



Simposio



Servicio Geológico Colombiano

100 años

de producción científica al servicio de los colombianos



Memorias

27 de junio al 1.º de julio de 2016

Centro Empresarial y Recreativo El Cubo
Carrera 30 n.º 52-77 · Bogotá · Colombia



**Simposio Servicio Geológico Colombiano:
100 años de producción científica al servicio de los colombianos**

Memorias



**Simposio Servicio Geológico Colombiano:
100 años de producción científica al servicio de los colombianos
Bogotá, 27 de junio al 1º de julio del 2016**

Memorias





Servicio Geológico Colombiano
Consejo Directivo

Germán ARCE ZAPATA
Ministro de Minas y Energía

Elsa Margarita NOGUERA DE LA ESPRIELLA
Ministra de Vivienda, Ciudad y Territorio

Yaneth GIHA TOVAR
Directora General
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

Orlando VELANDIA SEPULVEDA
Presidente Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)

Silvana HABIB DAZA
Presidenta
Agencia Nacional de Minería (ANM)

Carlos Iván MÁRQUEZ PÉREZ
Director General
Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)

Vicealmirante Pablo Emilio ROMERO ROJAS
Director General
Dirección General Marítima (Dimar)
Representante del Presidente de la República

Directivos

Oscar PAREDES ZAPATA
Director General

Juan Carlos MALAGÓN BASTO
Secretario General

Alberto OCHOA YARZA
Director de Geociencias Básicas

Gloria PRIETO RINCÓN
Directora de Recursos Minerales

Marta Lucía CALVACHE VELASCO
Directora de Geoamenazas

Jackson Fernando MOSOS PATIÑO
Director de Asuntos Nucleares

Héctor Manuel ENCISO PRIETO
Director de Laboratorios

Margarita BRAVO GUERRERO
Directora de Gestión de Información

María Esperanza PÉREZ PÉREZ
Jefe de la Oficina de Control Interno

David Felipe FRANCO SANTAMARÍA
Jefe de la Oficina Asesora Jurídica

Edición
Jorge GÓMEZ TAPIAS

Diseño editorial
Andrés Leonardo CUÉLLAR VELÁSQUEZ

Bogotá, Colombia
2016

Contenido

Historia del Servicio Geológico Colombiano	9
Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos	11
Objetivos del <i>Simposio</i>	11
Redes sociales	12
Inscripciones e ingreso al <i>Simposio</i>	12
Idiomas oficiales	12
Equipo organizador	12
Comité científico	13
Sede del <i>Simposio</i>: Centro Empresarial y Recreativo El Cubo Colsubsidio	14
Keynote speakers	17
1. Dra. Adriana OCAMPO URÍA	17
2. Prof. Stan FINNEY	18
3. Prof. Matthias BERNET	19
4. Prof. em. Roland OBERHÄNSLI	20
5. Prof. Camilo MONTES RODRÍGUEZ	21
6. Dr. Philippe ROSSI	22
7. Dr. Andrés MORA BOHÓRQUEZ	24
8. Dr. Armando ZAMORA	28
9. Prof. Brian K. HORTON	29
10. Dr. Carlos JARAMILLO MUÑOZ	30
11. Dr. David B. SMITH	31
12. Dr. Alecos DEMETRIADES	33
13. Dr. Tom L. MURRAY	42
Agenda del <i>Simposio</i>	43
Resúmenes	49
Jorge GÓMEZ TAPIAS	49
Dr. Renato CORDANI	52
Dra. Gloria PRIETO RINCÓN	54
Dra. Marta Lucía CALVACHE VELASCO	60
Orlando CUEVAS MARÍN	61
Alberto OCHOA YARZA	62
Dr. Jaume de PORTA I VERNET	64
Dra. Leda Maria FRAGA BARRETO	66
Fernando MOSOS PATIÑO	67
Mary Luz PEÑA URUEÑA	67
Gabriel RODRÍGUEZ GARCÍA	68
Héctor Manuel ENCISO PRIETO	69
Jorge Iván LONDOÑO ESCOBAR	69
Diana María MONTOYA ARENAS	70
Giovanni MORENO SÁNCHEZ	70

Dr. Fernando ETAYO SERNA	71
Nohora Emma MONTES RAMÍREZ	71
Dr. Jaime Arturo ROMERO LEÓN	72
Bernardo PULGARÍN ALZATE	73
Frank SOLANO SAAVEDRA	74
Sergio AMAYA FERREIRA	75
Claudia María ALFARO VALERO	75
Hugo Jesús CAÑAS CERVANTES	77
Roberto TERRAZA MELO	78
Dra. Viviana DIONICIO LOZANO	79
Héctor MORA PÁEZ	80
Marco Antonio RINCÓN MESA	80
Ismael Enrique MOYANO NIETO	82
Dr. Hildebrando LEAL MEJÍA	82
Gloria Lucía RUIZ PEÑA	83
María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE	92
Cristian LÓPEZ VÉLEZ	93
María Mónica ARCILA RIVERA	94
Gloria Patricia CORTÉS JIMÉNEZ	96
XXII Asamblea General Ordinaria de la ASGMI	97
Otros invitados internacionales	98
Dra. Suzette KIMBALL	98
30 años de la vulcanología en Colombia	99
Exposición fotográfica	
<i>Una ventana al mundo de los volcanes de Colombia:</i>	
<i>100 momentos de sublime belleza</i>	99
Exposición fotográfica	
<i>Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ</i>	
<i>en el Servicio Geológico Nacional</i>	101
Libro	
<i>El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016:</i>	
<i>Cien años al servicio de Colombia</i>	104
Excursión de campo	
<i>Historia geológica de los Andes colombianos</i>	
<i>en los alrededores de Ibagué</i>	106
Líderes de la excursión de campo	106
Generalidades de la excursión de campo	107
Descripción de las actividades	108
Itinerario	110
Referencias	110
Fotografías	111
Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016	
en español de América	114

Historia del Servicio Geológico Colombiano

El conocimiento y la comprensión de los fenómenos geológicos que dieron origen al territorio de una nación son indispensables, ya que además de satisfacer la lógica curiosidad humana, son vitales para la supervivencia, la prosperidad social y el desarrollo económico de una nación, razón por la cual los estados incluyen entre sus objetivos generar este conocimiento.

Con este pensamiento y debido a que durante la Primera Guerra Mundial Colombia enfrentó dificultades para obtener materias primas minerales, especialmente hierro y carbón, que entonces se importaban para la incipiente industria nacional y para el funcionamiento de los ferrocarriles, el Gobierno Nacional decidió crear, en diciembre de 1916, una institución que explorara el territorio en busca de yacimientos minerales. Esta institución fue la Comisión Científica Nacional (1916–1938) que ajustándose a los requerimientos y necesidades del país, fue reorganizándose y adquiriendo nuevos compromisos, pero manteniendo siempre las funciones básicas, como son el levantamiento del mapa geológico nacional y la exploración de recursos mineros, que han sido y serán una de las razones de ser de la institucionalidad geocientífica.

Los requerimientos de conocimiento geocientífico y el nuevo desabastecimiento de materias primas minerales, ocasionado por la Segunda Guerra Mundial y la posguerra, llevaron a la organización del Servicio Geológico Nacional (1938–1968), que recibió los conocimientos de la Comisión Científica Nacional y asumió el reto de crear una geología nacional, la publicación del primer mapa geológico oficial del territorio colombiano y la creación de un museo geológico nacional, este último organizado y dirigido por el geólogo español José ROYO Y GÓMEZ, en cuyo honor el museo lleva su nombre.

Paralelamente con la reorganización del Servicio Geológico Nacional, el Gobierno colombiano creó el Instituto de Fomento Industrial (IFI) que debía impulsar proyectos para el desarrollo industrial del país. La colaboración entre estas dos instituciones del estado permitió, en la década de los años cincuenta, liderar proyectos de industrialización como la fundación de Acerías Paz del Río, la creación de una industria cementera nacional y la Planta de Soda de Zipaquirá.

Hasta 1951, cuando se creó Ecopetrol, fue responsabilidad del Servicio Geológico Nacional evaluar los informes técnicos rendidos por las compañías petroleras cuando solicitaban una concesión o adelantaban trabajos de exploración y explotación.

Otros aportes al desarrollo y crecimiento económico del país fueron el hallazgo de yacimientos de fertilizantes, calizas, hierro, carbón y la exploración inicial que más tarde condujo al descubrimiento de los carbones de El Cerrejón. También son ejemplos de la contribución del Servicio Geológico Nacional al progreso de Colombia los estudios básicos para la construcción de hidroeléctricas y el trazado de carreteras y vías férreas.

Las dificultades de abastecimiento de agua en muchas regiones y localidades colombianas llevaron a la Institución a desarrollar un área de hidrogeología fuerte; gracias a ella muchos municipios colombianos pueden contar con agua potable.

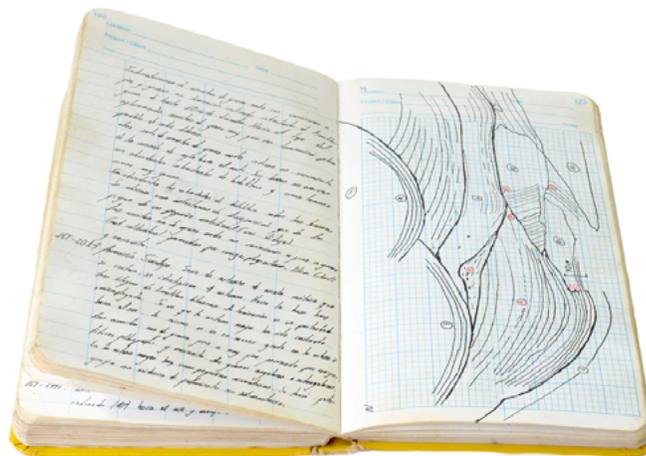
En 1968 la gran reforma del Estado colombiano que dio origen a los institutos descentralizados del orden nacional condujo a la integración del Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero Nacional (creado en 1963) y el Laboratorio Químico Nacional, organizado en 1928 como apoyo a las investigaciones geológicas-mineras, en el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (Ingeominas), sigla que se mantuvo hasta el año 2011 cuando se transformó en el Servicio Geológico Colombiano.

El sismo de Popayán en 1983 y la erupción del Nevado del Ruiz en 1985, que ocasionaron gran pérdida de vidas humanas y daños materiales incalculables, llamaron la atención del Gobierno Nacional sobre la necesidad de estudiar las amenazas naturales de origen geológico y sus efectos sobre la población y la infraestructura. Estos sucesos condujeron a que Ingeominas asumiera el estudio y prevención de toda clase de riesgos geológicos, organizándose los observatorios vulcanológicos en Manizales, Popayán y Pasto, la Red Sismológica Nacional, la Red Nacional de Acelerógrafos y la Red Nacional de Estaciones GNSS para investigaciones geodinámicas.

Con la liquidación del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA), heredero del antiguo Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), le transfirieron a Ingeominas las funciones de regulación y manejo de los materiales nucleares y radiactivos, así como el manejo y utilización del único reactor con que cuenta el país, conocido como IAN-R1.

La más reciente reestructuración transformó la naturaleza del Ingeominas y le cambió el nombre al de Servicio Geológico Colombiano (SGC), definiéndolo como un Instituto de Ciencia y Tecnología, adscrito al Ministerio de Minas y Energía y haciendo parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. La misión principal de la entidad es el conocimiento geocientífico del territorio nacional, tal como fue planteado cuando se creó en 1916 la Comisión Científica Nacional.

Adicionalmente se le asignó al SGC la administración del Banco de Información Petrolera que contiene toda la información geocientífica que sobre este tema se ha levantado en Colombia, con el propósito de centralizar la totalidad de los fondos documentales de geociencias de la Nación, en una sola entidad.



Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos

Para conmemorar su centenario, el SGC va a realizar el *Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos*. El *Simposio* hace parte del cumplimiento de la política de Apropiación Social del Conocimiento contemplada en los objetivos estratégicos del *Plan de desarrollo del SGC 2014–2023*, y lo establecido por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) en la Estrategia de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en 2010.

El *Simposio* es el recuento de las actividades y productos que en forma silenciosa pero eficaz, se han generado durante los 100 años de historia del SGC, porque el esfuerzo investigativo no debe quedarse solamente en la mente de los profesionales ni en las publicaciones científicas, sino que debe trascender hacia las comunidades, para que el conocimiento se transforme en acción.

Este ha sido y continúa siendo el sentimiento primordial de la entidad del Estado colombiano responsable de las labores geológicas, que ha implementado la libre difusión de los resultados de sus trabajos empleando técnicas más modernas disponibles y brindando información de fácil acceso, consulta y actualización.

Simultáneamente con el simposio se hace reconocimiento a las entidades pares e instituciones geocientíficas gubernamentales y privadas, internacionales y nacionales, que durante este período de tiempo han contribuido, a través de convenios de cooperación, al avance del conocimiento geológico–minero, al estudio de las amenazas geológicas del país y a la implementación de técnicas de laboratorio, así como a la capacitación del personal de la Institución.

Para finalizar les queremos invitar a conmemorar con nosotros estos 100 años de la mejor forma que los geólogos lo saben hacer: hablando de geología.

Objetivos del *Simposio*

- Proporcionar un escenario adecuado para la presentación y la discusión del avance en el conocimiento geológico del territorio colombiano generado por el SGC, así como mostrar el papel y la importancia de los estudios geológicos para la sociedad. Difundir, además, las actividades y los logros alcanzados por el SGC en investigación básica y aplicada durante 100 años de labores.
- Presentar charlas magistrales de investigadores internacionales de gran trayectoria que ilustrarán los avances más recientes de las geociencias en el mundo y en Colombia, quienes pondrán en discusión temas de interés mundial.
- Generar el espacio propicio para que los geocientíficos de Colombia puedan establecer discusiones fructíferas, que lleven a plantear iniciativas regionales y nacionales en aras de mejorar las funciones del SGC.

- Llevar a cabo la XXII Asamblea General Ordinaria de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI), para ofrecer un espacio en donde los directores de los servicios geológicos del mundo puedan, de acuerdo a sus fortalezas, generar proyectos de cooperación internacional que permitan capacitar a personal técnico, intercambiar conocimiento y generar recursos para el SGC.
- Realizar la exposición fotográfica *Una ventana al mundo de los volcanes de Colombia: 100 momentos de sublime belleza*.
- Realizar la exposición fotográfica *Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ en el Servicio Geológico Nacional*.
- Realizar la excursión de campo *Historia geológica de los Andes colombianos en los alrededores de Ibagué* para los invitados internacionales y asistentes al *Simposio*.

Redes sociales

Para enterarse de las últimas noticias sobre el evento síganos en:



<https://www.facebook.com/events/692273567580817/>



<https://twitter.com/sgcol>

Información del *Simposio*:
aniversario100@sgc.gov.co



Descargue el afiche del *Simposio*:

http://www.sgc.gov.co/Noticias/archivos/Simposio_SGC-100-anos-de-produccion-cientifica-al.aspx

Inscripciones e ingreso al *Simposio*

Gracias a la masiva participación, las inscripciones fueron cerradas el 22 de abril de 2016, cuando se llegó a 1000 inscritos. No se podrá ingresar al *Simposio* sin previa inscripción; para aquellas personas que no lo pudieron hacer, la organización del *Simposio* está haciendo lo posible para hacer la transmisión por la Web.

Idiomas oficiales

Español, portugués e inglés. El *Simposio* contará con traducción simultánea inglés-español de las presentaciones. Asimismo de español-inglés para los invitados internacionales cuando las presentaciones sean en español.

