una mayor cantidad de kilómetros cuadrados con algún grado de amenaza son Caquetá, Meta, Nariño, Putumayo, Guaviare y Antioquia. Los departamentos con mayor cantidad de grillas (áreas de 1 km<sup>2</sup>) con amenaza alta y muy alta son Meta, Antioquia, Caquetá y Putumayo, que concentran el 50% de las grillas con estos tipos de amenaza. Los departamentos de Atlántico, Magdalena, La Guajira, Quindío, Risaralda y Amazonas presentan menos de 10 km<sup>2</sup> con amenaza alta o muy alta, Guainía es el único departamento que no se encuentra amenazado por contaminación MAP.



**Figura 1.** Vulnerabilidad territorial frente a MAP/MUSE  
Fuente: Elaboración de los autores



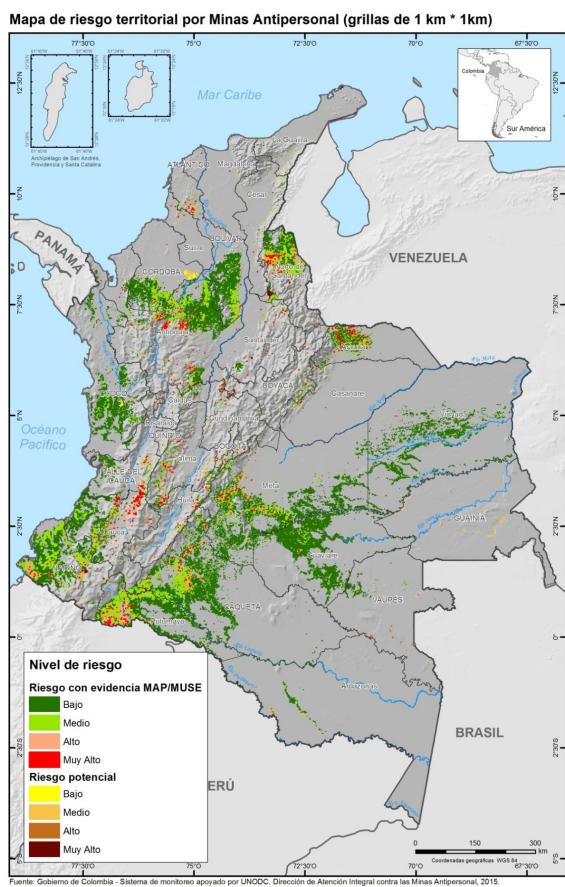
**Figura 2.** Amenaza de contaminación por MAP/MUSE  
Fuente: Elaboración de los autores

En el territorio nacional hay un total de 106.734 km<sup>2</sup> en algún nivel de riesgo por contaminación de MAP/MUSE. De éstos, el 73% se encuentra en riesgo bajo, el 21% en riesgo medio, el 5% en riesgo alto y el 1% en riesgo muy alto. Los departamentos con mayor cantidad de área en algún grado de riesgo son Caquetá, Meta, Nariño, Putumayo, Guaviare y Antioquia, con más de 10.000 km<sup>2</sup> en riesgo cada uno, y concentrando más del 60% del territorio nacional en riesgo.

En cuanto a los departamentos con mayor proporción de área en riesgo dentro de su territorio, se encuentran Putumayo con 42% del departamento en riesgo; Nariño con 35%; y Norte de Santander con 29%.

La mayor concentración de riesgo muy alto se encuentra en Antioquia y Cauca, con el 15% cada uno; Norte de Santander con el 11%; Putumayo, 10%; y Arauca, 9%. En cuanto al riesgo alto se encuentran Putumayo con 22%; Antioquia, 11%; Nariño, 10%; Cauca, 9%; y Meta, Norte de Santander y Caquetá, con 7% cada uno. En riesgo medio, la mayor participación se encuentra en Putumayo con 19%; Nariño, 16%; Norte de Santander, 12%; Caquetá, 11%; y Antioquia, 10%. Guaviare, Caquetá y Meta concentran gran parte de su territorio en riesgo bajo.

El análisis de riesgo realizado en grillas de 1 km<sup>2</sup> permite aumentar la escala de análisis y conocer los municipios con mayor cantidad de kilómetros cuadrados en condición de riesgo muy alto y alto, y su localización. Sobresalen los municipios de Puerto Asís, Tumaco, San Miguel, Arauquita y Valle del Guamuez, que concentran el 22% del total del territorio en estos niveles de riesgo.



**Figura 3.** Riesgo territorial por MAP/MUSE  
Fuente: Elaboración de los autores



**Tabla 8.** Top 20 de municipios con mayor cantidad de grillas en riesgo alto y muy alto

| No | Departamento       | Municipio                      | Cantidad de grillas en riesgo Bajo | Cantidad de grillas en riesgo Medio | Cantidad de grillas en riesgo Alto | Cantidad de grillas en riesgo Muy Alto | Total de grillas en riesgo | Total de grillas en riesgo Alto y Muy Alto |
|----|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|--|
| 1  | PUTUMAYO           | PUERTO ASÍS                    | 729                                | 761                                 | 443                                | 41                                     | 1.974                      | 484  |
| 2  | NARIÑO             | TUMACO                         | 1.512                              | 809                                 | 299                                | 21                                     | 2.641                      | 320  |
| 3  | PUTUMAYO           | SAN MIGUEL (La Dorada)         | 23                                 | 92                                  | 237                                | 32                                     | 384                        | 269  |
| 4  | ARAUCA             | ARAUQUITA                      | 955                                | 233                                 | 127                                | 57                                     | 1.372                      | 184  |
| 5  | PUTUMAYO           | VALLE DEL GUAMUEZ (La Hormiga) | 121                                | 514                                 | 173                                | 11                                     | 819                        | 184  |
| 6  | PUTUMAYO           | PUERTO CAICEDO                 | 378                                | 321                                 | 153                                | 18                                     | 870                        | 171  |
| 7  | CAQUETÁ            | MONTAÑITA                      | 390                                | 657                                 | 118                                | 18                                     | 1.183                      | 136  |
| 8  | TOLIMA             | PLANADAS                       | 145                                | 55                                  | 70                                 | 39                                     | 309                        | 109  |
| 9  | NORTE DE SANTANDER | TEORAMA                        | 289                                | 219                                 | 62                                 | 44                                     | 614                        | 106  |
| 10 | META               | URIBE                          | 876                                | 221                                 | 70                                 | 25                                     | 1.192                      | 95   |
| 11 | META               | VISTAHERMOSA                   | 1.541                              | 173                                 | 75                                 | 11                                     | 1.800                      | 86   |
| 12 | NORTE DE SANTANDER | TIBÚ                           | 1.424                              | 601                                 | 70                                 | 15                                     | 2.110                      | 85   |
| 13 | CAUCA              | SUÁREZ                         | 121                                | 24                                  | 57                                 | 27                                     | 229                        | 84   |
| 14 | CAQUETÁ            | PUERTO RICO                    | 1.015                              | 95                                  | 66                                 | 17                                     | 1.193                      | 83   |
| 15 | ARAUCA             | TAME                           | 503                                | 149                                 | 57                                 | 25                                     | 734                        | 82   |
| 16 | PUTUMAYO           | ORITO                          | 322                                | 901                                 | 67                                 | 14                                     | 1.304                      | 81   |
| 17 | ANTIOQUIA          | ANORÍ                          | 799                                | 75                                  | 53                                 | 27                                     | 954                        | 80   |
| 18 | ANTIOQUIA          | ITUANGO                        | 349                                | 80                                  | 58                                 | 22                                     | 509                        | 80   |
| 19 | META               | MESETAS                        | 562                                | 149                                 | 57                                 | 21                                     | 789                        | 78   |
| 20 | META               | PUERTO RICO                    | 1.294                              | 455                                 | 58                                 | 10                                     | 1.817                      | 68   |

Fuente: elaboración de los autores.

## Conclusiones

Cada vez más las herramientas de análisis espacial se posicionan como instrumentos claves para la toma de decisiones. El uso de un marco común de áreas facilita el análisis espaciotemporal de territorios incluyendo diferentes variables. En la presente metodología se propone utilizar el marco de áreas para analizar el riesgo por contaminación de MAP/MUSE, en territorios de 1 km<sup>2</sup>. Esta escala permite identificar niveles de riesgo en áreas al interior de los municipios lo que facilita la priorización y focalización de acciones AICMA.

Para el cálculo del riesgo en áreas de 1 km<sup>2</sup> es necesario conocer las vulnerabilidades y amenazas en estas mismas áreas. La vulnerabilidad viene dada por la presencia de la población en el territorio y la amenaza por la presencia de minas antipersona. Para ello se evaluaron las variables densidad de construcciones habitacionales, densidad de establecimientos educativos, presencia de vías y estratificación basada en coberturas



vegetales para vulnerabilidad y Eventos MAP/MUSE, Cultivos de coca, Grupos móviles de erradicación (GME) y Evidencia de explotación de oro de aluvión (EVOA), para amenaza.

El tener la evaluación de cada variable de manera independiente, de la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo en áreas de 1 km<sup>2</sup> permite tener una herramienta dinámica que se ajuste a los intereses de diferentes perfiles de usuarios (operadores de desminado humanitario, operadores en educación en el riesgo, funcionarios, autoridades locales).

La presente propuesta metodológica tiene gran potencialidad para la focalización de acciones. Por ejemplo, con la información del marco de áreas es posible identificar los establecimientos educativos vulnerables y en riesgo y decidir las acciones que más se ajusten a sus particularidades. Asimismo, se pueden priorizar las zonas que se encuentren con continuidad espacial de niveles de riesgo alto y muy alto.

No existen en la literatura estudios que correlacionen de forma espacial la localización de los eventos MAP/MUSE con otras variables. El marco de áreas permitió abordar la problemática de las MAP y proponer una metodología con enfoque geográfico para focalizar territorios para acciones AICMA.



## Bibliografía

- Lavell, Allan. (2001). *Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición*. Scripta Nova- Revista.
- DAICMA. (2016). *Plan Estratégico para la Acción contra Minas Antipersona 2016-2021*.
- DAICMA. (2016). *Base de datos IMSMA de eventos por MAP/MUSE 1990-2015*.
- IDEAM. (2014). *Cobertura de la Tierra Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia durante el periodo 2010-2012. Escala 1:100.000. Mapa digital*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/siac/catalogo-de-mapas>
- IGAC. (2016). *Cartografía Básica escala 1:100.000. 2012*.
- UNODC/PROYECTO COL-K53. (2016). *Serie histórica Erradicación Manual Forzosa realizada por los Grupos Móviles de Erradicación, validada por UNODC 2007-2015*.
- UNODC/SIMCI. (2016). *Serie histórica de cultivos de coca 2001-2015*.
- UNODC/SIMCI. (2016). *Interpretación de evidencias de explotación de oro de aluvión –EVOA 2014*.

### (Footnotes)

1. La densidad de construcciones habitacionales constituye un indicador indirecto (proxy) de la localización de las personas en el espacio rural. Se estableció que el 71% de los eventos de minas antipersonal (accidentes e incidentes) se presentó en distancias inferiores a 1 km de construcciones habitacionales.
2. Las escuelas sirven también como sitio habitual de reunión de las comunidades rurales. Se estableció que el 37% de los eventos (accidentes e incidentes) ocurrió a distancias iguales o menores a 1 km de los establecimientos educativos.
3. La localización de minas antipersonal constituye el elemento de evidencia más consistente sobre la contaminación del territorio, se definió asignar a esta variable el mayor peso (80%), de manera que los probables factores impulsores de contaminación asociados no pudiesen, en ningún caso, sobrepasar el valor dado a la evidencia.





# LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

## ► LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS

En la sede central del **IGAC**, ubicada en Bogotá, existe un lugar donde los usuarios llevan las muestras de suelo, compost, tejido vegetal y agua para diagnóstico.

Se trata del **Laboratorio Nacional de Suelos**, un lugar en donde se realizan análisis físicos e ingenieriles, químicos, biológicos, mineralógicos y micromorfológicos de suelos, calidad de agua para riego, fitopatología, análisis de abonos y compost, recomendaciones técnicas para cultivos (enmiendas y fertilización) e investigación aplicada con base en estas temáticas.

## ► RESULTADOS OFRECIDOS

En razón de su experiencia analítica, el Laboratorio Nacional de Suelos ofrece una amplia gama de análisis con estándares de calidad. Cuando el cliente lo solicita se realiza una interpretación y/o recomendación general.

## ► ANÁLISIS FÍSICOS E INGENIERILES

Las **propiedades físicas** involucran cada una de las fases de formación del suelo y desarrollo del perfil y permiten evaluar aspectos edáficos, taxonomía, fertilidad, riego, drenaje, manejo y conservación.

En el campo ingenieril, los análisis permiten conocer la aptitud de los materiales para su utilización y aprestamiento.

## ► ANÁLISIS QUÍMICO

Determina y cuantifica los nutrientes del suelo. Estos análisis se realizan para **establecer el estado nutricional del suelo y determinar su calidad agrícola**. Con esta información se toman decisiones para el mejoramiento de los suelos y cultivos mediante el uso de enmiendas de fertilizantes o de abonos orgánicos.

## ► ANÁLISIS BIOLÓGICO

La evaluación de las poblaciones biológicas permite **reconocer el estado nutricional y de salubridad de un suelo**. Las bacterias, hongos, algas y fauna del suelo son considerados los principales responsables de la degradación de la materia orgánica y de la liberación de los nutrientes, lo que condiciona la fertilidad y capacidad de sustento de las plantas.

## ► ANÁLISIS DE AGUA PARA RIEGO

Consta de dos análisis, **químico** y **biológico**. El primero cuantifica la concentración y composición de los iones que determinan la calidad del agua para riego, mientras que el segundo detecta indicadores de riesgo sanitario, lo que alerta sobre su aplicabilidad en el campo agrícola y pecuario.

## ► ANÁLISIS MINERALÓGICO Y MICROMORFOLÓGICO

El análisis mineralógico evalúa las fracciones de arena y arcilla lo que permite apoyar el reconocimiento de la génesis, la taxonomía y la fertilidad potencial de un suelo.

Por su parte, con la caracterización micromorfológica se reconoce la microestructura del suelo, siendo de gran utilidad en la clasificación taxonómica.

## ► ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL

Permite **evaluar el ambiente nutricional suelo-planta**, al confirmar el requerimiento de un nutriente particular especificando un tratamiento correctivo.

Con un análisis químico, se determinan los elementos nutritivos presentes en diferentes partes de la planta y de esta forma se pueden implementar planes de fertilización y mantenimiento de cultivos. También se evalúa la posible existencia de patógenos que atacan las plantas (hongos, bacterias y nemátodos) y según requerimiento se procede con su identificación.

# Infraestructuras de datos espaciales. Perspectivas y desafíos

*Spatial Data Infrastructures. Prospects and challenges*

---

Rui Pedro Julião

III Foro Infraestructura Colombiana de datos espaciales

## Resumen

La geografía, a menudo infravalorada en su valor social, tiene hoy la oportunidad de afirmarse por la multiplicidad de áreas que utiliza sus principios y aplicaciones, a través de las tecnologías de la información geográfica. De hecho, para los datos geográficos, los últimos 30 años han sido profundamente ricos en términos de retos y soluciones, impulsados por una alta tasa de transformación de la sociedad y las plataformas tecnológicas. En este contexto merece especial atención el surgimiento de las infraestructuras de datos espaciales (IDE), la democratización del acceso a los datos geográficos y, más recientemente, la simplificación y generalización del uso de plataformas móviles para acceder y producir datos geográficos. Esta charla se desarrollará y describirá cómo se articulan tres conceptos clave para proporcionar una base para responder a los retos sociales: las infraestructuras de datos espaciales, la información geográfica voluntaria y la calidad de los datos. Es importante tener una idea de cómo los paradigmas de la sociedad en red pueden ser combinados para apoyar una efectiva promoción y gestión territorial, la base del desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Geografía, Infraestructuras de Datos Espaciales, Información Geográfica Voluntaria.



---

## Abstract

*Geography, often undervalued in its social value, has today an opportunity to affirm itself by the multiplicity of areas that uses its principles and applications, much by means of geographic information technologies. Indeed, for the geographic data, the past 30 years have been profoundly rich in terms of challenges and solutions, driven by a high rate of transformation of society and technology platforms. In this context, the emergence of spatial data infrastructures (SDI), the democratization of access to geographic data and, more recently, the simplification and generalization of use of mobile platforms to access and produce geographic data deserve particular attention. This talk will develop and outline how three key concepts are articulated to provide a basis for responding to societal challenges: spatial data infrastructures, voluntary geographic information and data quality. It is important to have a sense of how network society paradigms can be combined to support effective territorial promotion and management, the basis for sustainable development.*

**Keywords:** *Geography, Spatial Data Infrastructures, Volunteered Geographic Information.*





## Introdução

O Território é a base espacial de suporte de qualquer Sociedade, conferindo-lhe parte da sua identidade e proporcionando recursos e oportunidades, e como tal, desde sempre foi importante para o Homem.

As intervenções humanas, em diferentes locais do globo, nas mais variadas escalas e pelas mais variadas razões – mas sobretudo devido ao desenvolvimento tecnológico – registraram, desde a segunda metade do século passado, uma acentuada transformação, quer pelo seu ritmo acelerado e a intensidade que aumentou, quer pelo significado da sua extensão territorial que se expandiu. As transformações espaciais realizaram-se, em muitos casos, a ritmos superiores à capacidade de análise, interpretação e correção por parte do próprio Homem, criando uma série de situações de crise (Julião, 2001). São conhecidos, entre outros, os problemas das grandes cidades e respectivas áreas metropolitanas, das áreas rurais, das áreas litorâneas e também das grandes áreas de paisagem natural e/ou seminatural.



**Figura 1.** Estructuras territoriales complejas

A dinâmica demográfica e urbana dos grandes centros urbanos sofreu nos últimos 50 anos uma forte acentuação, por via de crescimento natural, mas sobretudo por via das migrações (internas e externas). Como resultado, a pressão sobre o território das áreas mais atrativas atingiu níveis críticos, com a produção de estruturas territoriais cada vez mais complexas e contrastadas, e também se geraram fenômenos de ocupação irregular do espaço, muitas vezes sem a garantia das condições mínimas de habitabilidade e sem o necessário respeito pelas condições ambientais. Consequentemente, foram produzidos territórios “insustentáveis” (entre aspas, dada a prevalência e mesmo o crescimento de alguns deles ao longo dos últimos anos) do ponto de vista físico, humano e social.



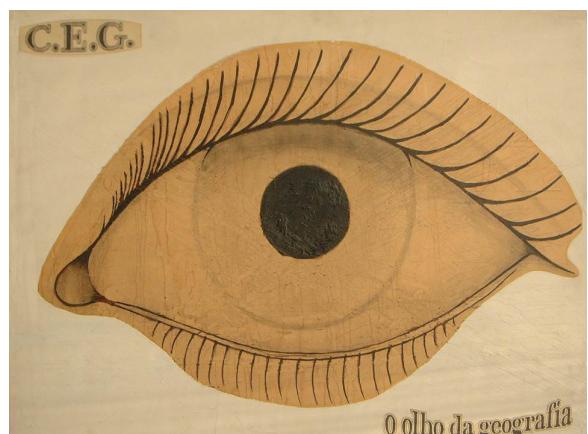
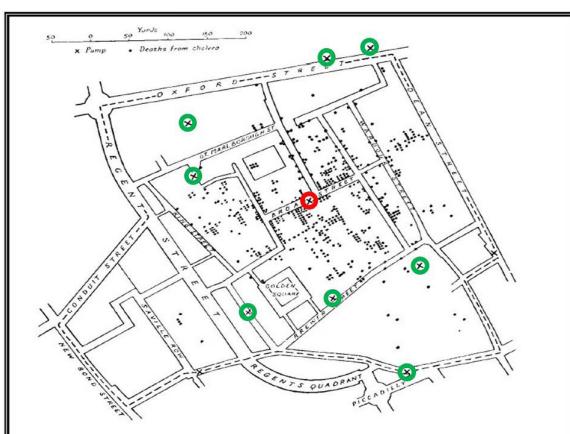
A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que cerca de 50% da população habite em áreas urbanas, com uma previsão na ordem dos 70% para 2020, sendo que um terço o faz em áreas sem condições, designadas em língua portuguesa de favelas, bairros de lata, musseques ou caniços. Chama também a atenção para a necessidade de analisar de forma cuidadosa e prospectiva a situação referindo que “Cities must create the conditions (and record accurate data) that will enable them to understand and anticipate trends, including the growth or decline of some areas or regions, if they are to be in a position to develop expansionary or recovery strategies” (UN-HABITAT, 2012: 26).

Para além dos sobejamente conhecidos problemas das grandes cidades e respectivas áreas metropolitanas, também os demais territórios se encontram expostos a fenômenos e perigos das mais variadas naturezas e tipologias, como é o caso das áreas rurais, das áreas litorâneas e também das grandes áreas de paisagem natural e/ou seminatural.



**Figura 2.** Exposição a vários fenômenos e perigos de diferentes tipologias.

Por isso, todos os intervenientes nos processos de gestão e decisão territorial, nos seus múltiplos aspectos (físicos e humanos), sentem cada vez mais dificuldades para conjugar a multiplicidade de perspectivas necessárias para uma abordagem territorial integrada e coerente. Essa conjugação é, no entanto, um passo imprescindível para a coordenação das diferentes ações, no sentido de se minimizarem os efeitos negativos de intervenções isoladas ou da falta de percepção dos potenciais impactos territoriais das decisões tomadas. Como salienta Ferrão (2011:40), há a necessidade de uma “nova concepção de Ordenamento do Território na promoção de uma maior integração das políticas setoriais, tendo como referências visões partilhadas de base territorial”.



**Figura 3.** Metodologias e tecnologias “do passado”



Podemos assim dizer que, prevalecendo válidas, as metodologias e tecnologias “do passado”, carecem da capacidade de suportar a nova forma e atuar no domínio da gestão territorial, que implica necessariamente considerar e articular as múltiplas perspectivas e interesses que nelas se conjugam, em tempo real e prospectivo, o que, no atual contexto, marcado por uma escassez de recursos, torna ainda mais determinante considerar estas perspectivas e interesses de uma forma integrada. Ou seja, importa reforçar o conceito e a prática de uma gestão territorial integrada, em que a informação é base do conhecimento da situação, suporte do planeamento e programação, bem como fundamento das decisões que em cada momento devem ser tomadas.

Os últimos trinta anos têm sido profundamente ricos em termos de desafios e soluções utilizando dados geográficos, impulsionado por um elevado ritmo de transformação da sociedade e das plataformas tecnológicas. Tudo acontece algures e a dimensão espacial dos fenômenos, bem como a integração e exploração dos dados a partir de seu georreferenciamento ganhou uma relevância nunca vista. Neste contexto, merecem particular destaque o surgimento das infra-estruturas de dados espaciais (IDE), a democratização no acesso aos dados geográficos e, mais recentemente, a simplificação e generalização de utilização das plataformas móveis para aceder e produzir dados geográficos. Este artigo desenvolve e perspectiva a forma de como três conceitos-chave se articulam para proporcionar uma base de resposta aos desafios da sociedade: infra-estruturas de dados espaciais, informação geográfica voluntária e qualidade de dados. É importante ter uma noção de como os paradigmas da sociedade em rede se conjugam para dar suporte a uma efetiva promoção e gestão territorial, base para o desenvolvimento sustentável.

## Infra-estruturas de Dados Espaciais

Hoje, muito mais do que a representação cartográfica do espaço, importa a informação que sobre ele se consegue coligir, organizar, aceder e explorar, numa perspectiva pragmática e dinâmica. Mais do que simples repositórios de dados, é imprescindível abrir e fazer uso da informação existente, através das infra-estruturas da Sociedade da Informação e do Conhecimento.

Estamos perante uma clara mudança de paradigma no que se refere a produção, gestão, exploração e disseminação da informação geográfica, em que há um papel preponderante das infra-estruturas de dados espaciais (IDE).

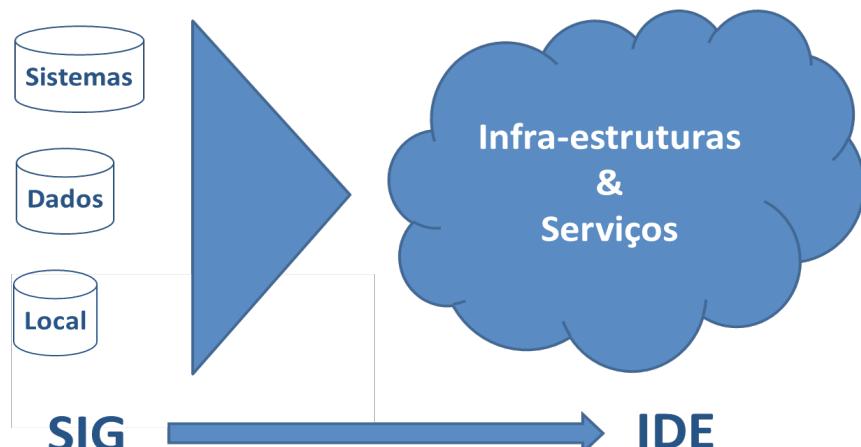


Figura 4. Mudança de paradigma: dos SIG às IDE



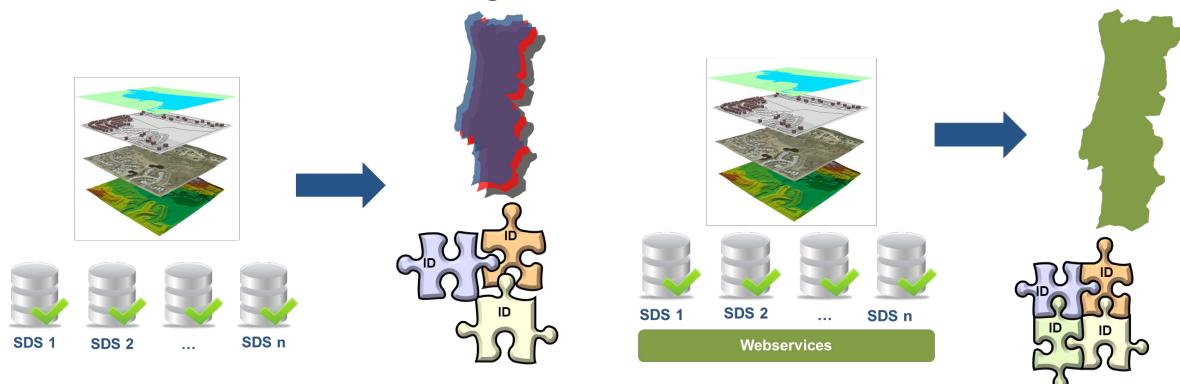


Da lógica do local, individual, específico e fechado, avançou-se para o paradigma do global, da partilha e da transversalidade dos dados geográficos.

Só assim é possível garantir que o território seja visualizado e analisado de forma integrada, tal como existe na realidade. A filosofia do passado, no qual prevalecia o suporte físico das fontes de dados de base, tem sido gradualmente substituída pelo recurso aos serviços web.

As IDE dão, a cada utilizador, a garantia de aceder à informação de melhor qualidade (posicional, topológica e temporal) diretamente a partir do seu produtor. Mas, essa informação, uma vez que é produzida e disponibilizada de acordo com padrões reconhecidos (geralmente de acordo com especificações da *International Organization for Standardization* – ISO e do *Open Geospatial Consortium* – OGC), é possível de ser diretamente integrada com outros dados que já existam localmente ou que foram oriundos de diferentes produtores.

Está assim garantido o acesso à informação mais atualizada, diretamente a partir do seu produtor, tal como o demonstra a figura 5.



**Figura 5.** Integração de dados e serviços web (SDS, Spatial Data Store)

Como já foi referido, as infra-estruturas de dados espaciais, criaram as condições essenciais para uma melhor gestão e exploração dos dados geográficos. A perspectiva da *Global Spatial Data Infrastructure Association* (GSDI) sintetiza bem o seu potencial ao referir que “the term “Spatial Data Infrastructure” (SDI) is often used to denote the relevant base collection of technologies, policies and institutional arrangements that facilitate the availability of and access to spatial data. The SDI provides a basis for spatial data discovery, evaluation, and application for users and providers within all levels of government, the commercial sector, the non-profit sector, academia and by citizens in general” (GSDI, 2004).

