

EDITORIAL

GEODESIA CON AROMA DE CAFÉ

Esta edición número 32 de Geom@il está dedicada al país cafetero: Colombia; país que está emprendiendo, y a punto de culminar, uno de los proyectos más importantes del continente en cuanto a la centralización, organización y disposición de su información geoespacial, concretamente la geodésica, mediante un Centro de Control que pondrá a disposición de toda la población, no solo las coordenadas de sus cientos de estaciones CORS, sino además, las redes pasivas, las de nivelación y gravimétrica, en conjunto con servicios de procesamiento en línea diferencial y PPP y en tiempo real VRS, RTK vía radio y NTRIP. Este proyecto, como ya se mencionó, está en su etapa final y pronto a disposición de toda la comunidad.

Colombia, bajo la coordinación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) emprende además la modernización del catastro nacional con fines multipropósito y la ICDE -Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales-, entre otros muchos proyectos que se presentan en sendos artículos en este número.

Podría decirse que la tarea pendiente para Colombia es la actualización de su modelo geoidal, para lo cual se esperan acciones a corto y mediano plazo.

Las oportunidades de estudio sobre información geoespacial en las diferentes instituciones universitarias del país a nivel de pregrado y postgrado es muy amplia como puede verse en la reseña que incluimos sobre este tema.

Una crónica sobre el impresionante legado geodésico de Francisco José de Caldas, completan los artículos de esta edición dedicados a Colombia.

Los aportes de SIRGAS y SIGGMA en este número se ocupan de la contribución de las naciones para la construcción de una geodesia global y la nivelación con GNSS, respectivamente; excelentes artículos sin duda alguna.

Una vez más, deseamos cumplir con las expectativas de todos nuestros lectores en cada entrega que hacemos y esperamos disfruten la lectura del No. 32 con un oloroso "tinto" con sabor a geodesia.

Dr.-Ing. Melvin J. Hoyer R.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 86 AÑOS DE HISTORIA AL SERVICIO DE LOS COLOMBIANOS

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, es una entidad de 86 años de historia, conocimiento y experiencia en Geografía, Cartografía, Agrología, formación y Catastro, que no para de evolucionar para servirle a los colombianos. El IGAC es un equipo de trabajo técnico y profesional que ha impactado la información base para la planeación de los territorios y ha crecido a grandes pasos en modernización, interoperabilidad, actualización catastral y geográfica, descentralización, capacitación e investigación. El mapa oficial y la cartografía básica de Colombia, la elaboración del catastro nacional, la realización del inventario de las características de los suelos, investigaciones, capacitación y formación de profesionales en tecnologías de información geográfica y la coordinación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), son algunas de las labores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

A lo largo de los años este instituto se ha transformado de acuerdo con las necesidades y demandas geográficas del país, contando hoy con profesionales expertos, áreas transversales, 22 direcciones territoriales y cinco áreas misionales desde las cuales desarrolla su quehacer en Colombia. Su sede principal está en la ciudad de Bogotá (ver Figura 1).

Una de las áreas misionales es la Dirección de Gestión de la Información Geográfica, donde se dirige y gestiona toda la información geográfica, cartográfica, geodésica y agroológica del país. Dentro de su misionalidad, el Instituto cuenta con el Laboratorio Nacional de Suelos, allí se genera el inventario, estudio, análisis y monitoreo de los suelos y tierras para su clasificación, manejo, evaluación y zonificación de uso y vocación (Figura2).



Figura 1. Fachada del edificio sede del IGAC en la ciudad de Bogotá

Por otro lado, el IGAC es la autoridad catastral nacional que regula la gestión catastral en el país. En este sentido, la entidad cuenta con la Dirección de Gestión Catastral, que realiza operaciones técnicas y administrativas orientadas a la adecuada formación, actualización, conservación y difusión de la información catastral y todos los procedimientos del enfoque catastral multipropósito.

Además, el Instituto tiene dentro de sus responsabilidades, la habilitación de gestores catastrales. Por eso, desde el 2021, se creó la Dirección de Regulación y Habilitación, que se encarga de acompañar, asesorar y habilitar a los entes territoriales que deseen prestar el servicio público catastral en sus territorios. El Plan Nacional de Desarrollo – PND 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad, estableció que el IGAC debía habilitar a 20 gestores catastrales en el país, a la fecha esa meta está cumplida en un 200%, pues el país ya cuenta con 42 gestores habilitados, incluyendo a la Agencia Nacional de Tierras y la Unidad de Restitución de Tierras. El IGAC ha sido un gestor de conocimiento y contaba con un Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica- CIAF, que pasó a ser una dirección misional llamada Dirección de Investigación y Prospectiva. Con más de 50 años de experiencia, un equipo de profesionales ha logrado formar a más de 25.000 estudiantes de Colombia y la región de América Latina. También, realiza labores de investigación, apropiación y transferencia tecnológica, asesoría y consultoría.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
(Para más información: contactenos@igac.com.co)

(Continúa en la página 6)

CATASTRO MULTIPROPÓSITO ES PROGRESO

La carencia de un inventario actualizado de los predios del país, es una de las fuentes de inequidad social que con mayor urgencia se debe subsanar. Es por esto, que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, ha tomado en serio este tema y ha acelerado sus procesos para cumplir con la meta de actualización catastral fijado en el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno del Presidente Iván Duque. El catastro permite contar con la información física, jurídica y económica de los predios y el territorio; y el enfoque multipropósito, además, posibilita la actualización constante de la información, que estará presente en un sistema interoperable entre las diversas fuentes.

Y es que el multipropósito es un tema del que se ha hablado en los últimos años, porque no solamente genera el impacto fiscal favorable a los municipios, sino que también brinda apoyo a la protección de los derechos de los propietarios y tenedores legítimos de los predios y dinamiza el mercado inmobiliario de tierras. Contar con información veraz sobre los predios, permite la construcción de políticas públicas adecuadas por parte de los entes territoriales, entidades del orden nacional y legisladores en materias tan diversas como medio ambiente, infraestructura, servicios públicos, regularización, saneamiento y tenencia de la tierra, así como planeación, gestión, monitoreo, financiación de planes y en general análisis integral del territorio.

Este enfoque multipropósito contribuye a superar la antigua percepción popular del catastro como un instrumento de recaudo y dota al Estado colombiano de un enfoque moderno, orientado a la inversión social, la planeación territorial y sectorial eficiente, la seguridad jurídica de los propietarios y la mayor justicia tributaria. Cabe resaltar que el actual gobierno recibió un inventario que cubría apenas el 2,25% de los predios existentes actualizados y se fijó la ambiciosa meta de actualizar el 60% del territorio colombiano; es decir, que de las 114 millones de hectáreas que tiene el país, 68 millones 400 mil serían actualizadas en este cuatrienio.