Equipo organizador

Jorge GÓMEZ TAPIAS
Geólogo
Coordinador de las actividades de conmemoración del centenario del SGC
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Laura Sofía ORTIZ BLANCO
Geóloga
Secretaría general y organización de la excursión de campo
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Lisbeth FOG CORRADINE
Comunicadora social-periodista
Magíster en reportería científica
Coordinadora de comunicaciones de los 100 años del SGC
Dirección General
Servicio Geológico Colombiano

Vicente GABALDÓN LÓPEZ
Geólogo
Secretario Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI)

César Augusto MADRID MONTOYA
Geólogo
Logística
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

María Fernanda ALMANZA MELÉNDEZ
Geóloga y correctora de estilo
Edición y producción de textos
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Andrés Leonardo CUÉLLAR VELÁSQUEZ
Diseñador gráfico
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Luz Esperanza CASTIBLANCO PEÑA
Profesional en Mercadeo y Publicidad
Fotografía
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Alberto NÚÑEZ TELLO
Geólogo sénior
Guiones de los videos y exposición fotográfica *Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ en el Servicio Geológico Nacional*
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Armando ESPINOSA BAQUERO
Geólogo e historiador
Doctor en ciencias
Libro *El Servicio Geológico Colombiano 1916-2016: Cien años al servicio de Colombia*
Dirección de Geociencias Básicas
Servicio Geológico Colombiano

Mónica Alejandra GÓMEZ CORREA
Geóloga
Redes sociales
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Servicio Geológico Colombiano

Nohora Emma MONTES RAMÍREZ

Geóloga

Organización de la excursión de campo

Grupo Mapa Geológico de Colombia

Servicio Geológico Colombiano

María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE

Geóloga y volcanóloga

Organización de la excursión de campo

Dirección de Geociencias Básicas

Servicio Geológico Colombiano

Milton Iván ORDÓÑEZ VILLOTA

Topógrafo especialista en SIG

Exposición fotográfica *Una ventana al mundo de los volcanes de Colombia: 100 momentos de sublime belleza*

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales

Servicio Geológico Colombiano

Gloria Patricia CORTÉS JIMÉNEZ

Geóloga y volcanóloga

Exposición fotográfica *Una ventana al mundo de los volcanes de Colombia: 100 momentos de sublime belleza*

Coordinadora del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales

Servicio Geológico Colombiano

Fernando Alirio ALCÁRCEL GUTIÉRREZ

Geólogo

Ilustración técnica y logística

Grupo Mapa Geológico de Colombia

Servicio Geológico Colombiano

Fradnedy Andrés RAMÍREZ GARCÍA

Gestor de contratación

Dirección de Geociencias Básicas

Servicio Geológico Colombiano

Comité científico

Jorge GÓMEZ TAPIAS

Coordinador Grupo Mapa Geológico de Colombia

Alberto OCHOA YARZA

Director de Geociencias Básicas

Gloria PRIETO RINCÓN

Directora de Recursos Minerales

Marta Lucía CALVACHE VELASCO

Directora de Geoamenazas

Jackson Fernando MOSOS PATIÑO

Director de Asuntos Nucleares

Héctor Manuel ENCISO PRIETO

Director de Laboratorios

Margarita BRAVO GUERRERO

Directora de Gestión de Información

Vicente GABALDÓN LÓPEZ

Secretario Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI)

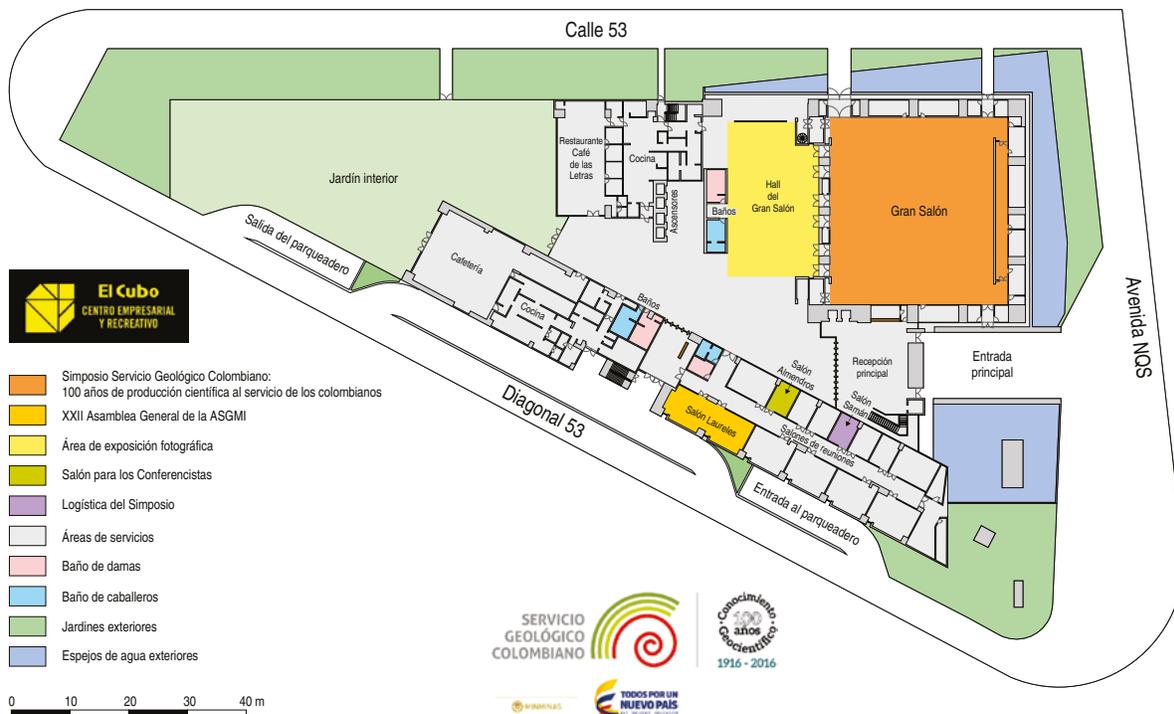
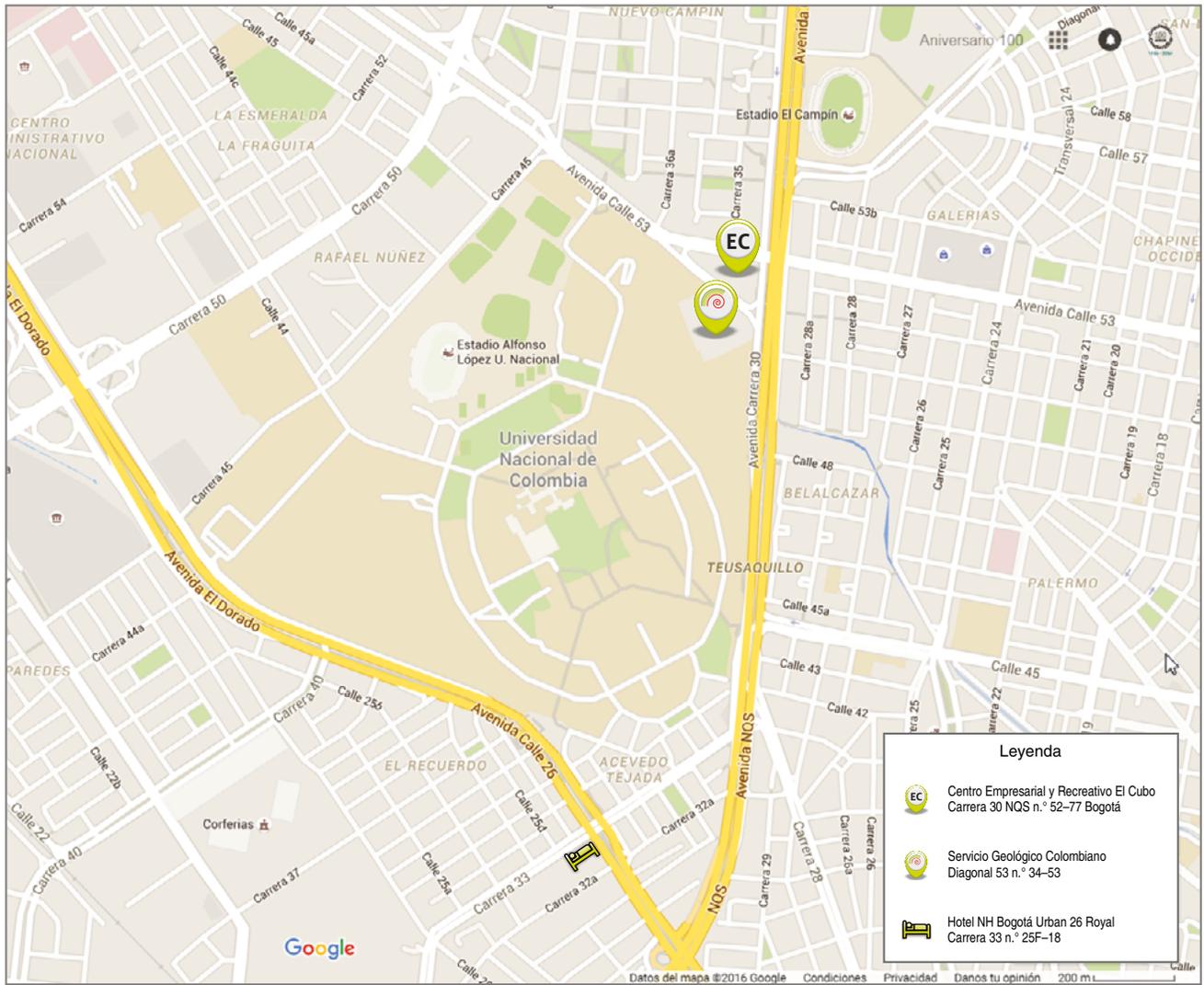
Sede del *Simposio*: Centro Empresarial y Recreativo El Cubo Colsubsidio

El Centro Empresarial y Recreativo El Cubo Colsubsidio está ubicado en la carrera 30 con calle 53 en la zona central de Bogotá, al lado de la Sede Central del SGC. Cuenta con más de 32 016 m² de área construida, brinda espacios amplios, cómodos y agradables, que incorporan energías alternativas. El Cubo Colsubsidio es el espacio ideal para el desarrollo del *Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos*.

El *Simposio* tendrá lugar en el Gran Salón y la XXII Asamblea General Ordinaria de la ASGMI se desarrollará en el Salón Laureles. En el Hall del Gran Salón se realizarán las exposiciones fotográficas *Una ventana al mundo de los volcanes de Colombia: 100 momentos de sublime belleza y Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ en el Servicio Geológico Nacional*.



El Cubo de Colsubsidio





Conocimiento
100 años
Geocientífico
1916 - 2016



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS



Simposio

Servicio Geológico Colombiano
100 años
de producción científica
al servicio de los colombianos

27 de junio al 1° de julio de 2016
Centro de Convenciones y Exposiciones
del Servicio Geológico Colombiano



SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



MINMINAS



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS



Keynote speakers

La organización del *Simposio* ha invitado diferentes especialistas de talla mundial que abarcan diversas ramas de la geología, cuyas charlas serán de 50 minutos con 10 para preguntas, en un horario estelar que permita la asistencia de todos los inscritos.



1. Dra. Adriana OCAMPO URIA

Science Program Manager de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA)
Estados Unidos de América
y Colombia

La Dra. OCAMPO es *Science Program Manager* de la División de Ciencias Planetarias en las oficinas directivas de la NASA en Washington D. C. Actualmente, tiene a su cargo las misiones del Programa *Nuevas Fronteras*, que incluye las misiones *Juno* a Júpiter y *Nuevos Horizontes* que el año pasado llegó con éxito a Plutón.

La doctora OCAMPO tiene más de 30 años de experiencia en la exploración espacial y en este momento continúa sus investigaciones sobre cráteres de impacto y extinciones masivas. Hizo parte de equipo investigador que descubrió el cráter de impacto Chicxulub en la península de Yucatán en 1988.

En 1992 fue nombrada como Mujer del Año en Ciencia por la *Comisión Femenil* de Los Ángeles. En noviembre de 2002 fue seleccionada por la revista *Discovery* entre las 50 mujeres más importantes en la ciencia.

Más información de la Dra. OCAMPO en:
<http://solarsystem.nasa.gov/people/ocampo>

Título de la presentación: Nuevos Horizontes: Exploración a los límites del Sistema Solar

Resumen

Our planetary neighborhood from its origins has had a very dynamic history. Today, we are living in extraordinary times of discovery, never before uncovered, where humans have gone so far and acquire so much knowledge of the planets that surrounds us, than ever before. Unveiling new worlds and breaking our past conception of the Solar System. We will briefly gaze at edge of our Solar System into Pluto, our last planetary outpost, via our robotic friend, the New Horizons spacecraft. Pluto continues to amaze us...

2. Prof. Stan FINNEY

Chair of the International Commission on Stratigraphy
California State University
 Estados Unidos de América

El Prof. FINNEY es el presidente de la *International Commission on Stratigraphy* (ICS) y profesor de paleontología, bioestratigrafía, geología de campo y problemáticas ambientales en el Departamento de Ciencias Geológicas de la *California State University at Long Beach* (California).

Sus principales proyectos de investigación incluyen: paleogeografía e historia tectónica de la precordillera Argentina y la extinción masiva del final del Ordovícico, además trabaja activamente en temas como paleobiología y bioestratigrafía de graptolites, y cronoestratigrafía.

El profesor FINNEY, entre 1996 y 2004, fue presidente de la Subcomisión Estratigráfica del Ordovícico, periodo en el que se aprobaron y ratificaron todas las series y los pisos del Sistema Ordovícico. Ahora, como presidente de la ICS, se destaca su participación activa en el debate acerca del “Antropoceno”, dándole mayor visibilidad a la ICS y su misión como organización científica.

Más información del Prof. FINNEY:

https://www.researchgate.net/profile/Stanley_Finney
http://web.csulb.edu/depts/geology/facultypages/finney_s.shtml
<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-executive>

El artículo “*The ‘Anthropocene’ epoch: Scientific decision or political statement?*” está disponible en:

<http://www.geosociety.org/gsatoday/archive/26/3/pdf/i1052-5173-26-3-4.pdf>

Título de la presentación: *The ‘Anthropocene’ epoch: Is it relevant for national geological surveys?*

Resumen

The proposal of an ‘Anthropocene’ epoch as a new unit of the Geologic Time Scale has received extensive coverage in both scientific and public media during the past six years. This attention arises from the desire by some for official recognition of the impact of humans on the Earth system, specifically its surface environments. However, the time units of the Geologic Time Scale are based on the chronostratigraphic units that comprise the International Chronostratigraphic Chart of the International Commission on Stratigraphy (ICS), and chronostratigraphic units are material bodies of stratified rocks. The proposal for an ‘Anthropocene’ epoch thus raises several technical questions. What is the stratigraphic content of the ‘Anthropocene’? How and where would its lower stratigraphic boundary be defined? How will strata below the boundary be distinguished from strata above the boundary? But, the most important question is what is the usefulness of the Anthropocene as a chronostratigraphic unit? Will an ‘Anthropocene’ unit be used by stratigraphers and other geologists and how will the definition of its lower boundary affect its usefulness? These are questions that national geological surveys ought to address.



It is human-induced climate change that generated the recent surge in interest in the ‘Anthropocene’ and the proponents, particularly members of the Anthropocene Working Group of the ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy, are drawn largely from the community of climate scientists. Yet, human impact is often local and under the direct control of governmental regulatory agencies including national geological surveys. These impacts include disturbances through mining of mineral and energy resources; damming and channeling of rivers; deterioration of soils, surface water, and groundwater by agriculture; coastal erosion and flooding and loss of beaches due to climate-induced sea-level rise and alteration of sediment delivery from rivers. Will adoption of an ‘Anthropocene’ epoch be of value to the work of national geologic surveys, particularly with regard to documentation of this impact and to efforts to minimize and remediate impact judged to be deleterious? I call upon national geologic surveys to consider these questions and to join in the discussions on the concept and application of the term ‘Anthropocene’.

3. Prof. Matthias BERNET

Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) de la Université Grenoble Alpes
Francia

El Prof. BERNET es geólogo, director del *Thermochronology Laboratory* del ISTerre de la Universidad Joseph Fourier y director del Master Parcours Georesources de la Universidad de Grenoble. Sus principales áreas de interés son la evolución de cinturones montañosos y cuencas sedimentarias, mediante el uso de termocronología de baja temperatura y análisis multidisciplinario de proveniencia sedimentaria.

Tiene más de 80 publicaciones y proyectos alrededor del mundo, y en los últimos años ha desarrollado diferentes proyectos de investigación en Latinoamérica con el fin de estudiar la exhumación de la parte norte y central de los Andes bajo diferentes condiciones tectónicas y climáticas. Entre los proyectos se encuentran: *Thermochronology in Colombia, Determining the geological and thermal history of the Amagá coal basin in Colombia, Volcanic activity and crustal growth in the Colombian Andes, Diachronic exhumation along— and across—strike of the Andes of Peru* y *Thermal evolution of granitic plutons during last stage Basin and Range extension in the Sonora, Mexico*.

Más información del Prof. BERNET y de sus publicaciones:

https://www.researchgate.net/profile/Matthias_Bernet

<https://www.isterre.fr/staff-directory/member-web-pages/matthias-bernet?lang=fr>

Título de la presentación: *Thermo- and geochronologic research at the Servicio Geológico Colombiano: Towards a Geologic Dating Center*

Resumen

For understanding the geological evolution of mountain belts or sedimentary basins, the formation of hydrocarbons, coal or mineral deposits, or the interactions between tectonics, climate and surface processes, we need to quantify geological processes on different time scales. The quantification should not be limited to determining the volume of rock being eroded and transported in rivers, but rather determine the rates at which mountains are eroded and sedimentary basins are filled, and how rocks cool or heat during these processes.

Thermochronological dating techniques such as fission-track, (U-Th)/He or Ar-Ar dating, and geochronological dating techniques such as U-Pb, Rb-Sr, Lu-Hf, ¹⁴C and cosmogenic radio nuclide dating, have developed into standard dating techniques. These techniques are used in laboratories around the world for determining the timing of magmatic intrusions, volcanic eruptions, mineralization of ore deposits, the timing and rates of erosion and tectonic activity in mountains and basins, and their thermal evolution, or simply for determining the provenance of sediments. Of course, the thermo- and geochronological data need to be incorporated with other available geological information from petrology, sedimentology, stratigraphy, structural geology, climate studies, paleontology, geological mapping and many others. This type of research therefore provides ample opportunities for scientific collaborations within the Servicio Geológico Colombiano (SGC) and through the RLNG with the different universities in Colombia. Furthermore, thermo- and geochronological analyses are of utmost importance for the hydrocarbon, coal and mining industries.