Após 6 anos de intensa preparação, a Europa conseguiu em 15 de Maio de 2007, colocar finalmente em vigor a Diretiva INSPIRE (Directiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e Conselho de 14 de Março de 2007), a qual criou um quadro de desenvolvimento para as infra-estruturas de dados espaciais (IDE) na Europa e atribuiu grandes responsabilidades aos Estados Membros e produtores de Informação Geográfica. Muitos países se inspiraram nesta diretiva para dar continuidade aos seus projetos.

O surgimento desta diretiva deu um impulso determinante para a consolidação de padrões de dados e serviços, no sentido de se garantir uma eficaz interoperabilidade dos sistemas e um maior potencial para as IDE, obrigando-as a garantir que:

- Através dos respectivos metadados, seja possível localizar os dados geográficos existentes e avaliar a sua adequação para um determinado fim, bem como conhecer





as suas condições de utilização;

- Existe uma lógica de subsidiariedade, na qual o armazenamento, disponibilização e manutenção dos dados geográficos são efetuados ao nível mais adequado;
- Promove a harmonização dos dados, possibilitando, independentemente da sua origem e aplicações, a sua combinação de forma coerente;
- Facilita a sua partilha e utilização, independentemente do seu nível de administração.

O quadro legal é um dos pilares essenciais das IDE, que também suportam uma comunidade ativa de utilizadores e componentes operacionais, constituídas por um website e um geoportal.

As IDE, como qualquer outra infra-estrutura, proporciona meios de suporte a uma determinada atuação, serviço ou acesso a bens, sendo que neste caso particular se baseia em conteúdos geográficos. Da mesma forma também necessitam de manutenção e, sobretudo, de serem utilizadas para a obtenção do seu real significado.

O Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) de Portugal foi a primeira infra-estrutura de dados espaciais a ser constituída no plano legal em 1990 (Decreto-Lei nº 53/90, de 13 de Fevereiro) e uma das pioneiras no recurso à Internet com um portal lançado em 1994 e no qual se encontram implementadas as principais funcionalidades.

Com efeito, o *site* do SNIG possui como componentes básicos:

- Catálogo
- Visualizador
- Aplicações
- Espaço Geocomunidade

Em muitos casos a face visível das infra-estruturas existentes corresponde ao seu visualizador, mas é importante que se perceba que esta é apenas uma das componentes e nem por isso a mais relevante.

Em cada uma das quatro componentes do SNIG, anteriormente identificadas, estão disponíveis dados, aplicações e serviços de acesso livre e gratuito sobre a informação geográfica existente em Portugal.

A aprovação da Directiva INSPIRE em 2007 e sua respectiva regulamentação (ainda a decorrer), em que se incluem modelos de dados para um significativo conjunto de temas relevantes (ver <http://inspire.ec.europa.eu/>), a criação e aprovação de um conjunto de especificações ISO da família 19100 e o reconhecimento dos padrões OGC por parte da esmagadora maioria dos fornecedores de tecnologia, criaram as condições mínimas para um ambiente de produção, gestão e disponibilização de dados geográficos interoperáveis. Assim, para além do SNIG, há em Portugal vários exemplos dos diferentes tipos de infra-estruturas de dados espaciais, pois estas, como se sabe, podem ter âmbitos espaciais distintos (desde o local ao global) e também podem ter âmbitos temáticos específicos ou, pelo contrário, serem genéricas.

Nesta perspectiva de interoperabilidade, os municípios desempenham um papel fundamental, pois eles são os principais interessados (na perspectiva anglo-saxónica do termo *stakeholders*) na produção, gestão e exploração de conjuntos de dados geográficos, em que se destacam, a título de exemplo, os elementos relativos aos eixos de via (incluindo números de polícia) e dados cadastrais.





**Figura 6.** Integração de dados e serviços web

Fonte: <http://www.igeo.pt>

Num plano diferente, a iniciativa iGEO, lançada em 2015 pelo governo português, veio fomentar a (re)utilização de conjuntos de dados geográficos e respectivos webservices, publicitando a sua existência a partir de um portal específico (<http://www.igeo.pt>) e de um concurso para as aplicações desenvolvidas.

## Informação Geográfica Voluntária

Em 2005, com o lançamento público da plataforma *Google Earth*, inicia-se uma nova fase de envolvimento e participação dos cidadãos na produção e exploração de conteúdos geográficos. Digo conteúdos geográficos porque se trata de algo mais do que apenas elementos com expressão física no território. Desde então, verificou-se a multiplicação de instrumentos com a capacidade para produzir, armazenar, gerir, disponibilizar dados geográficos que, aliados às crescentes possibilidades de conectividade (existência, velocidade e custo), viabilizaram múltiplas utilizações.



**Figura 7.** Novos instrumentos e utilizações.

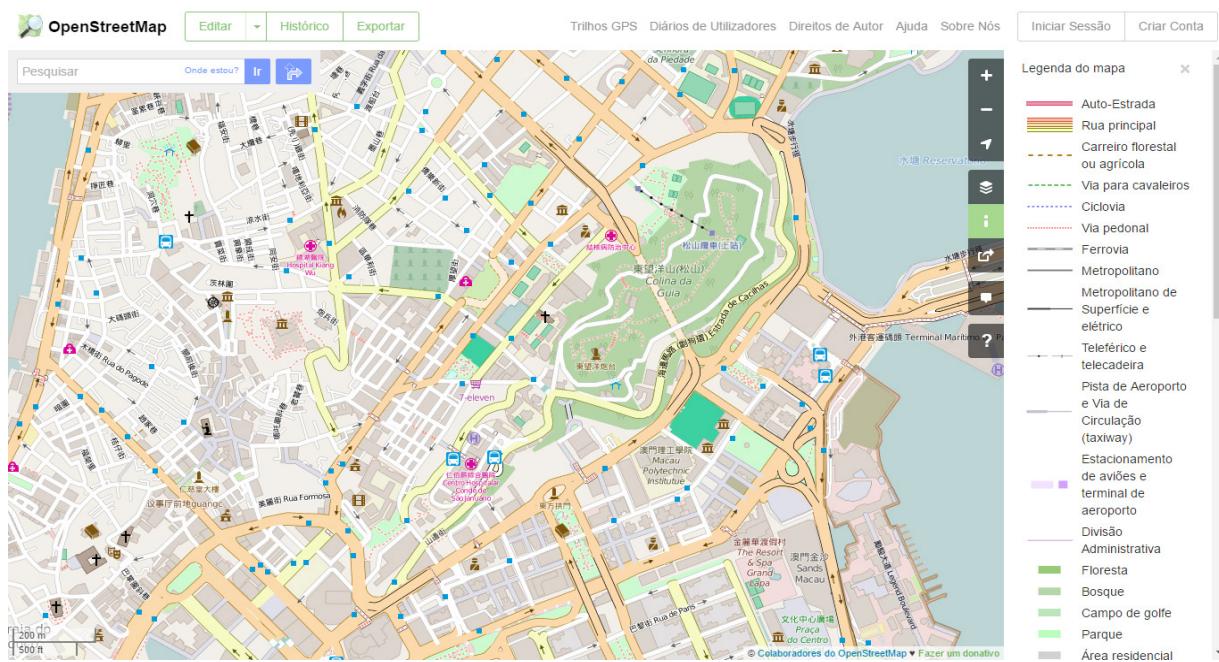




Em efeito, a panóplia de instrumentos ao dispor e o território são a base espacial de suporte de qualquer sociedade, conferindo-lhe parte da sua identidade e proporcionando recursos e oportunidades, o que desde sempre foi importante para o Homem.

Hoje nada se pode fazer sem o envolvimento dos cidadãos. O território é deles, das atuais e futuras gerações. O conceito de *Volunteered Geographic Information*, (VGI) cunhado por Goodchild (2007), é a consolidação de um movimento que emergiu a partir de meados da década passada, usufruindo do avanço das plataformas tecnológicas e da crescente sensibilização de todos para a consciencialização geográfica. Tudo isso no sentido de que tudo acontece algures e por meio da espacialização dos fenômenos e interesses, bem como a partir da sua interação é possível melhor compreender, usufruir, potenciar e preservar o território.

Surge assim as ideias de que os cidadãos são sensores, os cidadãos são cartógrafos e aparece o termo *crowdsourcing* para sintetizar este móvito de participação colaborativa.



**Figura 8.** Interface do Openstreetmap

Fonte: <http://www.openstreetmap.org>

Um dos expoentes máximos é o projeto *Openstreet Map* que surge no Reino Unido, mas rapidamente se dissemina pelo globo e hoje alimenta muitas das App que se sustentam em conteúdos geográficos.

Mas para além das contribuições voluntárias, há cada vez mais uma participação involuntária que resulta das aplicações móveis utilizadas e para as quais se aceita a possibilidade de conhecimento do posicionamento, bem como todos os conteúdos produzidos no âmbito da *social media* e aos quais se associam etiquetas de localização. Lembremo-nos: tudo acontece algures!

Mas cuidado, a existência de dados oriundos de processos de participação colaborativa (*crowdsourcing*), a designada informação geográfica voluntária ou involuntária, não tem os mecanismos de controlo e certificação dos dados produzidos por entidades oficiais. Não se tem conhecimento de quem é o autor, das metodologias e instrumentos utilizados, da precisão e coerência. Ou seja, há que fazer uso destes dados cientes das suas potencialidades e limitações.





## Considerações finais

No geral, a maioria das questões e problemas que se levantam no contexto da Sociedade têm ou podem ter um fundo geográfico, sendo fácil perceber a sua ligação ao território. Por outro lado, como se viu, atingem-se elevados ritmos de mutação, propulsionados pelo forte desenvolvimento tecnológico do passado recente e do presente, o qual se prevê ser acentuado no futuro.

Neste contexto, consubstancia-se a crescente necessidade de mais e melhor informação e do suporte tecnológico que permita, entre outros aspectos, a sua obtenção, armazenamento, tratamento, análise e posterior visualização e disponibilização de uma forma mais eficaz. Tudo, claro está, no sentido de providenciar um adequado suporte à tomada de decisão e, naturalmente, trata-se de informação geográfica: tudo acontece algures.

Enfim, para resumir a nossa linha de raciocínio, deixo alguns tópicos:

- A Gestão Territorial tem de ser perspectivada numa lógica integrada e não sectorial;
- A existência de conjuntos de dados relevantes sobre o território é fundamental, destacando-se, entre estes, os dados cadastrais (enquanto elemento de referência de muitos outros conjuntos de dados geográficos);
- Só a existência dos dados não é condição única. Torna-se imprescindível que haja condições técnicas, materiais e normativas que facilitem o acesso aos mesmos e a sua exploração;
- O paradigma das infra-estruturas de dados espaciais deve ser a base para o desenvolvimento de qualquer sistema de gestão territorial;
- O princípio da subsidiariedade deve ser atendido, na perspectiva de que os municípios e/ou as suas associações devem desempenhar um papel central neste processo;
- O cidadão, na lógica da VGI e da participação cívica, também tem a possibilidade de contribuir, ativamente, para a criação de dados geográficos.

Há cada vez mais soluções ágeis e adaptativas (*cloud, ubiquitous e mobile computing*) que se conjugam com a crescente abertura das plataformas e dos dados e criam um ecossistema claramente favorável ao desenvolvimento das infra-estruturas de dados espaciais. Este desenvolvimento as leva a assumir um papel central e integrador dos vários sistemas de suporte ao funcionamento da sociedade. Há que aproveitar esta oportunidade!

## Agradecimentos

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa (CICS.NOVA.FCSH/UNL), UID/SOC/04647/2013, com o apoio financeiro da FCT/MEC através de fundos Nacionais e quando aplicável co-financiado pelo FEDER no Âmbito do acordo de parceria PT2020.



## Bibliografia

- Ferrão, J. (2011). *O Ordenamento do Território como Política Pública*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 146 p.
- Goodchild, M.F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69 (4): 211–221.
- GSDI (2004). *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*. Needham: GSDI.
- Julião, R.P. (2001). *Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional – Contributos Metodológicos para a Definição de Modelos de Apoio à Decisão em Desenvolvimento Regional*. Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- UN-HABITAT (2012) *State of the world's cities 2012/2013. Prosperity of Cities*. Nairobi: UN-HABITAT.

## TIPOS DE MUESTREO DE SUELOS →



# PROGRAMA NACIONAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI \*

## ¿QUÉ ES UN RECONOCIMIENTO SEMDETALLADO DE SUELOS?

Es el proceso que permite presentar en un mapa, las clases de suelos e identificar las características físicas, químicas y mineralógicas de los suelos de una región, tiene por objeto determinar las potencialidades y limitantes de uso.

## ¿PARA QUÉ SIRVE EL RECONOCIMIENTO DE SUELOS?

- Para caracterizar los suelos de una región e identificar sus potencialidades y limitantes mediante un mapa.
- Para conocer las características físicas, químicas y mineralógicas de los suelos.
- Para realizar recomendaciones en cuanto al manejo de cultivos y aplicación de fertilizantes.
- Para conocer el estado de los suelos identificando problemas de erosión y áreas degradadas.
- Para definir los sistemas productivos agropecuarios y forestales, ayudando a la formulación de proyectos productivos.
- Para la planificación de los territorios de consejos comunitarios y resguardos indígenas.
- Para la elaboración y actualización de los planes y esquemas de ordenamiento territorial.
- Para la planificación y realización de planes de manejo y ordenación de cuencas, áreas de protección y proyectos ambientales en general.

# Navegando por geoservicios y metadatos del Portal ICDE

[*Navigating geoservices and metadata of the ICDE Portal*]

---

Angélica Joana Suárez Porras<sup>a</sup>,

José Edilberto Sánchez Lozano<sup>b</sup>

Eje temático: Sistema soporte de decisiones para la gestión territorial SIG e IDE

## Resumen

La Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), como facilitador nacional para la gestión de recursos geográficos ha trabajado en los últimos años en la consolidación del Portal ICDE como herramienta central para el acceso a información geográfica para toda la comunidad. A través de su Portal, la ICDE pone a disposición de los usuarios un conjunto de servicios, entre los cuales se encuentran el Portal Geográfico Nacional (PGN) y el Catálogo Nacional de metadatos (CNM). En este artículo se hará una presentación de las funcionalidades de dichos servicios, los cuales cuentan con una nueva versión orientada a mejorar la experiencia de usuario mediante el fortalecimiento en los diferentes factores de usabilidad de estas aplicaciones WEB.