Figura 1. Escenas de la actividad de los funcionarios del IGAC durante la gestión catastral

Para ello, toda la institucionalidad involucrada se dio a la tarea de preparar las condiciones para dar el enorme salto que se habían propuesto. Con el liderazgo del DAPRE (Departamento Administrativo De La Presidencia De La Republica) y del mismo presidente del país, trabajaron en equipo IGAC, DNP (Departamento Nacional de Planeación), DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), ANT (Agencia Nacional de Tierras), la Superintendencia de Notariado y Registro, entre otras muchas entidades del estado, para sacar adelante los desafíos del catastro multipropósito. Pese a los grandes retos que presentó la pandemia, actualmente el territorio nacional está actualizado catastralmente en un 39%, que corresponde a 44.5 millones hectáreas del país y representa el 65% del cumplimiento sobre la meta fijada en el Plan Nacional de Desarrollo.

En particular, el IGAC emprendió su propio proceso de transformación institucional, que incluye la modernización de su infraestructura administrativa, tecnológica y la modernización y adecuación de sus plataformas de contacto libre y abierto con la ciudadanía y con las entidades públicas, ofreciendo servicios web tales como Ventanilla Virtual Integrada del IGAC (VIVI), sistemas de información catastral e interoperabilidad con la Superintendencia de Notariado y Registro.

En su rol de máxima autoridad y en cumplimiento de la función reguladora y ejecutora en materia de gestión catastral, agrológica, cartográfica, geográfica y geodésica, el IGAC produjo los actos administrativos que como mínimo garantizan la implementación, mantenimiento y difusión de la información adquirida mediante la prestación, por parte de los gestores catastrales, del servicio público de formación, actualización, conservación y difusión catastral.

Uno de los hitos más importantes en el marco de la política de catastro multipropósito es la adopción del modelo LADM (*Land Administration Domain Model*-ISO 19152 de 2012) para Colombia por parte del IGAC y la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), para el intercambio de la información catastral y registral.

Así mismo se proponen insumos cartográficos actualizados y estrategias para adquirir, principalmente, información física y jurídica de los predios por métodos tales como los directos, indirectos y el muy novedoso método declarativo y colaborativo, que involucra a la comunidad para suministrar la información mencionada, que sirve de insumo para los procesos catastrales.

En particular, el proceso de prestación del servicio público de Actualización Catastral está sujeto a la aplicación de los métodos técnicos que los gestores catastrales consideren, siempre y cuando se garantice que se está reflejando la realidad predial y se cumplan especificaciones técnicas de los productos definidos por el IGAC.

En la actualización catastral podrían implementarse mecanismos diferenciados de intervención en territorio, mediante la utilización de los métodos mencionados, así como el uso de la integración de fuentes diferentes tales como análisis de *Big Data* y registros administrativos, entre otros, en donde sea posible detectar los cambios entre la información catastral disponible y la realidad inmobiliaria.

A manera de ejemplo para la intervención en la prestación del servicio público de actualización catastral, se podrían considerar las siguientes etapas:

Etapas preliminar: en esta etapa se tienen en cuenta aspectos de orden administrativo, logístico y técnico, que posibilitan principalmente conocer el diagnóstico de su realidad inmobiliaria incluyendo la informalidad predial, además de planear la operación, establecer cronogramas, preparar y evaluar los insumos cartográficos, manuales de operación y de calidad, contratar y capacitar personal y preparar la logística e infraestructura tecnológica necesaria para garantizar el desempeño de la operación.

Etapas operativa: en esta etapa se implementan la socialización y el barrido predial masivo como una estrategia que permite capturar o verificar la información física, jurídica y económica de los predios, mediante la utilización de los métodos directos, indirectos y colaborativos y se debe hacer énfasis en la evaluación, depuración y aseguramiento de calidad de la información. En esta etapa también se ejecutan los estudios económicos que permiten obtener el Avalúo Comercial de predios-muestra que posteriormente, mediante la aplicación de metodologías establecidas y normatividad vigente, permitirán obtener el avalúo catastral de manera masiva de los predios del municipio (Figura 1).

El IGAC implementó una estrategia de acuerdo con lo establecido en la norma, que descentraliza las funciones de catastro mediante la figura de habilitación de los gestores catastrales. En la actualidad, existen 42 gestores habilitados en el país para prestar el servicio público de catastro; los cuales abarcan más de 280 municipios. Es importante resaltar que se dio un paso fundamental en la construcción de la paz con legalidad, ya que se habilitó a la Unidad de Restitución de Tierras para adelantar la gestión catastral en los predios de su influencia.

Adicionalmente, los municipios que no se han habilitado, tienen la posibilidad de contratar a un gestor ya habilitado, o al mismo IGAC, para actualizar la información catastral en sus territorios.

La tarea de actualización catastral del país es de una envergadura enorme y todos los colombianos están llamados a participar en ella: ciudadanos, alcaldías, gobernaciones, gestores catastrales y, desde luego, el Gobierno Nacional. El país entero debe saber que el catastro multipropósito se encuentra en plena marcha, con el acelerador puesto hacia la meta; esto significa progreso, justicia y equidad para todas las regiones de Colombia.

Los retos del futuro próximo se enmarcan en lograr que efectivamente, se continúe con la implementación de catastro con enfoque multipropósito con énfasis en materias tan importantes vinculadas a los predios en sus diferentes formas de tenencia, tales como el medio ambiente, la minería, el apoyo a la seguridad jurídica, la productividad, la regularización y/o saneamiento de la tenencia, la política fiscal y en general el estudio actualizado de la información física, jurídica, económica y la difusión de información de vital importancia para el país.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
(Para más información: contactenos@igac.com.co)

LA CONTRIBUCIÓN DE LAS NACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GEODESIA GLOBAL

Hubo un tiempo en que cada nación establecía sus marcos de referencia de forma independiente, conocidos en la bibliografía como datum vertical y horizontal. En los últimos 40 años, la geodesia espacial ha revolucionado, no solamente los procesos de obtención de coordenadas, pero también ha proporcionado un mejor conocimiento y comprensión de los procesos que ocurren en la atmósfera, hidrosfera y litosfera. Inicialmente, a través del GPS y hoy en día del GNSS, pasamos a establecer marcos de referencia tridimensionales con una precisión de pocos centímetros y de forma más rápida que los procedimientos de la geodesia clásica.

SIRGAS ha llegado hace 29 años para promover, inicialmente, estos nuevos marcos de referencia de forma coordinada en la región. Con aproximadamente 500 estaciones GNSS permanentes, la red de referencia SIRGAS promueve la integración de la geodesia entre las naciones del continente americano. Sin duda, la evolución tecnológica, principalmente en el ámbito de la comunicación y automatización, ha posibilitado una operación más eficiente, facilitando la obtención y publicación de los datos GNSS. La Internet móvil ha proporcionado los servicios de corrección en tiempo real y las aplicaciones online en los portales, cambiando enormemente el trabajo de los profesionales, como topógrafos, agrimensores y geodestas.