Until the reason past, this type of research on the Colombian geology was done mainly by foreign researchers and/or in laboratories in Europe, the United States of America or Australia, because of the lack of analytical capacities in Colombia. However, since 2010 the SGC in Bogotá has made great progress. The equipment necessary for fission-track and U-Pb dating on apatite and zircon was acquired and two laboratories of international standards were installed at the Sede CAN of the SGC. The researchers associated with the thermochronology group of the SGC gained the expertise for doing all steps from project planning, adapted sample collection in the field, sample processing including mineral separation and preparation for analysis, high quality sample analysis, data analysis, and data modelling and interpretation. Through training of researchers in Bogotá and Grenoble, the independent control of sample analyses by external experts, and the presentation of research results at international scientific meetings and publications in international research journals, the SGC thermo- and geochronology laboratories have the attested quality to produce reliable results and perform world-class research.

At the 100th anniversary of the SGC, I will present as an example from the many ongoing research projects at the SGC at the moment some of the work that has been done on the present-day exhumation signal in the Eastern Cordillera and the Paipa volcanism. However, the work that has been done so far is only one step forward into the future. The development that started in 2010 needs to continue, extending the now existing analytical capacities and expertise in fission-track and U-Pb dating with compatible dating techniques such as (U-Th)/He and Ar-Ar dating, and to finalize the ¹⁴C laboratory at the SGC. With the development of a Geological Dating Center at the SGC in Bogotá, Colombia is becoming a leader in Latin America for geological research, the training of young researchers, and service to the community, which will not be limited to Colombia alone.

4. Prof. em. Roland OBERHÄNSLI

President of the International Union of Geological Sciences (IUGS)

Institute for Earth & Environmental Sciences, Potsdam University, Alemania



El Prof. OBERHÄNSLI actualmente es el presidente de la IUGS, además se ha desempeñado como profesor en el Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de la Universidad de Potsdam por más de 20 años.

Ha sido Presidente de la *Sub-commission on Magmatic and metamorphic maps* de la *Commission of the Geological Map of the World* (CGMW), Secretario General del *International Lithosphere Program* (ILP) y Vicepresidente del *German Scientific Drilling Consortium* (GESEP).

Con más de 150 artículos científicos publicados, el Prof. OBERHÄNSLI ha desarrollado investigaciones en áreas relacionadas con petrología metamórfica e ígnea, geodinámica y proyectos de cartografía geológica alrededor del mundo.

Entre sus investigaciones se destacan estudios realizados acerca de las condiciones de estabilidad y asociaciones de diferentes minerales metamórficos en Los Alpes, así como trabajos sobre evolución metamórfica y geodinámica en Alemania, China, Italia y Turquía, y regiones como Los Alpes, el este africano y Oriente Medio.

Más información del Prof. OBERHÄNSLI:

<http://www.geo.uni-potsdam.de/member-details/show/5.html>

<http://www.episodes.org/index.php/epi/article/view/59543/46549>

Título de la presentación: *Metamorphic petrology a tool for geodynamics. Example: Anatolian Belts*

Resumen

Modern Eastern Anatolia is a high-plateau characterized by active N-S crustal shortening, mostly accommodated along strike-slip faults. Westward displacement and counter-clockwise rotation of the Anatolian block caused forming the right-lateral North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and the left-lateral East Anatolian Fault Zone (EAFZ), and recent, abundant volcanism. Due to extensive Cenozoic marine and Quaternary volcano-sedimentary covers, Tethyan palaeogeography and related tectonic settings in this region are particularly difficult to unravel, and therefore remains strongly debated.

Geophysical investigations are interpreted as the East Anatolian plateau revealing thinned or totally lacking lithospheric mantle. It is concluded that hot asthenospheric mantle gave rise to the East Anatolian plateau. These interpretations were delivered prior to the detection of various high-pressure belts in the area. According to recent works in Armenia and northernmost Eastern Anatolia, blueschists dated to Middle Cretaceous times record the accretion of the South-Armenian Block to the southern Eurasian margin, now separated by the Sevan-Akera Suture. Further south, Late Cretaceous HP-LT metamorphism in the Bitlis Complex, belonging to a micro-continental block isolated between the South-Armenian Block and the Arabian Platform occurs.

The consequences of the Bitlis massif evolution —a cold continental block within a hot environment— for the Eastern Anatolian plateau will be discussed. Calculations of metamorphic densities and wave velocities by petrology and reinterpretation of the geophysical data available challenge the previous interpretations.

5. Prof. Camilo MONTES RODRÍGUEZ

Universidad de los Andes
Colombia



El Prof. MONTES es uno de los geólogos estructurales e investigadores más importantes de Colombia. Catalogado como el científico del 2015 según el periódico El Espectador, cuenta con decenas de publicaciones en diferentes revistas internacionales, entre las que se destaca el artículo “*Middle Miocene closure of the Central American Seaway*” publicado en abril del 2015 en la revista *Science*.

Sus investigaciones están enfocadas en la paleogeografía, la configuración tectónica a través del tiempo y cómo estos cambios afectan el clima, la circulación global y la vida en lugares como La Guajira y el istmo de Panamá.

Con base en la cartografía geológica y mediante el uso de herramientas como geocronología de circones, paleomagnetismo, termocronología de baja temperatura, geoquímica y análisis integrados de proveniencia, el Prof. MONTES busca encontrar pistas para interpretar patrones de deformación a diferentes escalas.

Más información del Prof. MONTES:

<http://www.prof.uniandes.edu.co/~cmontes/CamiloMontes/Home.html>

<http://science.sciencemag.org/content/348/6231/226>

<http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/camilo-montes-cientifico-del-ano-articulo-603679>

Título de la presentación: *Paleogeografía del noroccidente de Sur América en el Cenozoico*

Resumen

Tradicionalmente se ha responsabilizado al cierre del istmo de Panamá de la ocurrencia casi simultánea de dos grandes eventos globales: las glaciaciones del Pleistoceno y el gran intercambio biótico americano. En esta presentación analizo alternativas del desarrollo paleogeográfico del NW de Sur América usando nuevas líneas de evidencia que sugieren —entre otros eventos significativos— que el cierre del Istmo de Panamá se habría consumado más de 10 millones de años antes de lo que se pensaba. La evidencia que tradicionalmente consideraba como causa a este cierre es circunstancial: el cierre parecía haber ocurrido al mismo tiempo que el inicio de las glaciaciones y el intercambio biótico. Una alternativa interesante sugiere que el intercambio biótico ocurrió precisamente como un subproducto del inicio de las glaciaciones. El inicio de una glaciación trae normalmente condiciones áridas y desarrollo de vegetación de sabanas a Centro América y al norte de Sur América. Esto pudo haber generado un corredor por donde los mamíferos adaptados a estas condiciones pudieron haber finalmente cruzado 10 millones de años después del establecimiento del Istmo de Panamá. Ahora bien, ¿qué precipitó el inicio de las glaciaciones?

6. Dr. Philippe ROSSI

President of the Commission
for the Geological Map of the
World (CGMW)
Francia



El Dr. ROSSI es el Presidente de la *Commission for the Geological Map of the World* (CGMW), responsable del manejo y la implementación de los proyectos de mapeo de la comisión, y fue el director del *Geological Mapping Programme of France* hasta el año 2013.

Con más de 15 años de experiencia en petrología, geoquímica, metalogénesis de complejos graníticos, geodinámica y una amplia participación en proyectos de cartografía geológica a escala local y global busca, mediante la combinación de trabajo de campo y de laboratorio, enlazar el conocimiento teórico y la realidad.

El doctor ROSSI fue profesor asociado de petrología y geoquímica en la Universidad de Brasilia (Brasil), donde dirigió la investigación de la génesis de los complejos alcalinos graníticos del Mesoproterozoico, además fomentó la creación de grupos de investigación en este país y ayudó a establecer relaciones de cooperación con grupos internacionales de investigación.

En su carrera también se destacan los estudios realizados en el Batolito alcalino de Corsica, dentro del marco del proyecto del Mapa Geológico de Francia a escala 1:50 000, en donde sus investigaciones se enfocaron en la identificación de cuerpos intrusivos, la comprensión de sus relaciones y el significado de estos cuerpos en la geodinámica de la orogenia Varística europea.

En 2015 su labor fue reconocida con una mención especial en *Bulletin de la Société Géologique* de Francia, que puede ser consultada en:

<https://www.researchgate.net/publication/277622169>

Título de la presentación: *On the heuristic relationship between geology and geological mapping*

Resumen

A heuristic method is any approach to problem solving, learning, or discovery that employs a practical method. And in this sense, one can consider that the relationship between geology and geological mapping exemplifies the heuristic approach. Making our complex geological environment understandable implies depicting its image on a flat surface, be it on a paper or a screen, which is to say to simplify and reduce the Nature to a human scale representation. The history of geological maps drawings is rooted in the history of geology. Every progress and advance fed the maps, and maps have in turn participated to the progress of general knowledge. Since the early origins of Geology, geological maps, at any scale, have been associated to major discoveries.

After the first attempts at the end of 17th century, in the early 19th century were drawn the first examples of detailed geological maps covering a large region, like the Cuvier and Brongniart's (lithological) *Carte géognostique des environs* de Paris in 1810 and the (geological) *Essai sur la géographie minéralogique des environs* de Paris in 1811, or a country as the William Smith's "Big Map" of England and Wales in 1815, with part of Scotland at 1:316 800 scale. These maps illustrate the disposition of the strata in basins surrounding basements. Cuvier and Brongniart observed that the animals that had lived in the basin experienced several dramatic transitions. The sea water fossils they found in one layer of strata had completely disappeared when they looked at the layer above and in their place they found land animals and freshwater creatures, then in the layer above these in turn were replaced by other seawater creatures again... From these observations Cuvier concluded that these "revolutions" had caused the changes of species and opened a new debate.

When geologists move further from basins to map mountains belts, they faced evidence of anomalous superposition displaying older–lying above younger–formations. Two famous examples from the Alps and in Scotland exemplify how geological mapping helped to solve this paradox.

In Provence (southern French Alps), Marcel Bertrand (1884–1907) demonstrated in the famous Sainte–Baume Massif (1884) and in the Beausset highs (1887) that the abnormal superposition of strata was caused by horizontal tectonics and that these were not only local accidents, but they actually revealed the framework of the Provençal massifs. Then he applied the concept of nappes to explain the so–called double fold of Glaris (Switzerland). Soon after, A. E. Törnebohm (1888) discovered the large scale Caledonian nappe and C. W. Hayes (1893) the Variscan thrusts in the Southern Appalachians. Pierre Termier (1904) successfully extended the nappe concept to the entire Eastern Alps which suddenly lost their traditional autochthony, becoming a stack of basement and cover nappes. Termier conceived the notion of tectonic window, as deep cuts across the eastern Austroalpine tectonic lid of the orogen, where the underlying Penninic units are exposed.

In Scotland, the Moine Thrust Belt was subject of the famous geological controversy, the so–called “Highland Controversy”. In the Assynt region Lewisian gneisses obviously formed the substrate of the Torridonian sandstone west of a line (what is now known as the sole thrust), whereas east of this line, the same gneisses cover Torridonian sandstone. As soon as 1883, C. Callaway and Ch. Lapworth revealed the existence of the Moine thrust in Scotland. In 1907, Peach and Horne solved this paradox by detailed mapping and discovered that rocks in the Assynt region form an imbricate thrust belt.

Larger scale continental mapping was a first order argument that convinced Wegener (1912) to bridge the gap of oceans

and to propose intercontinental correlations and continental mobility to replace the theory of continental bridges. And Alexander du Toit (1878–948), after having mapped the entire Karoo System (1920), was able to demonstrate and follow the predicted continuation of specific features he documented in Southern Africa into the continent of South America (*A Geological Comparison of South America with South Africa*, 1927) that supported Alfred Wegener’s ideas.

Powered by the mobility concept, Emile Argand drew the first Tectonic Map of Asia (1923) and developed a new concept of map where the basic principles for a tectonic representation of the folded belts is to substitute to the chronologic information which identifies, on the geological map, the age of the formations, an information related to the orogenic events affecting them.

Nowadays, if geoscientists feel more comfortable using GSP for geocoded data, and if a pad often replaces paper, the principles of surveying techniques, data collection, and map reading have not changed drastically. On the contrary, information available to draw a map has been increasing dramatically with geophysical, geochemical and geochronological data.

The power of geological maps was fostered by data processing techniques, giving access to spatial information and access to record on the sources maps.

The geological mapping remains as a powerful tool for field geologists to decipher our environment, and provides a key tool for end users *i.e.* every geoscientists, business planners and decision makers. It, therefore, remains the place where academic and industrial research and educational purpose converge. However, as science progresses and geological maps act as a mirror of the general knowledge, they have, therefore to be periodically updated.

7. Dr. Andrés MORA BOHÓRQUEZ

Ecopetrol
Colombia



El Dr. MORA es uno de los geólogos e investigadores más destacados del área de la geología del petróleo en el país, actualmente se encuentra a cargo del área de investigación de modelamiento geológico en Ecopetrol.

Fundador y líder del reconocido proyecto del Instituto Colombiano del Petróleo (de Ecopetrol): Cronología de la deformación en las cuencas subandinas. Durante los últimos años ha dirigido sus investigaciones hacia el análisis de cuencas por medio del uso de geocronología y geología estructural, principalmente.

Es uno de los 100 científicos colombianos más citados a nivel mundial, cuenta decenas de publicaciones internacionales en revistas como: *Science*, *Geosphere*, *Precambrian Research*, *Gondwana Research*, *Lithosphere*, *Journal of South American Earth Sciences*, *Organic Geochemistry* y *Lithos*, además ha sido coeditor de boletines y publicaciones especiales como: “*Petroleum Systems of the Eastern Cordillera*”, “*Foothill Basins and Associated Llanos Basin*” (AAPG Bulletin vol. 99 n.º 8) y “*Thick-skin dominated orogens: from initial inversión to full accretion*” (Geological Society, Special Publication n.º 377).

El Dr. MORA afirma que “queda mucho por conocer, mucho por hacer, entre más avanzamos en el conocimiento se abren nuevas posibilidades de abordar nuevos retos y cuando lo que hacemos es relevante, es publicable... al publicar se evidencia el impacto que genera un investigador en la comunidad científica, se fortalece la reputación de las instituciones que representan y se ratifica el compromiso social del conocimiento”.

Más información del Dr. MORA y sus publicaciones:

https://www.researchgate.net/profile/Andres_Mora5

<http://www.aapg.org/publications/special-publications/books/details/articleid/22282/petroleum-systems-of-the-eastern-cordillera-foothill-basins-and-associated-llanos-basin#2854274-details>

<http://sp.lyellcollection.org/content/377/1>

Título de la presentación: Agua, energía, biodiversidad, terremotos y el levantamiento de los Andes del norte. Variables relacionadas en una región estratégica y con abundantes recursos

Resumen

Los Andes del norte son conocidos por sus abundantes recursos hídricos, enorme biodiversidad y por tener la mayor acumulación de petróleo en el mundo, así como por su prominente actividad tectónica y sismicidad asociada. Una pregunta importante tiene que ver con el entendimiento de cuáles fueron las principales variables que controlaron la acumulación de todas estas propiedades y de forma tan pronunciada en esta región. Para presentar hipótesis que lo expliquen, basadas en estudios de máximo rigor y múltiples publicaciones en revistas científicas, se muestra el caso de estudio de los Andes del norte, como un ejemplo de los impactos que tiene la formación de montañas en diversos procesos y elementos fundamentales para el funcionamiento de las civilizaciones modernas.

Estudios recientes sobre la historia de exhumación y levantamiento de superficie en los Andes (Parra *et al.*, 2009; Horton *et al.*, 2010a; Horton *et al.*, 2010b; Mora *et al.*, 2010a; Mora *et al.*, 2010b; Nie *et al.*, 2010; Parra *et al.*, 2010; Saylor *et al.*, 2010; Bande *et al.*, 2012; Bayona *et al.*, 2013; Saylor *et al.*, 2012; Caballero *et al.*, 2013a; Caballero *et al.*, 2013b; Delgado *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2013; Mora *et al.*, 2013a; Mora *et al.*, 2013b; Moreno *et al.*, 2013; Parra *et al.*, 2012; Ramírez Arias *et al.*, 2012; Mora *et al.*, 2014; Mora *et al.*, 2015a; Mora *et al.*, 2015b; Mora *et al.*, 2015c; De la Parra *et al.*, 2015; Reyes Harker *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2013; Horton *et al.*, 2015) han permitido alcanzar una resolución única comparada con otros orógenos a nivel mundial.