**Palabras clave:** Portal ICDE, Portal Geográfico Nacional, Catálogo Nacional de Metadatos, Información geográfica, Geoservicios, Usabilidad.

---

<sup>a</sup> Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. IGAC, Colombia. angelicajoana.suarez@igac.gov.co

<sup>b</sup> Especialista en Sistemas de Información Geográfica. IGAC, Colombia. jose.sanchez@igac.gov.co



---

## Abstract

*The ICDE as national geographic resources management facilitator, has worked in the last years in the positioning of the ICDE portal how the central tool of access to Geographic Information for all community.*

*Through the Portal the ICDE offers a set of services, the set include the Portal Geographic Nacional and the Nacional Metadata Catalog, this presentation show the functionalities of both services that recently have a new version thought to improve the user experience increased the factors of web usability.*

**Keywords:** *ICDE Portal, National Geographic Portal, Nacional Metadata Catalog, Geographic Information, Geoservices, Usability*





## Introducción

Las Infraestructuras de Datos Espaciales, IDE, se promueven desde el año 1996, a partir de la iniciativa de Global Spatial Data Infrastructure, GSDI. Esta surge con el propósito de generar un proceso mundial y abierto que interconecte las infraestructuras nacionales y regionales para coordinar la gestión y el uso de datos geoespaciales en la toma de decisiones, en los diferentes ámbitos territoriales local, nacional, regional y global en las que se desarrolle, a través de la cooperación entre el gobierno, el sector privado y la academia.

Sumándose a esta iniciativa, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, como entidad participe en la Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas, realizada en el año 1996, la cual promovió la implementación de las IDE nacionales y la IDE regional para América Latina, articula esfuerzos para la consolidación de una IDE Nacional desde el Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica, CIAF.

La Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, ICDE, está conformada por un Comité de Coordinación y cinco Comités Sectoriales: Ambiental, Infraestructura, Defensa y Mares, Socioeconómico y Territorial y Fronteras. De esta manera se agrupan cuarenta y cuatro (44) entidades del sector público, del privado y a la academia, con el objetivo de “Articular y facilitar la gestión de recursos geoespaciales a través de procesos compartidos y generando valor estratégico entre el Gobierno y la Sociedad, como base para la toma de decisiones y la generación de conocimiento”. Su visión al 2020 está orientada a ser reconocida en América Latina, como uno de los referentes en gestión de recursos geoespaciales. La ICDE se consolida de acuerdo con lo establecido en el documento CONPES N° 3585 denominado *Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE*.

## Desarrollo teórico y metodológico

A continuación se encontrará una breve reseña que describe los momentos más relevantes en la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, en los que se visibiliza la articulación de esfuerzos con las diferentes entidades productoras y usuarias de la información geográfica, la gestión de lineamientos para la producción, gestión y acceso de datos, a través del uso de estándares, políticas, tecnologías de información y del fortalecimiento institucional.

### Año 1996

#### **Creación de GSDI, (Global Spatial Data Infrastructure) que coordina la gestión y el uso de datos espaciales a nivel mundial**

Desde el año 1996 se promueve a nivel global el desarrollo de la Infraestructura Global de Datos Espaciales, GSDI, siendo una organización inclusiva de entidades, agencias, empresas e individuos a nivel mundial. Tiene como fin promover la cooperación internacional y la colaboración de apoyo a entidades locales, nacionales e internacionales, concernientes al manejo de las infraestructuras de datos espaciales.





En la 5<sup>a</sup> Conferencia de GSDI —realizada en Cartagena, Colombia en el año 2001— se amplió el objetivo de GSDI así: "...apoyar el acceso global directo a la información geográfica. Este se logra a través de las acciones coordinadas de naciones y organizaciones que promueven el conocimiento e implementación de políticas complementarias, estándares comunes y mecanismos efectivos para el desarrollo y la disponibilidad de datos geográficos digitales y tecnologías interoperables, como apoyo a la toma de decisiones a todas las escalas y para múltiples propósitos".

Este concepto constituye la base para la intención de crear una Infraestructura de datos espaciales en el país, adecuada para satisfacer las necesidades en cuanto a información geográfica que este demanda, y como factor que genera innovación a partir de la experiencia de los demás países.

### **Celebración de la Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas, en la que se concluye la conformación de la ICDE.**

La Sexta Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas fue realizada en Nueva York, del 2 al 6 de Junio de 1997. A ella asistieron 94 representantes de 38 países, entre ellos Colombia. El objetivo general de esta conferencia fue "proporcionar un foro regional en el que los funcionarios gubernamentales, los encargados de la planificación, los científicos y los expertos de América y otras regiones pudieran reunirse para estudiar las necesidades", así como compartir las experiencias comunes entre los países asistentes, en cuanto al manejo de la información geográfica, sistemas de información sobre tierras, sistemas de información geográfica, conocimiento, y estratégicas de capacitación en las diferentes líneas temáticas abordadas en el evento, proponiendo la implementación de las IDE a nivel nacional y regional para América Latina. A partir de este conocimiento, el IGAC hace un llamado a las demás entidades a nivel nacional productoras y/o usuarias de información geográfica, hacia la consolidación de la ICDE. De esta manera se crea una base conceptual para la conformación de la IDE nacional.

### **Publicación de la Norma Técnica Colombiana NTC 4611 de Metadatos**

Se publicó la primera versión de la NTC de Metadatos geográficos, la cual tuvo como referente un borrador de la ISO 15046, ENV 12657, de la norma internacional DIS19115 - Geographic information- Metadata y el estándar de metadatos geográficos de la FGDC - Federal Geographic Data Committee de los Estados Unidos.

### **Año 2000**

#### **Firma del Acuerdo N. 1 de 2000, en el que se crea la ICDE.**

El 10 de Julio del 2000, se firma por parte de ocho entidades a nivel nacional (IGAC, DANE, INGEOMINAS, IDEAM, ICP ECOPETROL, Federación Nacional de Cafeteros, Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Medio Ambiente) un documento donde se recopilan los Acuerdos Básicos en el que se crea la ICDE. En estos acuerdos se enmarcan los objetivos, principios, participación y coordinación de la ICDE.

Esta fue una estrategia para establecer y promover el desarrollo de la Infraestructura como la suma de políticas, estándares, organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la





producción, acceso y uso de la información geográfica de cubrimiento nacional, para apoyar el desarrollo económico y social del país.

## Año 2006

### **Expedición del Decreto 3851 de 2006, en el que se crea la Infraestructura Colombiana de Datos y se declara la ICDE como uno de sus componentes.**

El Decreto publicado el 2 de Noviembre de 2006, “por el cual se organiza un sistema de aseguramiento de la calidad, almacenamiento y consulta de la información básica colombiana y se dictan otras disposiciones”, establece, en su Artículo 2, la Creación de una Infraestructura Colombiana de Datos a nivel nacional, entendiéndose como un sistema administrativo de uso público de información oficial básica, bajo una arquitectura de información estandarizada de calidad, garantizando interoperabilidad de datos entre productores y usuarios.

Así mismo, en el Artículo 7, se establecen cuatro principales componentes de la Infraestructura Colombiana de Datos, clasificados de acuerdo con los datos relacionados a continuación: Infraestructura de datos estadísticos, Infraestructura Colombiana de datos Espaciales (ICDE), Infraestructura de datos sobre personas, Infraestructura de datos generados en entidades territoriales y regionales.

## Año 2007

### **Lanzamiento de la primera versión del Portal ICDE**

Se desarrolla el portal de la ICDE para ofrecer una puerta de acceso a la información geográfica del país y como plataforma del conocimiento geoespacial de las entidades gubernamentales. Su estructura contenía información de estrategias, políticas, estándares y metadatos. Así mismo, noticias y herramientas colaborativas como foros wikis y blogs, es decir, mantenía una filosofía de la web 2.0

## Año 2009

### **Expedición del documento CONPES N° 3585 “Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE”**

El documento CONPES N° 3585 ofrece lineamientos para consolidar la Política Nacional de Información Geográfica y la ICDE. Este documento enmarca las políticas generales que buscan fortalecer la producción, intercambio, acceso y uso de información geográfica en las diferentes entidades del Estado e impulsa el desarrollo de la Infraestructura Colombiana de datos Espaciales ( ICDE), como mecanismo para la armonización y estandarización de la información geográfica”. El documento parte del diagnóstico de la información geográfica en el momento existente en el país, y propone cuatro objetivos estratégicos con una plan de acción conjunto entre las principales entidades involucradas para la consolidación de la Política y la ICDE.





## Año 2013

**Expedición del documento CONPES N° 3762 “Lineamientos de política para el desarrollo de proyectos de interés nacional y estratégicos – PINES”, en el que se define el desarrollo del Portal Geográfico Nacional, administrado por la ICDE.**

En el mes de Agosto del año 2013, se da a conocer al país el documento CONPES *Lineamientos de política para la identificación y priorización de proyectos en infraestructura, hidrocarburos, minería y energía considerados como de interés nacional y estratégicos – PINES*, el cual da lineamientos de política para desarrollar y optimizar los trámites y procedimientos requeridos para formular y ejecutar los proyectos que generan alto impacto en la política económica y social del país.

A partir de este documento CONPES, la ICDE estableció los parámetros para la implementación del proyecto Portal Geográfico Nacional, con el fin de contar con una plataforma unificada para el manejo de la información geográfica del país, de manera tal que permita generar consultas oficiales únicas e integrales, que aborden las diferentes temáticas sectoriales y territoriales.

## Año 2014

**Publicación del Portal Geográfico Nacional PGN.**

La conceptualización del Portal Geográfico Nacional se inició en 2014, concibiéndose como un portal que integraría la información geográfica de Colombia y la ofreciera a través de la Web; en el año 2015 se ejecutó la primera versión del Portal. La presentación del portal permitía acceder al visor geográfico desde su página principal, permitiendo filtrar e integrar los contenidos (mapas PDF, SHP y geoservicios) por los cinco sectores que conforman la ICDE, así:

- Socioeconómico,
- Ambiental,
- Territorial y fronteras,
- Infraestructura y
- Defensa y mares

## Año 2016

**Lanzamiento de la segunda versión del Portal ICDE.**

Como parte del rediseño en la identidad gráfica de la ICDE, durante el segundo semestre del año 2016 se realizó el lanzamiento de la segunda versión del Portal ICDE.

En este Portal podemos encontrar diversos contenidos relacionados con la labor que ejecuta la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. Dichos contenidos se organizan en el Portal en cuatro (4) secciones dispuestas en el Menú Principal:





**Figura 1.** Página principal de Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

### ¿Quiénes Somos?

Mediante el contenido de esta sección se puede encontrar la información relacionada con la labor de la ICDE, trazado en su Misión, Visión y Objetivos, así como también, los Antecedentes, el Marco Legal que la respalda, y las Entidades que hacen parte de la Comunidad ICDE.



**Figura 2.** Ingreso a menú ¿Quiénes somos? del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

En esta sección se pueden encontrar contenidos relacionados con:

- ¿Qué es la ICDE?
- Misión y Visión
- Objetivos
- Antecedentes
- Comunidad ICDE
- Marco Legal

### Centro de Conocimiento





**Figura 3.** Ingreso a menú Centro de Conocimiento del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

Repositorio que contiene información sobre eventos, noticias, guías y demás documentación asociada con las infraestructuras de datos espaciales. En esta sección se encuentran las siguientes páginas:

- Central de Documentos
- Central de Noticias
- Central de Eventos
- Preguntas Frecuentes ICDE
- Enlaces Relacionados

#### Aliados



**Figura 4.** Ingreso a menú Aliados del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

En esta sección se puede encontrar el acceso a las Entidades que de alguna manera se distinguen como Aliados de la ICDE, dichos Aliados se clasifican en:

- Aliados Nacionales
- Aliados Internacionales
- IDE's Internacionales





## Servicios

Esta sección se considera de gran importancia dentro del Geo Portal ICDE, ya que aquí encontramos el acceso a tres páginas que permiten al usuario interactuar con los servicios geográficos dispuestos por las Entidades de la Comunidad ICDE y expuestos a través del Portal:



**Figura 5.** Ingreso a menú Servicios del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

- **Matriz de Geocontenidos Web.** Este contiene diferentes recursos geoespaciales ofrecidos por las entidades que conforman la ICDE (servicios web de visualización, descarga, cobertura, archivos en formato shapefile, Json, REST, etc.).

| Entidad                                     | Nombre del servicio             | Tipos de servicios         | Metadatos | Cesportal |
|---|---------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Instituto Geográfico Agustín Codazzi - ICAC | Agrología                       | WMS                        |           |           |
| Servicio Geológico Colombiano - SCC         | Amenaza por Movimientos en Masa | WMS, JSON, SOAP, KMZ, REST |           |           |
| Servicio Geológico Colombiano - SCC         | Amenaza Volcánica               | WMS, JSON, SOAP, KMZ, REST |           |           |

**Figura 6.** Ingreso a matriz de Geocontenidos Web del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

En esta matriz de Geocontenidos Web, se encuentran los diferentes tipos de servicios a que el usuario puede acceder.

- WMS
- WFS





- WMTS
- JSON
- SOAP
- KMZ
- REST

De lo anterior, , se cuenta con un link con el nombre del Servicio Geográfico el cual permite al usuario acceder al detalle del mismo en una nueva página, así:

**Amenaza Volcánica**

Portal Geográfico Nacional  
Geocontenidos web  
Contenidos educativos  
Círculo

**SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO**

¿Qué es un servicio web geográfico?  
También conocido como geoservicio, es una funcionalidad disponible en Internet que permite la consulta y/o descarga de información geográfica en línea desde lugares remotos.

Para consultar el consumo de los geoservicios, consulte el siguiente enlace

**Mapa**

Nombre del servicio: Amenaza Volcánica  
Servicio WMS: Amenaza Volcánica

Este servicio provee de que un evento de origen volcánico se presente con una severidad suficiente para causar perdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en las tierras, la infraestructura, los medios de subsistencia, la provisión de servicios y los recursos ambientales (ley 1622 de 2012).