Una institución responsable por la geodesia de un país, hoy en día, no se puede preocupar solamente en establecer y densificar redes geodésicas, sino además, en la generación de aplicaciones y productos geodésicos en su marco de referencia oficial.

Como ejemplo de algunos países en la región, Canadá, EUA, Brasil y más recientemente Argentina, tienen sus servicios online para el procesamiento de datos GNSS, disponibles gratuitamente en sus portales. En el caso de Brasil se ejecutan aproximadamente 1000 procesamientos de este tipo todos los días. En servicios como estos, hay la necesidad de la disponibilidad de orbitas y errores de los relojes de los satélites, parámetros de rotación terrestre y modelos de corrección de la ionosfera y troposfera, obtenidos por productos GNSS. Canadá y EUA calculan sus propios productos, a través del uso de datos GNSS de estaciones permanentes de distribución global pertenecientes a la Red del IGS (*International GNSS Service*). El IGS, uno de los servicios de la IAG (Asociación Internacional de Geodesia), provee todos los días y en tiempo real, productos GNSS utilizados en las actividades geodésicas por todas las naciones. Es un trabajo enorme con colaboración de 120 organizaciones que proveen datos GNSS y 12 centros de análisis que calculan y publican estos productos de forma continua.

No podemos olvidar que estos productos IGS son también utilizados en el procesamiento de las soluciones semanales de la Red SIRGAS, soluciones estas necesarias para el mantenimiento del marco de referencia SIRGAS y para promover la integración de las densificaciones nacionales. La figura 1 muestra la ubicación de todas las estaciones IGS



Figura 1. Ubicación de todas la estaciones GNSS (fuente: <https://igs.org/network/>)

Entre tanto, para mejorar la calidad de estos productos GNSS, principalmente los atmosféricos, es importante tener una distribución más homogénea de estaciones en el planeta, lo que en algunas regiones no ocurre. Como ejemplo, el continente europeo contribuye con 132, Norteamérica con 122 y Suramérica solamente con 50 estaciones, a pesar de que la red de referencia regional SIRGAS tiene aproximadamente 500 estaciones como se mencionó anteriormente. **¡Este es un importante tema de reflexión para las naciones de nuestra región!**

Desde junio de 2018, *Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On - GRACE-FO* (Figura 2) sigue registrando mensualmente el cambio de masas fluidas en la superficie de la tierra, después de 15 años de la misión GRACE, que finalizó en junio de 2017. Estas misiones han contribuido significativamente a la mejor comprensión de las variaciones espacio-temporales del almacenamiento de agua, principalmente en las capas de hielo y los glaciares, el almacenamiento de agua subterránea, la cantidad de agua en los grandes lagos y ríos, proporcionando una visión única del clima de la Tierra. Estos descubrimientos que vinieron a contribuir al avance de las geociencias, aportaron también grandes beneficios a la población de nuestro planeta, principalmente en áreas que fueron afectadas por variaciones extremas en los últimos años. Los modelos de los cambios de masa generados por estas misiones necesitan datos "in situ" para su evaluación de calidad, siendo los datos GNSS utilizados con esta finalidad y para esto hay la necesidad de tener esta información en todo el planeta. Asimismo, para la evaluación de modelos geopotenciales, la base de modelos geoidales calculados por los países, necesita observaciones GNSS en puntos de nivel (*bench marks*) en todo el mundo.

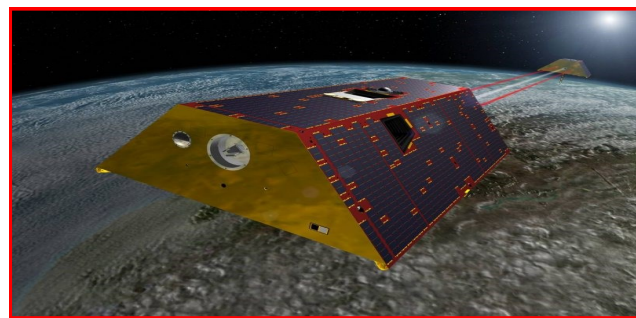


Figura 2. Satélites GRACE-FO

Llegamos al punto principal del tema de este texto, que es la importancia de la colaboración de cada nación a la construcción de una geodesia global, contribución esta que se revertirá en su propio beneficio y consecuentemente en el beneficio de su sociedad.

El Sistema de Observación Geodésica Global (GGOS) de la IAG, cumple una combinación única y de importancia crítica de funciones, centrándose en la promoción, la integración y las relaciones internacionales. GGOS integra los aspectos geométricos, como la realización del Marco de Referencia Terrestre Internacional y los gravimétricos de la geodesia, los cuales necesitan de datos para mejorar continuamente la calidad de los productos geodésicos a través de una mayor cooperación entre diferentes técnicas geodésicas. GGOS también trabaja con los servicios, las comisiones y los proyectos de IAG para abordar los problemas científicos fundamentales que enfrenta la comunidad de la geodesia. A medida que GGOS alcanza su vigésimo aniversario de servicio a IAG y a la comunidad global de la geodesia, necesita del aporte para informar y guiar los objetivos del próximo Plan Estratégico de GGOS. De este modo, la contribución de todas las instituciones es muy apreciada mediante la encuesta disponible en <https://ggos.org/survey/#form>

Dra. Sonia Costa

Presidente de SIRGAS

Coordenação de Geodésia e Cartografia – CGC

Diretoria de Geociências - DGC

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

SIMPOSIO SIRGAS 2022

Del 7 al 9 de noviembre de 2022 se celebrará el Simposio SIRGAS en la Ciudad de Santiago de Chile, por invitación del Instituto Geográfico Militar (IGM) de Chile en celebración de sus 100 años. El propósito central del Simposio SIRGAS 2022 es convocar a la comunidad geodésica de las Américas y del Caribe para intercambiar experiencias y avances, así como formular nuevos proyectos relacionados con la implementación, mantenimiento y aprovechamiento de la infraestructura geodésica de referencia de la región. Durante la semana previa al Simposio, es decir del 02 al 04 de noviembre, se llevará a cabo el Taller Sistema de Referencia Vertical, en el cual se desarrollarán temas relacionados con la unificación del datum vertical para los países miembros de SIRGAS, como los lineamientos y acciones encaminadas para la materialización del IHR (International Height Reference System).

Las actividades serán en forma presencial y serán transmitidas en vivo por el canal de YouTube @SirgasAméricas. Para más información visite sirgas.ipqh.org/simposio/

Redacción de Geom@il

FORMACIÓN ACADÉMICA EN INFORMACIÓN GEOESPACIAL EN COLOMBIA

En Colombia se ofertan programas académicos conducentes a título a nivel de pregrado y postgrado relacionados con las disciplinas de generación de información geoespacial, así como otras carreras en las cuales esta temática forma parte de los contenidos curriculares de las mismas. También hay oferta de diplomados y cursos que no constituyen un título académico, y están orientados a la adquisición de conocimientos y habilidades en temáticas vinculantes.