Con base en estos estudios se ha entendido que la exhumación de la cordillera Oriental ha sido episódica durante todo el Cenozoico, pero esta evolución incluye una fase más o menos continua de deformación desde el Oligoceno hasta el presente, cuyo estilo se relaciona con la herencia tectónica de un graben

Neocomiano (Mora *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 2009). Dicha deformación cenozoica tardía fue mucho más intensa desde finales del Mioceno. Así mismo, lo anterior propició un levantamiento de superficie mucho más pronunciado durante el Neógeno tardío (*e.g.* Mora *et al.*, 2008; Carrillo *et al.*, 2016). Este patrón ha influenciado de manera significativa diversos procesos que se enumeran a continuación:

- Las precipitaciones en el flanco oriental de la cordillera Oriental y la entrada de agua meteórica a los yacimientos de petróleo. Por ejemplo gracias al relieve topográfico generado durante los últimos 6 millones de años —cuya edad inicial y tasas de crecimiento fueron estimadas por van der Hammen (1973) y Wijninga (1996), más tarde revisadas por Hooghiemstra *et al.* (2006) y luego refinadas con estudios de biomarcadores (Anderson *et al.*, 2014)— las precipitaciones aumentaron por efecto del crecimiento de la topografía en el flanco oriental de la cordillera Oriental, mientras que se redujeron en la zona axial de la misma (Mora *et al.*, 2008).
- Igualmente, el levantamiento de los Andes facilitó la entrada de agua meteórica a los yacimientos del subsuelo gracias a que la topografía más alta favoreció un incremento de las cabezas hidráulicas en el orógeno. Como consecuencia, la salinidad de las aguas de formación de los reservorios disminuyó. Esto sucedió presumiblemente desde el Oligoceno, aunque el incremento de las tasas de deformación hizo que desde el Pleistoceno muchos reservorios aflorantes perdieran su conexión con las unidades correlativas en el subsuelo. Todo lo anterior ayuda a explicar la riqueza hídrica en la superficie y en los acuíferos de la cuenca Llanos y del Piedemonte Llanero.
- La edad y estilo del levantamiento de superficie y exhumación de los Andes orientales también son la causa de que haya habido una interrupción en la generación de petróleo en el Mioceno temprano, y esta es la razón principal para que en la Cuenca Llanos no haya unas acumulaciones de petróleo similares a las del Cinturón del Orinoco en Venezuela, pese a compartir los mismos reservorios y tener una evolución geológica casi idéntica (*e.g.* Mora *et al.*, 2015a; Mora *et al.*, en revisión).
- Igualmente, el estilo y la edad de la deformación parece ser el factor principal que condiciona la biodiversidad en las zonas montañosas (Graham *et al.*, en revisión). No solamente los tipos de rocas expuestas y su resistencia a la erosión, o las mayores o menores precipitaciones en un área son un condicionante. En los Andes del norte, los análisis estructurales recientes muestran que las zonas de concentración de deformación tectónica son áreas donde hay incrementos en el relieve local y estas dos variables unidas son fundamentales para la concentración de diversas especies (Graham *et al.*, en revisión). Este modo de control del origen de la biodiversidad es diferente a las influencias del levantamiento de los Andes en la diversidad de la Amazonia, por ejemplo (Hoorn *et al.*, 2010; Hoorn *et al.*, 2011; Mora *et al.*, 2010c).
- Finalmente y referente a la sismicidad en los Andes del norte, o al menos en aquellas áreas fuertemente influenciadas por la inversión tectónica, es evidente que el levantamiento más reciente y rápido de los Andes orientales de Colombia ha hecho que la deformación tectónica y sísmica se concentre en las que fueron las principales fallas del graben Neocomiano (y solamente en las principales, y en menor grado en las fallas de atajo asociadas. Ver ejemplos en Mora *et al.*, 2006; Mora & Parra, 2008; Mora *et al.*, 2009; Mora *et al.*, 2013b; Veloza *et al.*, 2012; Veloza *et al.*, 2015), mientras que otros factores como la intensidad de las precipitaciones parecen influir en los patrones de erosión y por lo tanto en los estilos de deformación a largo plazo (Mora *et al.*, 2008; Hermeston & Nemčok, 2013; Nemčok *et al.*, 2013a; Nemčok *et al.*, 2013b; Mora *et al.*, 2013a; Mora *et al.*, 2014), pero no en la localización de la sismicidad moderna.

Se documenta aquí, por lo tanto, que entender los patrones que controlan la formación de montañas es crítico para el entendimiento y cuantificación de diversos recursos y procesos que son de máxima importancia para la humanidad.

Referencias

- Anderson, V.J., Shanahan, T.M., Saylor, J.E., Horton, B.K. & Mora, A.R. 2014. Sources of local and regional variability in the MBT/CBT paleotemperature proxy: Insights from a modern elevation transect across the Eastern Cordillera of Colombia. *Organic Geochemistry*, 69: 42–51. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2014.01.022.
- Bande, A., Horton, B. K., Ramírez Arias, J. C., Mora, A., Parra, M. & Stockli, D. 2012. Clastic deposition and detrital provenance of evolving sediment source regions in the frontal Eastern Cordillera, Colombia: Implications for the sequence of Andean thrust deformation. *Geological Society of America Bulletin*, 124(1–2): 59–76. DOI: 10.1130/B30412.1.
- Bayona, G., Cardona, A., Jaramillo, C., Mora, A., Montes, C., Caballero, V., Mahecha, H., Lamus, F., Montenegro, O., Jiménez, G., Mesa, A. & Valencia, V. 2013. Onset of fault reactivation in the Eastern Cordillera of Colombia and proximal Llanos Basin; response to Caribbean–South American convergence in early Palaeogene time. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publications 377: 285–314. DOI: 10.1144/SP377.5.
- Caballero, V., Mora, A., Quintero, I., Blanco, V., Parra, M., Rojas, L.E., López Arias, C., Sánchez, N., Horton, B.K., Stockli, D.F. & Duddy, I. R. 2013a. Tectonic controls on sedimentation in an intermontane hinterland basin adjacent to inversion structures: The Nuevo Mundo Syncline, Middle Magdalena Valley, Colombia. In Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publications 377: 315–342. DOI: 10.1144/SP377.12.
- Caballero, V., Parra, M., Mora, A., López Arias, C., Rojas, L. E., Quintero, I. & Horton, B. K. 2013b. Factors controlling selective abandonment and reactivation in thick-skin orogens: A case study in the Magdalena Valley, Colombia. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publications 377: 343–367. DOI: 10.1144/SP377.4.
- Carrillo, E., Mora, A., Ketcham, R.A., Amorocho, R., Parra, M., Costantino, D., Robles, W., Avellaneda, W., Carvajal, J.S., Corcione, M.F., Bello, W., Figueroa, J.D., Gómez, J.F., González, J.L., Quandt, D., Reyes, M., Rangel, A.M., Román, I., Pelayo, Y. &

- Porras, J. 2016. Movement vectors and deformation mechanisms in kinematic restorations: A case study from the Colombian Eastern Cordillera. *Interpretation*, 4(1): T31–T48.
- De la Parra, F., Mora, A., Rueda, M. & Quintero, I. 2015. Temporal and spatial distribution of tectonic events as deduced from reworked palynomorphs in the eastern northern Andes. *AAPG Bulletin*, 99(8): 1455–1472. DOI: 10.1306/02241511153.
- Delgado, A., Mora, A. & Reyes Harker, A. 2012. Deformation partitioning in the Llanos foreland basin during the Cenozoic and its correlation with mountain building in the hinterland. *Journal of South American Earth Sciences*. 39: 228–244. DOI: 10.1016/j.jsames.2012.04.011.
- Graham, C.H., Parra, M., Mora, A. & Higuera, I., *In review*. The interplay between geological history and ecology in mountains. Submitted as a chapter in the book: *Mountains, climate and biodiversity*, Hoorn, C. & Antonelli, A. (editors).
- Hermeston, S. & Nemčok, M. 2013. Thick-skin orogen-foreland interactions and their controlling factors, Northern Andes of Colombia. In Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J.W. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publications 377: 443–471. DOI: 10.1144/SP377.16.
- Hooghiemstra, H., Wijninga, V. M. & Cleef, A.M. 2006. The paleobotanical record of Colombia: Implications for biogeography and biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93(2): 297–325.
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., Ter Steege, H., Bermúdez, M.A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartín, I., Sánchez Meseguer, A., Anderson, C.L., Figueiredo, J.P., Jaramillo, C., Riff, D., Negri, F.R., Hooghiemstra, H., Lundberg, J., Stadler, T., Sarkinen, T. & Antonelli, A. 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution and biodiversity. *Science*, 330(6006): 927–931. DOI: 10.1126/science.1194585.
- Hoorn, C., Wesselingh, F.P., ter Steege, H., Bermúdez, M.A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartín, I., Sánchez Meseguer, A., Anderson, C.L., Figueiredo, J.P., Jaramillo, C., Riff, D., Negri, F.R., Hooghiemstra, H., Lundberg, J., Stadler, T., Sarkinen, T., Antonelli, A. 2011. Origins of biodiversity: response. *Science*, 331(6016): 399–400. DOI: 10.1126/science.331.6016.399.
- Horton, B.K., Parra, M., Saylor, J. E., Nie, J., Mora, A., Stockli, D. F. & Strecker, M. 2010a. Resolving uplift of the northern Andes using detrital zircon age signatures. *GSA Today*, 20(7): 4–9. DOI: 10.1130/GSATG76A.1.
- Horton, B.K., Saylor, J.E., Nie, J., Mora, A., Parra, M., Reyes Harker, A. & Stockli, D.F. 2010b. Linking sedimentation in the northern Andes to basement configuration, Mesozoic extension, and Cenozoic shortening: Evidence from detrital zircon U–Pb ages, Eastern Cordillera, Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 122(3/4): 1423–1442. DOI: 10.1130/B30118.1.
- Horton, B.K., Anderson, V.J., Caballero, V., Saylor, J.E., Nie, J., Parra, M. & Mora, A. 2015. Application of detrital zircon U–Pb geochronology to surface and subsurface correlations of provenance, paleodrainage, and tectonics of the Middle Magdalena Valley Basin of Colombia. *Geosphere*, 11: 1790–1811. DOI:10.1130/GES01251.1.
- Jiménez, L., Mora, A., Casallas, W., Silva, A., Tesón, E., Tamara, J., Namson, J., Higuera-Díaz, C., Lasso, A. & Stockli, D. 2013. Segmentation and Growth of Foothill Thrustbelts Adjacent to Inverted Grabens: The Case of the Colombian Llanos Foothills. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publication 377: 189–220. DOI:10.1144/SP377.11.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M. R., Kammer, A., Dimaté, C. & Rodríguez, F. 2006. Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. *Tectonics*, 25: TC2010, 19p. DOI: 10.1029/2005TC001854.
- Mora, A. & Parra, M. 2008. The structural style of footwall shortcuts along the eastern foothills of the Colombian Eastern Cordillera: Differences with other inversion related structures. *CT&F Ciencia, Tecnología y Futuro*, 3: 7–21. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46530401>.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M.R., Sobel, E.R., Hooghiemstra, H., Torres, V. & Vallejo Jaramillo, J. 2008. Climatic forcing of asymmetric orogenic evolution in the Eastern Cordillera of Colombia. *GSA Bulletin*, 120: 930–949. DOI: 10.1130/B26186.1.
- Mora, A., Gaona, T., Kley, J., Montoya, D., Parra, M., Quiroz, L.I., Reyes, G. & Strecker, M.R. 2009. The role of inherited extensional fault segmentation and linkage in contractional orogenesis: a reconstruction of Lower Cretaceous inverted rift basins in the Eastern Cordillera of Colombia. *Basin Research*, 21(1): 111–137. DOI: 10.1111/j.1365-2117.2008.00367.x.
- Mora, A., Baby, P., Roddaz, M., Parra, M., Brusset, S., Hermoza, W. & Espurt, N. 2010a. Tectonic history of the Andes and Subandean zones: Implications for the development of the Amazon drainage basin. In: Hoorn, C. & Wesselingh, F. P. (editors), *Amazonia, landscape and species Evolution*. Blackwell Publishing, 1st Edition. DOI: 10.1002/9781444306408.ch4.
- Mora, A., Horton, B. K., Mesa, A., Rubiano, J., Ketcham, R. A., Parra, M., Blanco, V., García, D. & Stockli, D. 2010b. Migration of Cenozoic deformation in the Eastern Cordillera of Colombia interpreted from fission track results and structural relationships: Implications for petroleum systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 94 (10): 1543–1580. DOI: 10.1306/01051009111.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M.R., Sobel, E.R., Zeilinger, G., Jaramillo, C., Da Silva, S.F. & Blanco, M. 2010c. The eastern foothills of the Eastern Cordillera of Colombia: An example of multiple factors controlling structural styles and active tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 122: 1846–1864. DOI: 10.1130/B30033.1.
- Mora, A., Reyes, A., Rodríguez, G., Tesón, E., Ramírez Arias, J., Parra, M., Caballero, V., Mora, J., Quintero, I., Valencia, V., Ibáñez Mejía, M., Horton, B. & Stockli, D. 2013a. Inversion tectonics under increasing rates of shortening and sedimentation throughout the Cenozoic. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. (Editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publication 377: 411–442. DOI: 10.1144/SP377.6.
- Mora, A., Blanco, V., Naranjo, J., Sánchez, N., Rubiano, J., Stockli, D., Ketcham, R. A., Nemčok, M., Horton, B. K., Kammer, A. & García, D. 2013b. On the lag time between internal strain and basement involved thrust induced exhumation: The case of the Colombian Eastern Cordillera. *Journal of Structural Geology*, 52: 96–118. DOI:10.1016/j.jsg.2013.04.001.
- Mora, A., Ketcham, R.A., Higuera Díaz, I.C., Bookhagen, B., Jiménez, L. & Rubiano, J. 2014. Formation of passive-roof duplexes in the Colombian Subandes and Perú. *Lithosphere*, 6(5): 1–17. DOI:10.1130/L340.1.
- Mora, A., Casallas, W., Ketcham, R. A. Gómez, D., Parra, M., Namson, J., Stockli, D., Almendral, A., Robles, W. & Ghorbal, B. 2015a. Kinematic restoration of contractional basement struc-

- tures using thermokinematic models: A key tool for petroleum systems modelling. *AAPG Bulletin*, 99(8): 1575–1598. DOI: 10.1306/04281411108.
- Mora, A., Parra, M., Rodríguez Forero, G., Blanco, V., Moreno, N.R., Stockli, D.F., Duddy, I.R., Caballero, V. & Ghorbal, B. 2015b. What drives orogenic asymmetry in the northern Andes?: A case study from the apex of the Northern Andean orocline. In: Bartolini, C. & Mann, P. (editors), *Petroleum geology and potential of the Colombian Caribbean margin*. AAPG Memoir, 108: 191–200. DOI: 10.1306/13531949M1083652.
- Mora, A., Díaz, C., Caballero, V., González, F., Gómez, R.A., Parra, M., Villamizar, C., Ketcham, R. & Nemčok, M. *In review*. Flow of fluids, oil biodegradation and hydrodynamic traps in the Llanos basin. *AAPG Bulletin*.
- Moreno, N., Silva, A., Mora, A., Tesón, E., Rojas, L., López Arias, C., Quintero, I., Blanco, V., Castellanos, J., Sánchez, J., Osorio, L., Namson, J., Stockli, D. & Casallas, W. 2013. Limited fault inversion and the interaction between thin- and thick-skinned tectonics in foothill areas of an inverted graben. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publication 377: 221–255. DOI:10.1144/SP377.18.
- Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W. 2013a. Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion: An introduction. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publication 377. DOI: 10.1144/SP377.17.
- Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. W., editors. 2013b. *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London Special Publication 377, DOI: 10.1144/SP377.
- Nie, J., Horton, B.K., Mora, A., Saylor, J.E., Housh, T.B., Rubiano, J. & Naranjo, J.A.O. 2010. Tracking exhumation of Andean ranges bounding the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia. *Geology*, 38(5): 451–454. DOI: 10.1130/G30775.1.
- Parra, M., Mora, A., Sobel, E. R., Strecker, M. R. & González, R. 2009. Episodic orogenic front migration in the northern Andes: Constraints from low-temperature thermochronology in the Eastern Cordillera, Colombia. *Tectonics*, 28(4): TC4004. DOI: 10.1029/2008TC002423.
- Parra, M., Mora, A., Jaramillo, C., Torres, V., Zeilinger, G. & Strecker, M.R. 2010. Tectonic controls on Cenozoic foreland basin development in the north-eastern Andes, Colombia. *Basin Research*, 22(6): 874–903. DOI: 10.1111/j.1365.2117.2009.00459.x.
- Parra, M., Mora, A., López, C., Rojas, L.E. & Horton, B.K. 2012. Detecting earliest shortening and deformation advance in thrust belt hinterlands: Example from the Colombian Andes. *Geology*, 40: 175–178. DOI:10.1130/G32519.1.
- Ramírez Arias, J.C., Mora, A., Rubiano, J., Duddy, I., Parra, M., Moreno, N.R., Stockli, D.F. & Casallas, W. 2012. The asymmetric evolution of the Colombian Eastern Cordillera. Tectonic inheritance or climatic forcing? New evidence from thermochronology and sedimentology. *Journal of South American Earth Sciences*, 39: 112–137. DOI: 10.1016/j.jsames.2012.04.008.
- Reyes Harker, A., Ruiz, C.F., Mora, A., Ramírez Arias, J.C., Rodríguez, G., De La Parra, F., Caballero, V., Parra, M., Moreno, N., Silva, A., Valencia, V., Horton, B.K., Saylor, S., Stockli, D. & Blanco, V. 2015. Cenozoic paleogeography of the Andean foreland and retroarc hinterland of Colombia. In: García, D.F., Guzman, M.A. & Mann, P. (editors), *Petroleum systems of the Eastern Cordillera, foothill basins and associated Llanos Basin*. AAPG Bulletin, 99(8): 1407–1453. DOI: 10.1306/06181411110.
- Saylor, J.E., Horton, B.K., Nie, J., Corredor, J. & Mora, A. 2010. Evaluating foreland basin partitioning in the northern Andes using Cenozoic fill of the Floresta basin, Eastern Cordillera, Colombia. *Basin Research*, 23(4): 377–402. DOI: 10.1111/j.1365-2117.2010.00493.x.
- Saylor, J.E., Stockli, D.F., Horton, B.H., Nie, J. & Mora, A. 2012. Discriminating rapid exhumation from syndepositional volcanism using detrital zircon double dating: Implications for the tectonic history of the Eastern Cordillera, Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 124(5–6): 762–779. DOI:10.1130/B30534.1.
- Silva, A., Mora, A., Parra, M., Ramírez, J., Quintero, I. & Corredor, J. 2013. Basin compartmentalization and drainage evolution during rift positive inversion: Evidence from multiple techniques in the Eastern Cordillera of Colombia. In: Nemčok, M., Mora, A. & Cosgrove, J. (editors), *Thick-skin-dominated orogens; from initial inversion to full accretion*. Geological Society of London, Special Publications 377. DOI: 10.1144/SP377.15.
- van der Hammen, T., Werner, J.H. & van Dommelen, H. 1973. Palynological record of the upheaval of the northern Andes: A study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota: Review of Palaeobotany and Palynology, 16: 1–42. DOI: 10.1016/0034-6667(73)90031-6.
- Veloza, G., Styron, R., Taylor, M. & Mora, A. 2012. Open source archive of active faults for northwest South America. *GSA Today*, 22(10): 4–10. DOI: 10.1130/GSAT-G156A.1.
- Veloza, G., Taylor, M., Mora, A. & Gosse, J. 2015. Active mountain building along the eastern Colombian Subandes: A folding history from deformed terraces across the Tame anticline, Llanos Basin. *GSA Bulletin*, 127(9–10): 1155–1173. DOI: 10.1130/B31168.1
- Wijninga, V.M. 1996. Palynology and paleobotany of Neogene sediments from the high plain of Bogotá (Colombia): Evolution of the Andean flora from an ecological perspective. University of Amsterdam, Ph.D. thesis, 370 p. Holland.