El área de estudio comprende el territorio Colombiano, Departamento de Cundinamarca, Tolima, Huila, Cauca, Nariño.

Puede consultar el servicio cargando la siguiente url en su programa SIG: [http://rige.sgi.gov.co/contenidos/services/Amenaza\\_Volcanica/amenaza\\_vulcanicaMapServer/WMTSService](http://rige.sgi.gov.co/contenidos/services/Amenaza_Volcanica/amenaza_vulcanicaMapServer/WMTSService)

Tipo de servicios:  
WMS  
WCS  
WCS  
WMS  
WFS

**Figura 7.** Detalle de Geoservicio obtenido desde la Matriz de Geocontenidos Web del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>

• *Enlace al Portal Geográfico Nacional (PGN). Acceso a la herramienta oficial de consulta de información geográfica con gran cantidad de capas de información suministrada por las entidades que hacen parte de la ICDE.*

**Portal Geográfico Nacional**

Portal Geográfico Nacional  
Geocontenidos web  
Contenidos educativos  
Círculo

**Objetivo**  
Implementar y administrar un único portal que soporte la consulta integral de la información Geográfica oficial de Colombia, correspondiente a las diversas temáticas territoriales y sectoriales, como parte del componente tecnológico de la ICDE.

**Sectores**  
El Portal Geográfico Nacional considera los siguientes cinco (5) sectores para la visualización de información

**Ambiental** **Infraestructura** **Defensa y Mares** **Socioeconómico** **Territorial y Fronteras**

**Figura 8.** Ingreso a página de acceso a PGG del Portal ICDE

Fuente: <http://www.icde.org.co>





En esta página se incluye la clasificación de Entidades que hacen parte de la ICDE, agrupadas de acuerdo con el Sector al que pertenecen.

- Sector Ambiental
- Sector Socioeconómico
- Sector Defensa y Mares
- Sector Infraestructura
- Sector Territorial y Fronteras

Mediante una ícono se genera el acceso directo al Portal PGN,

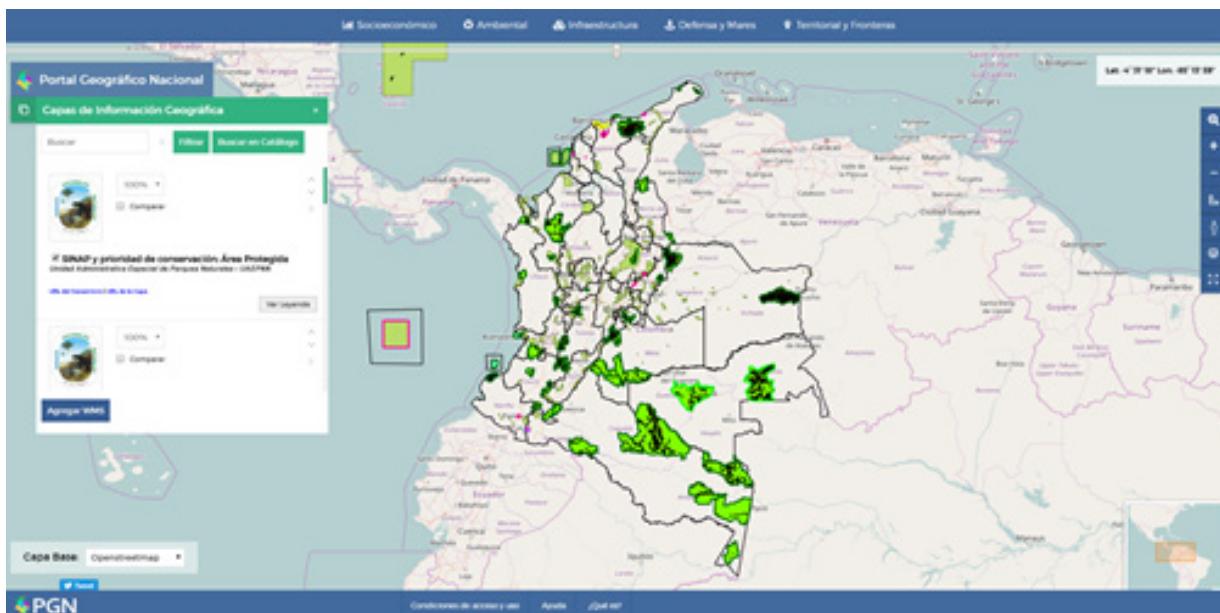


Figura 9. Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>

- *Enlace al Catálogo Nacional de Datos.* Acceso a una herramienta de gestión de metadatos geográficos acorde a los estándares internacionales ISO y OGC.

## Año 2016

### Lanzamiento de la primera versión del Catálogo Nacional de Metadatos.

En su plan estratégico 2016–2020 la ICDE planteó generar valor estratégico que aporte a la solución de las necesidades del país y la alineación de procesos mediante la definición de procedimientos y esquemas de gobernabilidad en temas de IDE, para la consecución de este objetivo, se definieron varias líneas de acción entre las que se encuentra el *Fortalecimiento de los servicios tecnológicos de la ICDE*. En este sentido se consideró el proyecto de desarrollo de una herramienta para la gestión de metadatos.

A este proyecto se le dio relevancia bajo la consideración de las actuales tendencias encaminadas a la economía basada en el conocimiento, en las que el acceso a la información geoespacial adquiere un alto grado de importancia. Lo anterior trae como consecuencia la necesidad latente de emplear herramientas que permitan el





descubrimiento, acceso y uso de información geoespacial de manera rápida, fácil y abierta. Dicha necesidad puede ser cubierta desde la ICDE por medio de un catálogo de metadatos que documente el conjunto de datos geoespaciales disponibles y brinde diferentes funciones de acceso, tales como aplicaciones y servicios web para realizar las consultas de manera ágil, sencilla e interoperable.

Desde el segundo semestre de 2016 la ICDE ha trabajado en la consecución de este objetivo y actualmente pone a disposición de la comunidad el Catálogo Nacional de Metadatos. Esta es una herramienta web para la gestión estandarizada y descentralizada de metadatos, que permite la consulta y gestión de estos mediante internet por medio de clientes web y servicios basados en estándares y protocolos internacionales como OGC, Z39.50 y *Web Catalog Service*. De esta manera se posibilita el intercambio de información entre las instituciones y sus usuarios por medio de acceso remoto.

El Catálogo Nacional de Metadatos promociona funcionalidades para la búsqueda, visualización, edición, indexado, administración, publicación, análisis e intercambio de metadatos de información geográfica. Las funcionalidades consideradas en este documento son aquellas accesibles por los usuarios externos, estas están distribuidas en cuatro secciones que serán presentadas a continuación:

### Página Principal

La página principal es el primer punto de contacto del usuario con el catálogo, en esta pueden encontrarse las opciones básicas de consulta de metadatos.



**Figura 10.** Página principal del Catálogo Nacional de Metadatos  
Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>





- **Búsqueda Básica.** Permite al usuario ingresar las palabras con las que desea realizar la búsqueda de metadatos. El contenido del Catálogo Nacional de Metadatos se encuentra indexado, lo que permite las funciones de autocompletar y sugerir resultados para acotar la búsqueda.
- **Panel del filtro por categorías temáticas.** Los metadatos existentes en el catálogo se encuentran clasificados por las categorías temáticas definidas en la norma *ISO 19115 -1: 2014, Información geográfica – Metadatos: parte 1 fundamentos*. Esto le permite al usuario seleccionar, mediante un clic sobre el nombre de la categoría de interés, el grupo de datos que contiene información relacionada con la categoría temática seleccionada.
- **Panel del filtro por tipo de recurso.** Al igual que el filtro por categorías temáticas, la información del catálogo se encuentra clasificada según el tipo de recurso del metadato por ejemplo si es sobre un servicio web o un conjunto de datos.

#### Menú principal

- El menú principal del Catálogo Nacional de Metadatos presenta al usuario una serie de menús que dan acceso a diferentes funcionalidades y contenido de apoyo del Catálogo.



**Figura 11.** Menú principal del Catálogo Nacional de Metadatos

Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>

- **Página Principal.** Esta opción le permite al usuario dirigirse a la página principal en cualquier momento.
- **Página de Búsqueda avanzada.** Mediante la opción “Buscar” del menú principal se da acceso a las siguientes opciones avanzadas de búsqueda:
  - **Búsqueda avanzada por criterios de selección.** Esta opción permite al usuario seleccionar los metadatos de interés mediante el ingreso de valores para diferentes criterios de búsqueda según su contenido, clasificación y fechas.

**Figura 12.** Búsqueda avanzada por criterios de selección

Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>



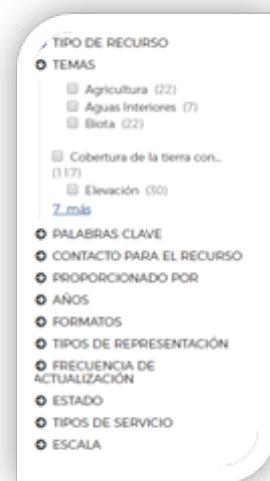


- **Búsqueda avanzada por localización espacial.** Esta opción permite al usuario seleccionar los metadatos relacionados con información que se encuentra en una zona geográfica definida por el usuario.



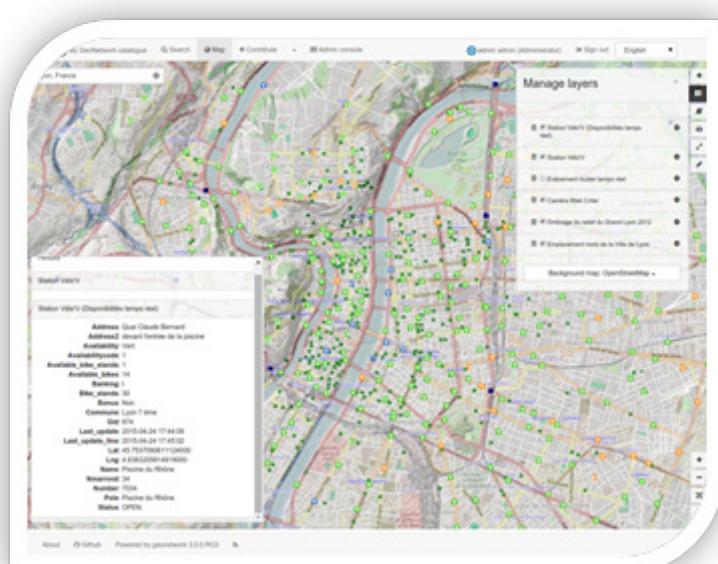
**Figura 13.** Búsqueda avanzada por localización espacial  
Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>

- **Búsqueda avanzada por el árbol de clasificación.** Esta opción permite al usuario seleccionar los metadatos mediante un árbol que clasifica la información según diferentes criterios.
- **Mapa.** Mediante la opción “Mapa” del menú principal da acceso a un visor interactivo de mapas basado en OpenLayers 3, proporciona acceso a servicios OGC (WMS, WMTS) y estándares (KML, OWS), que permiten al usuario encontrar servicios, capas e incluso mapas dinámicos para combinarlos en diferentes análisis.



**Figura 13.** Búsqueda avanzada por árbol de clasificación  
Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>

- **Soporte.** Esta opción da acceso a un formulario de *contacto* y una sección de *preguntas frecuentes*.
- **Acerca de.** Opción que contiene información general sobre el Catálogo y sobre la ICDE.
- **Iniciar sesión.** En esta opción los usuarios que cuentan con credenciales de acceso pueden autenticarse en el Catálogo.



**Figura 14.** Mapa Interactivo

Fuente: <http://geonetwork-opensource.org/index.html?highlight=map>





## Página de visualización de resultados

Por cualquiera de las opciones de búsqueda, los metadatos son filtrados según los criterios ingresados por el usuario y estos se muestran en la *página de visualización de resultados*. En esta aparece el listado de los nombres de metadatos encontrados con su respectivo resumen, muestra gráfica, estado y categorías. Mediante un clic sobre el recuadro correspondiente a cada metadato, el usuario puede ingresar a cada uno y visualiza su contenido.

**Figura 15.** Página de visualización de resultados

Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>

- **Tipo visualización y descarga del metadato.** El usuario tiene la opción de visualizar el metadato en modo resumen o en un modo completo con el uso del ícono de visualización o también de descargar los metadatos en formato ZIP, PDF y XML haciendo clic en el ícono de descarga.

## Pie de Pagina

En el pie de página del Catálogo Nacional de Metadatos se encuentran diferentes links que redireccionan a las secciones: ¿Quiénes somos?, Central de conocimiento y Servicios del portal de la ICDE, además de brindar información de contacto y opciones para compartir un vínculo al Catálogo por las redes sociales.



**Figura 16.** Mapa Interactivo

Fuente: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork>





## Conclusiones

La Infraestructura Colombiana de Datos ICDE, pone a disposición de todos sus usuarios los tres portales de información que permiten consultar los datos de todas las Entidades que conforman la ICDE a nivel Nacional.

Dichos portales puedes ser consultados en:

<http://www.icde.org.co/>

<http://pgn.igac.gov.co/>

<http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>





# El rol del IGAC en la región: Territorial Nariño

*[The Role of IGAC in the Region: Territorial Nariño]*

---

Edgar Roberto Mora Gómez<sup>a</sup>

Sistemas para la gestión Territorial: SIG e IDE

## Resumen

Colombia es un país de Regiones donde el Ordenamiento Territorial es necesario para la aplicación de los procesos de planificación y gestión del desarrollo del territorio. Sin embargo, algunas de ellas se han visto limitadas por la presencia de problemas relacionados con la informalidad de la tierra, la falsa tradición, conflictos en áreas protegidas, zonas de reserva forestal, resguardos indígenas y comunidades negras; carencia de insumos cartográficos, la desactualización catastral y el catastro fiscal. Además de esto, otros factores, tales como la incertidumbre y temores del posconflicto, el minifundio, los desastres y el riesgo, entre otros del orden social y ambiental, han afectado esos procesos de planificación; variables muy marcadas en los departamentos de Nariño y Putumayo. Es en este escenario donde el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) viene liderando, gestionando y acompañando una serie de actividades y proyectos que contribuyen a la construcción de una nueva Región. Este artículo presenta las lecciones aprendidas y busca, ante la cooperación Internacional y Nacional, el apoyo financiero, técnico y de talento humano para mantener el Rol de la Territorial Nariño. Así, se contribuye al logro de los objetivos de los Planes de Desarrollo en sus niveles territoriales y apoyar a la búsqueda y/o construcción de la Paz.