A continuación, se presenta dicha información, para ilustrar a los lectores acerca de las alternativas existentes en este país. Se ha procurado hacer un barrido de las instituciones que están involucradas en la formación de talento humano en las temáticas de la información geoespacial; es probable que algunas no estén en este listado dado el crecimiento de esta temática en la gran mayoría de programas académicos en que la información geoespacial tiene gran aplicación.

Pregrado:

- ◆ Ingeniería Catastral y Geodesia, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Facultad de Ingeniería, Bogotá
- ◆ Ingeniería Topográfica, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá
- ◆ Ingeniería Topográfica, Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Cali
- ◆ Ingeniería Topográfica y Geomática, Universidad del Quindío, Armenia

Es importante mencionar que dado el auge e importancia de las herramientas y técnicas de información geoespacial en otras disciplinas, algunas asignaturas relacionadas con estas técnicas forman parte de programas académicos, tales como ingeniería forestal, geología e ingeniería geológica, geografía, ingeniería geográfica y ambiental, ingeniería civil, entre otras.

Postgrado: Se presenta a continuación una relación de programas académicos de postgrado en los niveles de especialización, maestría y doctorado, así:

Especialización: En Colombia se ofertan programas académicos de algunos de los componentes de información geoespacial. Al igual que en pregrado, también hay algunos programas que dentro de sus programas, se incluyen asignaturas relacionadas a información geoespacial, de lo cual se muestran algunos ejemplos.

- ◆ Especialización en Geomática, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Antonio Nariño, Bogotá
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Manizales, Manizales
- ◆ Especialización en Geomática, Universidad del Valle, Cali
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de San Buenaventura, Medellín
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Santiago de Cali, Cali
- ◆ Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de la Costa, Barranquilla
- ◆ Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática, Universidad de Antioquia, Medellín
- ◆ Especialización en Análisis Espacial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- ◆ Especialización en Geografía y Gestión Ambiental del Territorio, Universidad Central, Bogotá
- ◆ Especialización en Aplicación y Tecnología en Drones, Universidad Santiago de Cali, Cali
- ◆ Especialización UNIGIS, a distancia

Maestría: Algunos programas ofrecen directamente programas académicos en información geoespacial, o forman parte de un programa más amplio en el cual uno de los énfasis es relacionado con este tema.

- ◆ Maestría en Geomática, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- ◆ Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá
- ◆ Maestría en Gestión de la Información y Tecnologías Geoespaciales, Universidad Sergio Arboleda, Bogotá
- ◆ Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad de Manizales, Manizales

- ◆ Maestría en Geomática, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
- ◆ Maestría en Ingeniería, énfasis en Geomática, Universidad del Quindío, Armenia
- ◆ Maestría en Geomática, Universidad del Cauca, Popayán
- ◆ Maestría en Teledetección, Universidad Católica de Manizales, Manizales
- ◆ Maestría en Geomática Ambiental, Universidad Antonio Nariño, Bogotá
- ◆ Maestría en Geoinformática, Universidad de San Buenaventura, Medellín
- ◆ Maestría en Ciencias UNIGIS, a distancia

Algunos ejemplos de programas de maestría que incluyen asignaturas relacionadas con la información geoespacial son:

- ◆ Maestría en Hidrosistemas, Universidad Javeriana, Bogotá
- ◆ Maestría en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja
- ◆ Maestría en Geografía, Universidad de los Andes, Bogotá
- ◆ Maestría en Geografía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- ◆ Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad de Manizales, Manizales

Doctorado: En Colombia no existen programas de doctorado relacionados con las Ciencias de la Información Geoespacial, tampoco en Geomática; existen algunos programas doctorales en los cuales el componente geoespacial es incluido dentro de las temáticas de estudio, así:

- ◆ Doctorado en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
- ◆ Doctorado en Ingeniería, Universidad Distrital.
- ◆ Doctorado en Geociencias de la Universidad EAFIT de Medellín.

La anterior información se obtuvo mediante consulta en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior-SNIES del Ministerio de Educación Nacional, así como consulta en páginas web de instituciones educativas de educación superior.

Finalmente, es importante señalar que algunas universidades ofrecen diplomados en estas temáticas. Un diplomado es un curso especializado dirigido a quienes desean adquirir conocimientos en una temática específica; por lo tanto, no constituye un grado académico. Algunos ejemplos de diplomados en Colombia son:

- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 100 horas, Medellín
- ◆ Diplomado conceptual y operativo en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Externado de Colombia, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, 146 horas, Bogotá
- ◆ Diplomado: Sistemas de Información Geográfica para el análisis regional de conflictos territoriales (SIGARCT), Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Universidad Externado de Colombia, 95 horas, Bogotá
- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y aplicaciones en conservación y medio ambiente, virtual, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, 105 horas, Cali
- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Militar Nueva Granada, 120 horas, Bogotá
- ◆ Diplomado Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) usando las Herramientas de ArcGIS, Universidad El Bosque, virtual, Bogotá
- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica, Escuela de Inteligencia y Contrainteligencia B.G. Ricardo Charry Solano, 120 horas, Bogotá
- ◆ Diplomado Sistemas de Información Geográfica en ArcGis, Universidad de Medellín, 84 horas, Medellín
- ◆ Diplomado virtual Sistemas de información geográfica, Universidad de Caldas, Manizales
- ◆ Diplomado Sistemas de Información Geográfica, Universidad Católica de Manizales, 120 horas, Manizales
- ◆ Diplomado Sistemas de Información Geográfica, Universidad Surcolombiana,
- ◆ Diplomatura en Análisis socioespaciales con Sistemas de Información Geográfica – SIG, Escuela de Ingeniería de Antioquia, 105 horas, Envigado
- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y Bases de Datos Georreferenciada, Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla, 120 horas, Cartagena
- ◆ Diplomado en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Cundinamarca, 140 horas

Héctor Mora Páez

Ingeniero Catastral y Geodesta, MSc, PhD

LA GEOGRAFÍA Y LA CARTOGRAFÍA AL SERVICIO DE LA GENTE

El punto de partida para ahondar sobre la geografía, es entender su amplio significado: es la ciencia que estudia la relación de los ciudadanos con el territorio en el que habitan.

En este sentido, desde el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- se trabaja para construir y definir los mapas del territorio, interpretar el ordenamiento territorial, clasificar e identificar los nombres geográficos de las regiones y generar el inventario, estudio, análisis y monitoreo de los suelos y tierras del país, para su clasificación, manejo, evaluación y zonificación de uso y vocación.