8. Dr. Armando ZAMORA

Schlumberger Business
Consulting
Colombia



Dr. ZAMORA es consultor y asesor, además es especialista en administración, economía y políticas de energía y recursos naturales. Actualmente, es *Senior Advisor* para América Latina de *Schlumberger Business Consulting*, gerente general de IACI Colombia y, desde el 2001, miembro honorario del Equipo Académico Global de la Universidad de Dundee en Escocia.

Fue Director de la Agencia Nacional de Hidrocarburos entre 2004 y 2011, Subdirector del *Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy* (CEPMLP) y profesor asociado en la Universidad de Dundee, adicionalmente cuenta con una amplia experiencia en consultoría, administración pública y estrategia empresarial.

Más información del Dr. ZAMORA y algunas de sus publicaciones:

<http://www.dundee.ac.uk/cepmlp/staff/profile/armando-zamora>

https://www.researchgate.net/profile/Armando_Zamora

Título de la presentación: Retos de la administración de los recursos del subsuelo frente un nuevo paradigma de los mercados globales

Resumen

El desarrollo de las técnicas no convencionales de producción de hidrocarburos en Norteamérica y la reacción de Arabia Saudita para defender sus mercados de crudo ha significado un cambio estructural en la dinámica de los mercados internacionales de crudo. Podríamos afirmar que la industria del petróleo ha entrado en una tercera era en la cual no es controlado por las grandes empresas ni por los grandes países productores, sino que se regirá por una mayor competencia entre productores. Estados Unidos está posicionado para asumir el papel de productor marginal que hasta 2014 detentaba Arabia Saudita.

Adicionalmente, las profundas diferencias ideológicas que mantienen desde varias décadas los principales miembros de la OPEP se suman a las nuevas condiciones competitivas globales para alimentar un nuevo teatro geopolítico en el Medio Oriente, en el cual Estados Unidos ya no juega un papel dominante.

En las nuevas circunstancias, el modelo tradicional de administración de los recursos de los países productores debe ser revisado para adaptarse a las nuevas circunstancias. El papel de las empresas nacionales y los objetivos de política deben revisarse para permitir que la producción de hidrocarburos continúe siendo una fuente de trabajo, exportaciones y desarrollo, en lugar de su tradicional enfoque en generar renta para el Estado.

Hoy más que nunca hay que encontrar el equilibrio óptimo entre la sociedad, el medio ambiente y la industria, sin caer en posiciones extremas que lleven a desaprovechar la riqueza natural del subsuelo.

9. Prof. Brian K. HORTON

Department of Geological Sciences and Institute for Geophysics, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin
Estados Unidos de América

El Prof. HORTON es profesor del *Department of Geological Sciences y del Institute for Geophysics* de la Universidad de Texas. Además, ha sido editor de revistas como: *Basin Research*, *Lithosphere* y *Journal of South American Earth Sciences* y, en múltiples ocasiones, revisor de artículos para las publicaciones *Andean Geology*, *Earth and Planetary Science Letters*, *Geological Society of America Bulletin*, *GSA Special Publications*, *Journal of Sedimentary Research*, *Nature Geoscience* y *Geological Society of London Special Publications*.

Sus áreas de interés son la tectónica de cuencas sedimentarias, la evolución de orógenos, la proveniencia de sedimentos y los procesos de depósito no marinos. Busca comprender la evolución y las estructuras asociadas a cuencas modernas y antiguas, a través del trabajo de campo y diferentes disciplinas como: sedimentología, cartografía geológica, geocronología, magnetoestratigrafía, petrografía, geoquímica y modelamiento de cuencas.

Con más de 100 publicaciones e investigaciones alrededor del mundo, el Prof. HORTON actualmente desarrolla sus proyectos principalmente en Suramérica, el Medio Oriente, Asia central y el oeste norteamericano.

Más información del Prof. HORTON y sus publicaciones:

https://www.jsg.utexas.edu/researcher/brian_horton/

https://www.researchgate.net/profile/Brian_Horton2



Título de la presentación: *Extracting the history of the Andes from sedimentary basins*

Resumen

Sedimentary basins of western South America provide essential constraints on the Mesozoic–Cenozoic history of plate tectonic processes and uplift of the Andes. The stratigraphic rock record contains critical clues into the past conditions at the Earth's surface and is uniquely sensitive to changes in climate, erosion, topography, and river network evolution. Modern multidisciplinary investigations in South America consistently rely on sedimentary deposits to address important time–space variations in the landscape of the Andes, forearc regions, and retroarc foreland basins such as the Amazon Basin. These research efforts ultimately seek to understand the underlying drivers of mountain building, climate change, biodiversity, and resource development. A recent geoscience revolution fueled by technological advances has motivated important new applications of detrital zircon U–Pb geochronology, in which U–Pb ages of individual zircon mineral grains from modern and ancient sedimentary basins provide insights into a range of issues. Despite

the high humidity and intense chemical weathering in the northern Andes, U–Pb provenance studies of clastic materials have involved several new applications, for which modern and updated geologic maps (such as those generated by SGC) prove essential. New applications have addressed: (1) the timing of uplift of the major ranges in the western and eastern Andes; (2) terrane accretion and collision (particularly collision of the Panamá arc and emergence of the Isthmus of Panamá, with implications for the Great American Biotic Interchange); (3) magmatic events (including a proposed magmatic pulses, which relate to uplift timing and hydrocarbon habitats); (4) the absolute ages of sediment accumulation (with assessment of possible temporal gaps linked to tectonic or climatic shifts), and (5) the genesis and modification of major rivers (including establishment of the Magdalena, Orinoco, and Amazon drainage systems, with implications for biodiversification). Finally, the integration of sedimentary basin analysis and U–Pb geochronology with emerging isotopic and biologic techniques, which also rely on modern and ancient sedimentary materials, highlights new cross–disciplinary opportunities for scientific research on the diverse natural history of the Andes and broader South America.

10. Dr. Carlos JARAMILLO MUÑOZ

Smithsonian Tropical Research Institute
en Panamá
Colombia

El Dr. JARAMILLO es paleontólogo y director de uno de los principales grupos de investigación del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá.

Sus estudios han estado particularmente enfocados en el uso de polen, esporas y dinoflagelados como herramientas para entender y predecir el comportamiento de la biota en los ecosistemas tropicales. Durante los últimos años ha dirigido sus investigaciones hacia la búsqueda de las causas, patrones y procesos de biodiversidad tropical a diferentes escalas de tiempo y espacio.

Con decenas de publicaciones a nivel nacional e internacional, el Dr. JARAMILLO se ha convertido en uno de los científicos más destacados de nuestro país y continuamente adelanta estudios paleontológicos en colaboración con diferentes universidades e instituciones colombianas.

Entre sus investigaciones se destacan estudios realizados en el sector del Cerrejón, recordado por el descubrimiento de la *Titanoboa cerrejonensis*, además se destaca su participación en el artículo “*Middle Miocene closure of the Central American Seaway*” publicado en la revista *Science*, en abril del 2015.

Más información del Dr. JARAMILLO:

http://www.stri.si.edu/english/scientific_staff/staff_scientist/scientist.php?id=43

Título de la presentación: *Evolución del paisaje tropical durante los últimos 140 millones de años*

Resumen

El paisaje tropical es muy inestable a pesar de no parecerlo. Estamos estudiando una serie de cambios drásticos en el paisaje tropical durante los últimos 140 millones de años y cómo ellos han influenciado la extinción y origen de la biota, desde calentamientos extremos durante principios del Cenozoico a enfriamientos globales durante el Pleistoceno; desde el levantamiento de los Andes hasta la creación de sabanas; desde periodos de bajos niveles de CO₂, hasta eventos con elevados niveles. Usamos el registro geológico, fosilífero y ADN para responder estas preguntas.



11. Dr. David B. SMITH

United States Geological Survey (USGS)
Estados Unidos de América

El Dr. SMITH es geoquímico, secretario de la *Association of Applied Geochemists* y editor asociado de la revista *Applied Geochemistry*. Desde 1997 ha sido colíder del *International Union of Geological Sciences/International Association of Geochemistry Task Group on Global Geochemical Baselines*.

Las investigaciones del Dr. SMITH están enfocadas hacia el avance del entendimiento de la abundancia y distribución de los elementos químicos en la superficie terrestre. Durante sus años como parte del USGS, ha liderado diferentes proyectos de mapeo geoquímico a escala local y global, dirigidos al manejo de problemas ambientales, recursos minerales, geoquímica urbana y agricultura.

El Dr. SMITH es autor y coautor de más de 100 publicaciones tanto en boletines del USGS como en revistas internacionales. Entre sus publicaciones recientes, se destaca *Geochemical and mineralogical maps for soils of the conterminous United States*, proyecto completado luego de 12 años de trabajo.

Más información del Dr. SMITH:

https://www.researchgate.net/profile/David_Smith122



Título de la presentación: *A national-scale soil geochemical and mineralogical survey of the conterminous United States*

Resumen

The U.S. Geological Survey has completed a national-scale soil geochemical and mineralogical survey of the conterminous United States (U. S.) (9 million km²). The target sites were selected on the basis of a generalized random tessellation stratified design at a density of 1 site per 1600 km² (4 857 sites). If the original site could not be accessed for any reason, an alternative site was chosen as close as possible to the original site and matching as closely as possible the landscape and soil characteristics of the original site. Areas of obvious contamination were avoided.

The sampling protocols were a combination of depth-based and horizon-based sampling. Ideally, the following samples were collected at each site: (1) soil from a depth of 0 to 5 cm; (2) a composite of the soil A horizon, and (3) a sample from the soil C horizon. Each of the 14 454 samples collected were air-dried at ambient temperature, disaggregated, and sieved to

<2 mm. The <2 mm material was then crushed to <150 µm prior to chemical analysis for Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Ti, Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, total C, inorganic C, and organic C. The analytical methods used yielded the total, or near-total, elemental concentration. All A- and C-horizon samples were analyzed by X-ray diffraction, and the percentages of major mineral phases were calculated using a Rietveld refinement method. Sampling was conducted during 2007–2010, with analytical determinations completed in 2013.

The data array provides a three-dimensional framework of soil geochemistry and mineralogy. Spatial differences in geochemistry and mineralogy at continental and regional scales can usually be tied to distinctive soil parent materials modified by climate-related processes such as weathering (driven by hemisphere-wide gradients of temperature and precipitation) and glaciation. For a few elements (e.g. Pb, P and Hg), some of the geochemical patterns may be related to human activities.

The complete data sets are available for downloading in Smith *et al.* (2013). The geochemical and mineralogical maps are available in Smith *et al.* (2014).

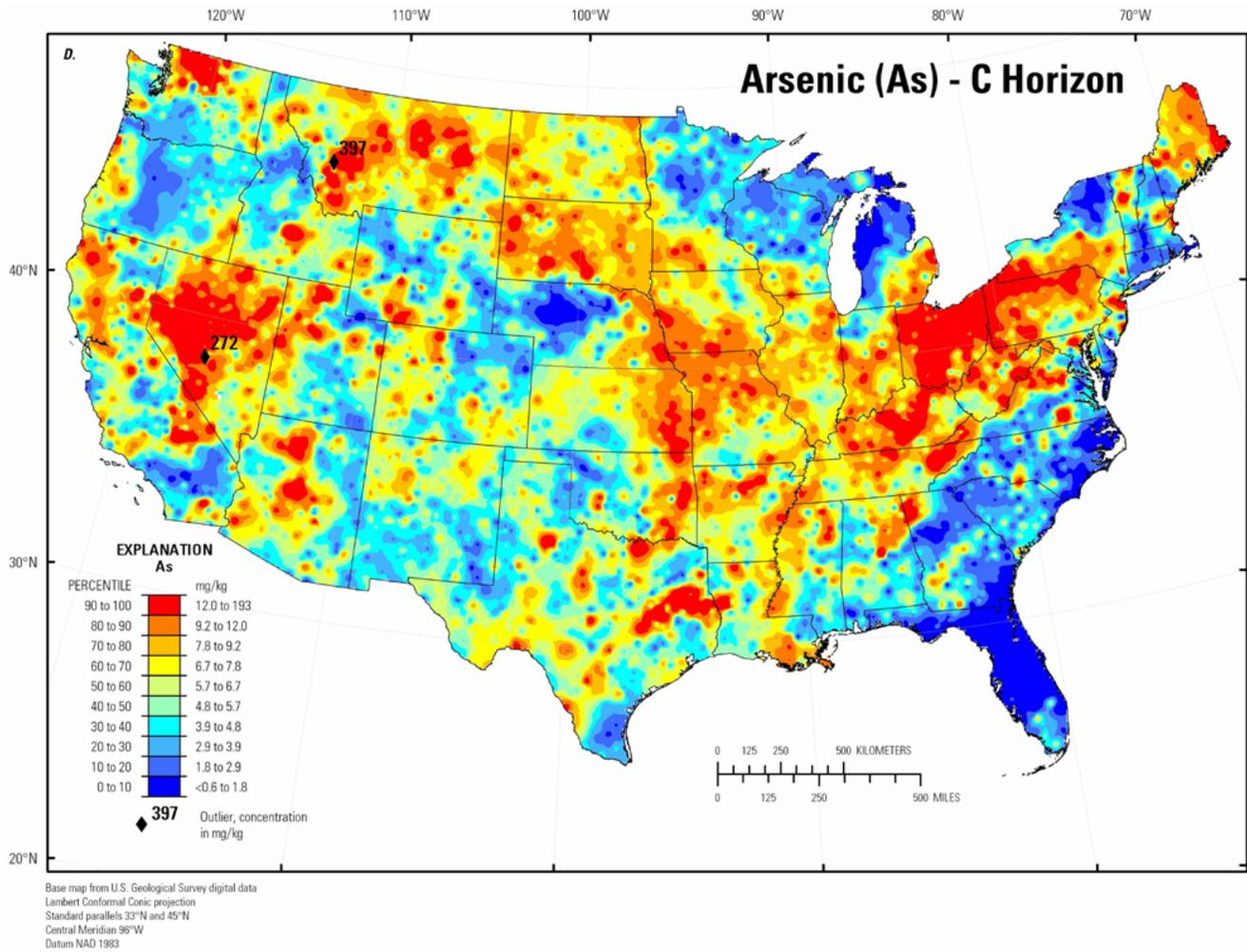


Figure 1: Map showing the distribution of arsenic in C-horizon soil of the conterminous U.S.

References

- Smith, D.B., Cannon, W.F., Woodruff, L.G., Solano, F., Kilburn, J.E. & Fey, D.L. 2013. Geochemical and mineralogical data for soils of the conterminous United States. U.S. Geological Survey, Data Series 801, 19p. URL: <http://pubs.usgs.gov/ds/801/>.
- Smith, D.B., Cannon, W.F., Woodruff, L.G., Solano, F. & Ellefsen, K.J. 2014. Geochemical and mineralogical maps for soils of the conterminous United States. U.S. Geological Survey, Open-File Report 2014-1082, 386p., URL: <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20141082>.

12. Dr. Alecos DEMETRIADES

Association of the Geological Surveys of Europe (EuroGeoSurveys)
and Associate Editor to the Journal of Geochemical Exploration
Grecia

Alecos DEMETRIADES es un reconocido geoquímico europeo con más de 40 años de experiencia en geoquímica aplicada. Es miembro activo del *EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group*, actual tesorero del *IUGS/IAGC Task Group on Global Geochemical Baselines* y presidente del *Sampling Committee*.