**Palabras claves:** Planificación territorial, Ordenamiento Territorial, Plan de desarrollo, catastro multipropósito, Gestión del Riesgo, Posconflicto o Post acuerdo.

---

a. Economista, Especialista en Proyectos de Desarrollo, Especialista en docencia Universitaria, Director de la Dirección Territorial Nariño-IGAC.  
emora@igac.gov.co





---

## Abstract

*Colombia is a Country of Regions where Territory Ordering is necessary for the application of planning processes and management of the development of the territory, however, some of them, have been limited by the presence of problems that have to do with informality Of land, false tradition, conflicts in protected areas, forest reserve areas, indigenous reserves and black communities, as well as the lack of cartographic inputs, cadastral out of date and the fiscal cadastre, also by other factors such as uncertainty and fears Of post-conflict, minifundio, disasters and risk, among others of the social and environmental order; Variables very marked in the departments of Nariño and Putumayo.*

*It is in this scenario where the Agustín Codazzi Geographic Institute has been leading, managing and accompanying a series of activities and projects that contribute to the construction of a new Region. This article presents the lessons learned and looks to the International and National cooperation for the financial, technical and human talent support to maintain the Role of the Nariño Territory Territory, to contribute to the achievement of the objectives of the Development Plans at their territorial levels and to support The search and / or construction of Peace.*

**Keywords:** Territory Planning, Territory Planning, Development Plan, Location, Multipurpose Cadastre, Risk Management, Postconflict or Post-Agreement.





## Introducción

La territorial Nariño abarca los departamentos de Nariño y Putumayo: el primero cubre un área de 33.268 km<sup>2</sup>, conformado por 64 municipios y catastralmente cuenta con 562.892 predios; el segundo, con un área de 24.885 km<sup>2</sup> conformado por 13 municipios y cuenta con 106.843 predios registrados en la base catastral. Estos departamentos limitan internacionalmente con los países de Ecuador, Perú y Brasil.

Nariño y Putumayo tienen diferentes formas de relieve tales como cordilleras, costa, valles, altiplanos, volcanes y llanuras. Ambos departamentos cuentan con ríos, y en el caso del departamento de Nariño, salida al Océano Pacífico. Hay en estos departamentos diversidad en pisos climáticos, santuarios de flora y fauna, Parques Naturales, Reservas Indígenas, entre otras. La distribución espacial de la población se encuentra localizada de forma dispersa en el área rural y concentrándose en mayor proporción en el sector urbano, principalmente en las cabeceras municipales de Pasto, Tumaco, Ipiales, Mocoa y Puerto Asís.

La economía se basa en las actividades agropecuarias (agricultura y ganadería), extractivas, comercio, explotación petrolera, agroindustria, pesca fluvial y marítima, turismo, elaboración de artesanías y minería. En este orden de ideas, esta región tiene gran posibilidad de desarrollo de cadenas productivas, lo que le permite aprovechar el gran potencial que significa su posición fronteriza con los países de Ecuador, Brasil y Perú.

El desarrollo de la región se ha visto afectado por la existencia de cultivos ilícitos, la minería ilegal, la presencia de actores armados entre otras problemáticas que han originado desplazamientos de la población, conflicto y brechas en educación, salud, vivienda, comunicaciones, transporte. Por estas razones, los proyectos desarrollados por las entidades e instituciones a nivel nacional e internacional son de gran importancia para esta región.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi cuenta con sede en la ciudad de Pasto y dos (2) Unidades Operativas de Catastro, ubicadas en los municipios de Ipiales y Mocoa. Estas están encargadas de difundir temas como: catastro, geografía, cartografía, agrología, avalúos y transferencia de conocimiento para planificación y gestión integral de la región. Además, el IGAC cuenta con la tecnología para gestionar la información de los 77 municipios de los departamentos de Nariño y Putumayo y así proveer información necesaria para la toma decisiones tanto a nivel del Instituto como de diferentes entidades que la solicitan.

## Desarrollo teórico y metodológico

Existe una gran diferencia entre la planeación y ejecución de la Institucionalidad concentrada en el centralismo y la realidad que se vive en las regiones. También se observa una corta visión de la complejidad en la que vivimos en los territorios, llámese departamentos, municipios, comunidades indígenas, comunidades afro y veredas, que muchas veces, carentes de presupuesto, infraestructura, talento humano, desconocen los grandes avances en la ejecución de los aspectos misionales y de las experiencias exitosas obtenidas a través del tiempo y no visibles en el contexto Nacional.





## Ordenamiento Territorial

El Doctor Juan Antonio Nieto Escalante, Director General del IGAC (2013-2018), define que:

El ordenamiento territorial es un instrumento vital para el desarrollo nacional y una oportunidad institucional para demostrar la capacidad del IGAC de contribuir a que haya una mejor ocupación del territorio. De esta manera complementamos la importante labor de catastro, los estudios agrológicos y la cartografía, y podemos hacer presencia en toda la Nación con poderosos instrumentos contenidos en las leyes 338 de 1997 y la orgánica de Ordenamiento territorial.

La Territorial Nariño ha contribuido a la conformación de la Comisión Regional de Ordenamiento Territorial, CROT, Nariño. Fue creada en el mes de noviembre de 2016, formalmente instalada, con lo cual se da cumplimiento a la Ley 1454 de 2011 sobre la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial. De igual manera se cuenta con siete (7) Comités de Ordenamiento Territorial, COT, de los municipios de Chachagüí, Nariño, La Florida, San José de Albán, San Bernardo, Ipiales, Yacuanquer en el departamento de Nariño; y en el municipio de Puerto Leguízamo, departamento de Putumayo.



Figura 1. Instalación CROT-Nariño

En esta materia el IGAC acompañó a las administraciones locales, en la socialización a los concejos Municipales y a las administraciones Locales de la Ley 1454 de 2011. También elaboró el proyecto de Acuerdo para su presentación al Concejo Municipal. Se dio a conocer quienes integran los COT, sus funciones y la periodicidad de sus reuniones. Se organizaron reuniones regionales en los Municipios de la Unión, Ipiales, Túquerres, Sandoná, Tumaco y Mocoa, haciendo énfasis en los beneficios de la Asociatividad y la importancia de los COT para este fin. Asistieron los personeros municipales, líderes de juntas de acción comunal, gremios, academia, Gobernación en algunos casos y CORPONARIÑO.

Se ha apoyado en la elaboración de los planes de desarrollo departamental y municipal y en la formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial y de los Esquemas de Ordenamiento Territorial a través de conversatorios y talleres en esta materia, suministrando información cartográfica, catastral, agrológica, estadísticas existentes en el Instituto y metodologías para construcción de dichos documentos. El IGAC ha presentado proyectos de actualización y conservación catastral, estudios agrológicos, elaboración de Sistemas





de Información Geográfica, construcción de la Infraestructura de Datos Espaciales; la elaboración de avalúos comerciales, la difusión y comercialización de la publicaciones tales como mapas departamentales, mapas de rutas, mapas turísticos, geografía para niños, suelos para niños, estudios de suelos del Putumayo, características geográficas de Nariño. Además de lo anterior, se dictaron capacitaciones en temas de ordenamiento territorial, avalúos y digitalización, los cuales fueron incluidos dentro de estos planes para ser ejecutados en sus períodos de gobierno. Es preocupante que muchos de los esquemas de ordenamiento territorial- EOT ya se encuentren vencidos y que se carezca de recursos presupuestales para dar cumplimiento a las nuevas exigencias del Gobierno Nacional referente al componente de gestión del riesgo.

El IGAC apoyó la iniciativa departamental de la creación de la Región Administrativa de Planeación del Pacífico, integrada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Dicha estrategia permitirá abordar proyectos comunes como la gestión del riesgo, medio ambiente y el posconflicto. Además, abre un espacio para lograr una mayor integración.

El Instituto también ha acompañado la propuesta de construir el POD Moderno Departamental, en el que creemos que se debe revisar la conformación de las 13 regiones existentes en el departamento de Nariño y evaluar su clasificación de acuerdo con los criterios geográficos definidos por las cuencas hidrográficas existentes. Se espera contar con esta herramienta para el mes de diciembre de 2018, apoyados por el Departamento Nacional de Planeación. El IGAC contribuirá con el suministro de la información requerida, y con la presencia de expertos en cada una de los temas misionales que requiera la Gobernación de Nariño.

La Territorial Nariño contó con un centro de producción cartográfica, con once (11) profesionales, la gran mayoría geógrafos, cuya tarea fue la de producir y actualizar la cartografía básica a escala 1:25000 que cubren la región del Andén del Pacífico y de otros municipios del país, a través de la interpretación de imágenes satelitales “Geosar”. Esta experiencia se convirtió en la primera descentralización de producción cartográfica del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. Este proyecto sirvió para transferir conocimientos, entender que es posible la ejecución de producción cartográfica en nuestra región y para preparar nuevos profesionales.

Hacemos parte del comité departamental de gestión del riesgo en los departamentos de Nariño y Putumayo; y en los comités municipales de gestión del riesgo de Pasto y Mocoa. En ellos se presta todo el apoyo necesario a los Municipios en la elaboración de los estudios enmarcados en la Ley 1523 de 2012 relacionada con la gestión del riesgo de desastres, a través del suministro de insumos o información catastral, agrológica y cartográfica a diferentes escalas. Esto permitió fortalecer las herramientas de planificación y los sistemas de información encaminados a orientar decisiones para la adecuada ocupación del territorio, la construcción de modelos de ordenamiento territorial, en la elaboración y discusión sobre procesos de revisión de los POT con enfoque regional, que permitan lograr conocimiento y la reducción del riesgo; y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible

En materia de deslindes, el Instituto ha determinado los límites entre los municipios de Nariño, como también entre el departamento de Nariño y el Putumayo con relación a Sucumbíos, región ubicada en los municipios de Orito e Ipiales. Sobre este tema, se ha socializado ante las asambleas departamentales, y los municipios que han solicitado se indique el procedimiento para deslinde y amojonamiento.





Se ha presentado a los municipios de Tumaco, Santa Bárbara e Iscuandé una propuesta para elaborar los estudios de nomenclatura urbana. Se ha programado reuniones con los equipos técnicos de dichos municipios dando a conocer los alcances de los trabajos a realizar.

Con la colaboración de la Oficina del Centro de Investigación y desarrollo en información geográfica, CIAF, del IGAC, se ha organizado varias capacitaciones de los sistemas de Información Geográfica. También se presentó un proyecto a la Gobernación de Nariño para la creación del sistema de información geográfico del departamento, se ha traído expertos para participar en eventos de orden técnico en las diferentes universidades de la región, se ha llevado profesionales de las entidades públicas y privadas de Nariño y Putumayo al evento de la Semana Geomántica organizado en la Sede Central por el Instituto.

### **Gestión Agrológica**



**Figura 2.** Instalación Estrudios de Suelos

El IGAC elaboró del Estudio de suelos a escala 1:100.000 del Departamento del Putumayo, el cual fue socializado en la ciudad de Mocoa y sirve de apoyo para el Ordenamiento Territorial. De igual manera, la Subdirección de Agrología y el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, INCODER (en liquidación) unieron esfuerzos para realizar el levantamiento de suelos, capacidad de uso de las tierras y cobertura terrestre escala 1:25.000, en 9482.6 H, de la zona plana del distrito de adecuación de tierras de Sibundoy. Este territorio abarca parte de los municipios de Colón, Santiago, Sibundoy y San Francisco, ubicados en el departamento de Putumayo.

Dicho estudio es necesario para el ordenamiento productivo y ambiental de esta zona. Se ha elaborado el estudio de páramos y humedales ubicados en los departamentos de Nariño y Putumayo, y se han actualizado las áreas homogéneas de tierras. Dentro del proyecto de restitución de tierras, en cumplimiento a las Sentencias de los jueces, hemos entregado oportunamente los paquetes analíticos que se han requerido. Se ha entregado información agrológica al departamento de Nariño para la construcción de una metodología de planificación que elaborará la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA. Esta beneficiará a los productores del sector agropecuario.

Hemos organizado eventos académicos con la Universidad de Nariño, CORPONARIÑO, CORPOAMAZONIA y municipios, donde expertos del Instituto han dado a conocer las





investigaciones y trabajos en esta materia. Se ha acercado el laboratorio nacional de suelos a los municipios, gremios, fundaciones y asociaciones quienes hoy en día a través de nuestro Centro de Información Geográfico ubicado en Pasto, Ipiales y Mocoa se comercializa los diferentes paquetes analíticos, algo que en años anteriores no se efectuaba, debido a la existencia de laboratorios como el de la Universidad de Nariño y el desconocimiento de la prestación de este servicio.



Figura 3. Presentación COLCIENCIAS

Se presentó ante COLCIENCIAS el proyecto denominado *Estudios agrológicos en los suelos con potencial productivo para el departamento de nariño*. Este proyecto fue seleccionado para ser financiado con recursos de regalías. Se debe destacar la participación de la Universidad de Nariño y la Gobernación de Nariño. El proyecto contempla el estudio semi-detallado a escala 1:25.000 en un área aproximada de 140.000 Ha, con potencial productivo del Departamento. Con ello se pretende determinar la capacidad, vocación, potencial del uso y cobertura de los suelos. Este proyecto involucra grupos de investigación, y entre los resultados esperados está la generación de artículos científicos, apoyo a tesis de maestría, apoyo a jóvenes investigadores y la publicación de la investigación con una estimación en su ejecución de dos (2) años. Este proyecto se encuentra en revisión por parte de la Universidad de Nariño en su componente asignado y una vez se efectúen las correcciones respectivas, se entregará a la Gobernación de Nariño para su trámite pertinente.

Por otra parte se han organizado tres (3) cursos de áreas homogéneas de tierras dirigidas a jefes de planeación, secretarios de agricultura, directores de UMATA y profesionales afines a estos temas, con el objeto de que los participantes conozcan la existencia de dicha información para la planeación agrícola y la determinación de las áreas de planificación económica en los municipios.