Además, en el IGAC estamos empeñados en que la geografía deje de ser esa disciplina de élite, que solo despierta el interés de académicos o empresarios, para acercarla a los jóvenes que ya no estudian con profundidad la asignatura de geografía en sus colegios; llevarla a cada agricultor que puede beneficiarse de la información en la era de los datos; a cada líder social que participa en la planeación de los territorios; o dejarla a disposición a cada mandatario municipal que necesita un plan de ordenamiento territorial basado en información geográfica y espacial actualizada, que le permita mejorar la inversión pública y el desarrollo local. Con esto en mente, el IGAC se enfoca en desarrollar una base importante para avanzar en el catastro multipropósito.



Figura 1. Profesional especializado en trabajo cartográfico

Una de ellas es la actualización de cartografía básica, la cual es importante porque permite representar en un mapa, los elementos primarios de los territorios: vías, ríos, construcciones, bosques, relieves, entre otros.

A la fecha, este proceso va en un 61,90% de la cartografía básica de todo el territorio nacional actualizada, es decir 70.6 millones de hectáreas, principalmente en departamentos como Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada, incluyendo el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete; un gran logro porque estas zonas del país no contaban con información actualizada.

Otro foco es avanzar en la caracterización territorial, con el fin de lograr el desarrollo de las regiones. Se trata de un documento de análisis integral que recoge datos de los municipios, en donde se puede encontrar información como el estado de los Planes de Ordenamiento Territorial; límites municipales y fronteras; procesos biofísicos como relieves, clima, ecosistemas, cobertura vegetal, amenazas naturales; actividades productivas; acceso a servicios, y mucho más.

En caracterización territorial, Colombia ya cuenta con el 86,85% del territorio nacional que corresponden a 99 millones de hectáreas. Estos son elementos esenciales para avanzar en los procesos de actualización catastral (Figura 1).

Dado que el Instituto tiene a su cargo la dirección, producción y actualización de la cartografía del país, se han expedido dos resoluciones:

La primera es la resolución 1421 de 2021, en la que se establecieron las especificaciones de obligatorio cumplimiento para todo aquel que produzca cartografía en el territorio nacional: entidades públicas, entidades territoriales, municipios, gobernaciones, gestores catastrales, entre otros. Son cuatro puntos importantes de esta resolución:

1. Se incorporó un nuevo producto a escala 1:50.000, que permite obtener cartografía a un mejor nivel de detalle en aquellos territorios en donde predominan los bosques naturales.
2. Según las características del terreno, se delimitaron los puntos de referencia requeridos para la verificación de los materiales cartográficos. Con ello garantizamos mayor calidad y precisión.
3. Se puede hacer uso de las fuentes de información externas disponibles para la generación de cartografía, por ejemplo, el Banco Nacional de Imágenes, el Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial – SIGOT, entre otros (Figura 2).
4. Existe la posibilidad de utilizar insumos capturados en un periodo inferior o igual a tres años; sin embargo, podrán generarse productos con información de años anteriores, únicamente en los casos donde se evidencie de manera recurrente la dificultad en el acceso a la zona o donde se presente ausencia de cambios sustanciales en el territorio.



Figura 2. Imagen satelital utilizada para la generación de cartografía

La segunda resolución tiene que ver con la asistencia técnica y la generación de metodologías para la gestión de la información geográfica y de ordenamiento territorial. La resolución 658 de mayo de 2022, en la que se definen los estándares para la elaboración de la cartografía que se produce como resultado de los instrumentos de ordenamiento territorial, en donde se toman las decisiones que contribuyen al desarrollo del territorio.

Adicional a lo anterior y para que toda la producción cartográfica sea de calidad y actualizada, se fortalece la red geodésica del país con la materialización de 206 estaciones en diferentes puntos del territorio nacional, en alianza con el Servicio Geológico Colombiano. Las estaciones geodésicas son puntos ubicados en diferentes zonas del territorio nacional, que emiten datos (coordenadas) en tiempo real y en forma constante sobre las características, formas, dimensiones de los territorios. Esta transmisión de información permanente se logra gracias a su conexión a internet satelital y baterías solares, que permiten que las estaciones geodésicas funcionen de forma autónoma y permanente.

Toda la información geográfica, cartográfica, agrológica, geodésica, catastral y de ordenamiento territorial, está a disposición de los colombianos en las plataformas digitales gratuitas de datos abiertos, Colombia en Mapas y Colombia OT. El IGAC sigue avanzando y poniendo su experiencia técnica y científica al servicio de Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
(Para más información: contactenos@igac.com.co)

ICDE, LA ESTRATEGIA COLOMBIANA EN LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

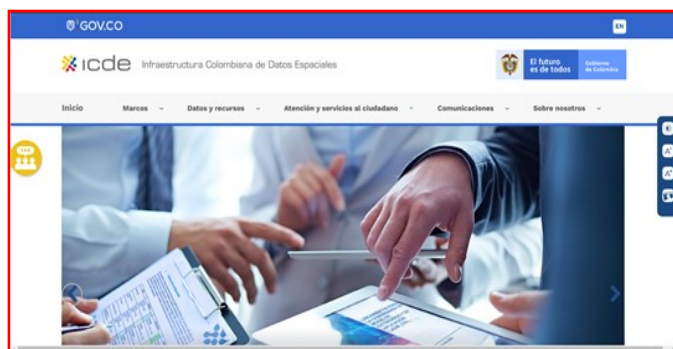


Figura 1. Plataforma www.icde.gov.co

En el marco de la política de Catastro con enfoque multipropósito formulada en el CONPES 3958 de 2019 y de las políticas de Gobierno Digital, se ha priorizado el fortalecimiento de la producción y disposición de datos geoespaciales. Este proceso incluye como prioridad a la ICDE - Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales-, estrategia colombiana en la gestión de información geográfica, a través de la cual los usuarios del país pueden acceder a información, herramientas, documentación, guías y sobre todo, a datos geoespaciales estandarizados y con todas las garantías de calidad necesarias para perfeccionar la implementación de las políticas públicas locales.

Para la ICDE es primordial facilitar el acceso al marco normativo asociado a la gestión de información geográfica en Colombia. Por ejemplo, entre el DANE (Departamento Administrativo Nacional de estadísticas) y el IGAC, hemos trabajado en el diseño de un acto administrativo reglamentario para la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales; el cual recoge acciones y propósitos con el fin de orientar los objetivos de la ICDE y su funcionamiento. Esta estrategia lidera actualmente el proceso para la armonización y disposición de los conjuntos de Datos Fundamentales y Objetos Territoriales priorizados, para lo cual definimos un esquema de trabajo, mediante mesas técnicas sectoriales.

A partir de la misionalidad de la ICDE se estableció la necesidad del cumplimiento de los lineamientos para todas aquellas entidades productoras de información geográfica. Este reconocimiento se respalda con la Directiva presidencial 03 del 15 de marzo de 2021 y con los lineamientos del marco de arquitectura empresarial para la gestión de TI.