Ha trabajado en diferentes proyectos de geoquímica ambiental y aplicada en Europa, está vinculado a diferentes organizaciones como el *Institute of Geology and Mineral Exploration* (IGME), en el cual fue director de la División de Geoquímica y Medio Ambiente.

El Dr. DEMETRIADES es autor de más de 90 publicaciones, coeditor de los *European Geochemical Atlases* y otros libros relacionados con geoquímica urbana, es editor asociado del *Journal of Geochemical Exploration*, *Geologia Croatica* y revisor de otras revistas geocientíficas.

Más información del Dr. DEMETRIADES:

https://www.researchgate.net/profile/Alecos_Demetriades



Título de la presentación: *Continental-scale geochemical mapping in Europe*

Resumen

The EuroGeoSurveys' Geochemistry Expert Group has carried out three continental-scale geochemical mapping projects in Europe. The first, known as the FOREGS Geochemical Atlas of Europe, which started in 1997 during the period of the Forum of European Geological Surveys, the forerunner of EuroGeoSurveys, was completed in 2006 with the publication of a two-volume geochemical atlas (Salminen *et al.*, 2005; De Vos *et al.*, 2006). The second, with the acronym EGG Atlas, mapped the European Groundwater Geochemistry; it started in 2007 and was completed in 2010 with the publication of the Groundwater Geochemical Atlas of Europe (Reimann & Birke, 2010). The third, with the acronym GEMAS Atlas, which mapped the

Geochemistry of Agricultural and grazing land Soil, started in 2008 and was completed in 2014 with the publication of a two-volume geochemical atlas (Reimann *et al.*, 2014a, b). In all three projects, the raw analytical data, maps, diagrams and basic statistics are freely available to users, either through the project's website, the case of the FOREGS atlas (<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>), or from the accompanying CD or DVD by purchasing the books, the case of the EGG and GEMAS geochemical atlases.

The FOREGS Geochemical Atlas, followed closely the specifications of the IGCP 259 project "International Geochemical Mapping" (Darnley *et al.*, 1995), covered 26 European countries with a sample density of 1 site/4600 km², and collected samples from five different media *i.e.*, stream water, stream and floodplain sediment, residual top- (0-25 cm) and sub-soil (>75 cm). See below examples of the maps in different sampling media (Figures 1 to 4):

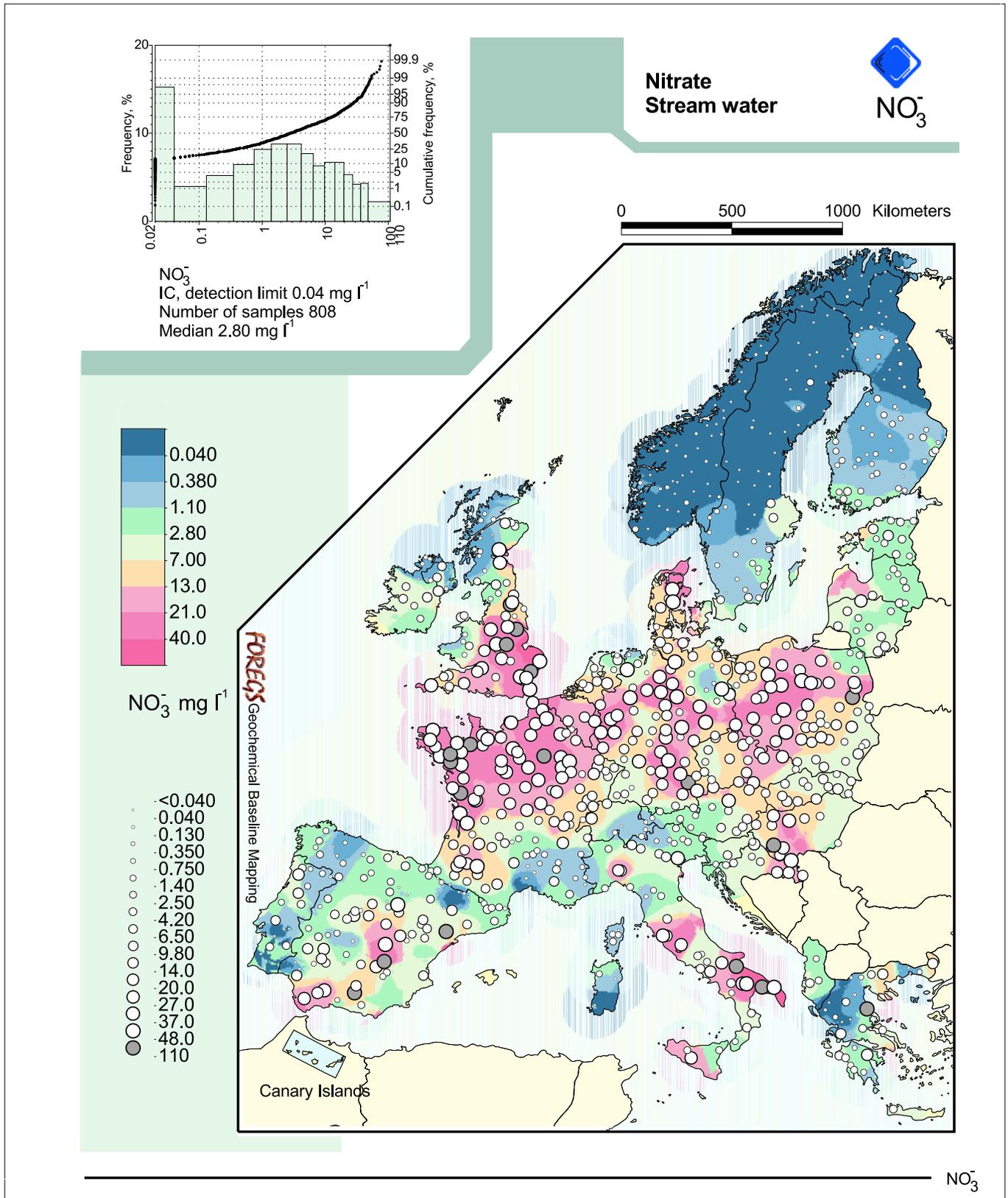


Figure 1. Spatial distribution of nitrate (NO_3^-) concentrations in European stream water samples (From Salminen et al., 2005, p.367; http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/maps/Water/w_ic_no3_edit.pdf).

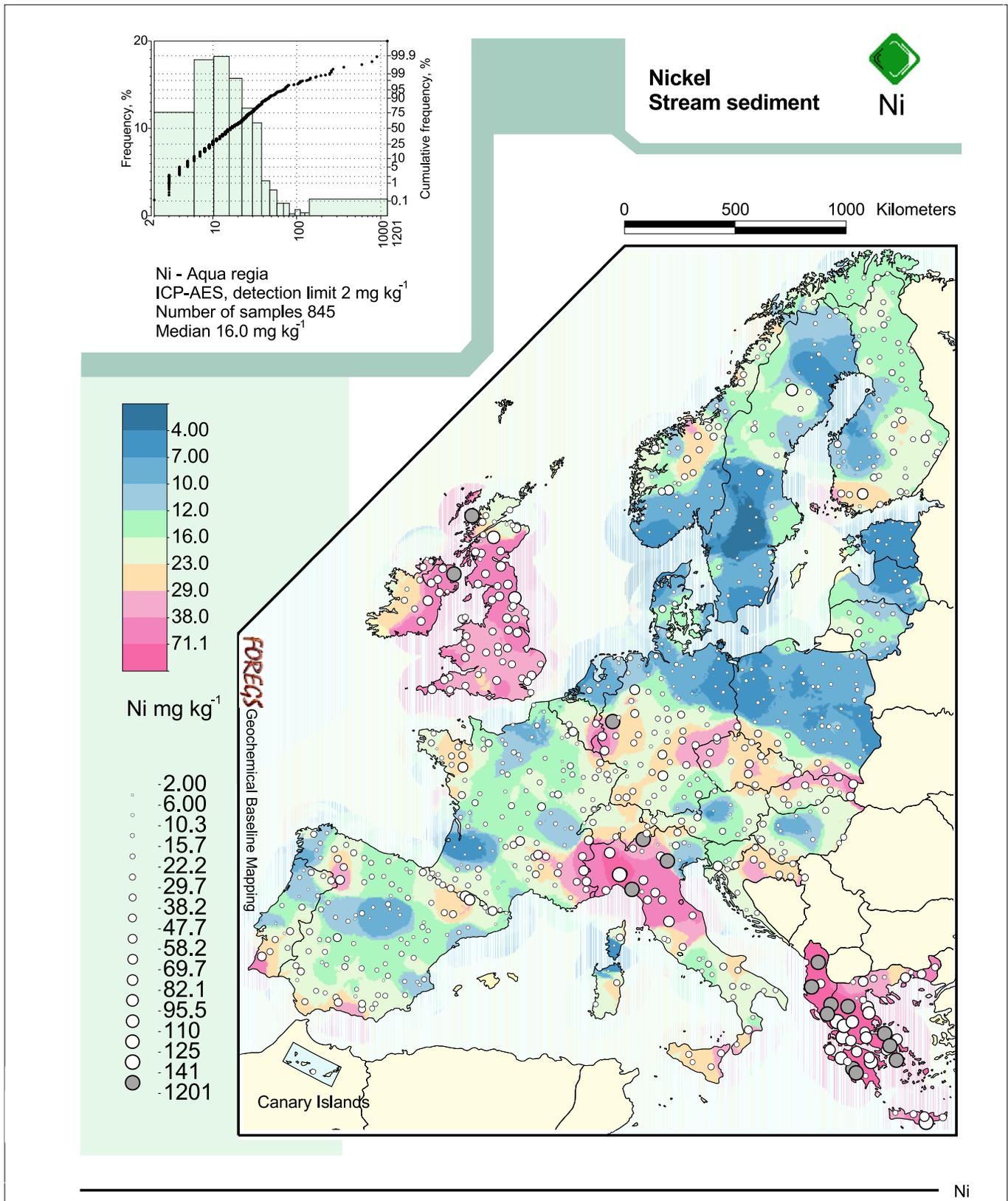


Figure 2. Spatial distribution of nickel (Ni) concentrations in European stream sediment samples (From De Vos, Tarvainen et al., 2006, p.664; http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/maps/StreamSed/s_aricpaes_ni_edit.pdf).

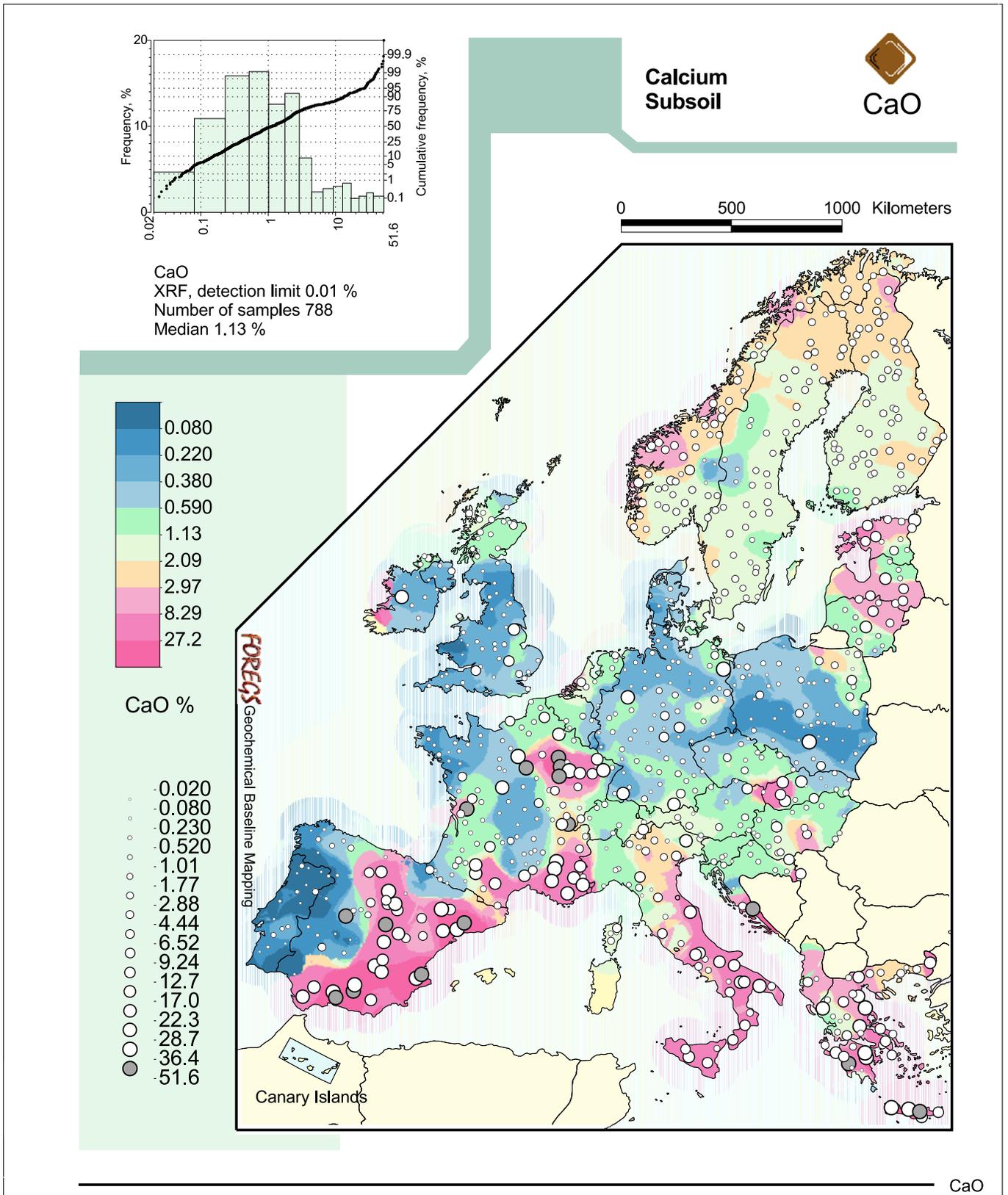


Figure 3. Spatial distribution of calcium oxide (CaO) concentrations in European subsoil samples (From Salminen et al., 2006, p.157; http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/maps/Subsoil/c_xrf_cao_edit.pdf).

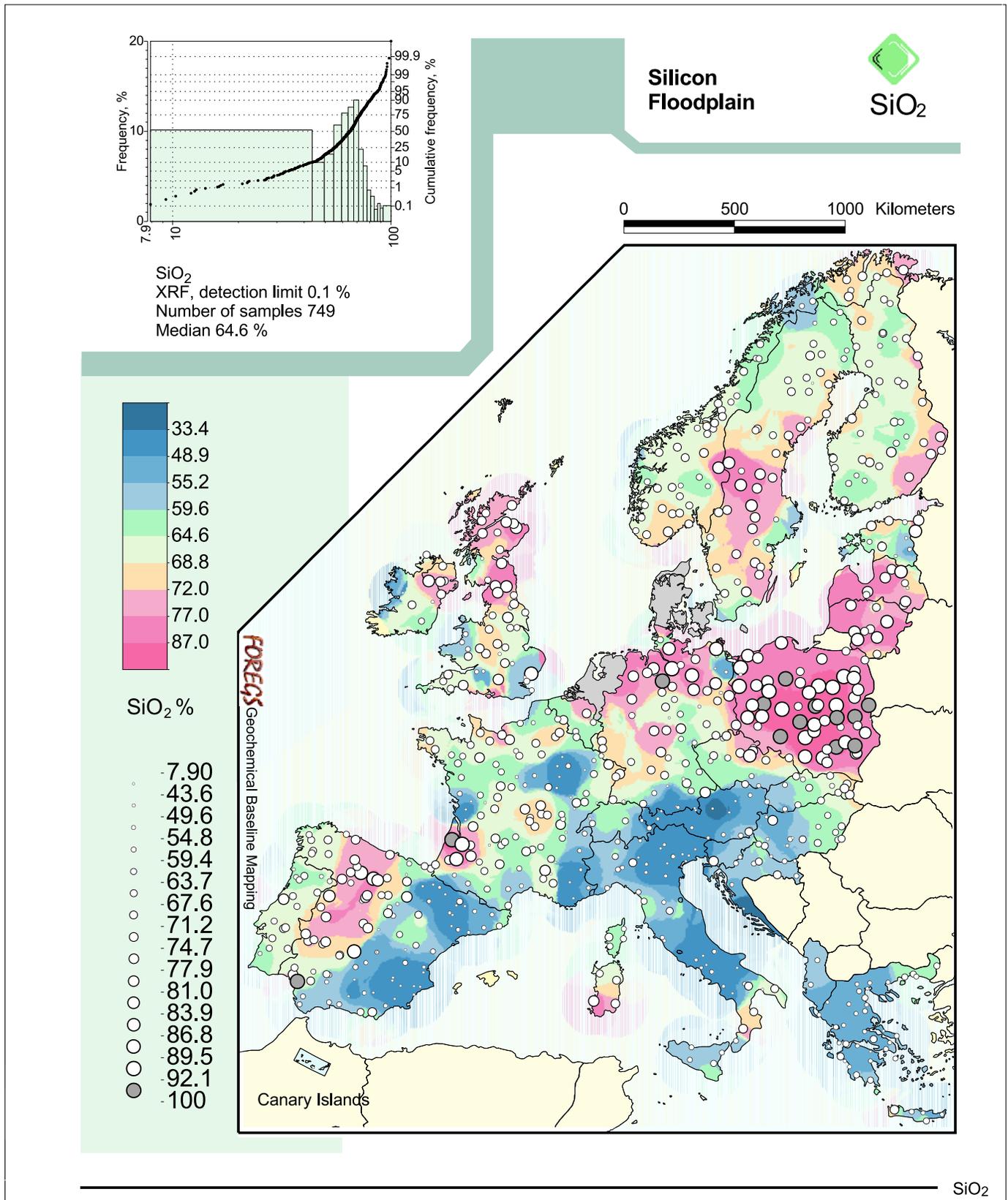


Figure 4. Spatial distribution of silica (SiO_2) concentrations in European floodplain sediment samples (From Salminen et al., 2006, p.417; http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/maps/Floodplain/f_xrf_sio2_edit.pdf).