Para afrontar los retos del posconflicto, del ordenamiento territorial y productivo, así como para cumplir con la estrategia de desarrollo rural integrado con enfoque territorial que plantea el alto gobierno, es necesario elaborar el estudio de suelos detallado y semi-detallado a escala 1:25.000, de los departamentos de Nariño y Putumayo. Considerando que hoy se cuenta con un estudio general a escala 1:100.000 en los dos departamentos, consideramos elaborar un Sistema de Información Geográfico que permita administrar toda la información del sector agropecuario.





## **Política de Tierras**

El Instituto apoyó en su oportunidad al INCODER —hoy Agencia Nacional de Tierras—, en su programa de legalización y adquisición de predios a comunidades indígenas y negras, donde se efectuó capacitaciones en levantamientos topográficos al personal que vinculó en INCODER. Se realizaron aclaraciones de áreas y se efectuaron levantamientos topográficos, elaboración de avalúos comerciales con los cuales el estado adquirió 23 predios dedicados a proyectos productivos, conservación de reservas naturales y ampliación de Resguardos indígenas.



**Figura 4.** Formalización tierras

En lo referente a la formalización de la tierra, se apoyó al Ministerio de Justicia en la entrega de 850 nuevos títulos en los municipios de Linares y los Andes – Sotomayor, del Departamento de Nariño, donde se actualizó las bases catastrales mediante aclaración de áreas, como también la base digital para la elaboración de los certificados planos prediales, y la entrega de resoluciones de conservación para que el gobierno elabore las escrituras de formalización de la tierra. Se programaron diferentes reuniones con notarios y las oficinas de registro de instrumentos públicos en el municipio de Samaniego, para que esta política pueda llegar a feliz término, observando el gran impacto en las comunidades beneficiarias. Con este título estas personas pueden entrar al mercado inmobiliario, ser sujeto de crédito bancario y recibir los subsidios del estado para mejoras de vivienda.

Es bueno precisar que los municipios antes mencionados tienen un catastro fiscal, es decir, que no se ha realizado catastro, por lo cual se elaboraron levantamientos topográficos de los predios objetos de estudio. Estos se ubican en el occidente del departamento, con una topografía agreste, a cuatro horas de Pasto, en zonas de conflicto armado. Son municipios dedicados a la agricultura y a la minería. Esta experiencia fue conocida por la oficina de Posconflicto la cual se replicara en otras zonas del país.





Dentro de la Ley 1448 de 2011, hemos cumplido un papel protagónico en la región, al entregar 1096 solicitudes de información tales como fichas prediales, registros 1 y 2, cartografía, certificados de planos prediales, levantamientos topográficos, estudios de suelos y avalúos comerciales. Los jueces de tierras de los Departamentos de Nariño y Putumayo han requerido este material para proferir las sentencias respectivas, como también que las Unidades de Restitución de Tierras (URT) de dichos departamentos, para elaborar los expedientes administrativos requeridos. La territorial cuenta con un comité de víctimas y restitución de tierras que presenta informes semanalmente a la subdirección de catastro (oficina de tierras), para que consolide los avances y compromisos. De igual manera, esta oficina se reúne mensualmente y elabora sus actas respectivas del informe de la UOC de Mocoa y de la Sede de Pasto. Se han dado capacitaciones en temas de catastro, avalúos, levantamientos topográficos y cartografía a los jueces de tierras, procuradores de tierras, personal de la Unidad de Restitución de tierras; y se creó la figura de Clínica de casos entre funcionarios URT y el IGAC, para estudiar casos técnicos y jurídicos emblemáticos, y programar salidas de campo. Esta estrategia ha servido en el desarrollo del programa en la región. Los resultados se han socializado en el comité departamental de tierras donde asisten las entidades y municipios priorizados en tierras. Se ha acompañado a reuniones en municipios organizados por la URT, donde el IGAC da a conocer los productos y servicios a los asistentes tanto de catastro como de publicaciones, dando respuesta a diferentes inquietudes de los asistentes al evento.

El IGAC, como miembro del Sistema Nacional de Atención y Reparación Integral a las Víctimas, se constituye en una entidad relevante en el proceso de restitución de tierras. Como parte del compromiso adquirido con la sociedad civil y especialmente con las víctimas del conflicto armado interno, se creó —mediante Resolución— el Grupo Interno de Trabajo *Política de Reparación Integral a Víctimas*, que se encarga de coordinar el cumplimiento de las responsabilidades del Instituto, en el marco de la política de atención a víctimas y restitución de tierras en Colombia y de atender los diferentes requerimientos judiciales de los jueces y/o magistrados especializados.

Hemos avanzado en brindar capacitaciones a entidades que hacen parte del SNARIV, entre ellas, al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, la Defensoría del Pueblo, CORPONARIÑO, la Fiscalía general de la Nación, Personerías, y se ha participado en eventos regionales de tierras.

Dentro de los procesos que adelanta el IGAC, se encuentran los trámites relacionados con la ley 1561 de 2012, norma que establece un proceso verbal especial para otorgar títulos de propiedad al poseedor material de bienes inmuebles urbanos y rurales de pequeña entidad económica; sanear la falsa tradición. Dándole alcance a la aplicación de esta ley, los juzgados realizan solicitudes de información pertinente en cada uno de los procesos adelantados en aras de individualizar los predios y obtener información de nuestras bases de datos catastrarles, confirmando así la calidad de la información manejada por el instituto. Esta norma en los municipios del departamento de Nariño sí se ha cumplido, a diferencia de otras partes del país, anotando que el Instituto efectuó varias capacitaciones con abogados, universidades, comité de veedores y se apoyó en su difusión a través de entrevistas radiales.





## Avalúos comerciales



**Figura 5.** Panorámica San Juan de Pasto

Los avalúos comerciales son otro servicio que el IGAC, y en este caso la Territorial Nariño, ha prestado a la comunidad en general. Se destaca su participación principalmente en proyectos estatales, como el realizado en el año del 2005, en el cual, a raíz de la reactivación del Volcán Galeras, se declaró la emergencia en los municipios de Pasto, Nariño y La Florida, lugares en los que era indispensable la reubicación de muchas familias que se encontraban en peligro inminente en el momento de una catástrofe natural. En este proyecto de gran impacto social, la Territorial Nariño realizó el avalúo de 1.146 predios ubicados en la zona urbana y rural de los municipios afectados, estableciendo lineamientos y realizando estudios que fueron avalados y respaldados por la Sede Central para el desarrollo de los mismos.

Pasto ha presentado en los últimos años un representativo crecimiento poblacional y por lo tanto dimensional de la ciudad. Por lo que ha llevado a las administraciones a crear estrategias y planes que permitan un desarrollo organizado. Es así como se adelantó el proyecto de sistema estratégico de movilidad, en el cual el IGAC realizó los avalúos de los predios ubicados sobre las carreras 27 y calle 19 para su adquisición por parte del municipio, donde hoy se viene construyendo una avenida vehicular y zonas para los peatones.

De igual forma, la gobernación de Nariño, a través de la secretaría de agricultura en su política de protección ambiental, desarrolló el proyecto de Paja Blanca donde se elaboraron los avalúos comerciales de los predios ubicados en los municipios de la ex provincia de Obando, con el fin de adquirir los inmuebles y realizar el tratamiento necesario para la protección y/o conservación de los recursos naturales.

Dentro de los estudios estadísticos que realiza el Departamento Nacional de Estadística, DANE, el IGAC, y desde el año 2012, la Territorial Nariño viene adelantando la elaboración de 191 avalúos comerciales de predios habitacionales en la zona urbana de la ciudad de Pasto, previamente seleccionados por el DANE, que son el insumo requerido para la determinación del IVP (Índice de Valoración Predial). Este es un indicador que permite calcular la variación porcentual promedio de los precios de los predios urbanos del país, excepto Bogotá, y que se adelanta anualmente. Dicho dato es muy importante para el cálculo de indicadores de crecimiento del país.





Con el apoyo de la oficina de avalúos de la subdirección de catastro, se han efectuado avalúos comerciales a diferentes entidades del estado como SENA, Aeronáutica Civil, INPEC, Registraduría, INCODER, Policía Nacional, Ejército, diferentes municipios, CORPONARIÑO, etc. Los avalúos son requeridos para diferentes fines como adquisición, saneamiento fiscal y cumplimiento de las normas NIIF; adicionalmente para la Agencia Nacional de Tierras y la Unidad de Restitución de Tierras en desarrollo de la política de compra de predios para la ampliación de resguardos indígenas o la implementación de proyectos productivos.

## Posconflicto



**Figura 6.** Puerto Leguízamo-Catastro Multipropósito.

Se ha seleccionado al Municipio de Puerto Leguízamo, Putumayo, como piloto para realizar una experiencia piloto del catastro multipropósito. Esta herramienta servirá de apoyo para el proceso de posconflicto en el país, pues se requiere la actualización catastral de la zona rural de los municipios priorizados, con el fin de tener el inventario de los bienes inmuebles de dicho territorios, contribuir a la formalización de la tierra y la seguridad jurídica de la misma. Es necesario también contar con una información con georreferenciación de los predios, de acuerdo a las exigencias internacionales, que permitirá subsanar la falsa tradición, corregir errores en las áreas de terrenos de las escrituras públicas, atender temas de tierras y apoyar el ordenamiento territorial de las zonas rurales. El IGAC ha elaborado las metodologías y estándares para que los operadores puedan aplicarlos en el barrido predial y así validar las mismas. Se hizo el lanzamiento del proyecto en el municipio de Puerto Leguízamo con participación del Departamento Nacional de Planeación, Agencia Nacional de Tierras, Parques Naturales, la Superintendencia de Notariado y Registro, donde se socializó la metodología y se presentó el proyecto. Puerto Leguízamo es un municipio tri-fronterizo, en el que existe catastro fiscal en el sector rural, con presencia de parques naturales, resguardos indígenas y comunidades afros convirtiéndose en un desafío para el desarrollo de este proyecto.

La Territorial Nariño participó en el evento *Mapeando la Geografía de la Paz*, realizado en la ciudad de Santiago de Cali, al que asistieron delegados de la academia, la gobernación, municipios costeros, CORPONARIÑO y cooperación internacional, que desarrolló trabajos en la costa nariñense. En este evento regional de los departamentos





de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, el IGAC dio a conocer todos los productos y servicios que serán necesarios para construir el nuevo ordenamiento productivo, económico, social y territorial dentro del marco del Posconflicto para lograr una región en PAZ.

Se ha hecho presencia en el foro *Construyendo un territorio de PAZ*, organizado por la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP), territorial Nariño, y la Alcaldía Municipal de Pasto, donde se planteó la necesidad de tener un Sistema de Información Geográfico del posconflicto, de efectuar el estudio de suelos detallado del corregimiento de Santa Bárbara y sus veredas, de verificar los retornos de la población desplazada en este corregimiento y de apoyar los proyectos productivos que requiere el ciudadano y llevar el proyecto de formalización de la tierra.

Se requiere con urgencia una nueva cartografía a color y a escala 1: 25.000 para ejecutar el catastro multipropósito y el Ordenamiento Territorial de los Municipios de la costa y cordillera nariñense, como también de los municipios de Santiago y Puerto Leguízamo en el Departamento de Putumayo, que son catastros fiscales.

La formalización de la tierra tendrá su gran impacto en Nariño y Putumayo dada la falsa tradición y la carencia de títulos. Con el catastro multipropósito se obtendrá una nueva información de los predios, se incluirá seguramente una información ambiental; se obtendrá el catastro minero, que permitirá la toma de decisiones y la entrada a la economía de la Colombia profunda mediante el turismo ecológico, los proyectos productivos, la mayor presencia del estado mediante vías, vivienda, salud, educación que hoy no hacen parte de la misma y hacer también el cierre de brechas.

## **Ferias y otros eventos**



**Figura 7.** Atención unidad móvil municipios de Nariño

Con el apoyo de la oficina de difusión y mercadeo, el centro de información geográfica de la Territorial y la profesional de mercado se han visitado municipios, colegios, gremios, universidades, instituciones, dando a conocer los diferentes productos y servicios del Instituto, entre los que se destacan las características geográficas de Nariño, el mapa





turístico de Pasto, mapas de rutas, mapas departamentales y 20 publicaciones más. Se ha participado en diferentes ferias universitarias como las de la Universidad de Nariño, la ESAP, CESMAG, COOPERATIVA, MARIANA, SENA; en feria de las letras, organizada por el Banco de la República sede Pasto; ferias de atención al ciudadano en los municipios de Ipiales, Tumaco y Mocoa, organizadas por el Departamento Nacional de Planeación; Brigadas de Libreta militar como amnistía para indígenas y desplazados mayores de 20 años.

La Unidad móvil del Instituto estuvo presente en los municipios de Pasto, La Florida, Túquerres, e Ipiales, donde se atendía solicitudes de catastro por parte de los usuarios se promocionaba los productos y servicios que ofrece el IGAC. Se organizó la exposición de aerofotografías de la ciudad de Pasto, evento realizado en la Pinacoteca Departamental, con el apoyo de la Sede Central y con acogida por parte de la ciudadanía.

Mensualmente se efectúa la reunión de atención al ciudadano para conocer las diferentes inquietudes de los usuarios y mejorar nuestra atención observándose que la percepción que tiene la comunidad frente al IGAC es muy buena, dado el bajo número de quejas y las notas de felicitación que agradecen por los servicios prestados por nuestros funcionarios. Esto es notable teniendo en cuenta el volumen que atienden nuestras ventanillas de correspondencia, venta de certificados y conservación: este número asciende aproximadamente a 9.000 ciudadanos que visitan mensualmente a nuestras instalaciones para realizar las consultas y trámites correspondientes. Cabe resaltar que en la vigencia del 01 de enero al 31 de julio de 2017 se atendieron 32.000 trámites de conservación catastral producto de englobes, desenglobes, incorporación de construcciones, propiedad horizontal, loteos y cambios de áreas y actualizaciones de números de cedula, NIT, nomenclatura.