Para el fortalecimiento de la ICDE pusimos al aire la nueva plataforma www.icde.gov.co (Figura 1), la cual se centra en tecnologías modernas de publicación de portales y servicios de información para disponer a los usuarios toda la información y acceso a los recursos tecnológicos de los cuales disponemos. El primer servicio dispuesto a los usuarios es el de geocodificación, además, el Catálogo Nacional de Metadatos cuenta con una nueva versión mejorada, la cual permite disponer los metadatos de forma más ágil y rápida para la búsqueda de información geográfica producida por las entidades que hacen parte de la ICDE. En la actualidad, dos de los objetivos más importantes que tiene Colombia en materia de fortalecimiento y administración de información geoespacial es la interoperabilidad y la modernización de los procesos asociados al intercambio de información. Estos retos van de la mano con los avances en formalización de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, como el ecosistema principal para la disposición armónica e integral de la información y los datos geográficos al servicio de la gente.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
(Para más información: contactenos@igac.com.co)

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 86 AÑOS DE HISTORIA AL SERVICIO DE LOS COLOMBIANOS

(Viene de la página 1)

La Dirección de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones – TIC, se encarga de gestionar la planeación e implementación, seguimiento y evaluación del cumplimiento de las políticas, lineamientos, metodologías, estándares y procedimientos de las tecnologías de la información, que apliquen al Instituto. Todo esto para el desarrollo de una gestión eficaz que interopera de manera segura con las demás entidades del estado y con los ciudadanos. Además, lidera y garantiza la infraestructura tecnológica, los sistemas de información y los datos, entre los que se encuentran el Sistema Nacional Catastral - SNC, el Sistema Nacional de Información Catastral - SINIC, el Repositorio de Datos Maestros - RDM y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales - ICDE.

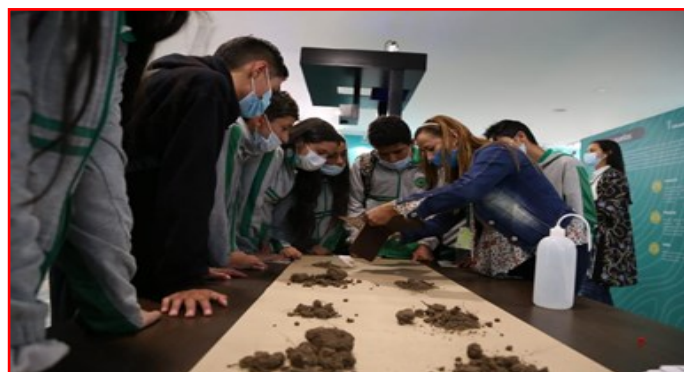


Figura 2. Actividad de capacitación en el Laboratorio Nacional de Suelos

Por último, el IGAC cuenta con sedes territoriales que están al servicio de la comunidad para atender sus trámites y solicitudes, agilizar procesos y adelantar proyectos que permitan la gestión catastral y geográfica del país. Además cuenta con su oficina central, donde se presta atención al ciudadano a nivel nacional y tiene las puertas abiertas para que los colombianos disfruten de los Museos Nacionales de Geografía y Cartografía, y Suelos de Colombia.

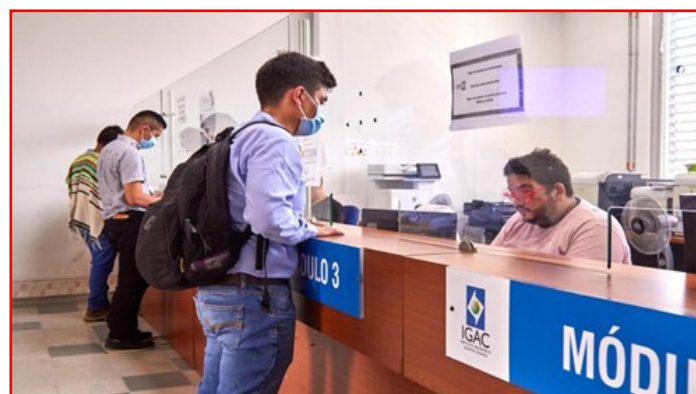


Figura 3. Taquilla de atención al público

Todos los servicios que el IGAC pone al servicio de la gente, se encuentran a la vanguardia de las dinámicas digitales y tecnológicas para facilitar la consulta y uso de la información que se produce en el Instituto; gracias a las aplicaciones web y plataformas desarrolladas como lo son Colombia en Mapas, Tienda Virtual de libros y mapas, Colombia OT y Ventanilla VIVI, para que los usuarios accedan de manera gratuita y a la mano de un clic (Figura 3).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
(Para más información: contactenos@igac.com.co)

FRANCISCO JOSE DE CALDAS Y LA GEODESIA DE COLOMBIA

La vida de Francisco José de Caldas estuvo marcada por las condiciones y circunstancias de la ciencia del siglo XVIII y las acciones por la independencia de Colombia durante el comienzo del siglo XIX. Conocido como *El Sabio*, se ha estudiado a Caldas como cartógrafo, astrónomo, botánico, meteorólogo, geógrafo, periodista, militar e ingeniero, sin embargo, queda aún profundizar en su obra geodésica.

Sin exagerar, se puede afirmar que Caldas fue un erudito, en la época en que era normal que los científicos dominaran diferentes disciplinas, donde Alexander Von Humboldt es el ejemplo más sobresaliente. Así, se podría señalar una analogía entre ambos, y afirmar que fueron científicos destacados: Humboldt, desde el aspecto académico; Caldas, como autodidacta.

Caldas viene a ser el *ilustre Padre de la Geodesia Colombiana*, según menciona Francisco Javier Vergara y Velasco en su detallada obra, "Introducción al estudio de la Geografía de Colombia", Bogotá, 1890 (1).

Caldas nace en la ciudad de Popayán, suroccidente de Colombia, el 4 de octubre de 1768. Sus primeros conocimientos los obtuvo de José Félix Restrepo en la ciudad de Popayán, quien lo instruyó en las ideas básicas de Física, Aritmética, Geometría, Álgebra y Trigonometría y, posteriormente, su inclinación por la Astronomía y las Matemáticas (2). En 1788 se dirigió a Santa Fe de Bogotá para estudiar Jurisprudencia en la Universidad del Rosario. Luego de abandonar sus estudios debido al mal estado de su salud; se dedica a las actividades del comercio, a la vez que comienza con la inquietud de adquirir los conocimientos que le permitan dominar diferentes ciencias.

Observando el estado de la Geodesia durante aquel tiempo, Caldas desarrolla sus estudios y proyectos cuando aquella comienza a estructurarse en Europa. Escribió aproximadamente doscientas cartas, en las que publica gran parte de los resultados, así como en otras publicaciones periódicas como el *Semanario de la Nueva Granada* y el *Correo curioso de Santa Fe de Bogotá*. Precisamente, una de las primeras veces que Caldas se refiere a la Geodesia, lo hace en una carta dirigida a Santiago Pérez de Arroyo el 20 de enero de 1801: "Siento que el trabajo de tres meses, de un cúmulo espantoso de observaciones astronómicas, geodésicas, odepóricas se hayan quedado en la oscuridad sin uso" (3).