The EGG atlas presents analytical results of more than 70 parameters in 1785 bottled mineral water samples, collected from 884 locations, which were used as a proxy to obtain an overview of the natural chemical composition of deep ground-

water across Europe. See below the Cr and V maps; the Cr map shows mafic and ultramafic (ophiolite) complexes, and the V map geologically recent volcanic centres (Figures 5 & 6):

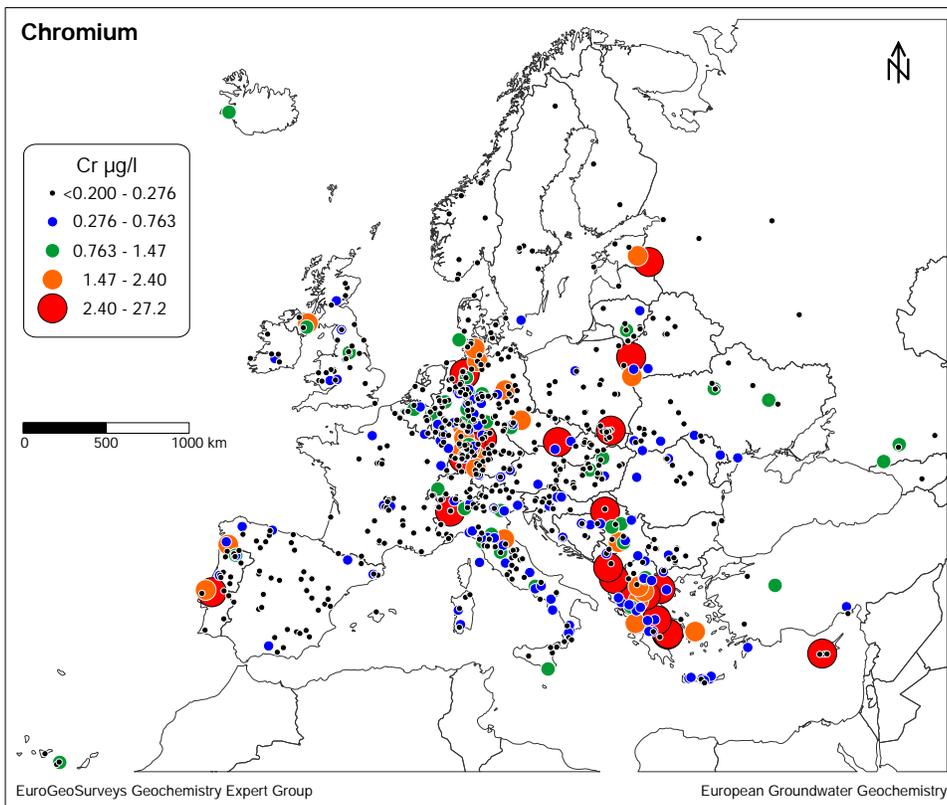


Figure 5. Spatial distribution of chromium (Cr) concentrations in European bottled mineral water samples used as a proxy to groundwater (From Demetriades et al., 2015, Fig. 3, p.26).

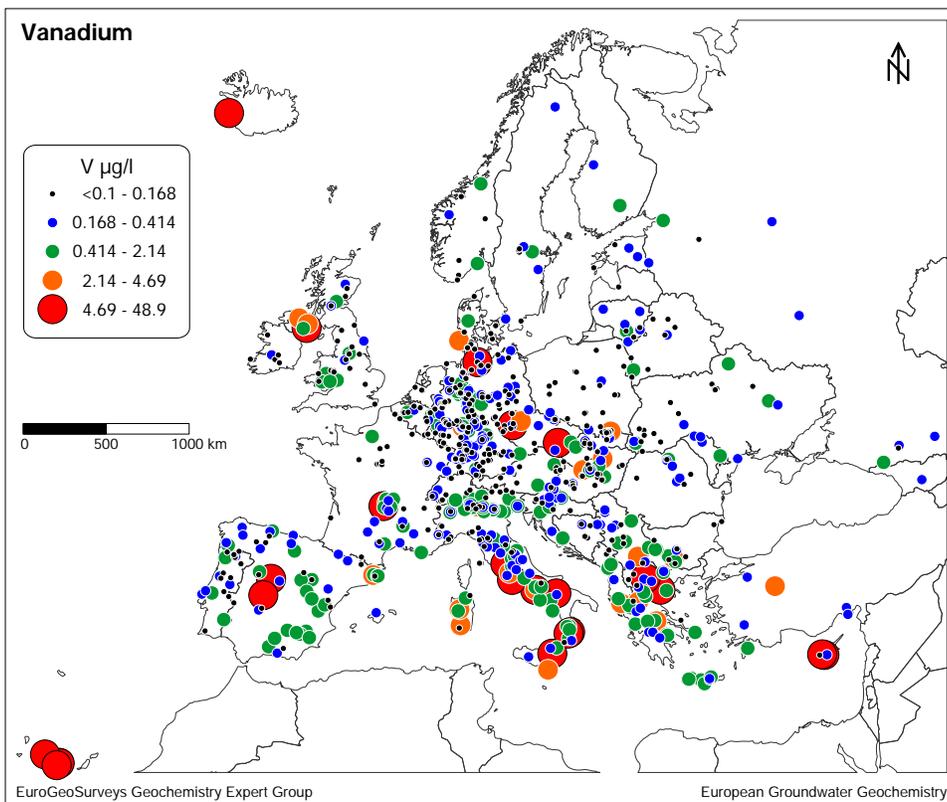


Figure 6. Spatial distribution of vanadium (V) concentrations in European bottled mineral water samples used as a proxy to groundwater (From Demetriades et al., 2015, Fig. 6, p.27).

The GEMAS Atlas covered 33 European countries with a sample density of 1 site/2500 km² and collected topsoil from ploughed agricultural fields (A_p, 0–20 cm), and from grazing land (Gr, 0–10 cm). See below examples of the Si and Pb distribution maps (Figures 7 and 8); the anomalous Si patterns map

the quartz-rich sands of the last glaciation in north-central Europe, and the negative anomalies areas mostly covered by carbonate rocks, while the Pb anomalies are mainly related to mineralization, and in some cases large urban centres.

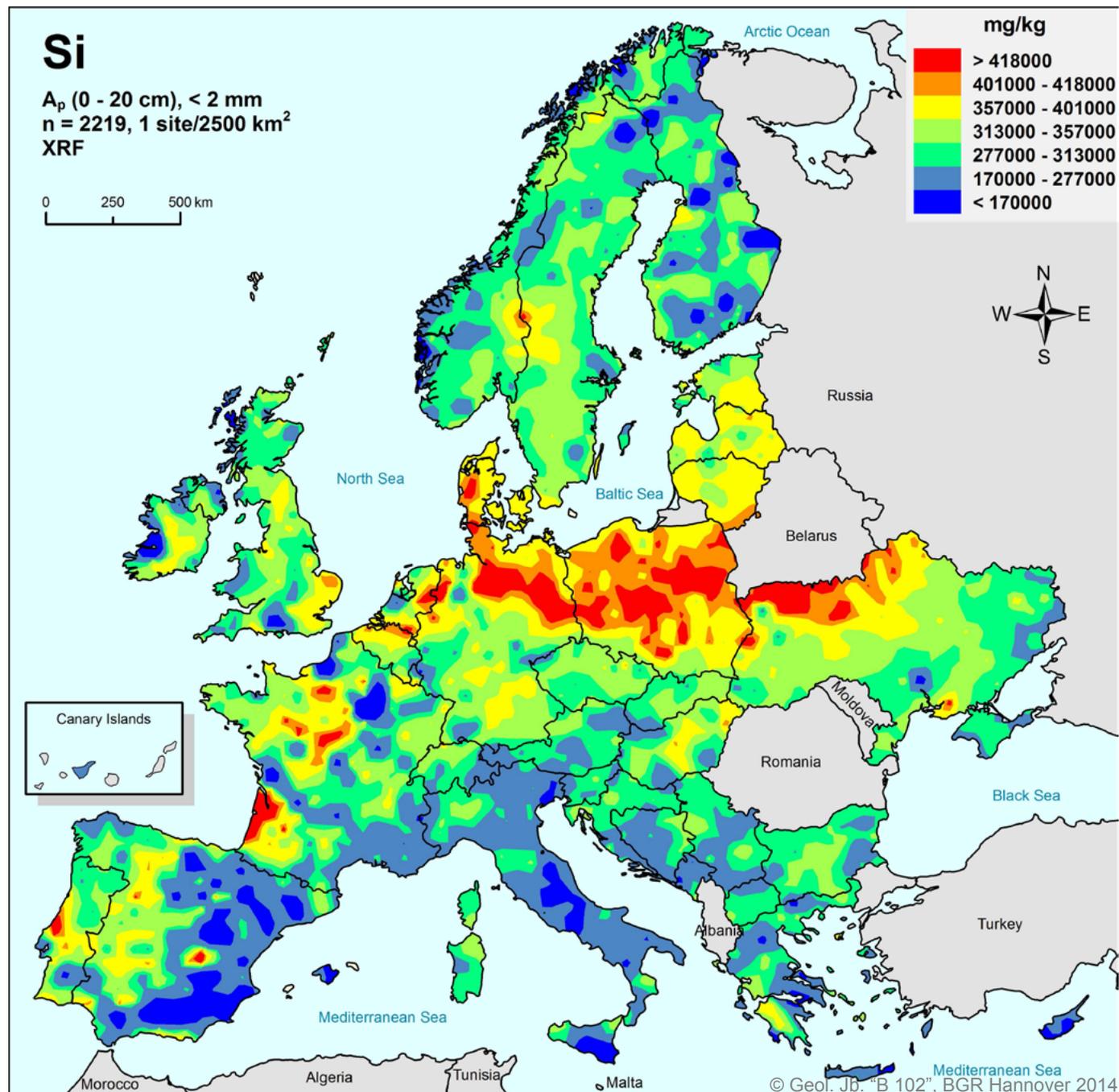


Figure 7. Spatial distribution of silicon (Si) concentrations in European agricultural soil samples (From Reimann et al., 2014a, Fig. 11.51.5, p.399).

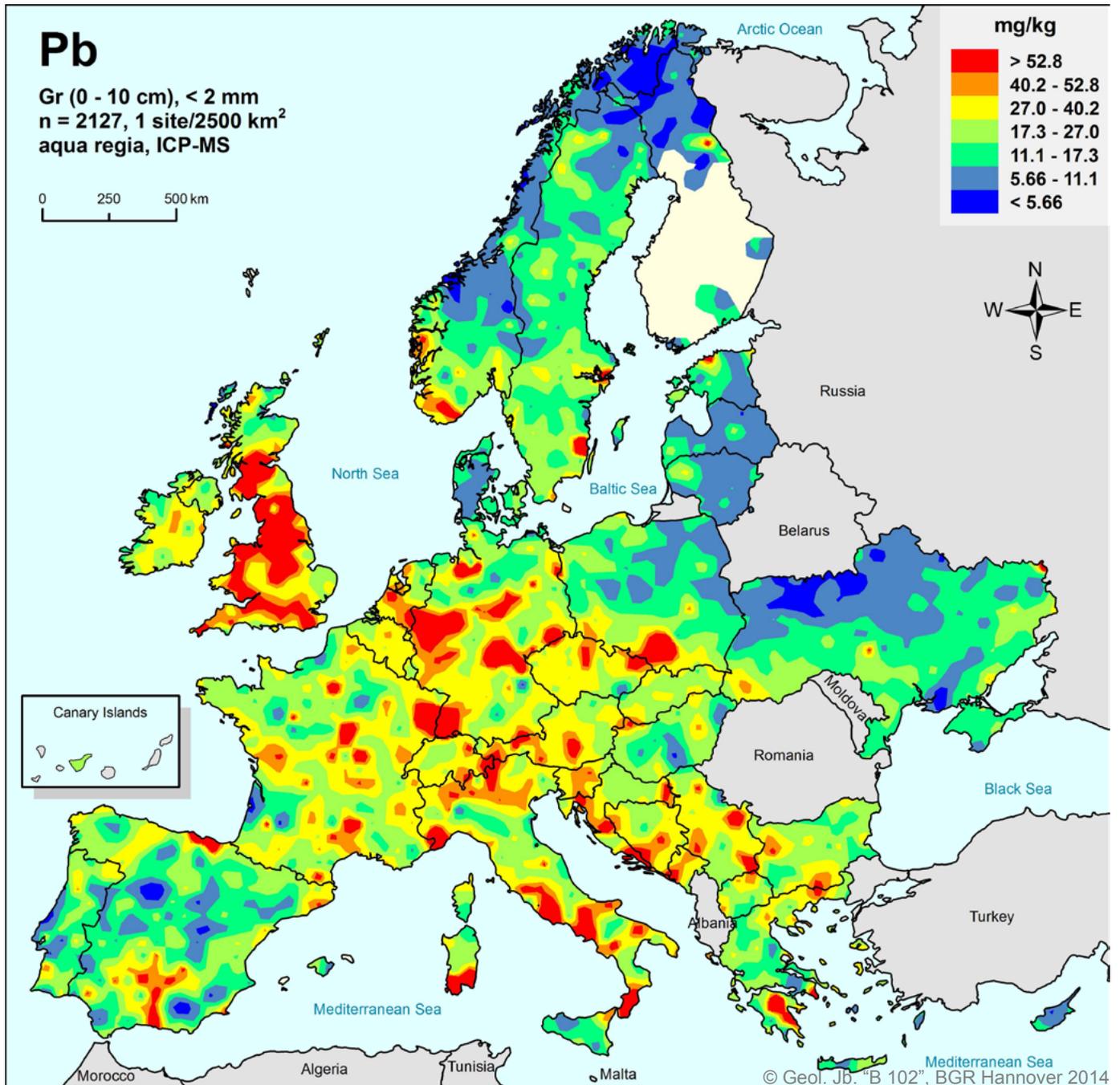


Figure 8. Spatial distribution of lead (Pb) concentrations in European grazing land soil samples (From Reimann et al., 20014a, Fig. 11.41.5, p.341).

The samples of each project were analysed in the same laboratory for the same suite of elements to produce fully harmonised and strictly quality controlled databases.

High trace element values are most often related to mineral deposits and metallogenic provinces. The anthropogenic impact is hardly detectable at the European scale. Exceptions are, for example, London and Paris (see Pb map, Figure 8),

which both are marked by high values of Au, Pb and Hg in their surroundings. Furthermore, high NO_3^- values occur in stream water over the intensively used agricultural areas of northern-central Europe (see NO_3^- map, Figure 1).

The results of all three projects have shown that geology and climate are the main driving forces of the mapped continental-scale geochemical patterns.

References

- Darnley, A.G., Björklund, A., Bølviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steinfeld, A., Tauchid, M., Xie, X., Garrett, R.G. & Hall, G.E.M. 1995. A global geochemical database for environmental and resource management. Final report of IGCP Project 259. Earth Sciences, 19, UNESCO Publishing, 122 pp. Paris. URL: http://www.globalgeochemicalbaselines.eu/wp-content/uploads/2012/07/Blue_Book_GGD_IGCP259.pdf.
- Demetriades, A., Cullen, K., Reimann, C. & Birke, M., 2015. EGG: European Groundwater Geochemistry. Special Issue: Towards 2020: groundwater research in Europe, *European Geologist*, 40, 20-28, http://eurogeologists.eu/wp-content/uploads/2015/11/EGJ40_final_LR.pdf.
- De Vos, W., Tarvainen, T. (chief editors), Salminen, R., Reeder, S., De Vivo, B., Demetriades, A., Pirc, S., Batista, M.J., Marsina, K., Ottesen, R.T., O'Connor, P.J., Bidovec, M., Lima, A., Siewers, U., Smith, B., Taylor, H., Shaw, R., Salpeteur, I., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Slaninka, I., Lax, K., Gravesen, P., Birke, M., Breward, N., Ander, E.L., Jordan, G., Duris, M., Klein, P., Locutura, J., Bel-lan, A., Pasiieczna, A., Lis, J., Mazreku, A., Gilucis, A., Heitzmann, P., Klaver, G. & Petersell, V. 2006. Geochemical Atlas of Europe. Part 2—Interpretation of geochemical maps, Additional Tables, Figures, Maps and related publications. Geological Survey of Finland, 692p., Espoo, Finland. URL: <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>.
- Reimann, C. & Birke, M., editors. 2010. Geochemistry of European bottled water. Borntraeger Science Publishers, 268 p. Stuttgart, Germany. URL: <http://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783443010676/Geochemistry-of-European-Bottled-Water/>.
- Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P., editors. 2014a. Chemistry of Europe's agricultural soils—Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set. *Geologisches Jahrbuch (Reihe B 102)*, Schweizerbarth, 528 p. Hannover, Germany. URL: <http://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510968466>.
- Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P., editors. 2014b. Chemistry of Europe's agricultural soils – Part B: General background information and further analysis of the GEMAS data set. *Geologisches Jahrbuch (Reihe B 103)*, Schweizerbarth, 352 p. Hannover, Germany.
- Salminen, R. (Chief-editor), Batista, M.J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P.J., Olsson, S., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steinfeld, A. & Tarvainen, T. 2005. FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Geological Survey of Finland, 526 p. Espoo, Finland. URL: <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>.