En la primera encuesta de satisfacción al usuario, correspondiente al primer semestre de 2017, efectuada por la oficina de difusión y comercialización del Instituto, se obtuvo un porcentaje de satisfacción del 99.44%, lo que muestra un altísimo nivel de confianza y satisfacción al tramitar y adquirir los productos y servicios que ofrece la Territorial Nariño, como también el mayor conocimiento de la entidad en la región.

### **IGAC Nariño en los medios**



**Figura 7.** Entrevistas radiales





Ha sido una política de esta administración visibilizar toda su gestión ante la comunidad. Esto se ha logrado gracias al apoyo de los profesionales de comunicaciones y de la labor que desde la sede central se viene liderando se ha mejorado la divulgación de la gestión que hemos desarrollado en los departamentos de Nariño y Putumayo. En este sentido, se ha ganado unos espacios en los medios de comunicación radiales, televisivos y escritos mediante la elaboración de comunicados de prensa, organización de ruedas de prensa, artículos escritos en periódicos regionales y nacionales, la publicación en las redes sociales (Facebook y twitter) y en la página web del Instituto.

En los municipios se ha realizado un acercamiento con las emisoras comunitarias al igual que con las emisoras de las Universidades ubicadas en la región. Toda esta estrategia ha contribuido a posicionar las actividades del Instituto y a dar a conocer la amplia gama de Servicios que se posee. Además, se han iniciado campañas para que los ciudadanos adquieran nuestras publicaciones, así como la compra de los certificados catastrales, fichas prediales y cartas catastrales para que se tenga la cultura de tener todos los documentos al día, adicionalmente de tener los datos actualizados en el catastro, de formalizar la propiedad bien inmueble y de dar solución al tema de falsa tradición. De igual manera se han iniciado campañas de cultura ciudadana en los medios para que los ciudadanos antes de adquirir bienes inmuebles consulten y adquieran la información catastral para conocer el estado de dichas propiedades.

## Conclusiones

El manejo del cambio en la administración y en la articulación del Instituto frente a los autores locales y regionales, dando solución a las problemáticas que se enfrentan y al trabajo en equipo del personal vinculado a la Territorial Nariño, se convierten en el eje estratégico de mayor importancia sobre el cual depende el éxito de esta gestión administrativa en los departamentos de Nariño y el Putumayo.

Las actualizaciones catastrales y los proyectos de conservación de los municipios son procesos importantes que permitirán modernizar de una manera dinámica la información que tiene la territorial. Serán la base para proveer y producir datos tanto para el Instituto como para entidades regionales y/o nacionales, con lo que se logrará tener una acertada toma de decisiones y otros procesos importantes necesarios para el ordenamiento y planificación regional.

El IGAC tiene el reto de consolidar su liderazgo como espacio para el debate y la discusión, conceptualizar sobre varios temas como son el Ordenamiento Territorial, estudios de suelos, catastro, posconflicto, los sistemas de información geográfico, la infraestructura de datos espaciales, la geografía y cartografía, que permitan construir unas nuevas regiones más fortalecidas y que enfrente los retos de la Colombia en Paz.

Nariño y Putumayo deben contar con sistemas de Información geográfica departamentales para la administración de la información y tener una mejor gestión en la toma de decisiones, elaborar los estudios de suelos detallados y semi-detallados para el ordenamiento productivo, solucionar los problemas de conflictos del suelo, fortalecer los proyectos agropecuarios, proteger el medio ambiente, estimular la asociatividad dentro de los municipios para crear regiones competitivas de acuerdo a las cuencas hidrográficas existentes y lograr que la Región Administrativa de Planificación- RAP Pacífico o la expectativa de la RAP del macizo logren el objetivo para las cuales fueron creadas.

El IGAC está llamado a contribuir con la implementación de nuevas metodologías y tecnologías para consolidar el Ordenamiento Territorial en las regiones como en el posconflicto.





## Bibliografía

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2005). *Las iniciativas de regionalización en Colombia* (segunda versión; septiembre de 2005).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Nariño: Características Geográficas* (primera edición; 2014).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2011). *Geografía de Colombia*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2000). *Aplicación metodológica al Ordenamiento Territorial. Subsistema de funcionamiento espacial*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2008). *Análisis Geográficos* (39) Sobre Ordenamiento Territorial. Método de modelación y análisis espaciales.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). Revista: *Análisis Geográficos* (47). Acceso al Conocimiento Geoespacial.



# INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

## PRODUCTOS Y SERVICIOS CON CALIDAD

Para conocer nuestros  
productos y servicios consulte

**[www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)**

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC  
Oficina Sede Central en Bogotá  
Carrera 30 N° 48-51

Oficinas de atención a nivel nacional  
Comutador: [571] 3694000 ó 3694100  
Línea de atención al cliente: 018000 915570



## Normas editoriales

La revista *Análisis Geográficos* es una publicación de carácter científico y divulgativo, con periodicidad semestral, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Desde su primer número, publicado en 1982, es uno de los canales institucionales para difundir los avances, los proyectos y las actividades de importancia para la comunidad científica, académica y demás lectores interesados en el análisis y los informes geográficos, cartográficos, de planificación territorial, tecnológicos y de infraestructura y catastro, entre otros. Los objetivos de la publicación son los siguientes:

1. Presentar los resultados de trabajos de investigación del IGAC y de diferentes entidades públicas, privadas, académicas y, en general, de aquellas relacionadas con el sector de la información básica, en su calidad de usuarias y productoras de los datos geoespaciales del país.
2. Difundir los avances en proyectos de innovación y transferencia tecnológica de impacto institucional, con el fin de compartir experiencias y promover la generación de nuevo conocimiento sobre la producción y el acceso a la información geográfica como soporte a la toma de decisiones y el desarrollo sostenible.

La revista *Análisis Geográficos* tratará temas relacionados con las siguientes disciplinas:

- Fotogrametría digital y producción de cartografía básica y temática
- Geodesia y posicionamiento satelital
- Agrología
- Catastro, planificación urbana y regional
- Geografía
- Ordenamiento territorial
- Restitución de tierras
- Aplicaciones de percepción remota
- Gestión de información geográfica
- Infraestructuras de datos espaciales
- Estándares de información geográfica
- Implementación de sistemas de información geográfica, análisis y modelamiento espacial
- Desarrollo de aplicaciones SIG y servicios web
- Gestión ambiental basada en el uso de tecnologías geoespaciales
- Cambio climático
- Nuevas tecnologías y nuevas aplicaciones





---

Para ser incluidos en la revista *Análisis Geográficos*, los artículos deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. El texto debe entregarse en formato digital, en letra Arial, 12 puntos, interlineado a espacio 1,5 y en papel tamaño carta.
2. El número máximo de páginas es 30 para investigaciones científicas y tecnológicas, y 20 para artículos de revisión, reflexión y avances de investigación, incluyendo tablas, figuras, fotografías y bibliografía.
3. El texto debe tener la siguiente estructura:
  - **Título:** debe reflejar el contenido en forma clara y concisa y no exceder las 20 palabras.
  - **Autor y coautores:** nombres completos, información académica (solo el título más alto obtenido), información laboral actual, institución y correo electrónico. Si se trata de contenido relacionado con un proyecto, incluir la siguiente información: artículo proveniente del proyecto Título completo, ejecutado en el periodo fecha de inicio-fecha de terminación, inscrito en el grupo de investigación nombre del grupo de nombre de la institución. [Si es un trabajo de grado, se especifica el título obtenido y el director del trabajo].
  - **Resumen:** presenta de forma clara los objetivos, los métodos, los resultados más relevantes y las conclusiones. No debe exceder las 250 palabras.
  - **Palabras clave:** indican los temas más relevantes que son tratados en el artículo para facilitar su clasificación y divulgación. Para identificar las palabras clave relacionadas con la temática, se sugiere consultar un tesauro como el de la Unesco: <http://skos.um.es/unescothes/view.php?alf=A>.
  - **Abstract:** el resumen traducido al inglés es copia fiel, idéntica del español, enunciado por enunciado.
  - **Key words:** palabras clave en inglés.
  - **Introducción:** debe contener la situación actual del problema, la revisión de los trabajos previos relacionados con este y los objetivos que orientan la investigación.
  - **Contenido del artículo:** los artículos que son producto de investigaciones deben incluir en esta sección los siguientes elementos:
    - **Materiales y métodos:** Se deben describir de forma clara y concisa los materiales utilizados en el desarrollo del trabajo, además de las metodologías y procedimientos empleados en el tratamiento de los datos, de tal forma que





- otros investigadores puedan reproducir los resultados. Para clasificar los temas tratados se deben utilizar subtítulos para separar las secciones, así:

**Título 1** (de la introducción en adelante)

**Subtítulo 2**

**Subtítulo 3**

**Subtítulo 4**

- **Resultados y discusión:** se presentan los resultados siguiendo una secuencia lógica, con el apoyo de tablas y figuras que deben ser fáciles de leer e interpretar y deben citarse siempre en el texto. Las fórmulas y tablas deben insertarse en un formato editable, no como imágenes.

La discusión de resultados debe destacar los aspectos nuevos e importantes del estudio, contrastándolos con los obtenidos en la literatura más actual correspondiente.

Los artículos que tratan sobre revisiones bibliográficas, ensayos, avances de investigación, etc., deben desarrollar los diferentes temas y utilizar subtítulos que permitan su clasificación e identificación.

- **Conclusiones:** en esta sección se mencionan los hallazgos más concluyentes de la investigación, además de un direccionamiento hacia futuras investigaciones.

- **Agradecimientos (opcional):** si se considera necesario, se agradecen aquellas contribuciones determinantes en la concepción, financiación o realización de la investigación.

- **Bibliografía:** listado de fuentes citadas en el texto, que deben ordenarse alfabéticamente. La cantidad mínima sugerida es de 15 referencias. Se debe utilizar el estándar de normas APA para las citas y referencias bibliográficas: <http://normasapa.com/como-hacer-referencias-bibliografia-en-normas-apa/>. Los modelos de citación son los siguientes:

**Libros:**

Tao, Y. & Dimitris, P. (2001). *The MV3-Tree: A Spatiotemporal access method for timestamp and interval queries*. New York: McGraw Hill.

**Capítulos de libro:**

Dimitris, P. (2001). The MV3-Tree. En: Tao, Y. (Ed.). *The MV3-Tree: A Spatiotemporal access method for timestamp and interval queries* (pp. 20-25). New York: McGraw Hill.





#### **Libros electrónicos:**

Tao, Y. & Dimitris, P. (2001). *The MV3-Tree: A Spatiotemporal access method for timestamp and interval queries*. New York: McGraw Hill. Recuperado de <http://www.xxxxxxx.xxx>.

#### **Artículos de revistas y publicaciones periódicas:**

Viqueira, J. R. R., & Lorentzos, N. A. (2007). SQL extension for spatio-temporal data. *The VLDB Journal*, 16(2), 179-200. <https://doi.org/10.1007/s00778-005-0161-9>.

#### **Ponencias:**

Cook, C. & Thompson, B. (2000). *Nueva cultura de la evaluación: informe preliminar de la encuesta ARL SERVQUAL*. Ponencia presentada en el 66th IFLA Council and General Conference, Jerusalem, Israel, 13-18 de agosto.

#### **Tesis:**

González, D., Porras, M., Sánchez, L. y Vargas, A. (2000). *Propuesta para la planificación y diseño de bibliotecas infantiles del Sistema de Bibliotecas de la Municipalidad de San José* (tesis de doctorado). Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información, Universidad de Costa Rica.

– *Bibliografía complementaria (opcional)*: listado de fuentes no citadas en el texto que sirvieron de apoyo documental para el desarrollo del trabajo. Debe cumplir con el estilo solicitado por la revista para la presentación de referencias bibliográficas.

1. Cuando se utilizan siglas o abreviaturas, deben escribirse completas la primera vez que se nombren en el texto. Ej.: Organización de las Naciones Unidas (ONU). Si una abreviatura o sigla no se utiliza más de dos veces, es preferible no incluirla en el texto.
2. Las fórmulas y ecuaciones deben insertarse en letra Cambria Math 11 (formato predeterminado en Word). La ecuación irá centrada respecto a la columna, con el número de ecuación alineado a la derecha.
3. Las figuras (diagramas, dibujos o mapas), las fotografías convencionales y las imágenes de sensores remotos se deben entregar en archivos separados, en formato JPG o TIFF. Deben ir numeradas de forma consecutiva e indicar el nombre y la fuente de la cual fueron tomadas. Si se trata de figuras elaboradas por los autores, indicar que son de “elaboración propia”. La resolución mínima es de 120 dpi y la máxima es de 300 dpi.



---

**1. Las tablas se entregarán en formato digital y editable.**

Se recomienda a los autores prestar especial atención a la revisión gramatical y ortográfica, así como a la presentación de los artículos.

*Otras consideraciones*

- El idioma oficial de la revista es el español.
- Únicamente serán aceptados para su publicación los artículos originales que no hayan sido o estén en proceso de publicarse en otros órganos divulgativos, sin importar cuál sea su idioma.
- Es responsabilidad del autor obtener el permiso escrito para reproducir material que haya aparecido en otras publicaciones o que considere información restringida.
- Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de los respectivos autores.
- La Oficina Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF) es la dependencia del IGAC encargada de realizar las convocatorias de artículos para la revista *Análisis Geográficos*, lo cual no limita la iniciativa de otras áreas e instituciones interesadas en formular sugerencias y propuestas sobre temas relacionados con los objetivos de la misma.
- Cada artículo será sometido a un proceso de evaluación. El Comité Editorial se reserva el derecho de sugerir modificaciones a los artículos y de establecer cuáles serán publicados.
- El Comité Editorial de la revista *Análisis Geográficos* acusará recibo de los originales e informará al autor sobre su aceptación y gestiones para la publicación.

De los artículos aceptados en la revista *Análisis Geográficos*, se entenderá que su autor o autores le ceden a esta los derechos patrimoniales para su publicación en cualquier formato (análogo o digital).



# Análisis Geográficos

REVISTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Para conocer otros productos  
y publicaciones del IGAC,  
consulta nuestro

CATÁLOGO DIGITAL  
[www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)



Instituto Geográfico Agustín Codazzi  
Oficina Sede Central en Bogotá  
Carrera 30 N° 48-51

Oficinas de atención al ciudadano  
a nivel nacional

Comutador 57-1-3694000  
ó 57-1-3694100