Para 1801, y durante seis años inmerso en la Geodesia, ha posicionado un grupo de puntos en las poblaciones de Timaná, Neiva, Santa Fe, Popayán y sitios intermedios (centro y suroccidente de Colombia). Siendo director del Observatorio Astronómico de Bogotá, determina la meridiana materializada por una franja de plomo. Establece las altitudes de los cerros Monserrate y Guadalupe. Para el caso de la altitud del cerro Guadalupe, en carta dirigida a Antonio Arboleda el 6 de octubre de 1801, señala que, al comparar su resultado con el obtenido por Humboldt, observa una diferencia de apenas 6 toesas (una toesa equivalente a 1,946 m).

Caldas inicia las observaciones de latitud en Popayán. Utiliza la triangulación. Observa la declinación de la brújula. Compara sus cálculos de latitud con los obtenidos por otros científicos, por ejemplo, con los resultados de Bouguer. Determina longitudes por medio de los eclipses de luna (5) y de los satélites; y estudia las refracciones astronómicas.

Una gran invención de Caldas fue el hipsómetro para determinar, un nuevo método, las elevaciones sobre el nivel del mar a partir de la temperatura de ebullición del agua. Vincula la Geodesia con la Botánica por medio de la relación entre la altitud y la distribución de las especies (6). Mostró Caldas gran preocupación por el avance y divulgación de la ciencia, cuando suelta la frase: "Fundemos escuelas de Matemáticas, cultivemos la Astronomía y los ramos que dependen de ella..." (3).

Con el fin de comprobar la calidad de sus cálculos, en agosto de 1801 le deja a Humboldt en Popayán, los resultados de la determinación de la longitud de esta ciudad. Humboldt admira los resultados obtenidos por Caldas, al no sobrepasar en cuatro segundos ambas determinaciones. Asimismo, Caldas se maravilla con la similitud de la comparación de sus resultados con los obtenidos por aquel durante la determinación de alturas en Santa Fe, Popayán, Pasto, Chota, Ibarra y Quito, según carta dirigida a Antonio Arboleda el 21 de enero de 1802.

Para 1801, espera la llegada y el encuentro con Humboldt, de quien ansía recibir modernos conocimientos geodésicos, incluyendo el manejo de instrumentos de mayor precisión. Este histórico encuentro se realizará el 31 de diciembre de 1801 en Ibarra (Ecuador).

Uno de los grandes proyectos geodésicos y cartográficos, lo presenta cuando estima el levantamiento de un conjunto de observaciones para la elaboración de la carta correcta de todo el Virreinato de la Nueva Granada (carta del 15 diciembre de 1798). Considera la remediación de posiciones ya determinadas por otros autores, y realiza la corrección posicional de la Villa de Timaná, corrigiendo la obtenida por Lucas Fernández de Piedrahita. Elabora el perfil de los Andes desde Loja hasta Quito y el mapa del río Magdalena desde Jagua hasta Honda.

Construye algunos instrumentos de medición, incluyendo un cuarto de círculo para sus observaciones de acuerdo con las láminas estudiadas en el libro de Observaciones Astronómicas de Jorge Juan (4).

Por otro lado, es tan significativa la preocupación de Caldas por la realización de sus observaciones que, en carta dirigida a Santiago Pérez de Arroyo el 5 de enero de 1799, escribe: "¡que dolor para mí ver salir a Júpiter rodeado de sus lunas rodar sobre mi cabeza, tener todo lo necesario, y no poder observar un solo eclipse por falta de unas tablas astronómicas!". Luego, con el *Almanaque Náutico del Observatorio de San Fernando, España*, inicia las determinaciones de las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter.

Finalmente, entendiendo a la Geodesia como la ciencia que estudia la forma, el tamaño y el campo de gravedad de la Tierra (<https://iag-aig.org/geodesy/>), se demuestra que Francisco José de Caldas, viene a ser el Padre de la Geodesia colombiana. Además, junto a Humboldt y José Celestino Mutis definen el avance de la ciencia en Colombia a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. Como dato de interés, es importante señalar que durante esta misma época, la expedición de Joaquín Francisco Fidalgo levanta las hermosas cartas y planos de las costas de Cartagena.

Desde luego, inmenso fue el aporte de Caldas a la Geodesia en Colombia por medio de observaciones y mediciones con instrumentos, muchas veces, contruidos por él. Por tanto, este corto documento no alcanza para solo nombrar y menos analizar cada uno de sus contribuciones a la Geodesia y a otras geociencias. Caldas busca siempre la mayor perfección de sus trabajos, lo que en Geodesia se denomina exactitud, cuando, por ejemplo, aplica las correcciones y compara sus observaciones y resultados con las generadas por otros autores.

Se puede decir que se dieron tres motivos o hechos que dejaron una remarcada huella en el quehacer geodésico de Caldas: en primer lugar, la influencia y apoyo de José Celestino Mutis, luego la llegada de Humboldt a la Nueva Granada y la Expedición de la Academia Francesa de Ciencias al Ecuador para resolver el problema de la figura de la Tierra, que mantenía enfrentados a los newtonianos y a los Cassini. Para 1800, apenas han transcurrido cerca de cincuenta años de la publicación de la obra que influyó sobre él, "Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de su majestad en los reinos del Perú" (4), de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Así, Caldas muestra su admiración por la obra de Jorge Juan con estas maravillosas palabras: "Mi guía en medio de las densas tinieblas que me rodeaban".

Caldas muere fusilado en Bogotá durante la Guerra de Independencia, el 29 de octubre de 1816, luego de participar en las luchas liberadoras de la Nueva Granada, lo que lo convierte además, en un mártir y prócer colombiano.



Figura 1. Francisco José de Caldas. Óleo sobre lienzo, Academia Colombiana de Historia, Bogotá

Fuentes consultadas:

1. Francisco Javier Vergara y Velasco: *Introducción al estudio de la Geografía de Colombia*, Bogotá, 1890.
2. Zenobio Saldívia: *Francisco José de Caldas, entre la Astronomía y la Botánica en los inicios de la República de Colombia*, Chile, 2017.
3. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: *Cartas de Caldas*, Bogotá, 1978.
4. Jorge Juan, Antonio de Ulloa: *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de su majestad en los reinos del Perú*, Madrid, 1748.
5. Francisco José de Caldas: *Observación del eclipse total de Luna del 9 de mayo de 1808, hecha en el Observatorio Astronómico de Santa Fe de Bogotá*, *Semanario de la Nueva Granada*, París, 1849.
6. Francisco José de Caldas: *Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador*, *Anales de ingeniería*, 1896.

José Napoleón Hernández

Jubilado del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar

HABLEMOS DE NIVELACIÓN CON GNSS

Con el desarrollo de modelos geoidales de alta resolución y de mejor exactitud vertical, el potencial de la Nivelación GNSS es cada vez mayor, no solo por la exactitud de sus resultados, sino también por su alto rendimiento operacional. Sin embargo, esta técnica sigue siendo subutilizada o en muchos casos desconocida.

En el mundo geodésico es comúnmente conocido que, para que las alturas elipsoidales h derivadas del GNSS tengan algún significado físico en una aplicación ingenieril, deben transformarse en alturas ortométricas H y para poder convertir h , en H , se debe conocer la diferencia de altura entre ambas superficies en cada punto, esto es la ondulación del geode: N , es decir que:

$$H = h - N \quad (1)$$

A partir de esto, surge la interrogante ¿por qué usar GNSS? ¿En qué consiste la nivelación con GNSS? La Nivelación GNSS consiste en determinar (medir y calcular) H , en una o varias estaciones rover, a partir de la H conocida en la base. Para ello, se deben determinar las alturas elipsoidales en cada estación (rover y base) mediante GNSS de alta precisión. El uso conjunto de observaciones GNSS y ondulaciones geoidales, representan una alternativa potencialmente útil como auxilio a la nivelación clásica ya que reduce el tiempo, los costos, el recurso humano requerido y a esto debe agregarse que las mediciones derivadas de observaciones GNSS son reconocidas por su alta precisión y los modelos geoidales están determinados cada vez con mayor calidad.

Conociendo que:

Hr = Altura ortométrica en todos los rovers a ser determinada por nivelación GNSS.

Hb = Altura ortométrica conocida en la base GNSS.

hr = Altura elipsoidal medida por GNSS en todos los rovers.

hb = Altura elipsoidal medida por GNSS en la base.

Nr = Ondulación geoidal interpolada en todos los rovers.

Nb = Ondulación geoidal interpolada en la base.

Se realiza la siguiente estimación:

$$Hr - Hb = (hr - hb) - (Nr - Nb) \quad (2) \quad (\text{Torge W., Muller J. 2012})$$

Despejando Hr:

$$Hr = (hr - hb) - (Nr - Nb) + Hb \quad (3) \quad (\text{Hofmann-Wallenhof, B., Moritz H. 2005})$$

Los trabajos e investigaciones realizadas por Palacios-Orejuela y Arellano-Pérez (2022); Enriquez y Cárdenas (2019); Faure y Barbato (2004) entre muchos otros demuestran que la utilización del GNSS para determinación de alturas es cada vez más aplicada ya que está orientado a aumentar la operatividad en trabajos de producción de la ingeniería geodésica, geomática y afines, siendo útil en aquellas aplicaciones donde las tolerancias lo permitan.

De la misma forma, estudios realizados en los Estados Unidos de América y en más de 200.000 líneas de Nivelación GNSS, con líneas base que varían entre 9 km y 4.550 km, reportan resultados de orden milimétrico en más del 50% de la muestra y resultados centimétricos en un 95% (Suárez H. 2022).

Si te interesa conocer más sobre este y otros temas útiles y versátiles del mundo geodésico actual, te invitamos a participar e interactuar gratuitamente en nuestras actividades, visitando nuestros medios digitales, como SIGGMAXYZ y www.siggma.world

¡Sigán conectados con nosotros!

Referencias

- * Enriquez D; Cárdenas S. (2019). Validación del método de nivelación GPS en el Ecuador continental, mediante el análisis de variación de Ondulación Geoidal. Reista Geográfica Venezolana Vol 62. Pág 316-329. ISSNe 2244-8853 ISSNp 1012-1617.
- * Faure J., Barbato F. (2004). Nivelación GPS sobre la Red CDM de Montevideo. Programa: Jóvenes Investigadores, CSIC
- * Hofmann-Wallenhof, B., Moritz H. (2005). Physical Geodesy. New York: SpringerWien-New York. (Pág. 171-772).
- * Palacios-Orejuela I., Arellano-Pérez K. (2022). Obtaining leveled heights by GPS leveling. Case study: - Morona – Ecuador. Uniciencia Vol. 36(1), pp. 1-13, January-December, 2022. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.26>
- * Suárez H. (2022). Nivelación GNSS y su potencial <https://siggma.world/blog/>.
- * Torge W., Muller J. (2012). Geodesy. 4th Edition. Walter de Gruyter. Berlin/Boston. (Pág. 256-257).

Equipo SIGGMA

EN POCAS PALABRAS.....

- ◆ **Becas:** El IPGH invita a participar por una de las 8 BECAS que serán otorgadas para el Diplomado en Análisis de Información Geoespacial del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial - "CentroGEO". Pueden aplicar Nacionales de los Estados Miembros del IPGH con nivel de licenciatura o estudios superiores (hay requisitos adicionales). Interesados consultar en: proyectos@ipgh.org o visitar <https://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/Convocatoria-beca.pdf>
- ◆ **Evento en Costa Rica:** El Colegio de Ingenieros Topógrafos de Costa Rica invita al "XVI Congreso Internacional de Topografía, Catastro, Geodesia y Geomática", durante los días 22, 23 y 24 de septiembre, en modalidad presencial en San José, Costa Rica. Para este año, el tema central del Congreso será la "Topografía 4.0 ... Principio y Fin". Más información en : <https://colegiotopografoscr.com/cit2022/>
- ◆ **REFAG 2022:** El Simposio internacional de IAG sobre marcos de referencia para aplicaciones en geociencias se celebrará en Salónica, Grecia, del 17-20 de octubre de 2022. Su objetivo es reunir a expertos del mundo académico, autoridades públicas y el sector privado con jóvenes científicos y estudiantes, para discutir los logros actuales y las perspectivas futuras de los marcos de referencia geodésicos y sus implicaciones científicas y económicas. Para mas información visita el sitio web: refag2022.org.
- ◆ **SIGGMA invita:** La Sociedad de Ingenieros Geodestas, Geomáticos y Agrimensores de Venezuela invita a las II Jornadas de Ingeniería Geodésica Aplicada 2022, las cuales se efectuarán en formato virtual durante el mes de octubre 2022, para mas información: info@siggma.world

Geom@il es una publicación digital con fines de divulgación técnica y científica, sin intereses comerciales o políticos. Para comunicarse con sus editores o enviar contribuciones por favor dirigirse a:

geomailedit@gmail.com

Para consultar o descargar ediciones anteriores de **Geom@il**, visite:

<https://siggma.world/> o
<http://geomailblog.wordpress.com/>



Comité Editorial:

- ◆ Melvin J. Hoyer R., Coordinador
- ◆ José Napoleón Hernández
- ◆ Darwins Cortés

Colaboración especial en este número:

- ◆ Héctor Mora
- ◆ Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- ◆ José Napoleón Hernández
- ◆ Sonia Costa
- ◆ Equipo SIGGMA

Cada autor(es) es responsable del contenido y uso de figuras, textos y nombres comerciales o registrados, en los artículos publicados en esta edición de Geom@il .