13. Dr. Tom L. MURRAY

Center Director of Volcano Science Center
United States Geological Survey (USGS)
Alaska
Estados Unidos de América

Tom MURRAY es el director del *United States Geological Survey's Volcano Science Center*, además administra el *Volcano Disaster Assistance Program* y cinco de los observatorios volcánológicos de Estados Unidos: California, Cascades, Hawaii, Alaska y Yellowstone.

MURRAY ha estado vinculado con el USGS desde 1975, en donde comenzó como técnico en ciencias físicas realizando la instalación y el mantenimiento de los equipos de la red de investigación y monitoreo sísmico en California. A partir de 1985, ha trabajado en diferentes observatorios volcánicos desarrollando sistemas de adquisición y análisis de datos, especialmente en los observatorios de Cascades y Alaska, siendo Scientist-in-Charge de este último desde 2000 al 2010.

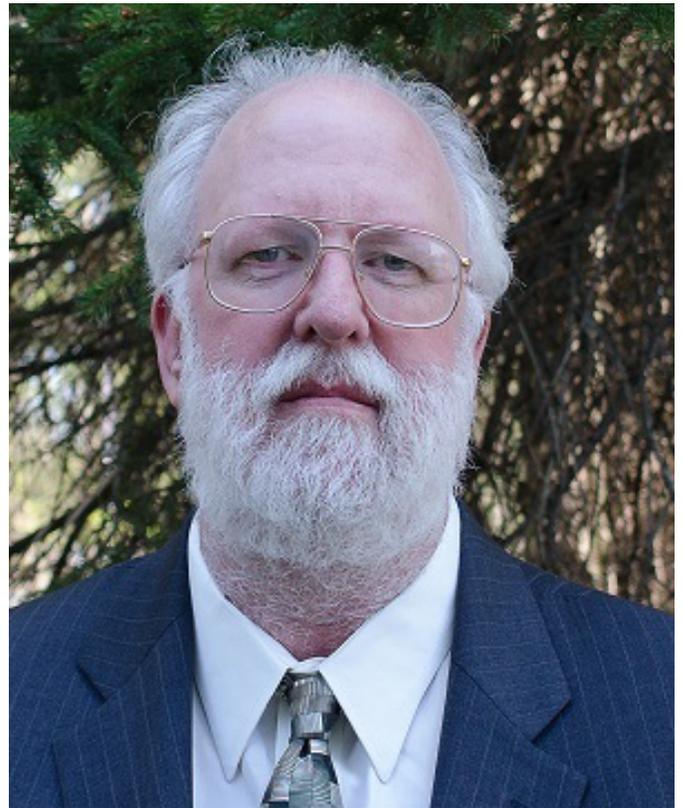
Desde 2001 su trabajo se ha enfocado en instrumentación y tecnología de la información aplicada a sistemas de monitoreo volcánico, entre los que se destacan los sistemas de monitoreo usados en el monte Santa Helena y algunos volcanes del programa internacional *Volcano Disaster Assistance*.

Más información de Tom L. MURRAY:
<http://alaska.usgs.gov/staff/staffbio.php?employeeid=45>

Título de la presentación: *Challenges to integrating geographically-dispersed data and expertise during eruption responses*

Resumen

During the past decade the amount of data and information available from ground-based, airborne, and orbital sensors to volcano observatories to assess hazards and forecast activity has grown dramatically, a trend that will likely continue. Similarly, the ability of volcano observatories to draw upon external specialists who can provide needed expertise to process and interpret these data is also increasing. Though technology easily provides the ability to move large amounts of information to the observatory, the challenge remains to efficiently and quickly integrate useful information and expertise into the decision-making process. The



problem is further exacerbated by the use of new research techniques during times of heightened activity that rely on increasingly sophisticated data sources and methods. Eruptive periods typically accelerate research into volcanic processes as scientists use the opportunity to test new hypotheses and develop new tools. Such experimental methods can be extremely insightful, but may be less easily integrated into the normal data streams that inform decisions.

The last decade saw a continuing explosion in the quantity and quality of data and expertise available to address volcano hazards and activity; the challenge to all volcano observatories is to make the best use of it through efficient communications among a diverse and geographically dispersed scientific community. Examples of these challenges and approaches to manage the problem will be presented.

Agenda del Simposio

Además de las presentaciones de los invitados internacionales se tendrán exposiciones realizadas por los más prominentes científicos del SGC con una duración de 15 minutos con 5 minutos para preguntas; se realizarán en el Gran Salón del Centro Empresarial y Recreativo El Cubo Colsubsidio que cuenta con una capacidad de 1000 asistentes.

El Gran Salón tendrá un montaje en auditorio, una tarima para conferencistas, sonido profesional, micrófono, atril con micrófono de cable, proyector de 6000 lúmenes, dos pantallas de proyección, una estación de trabajo portátil con Power Point 2013, control remoto y láser.

En el Centro Empresarial y Recreativo El Cubo Colsubsidio (ver mapa) se puede localizar el Salón para los Conferencistas, que se habilitará para que los conferencistas puedan hacer cualquier ajuste de último momento a sus presentaciones.



Agenda del Simposio *Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos*

Día 1. Lunes 27 de junio de 2016

Hora	Conferencia	Presentador
7:00–9:00	Registro	
9:00–10:00	Inauguración del <i>Simposio</i>	Dr. Germán ARCE ZAPATA Ministro de Minas y Energía Dr. Oscar PAREDES ZAPATA Director General del Servicio Geológico Colombiano Dra. Yaneth GIHA TOVAR Directora General de Colciencias
10:00–10:20	Receso para café	
10:20–11:20	Nuevos Horizontes: Exploración a los límites del Sistema Solar	<i>Keynote speaker</i> Dra. Adriana OCAMPO URIA <i>Science Program Manager de la National Aeronautics and Space Administration (NASA)</i>
11:20–11:40	Mapa Geológico de Suramérica 2016 a escala 1:5 M	Jorge GÓMEZ TAPIAS Coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano Secretario General de la Subcomisión para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW)
11:40–12:00	Explorando y conociendo el territorio colombiano	Dra. Gloria PRIETO RINCÓN Directora Técnica de la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano
12:00–14:00	Almuerzo	
14:00–15:00	<i>The 'Anthropocene' epoch: Is it relevant for national geological surveys?</i>	<i>Keynote speaker</i> Prof. Stan FINNEY <i>Chair of the International Commission on Stratigraphy California State University</i>
15:00–15:20	Adquisición de datos geofísicos aerotransportados por el SGC: Una nueva herramienta para el desarrollo del sector minero–energético y el conocimiento geológico regional de Colombia	Dr. Renato CORDANI Consultor en RECONSULT GEOFISICA (Brasil) Asesor en interpretación geofísica del Servicio Geológico Colombiano
15:20–15:40	Geología y comunidad: Conocimiento de procesos geológicos que originan amenazas	Dra. Marta Lucía CALVACHE VELASCO Directora Técnica de la Dirección de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano
15:40–16:00	Impacto del Proyecto de Arquitectura Empresarial en la gestión de la información geocientífica en el Servicio Geológico Colombiano	Orlando CUEVAS MARÍN Director del Centro de Investigación Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes
16:00–16:20	Receso para café	
16:20–16:40	Cartografía geológica oficial de Colombia: 100 años de historia en mapas	Alberto OCHOA YARZA Director Técnico de la Dirección de Geociencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano
16:40–17:10	La participación española en la geología colombiana: Historia de un beneficio mutuo	Dr. Jorge CIVIS LLOVERA Director del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
17:10–17:40	Video IGME	Dr. Jorge CIVIS LLOVERA Director del IGME
17:40–18:00	<i>Mapeamento Geológico no Cráton Amazônico: A experiência do Serviço Geológico do Brasil (CPRM)</i>	Dra. Lêda FRAGA BARRETO <i>Serviço Geológico do Brasil (CPRM)</i>

Día 2. Martes 28 de junio de 2016

Hora	Conferencia	Presentador	
8:00–9:00	<i>Thermo- and geochronologic research at the Servicio Geológico Colombiano: Towards a Geologic Dating Center</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. Matthias BERNET Director del <i>Thermochronology Laboratory–Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) Université Joseph Fourier</i>	
9:00–9:20	El rol de las técnicas nucleares en la investigación geocientífica del país	Fernando MOSOS PATIÑO Director Técnico de la Dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano	
9:20–9:40	Datación uranio–plomo para la generación del conocimiento geocientífico del país	Mary Luz PEÑA URUEÑA Coordinadora del Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas del Servicio Geológico Colombiano	
9:40–10:00	Características geológicas, geoquímica y geocronología U–Pb de plutones y rocas volcánicas jurásicas en el Valle Superior del Magdalena (Colombia), consideraciones en la evolución del arco magmático jurásico	Gabriel RODRÍGUEZ GARCÍA Coordinador de la Sede Medellín y del Grupo Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín del Servicio Geológico Colombiano	
10:00–10:20	Receso para café		
10:20–11:20	<i>Metamorphic petrology a tool for geodynamics. Example: Anatolian Belts</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. Roland OBERHÄNSLI Presidente de la <i>International Union of Geological Sciences (IUGS)</i>	
11:20–11:40	Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano: Agregando valor a la información geocientífica	Héctor Manuel ENCISO PRIETO Director Técnico de la Dirección de Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano	
11:40–12:00	Fundamentos mineralógicos y sus implicaciones metalúrgicas y ambientales en el proyecto de sustitución de la amalgamación en el Distrito Minero de Pacarní, Huila	Jorge Iván LONDOÑO ESCOBAR Coordinador del Grupo de Cali del Servicio Geológico Colombiano	
12:00–14:00	Almuerzo		
14:00–15:00	Paleogeografía del noroccidente de Sur América en el Cenozoico	<i>Keynote speaker</i> Prof. Camilo MONTES RODRÍGUEZ Universidad de los Andes	
15:00–16:00	Revisita a la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (VMM) en su área tipo, con énfasis en la sucesión cretácica: Proyecto Hidrosogamoso	Las unidades litoestratigráficas del VMM en su área tipo, con énfasis en las Formaciones La Paja y "La Luna": Proyecto Hidrosogamoso	Diana María MONTOYA ARENAS Grupo Funcional de Estratigrafía del Servicio Geológico Colombiano Roberto TERRAZA MELO Grupo Funcional de Estratigrafía del Servicio Geológico Colombiano
		Nuevo mapa geológico del área tipo de las unidades litoestratigráficas del VMM	Giovanni MORENO SÁNCHEZ Grupo Funcional de Estratigrafía del Servicio Geológico Colombiano
		Bioestratigrafía con amonitas de las unidades cretácicas del VMM y su significado paleogeográfico: Proyecto Hidrosogamoso	Dr. Fernando ETAYO SERNA Asesor <i>ad honorem</i> Grupo Funcional de Estratigrafía del Servicio Geológico Colombiano
16:00–16:20	Receso para café		
16:20–17:00	<i>On the heuristic relationship between geology and geological mapping</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. Philippe ROSSI Presidente de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW)	
17:00–17:20	Proyecto Mapa Geológico de Colombia: Pasado, presente y futuro	Nohora Emma MONTES RAMÍREZ Grupo Mapa Geológico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano	

Hora	Conferencia	Presentador
17:20-17:40	Mapa sismotectónico del sector norte del Valle Medio del Magdalena	Dr. Jaime Arturo ROMERO LEÓN Coordinador del Grupo Tectónica del Servicio Geológico Colombiano
17:40-18:00	Reconstruyendo la historia eruptiva de volcanes activos colombianos: Caso Complejo Volcánico Doña Juana	Bernardo PULGARÍN ALZATE Coordinador del Grupo Geología de Volcanes del Servicio Geológico Colombiano

Día 3. Miércoles 29 de junio de 2016

Sesión especial

Cooperación internacional en Ciencias de la Tierra en ordenamiento territorial en beneficio de la comunidad



Hora	Conferencia	Presentador
8:00-8:30	<i>The role of Science in Responding to societal needs</i>	Dra. Suzette KIMBALL Director of the United States Geological Survey (USGS)
8:30-9:00	Cooperación geológica entre América Latina y Europa	Dr. Luca DEMICHELI Secretario General de EuroGeoSurveys
9:00-9:30	Minería y medio ambiente: Experiencia de la Ley de cierre de faenas mineras en Chile	Lic. Rodrigo ÁLVAREZ SEQUEL Director del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)
9:30-10:00	<i>Urban Geochemistry in Europe</i>	Dr. Alecos DEMETRIADES EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group
10:00-10:20	Receso para café	
10:20-10:50	<i>The evolution of geological mapping in the Netherlands, over the last more than 100 year</i>	Dr. Jan EBBING Director of the Geological Survey of the Netherlands (TNO) Caribbean
10:50-11:20	Cooperación Iberoamericana en la toma de datos de desastres geológicos en el patrimonio cultural: Arqueosismología y paleohidrología	Lic. Santiago MARTÍN ALFAGEME Jefe del Gabinete Técnico del IGME
11:20-12:00	Servicio Geológico Mexicano: Puesta en valor de los recursos mineros de México	Ing. Raúl CRUZ RÍOS Director del Servicio Geológico Mexicano
12:00-14:00	Almuerzo	
14:00-14:30	<i>Worldwide technical cooperation projects of the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources</i>	Prof. Dr. Bernhard STRIBRNY Head of division for International Cooperation Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
14:30-15:00	Recursos Minerales: Riqueza oculta para el desarrollo	Dra. Gloria PRIETO RINCÓN Directora Técnica de la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano
15:00-15:30	Mapa Metalogénico de América del Sur	Dr. Eduardo ZAPPETTINI Director del del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
15:30-16:00	<i>Geomapping for land use in the 21st century</i>	Dr. Martin SMITH Science Director of the British Geological Survey Global (BGS)
16:00-16:20	Receso para café	
16:20-17:00	Coloquio	

Día 4. Jueves 30 de junio de 2016

Hora	Conferencia	Presentador
9:00-10:00	Agua, energía, biodiversidad, terremotos y el levantamiento de los Andes del norte. Variables relacionadas en una región estratégica y con abundantes recursos	<i>Keynote speaker</i> Dr. Andrés MORA BOHÓRQUEZ Ecopetrol

Agenda del Simposio

Hora	Conferencia	Presentador
10:00–10:20	Receso para café	
10:20–11:00	Retos de la administración de los recursos del subsuelo frente un nuevo paradigma de los mercados globales	<i>Keynote speaker</i> Dr. Armando ZAMORA <i>Schlumberger Business Consulting</i>
11:00–11:20	El conocimiento geológico	Frank SOLANO Dirección de Hidrocarburos del Servicio Geológico Colombiano
11:20–11:40	Huellas de fisión en la exploración de gas asociado a carbones, área Úmbita–Rondón (Boyacá), proyecto del Servicio Geológico Colombiano	Sergio AMAYA FERREIRA Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas del Servicio Geológico Colombiano
11:40–12:00	Actualización del modelo conceptual del área geotérmica de Paipa	Claudia María ALFARO VALERO Coordinadora del Grupo Exploración de Recursos Geotérmicos del Servicio Geológico Colombiano
12:00–14:00	Almuerzo	
14:00–15:00	<i>Extracting the history of the Andes from sedimentary basins</i>	<i>Keynote speaker</i> Prof. Brian K. HORTON <i>University of Texas at Austin</i>
15:00–15:20	Estándar cartográfico del SGC para mapas geológicos en ArcGIS a escalas 1M, 500K, 100K, 50K, 25K y 10K	Jorge GÓMEZ TAPIAS Coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano
15:20–15:40	Avances en el conocimiento del potencial hidrogeológico de sistemas acuíferos estratégicos de Colombia	Hugo Jesús CAÑAS CERVANTES Coordinador del Grupo de Exploración de Aguas Subterráneas del Servicio Geológico Colombiano
15:40–16:00	Exploración de fosfatos: Una necesidad para Colombia (caso departamento de Boyacá, Colombia)	Claudia Liliana MARTÍN RINCÓN Grupo Investigación y Exploración de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales
16:00–16:20	Receso para café	
16:20–17:20	Evolución del paisaje tropical durante los últimos 140 millones de años	<i>Keynote speaker</i> Dr. Carlos JARAMILLO MUÑOZ <i>Smithsonian Tropical Research Institute (STRI)</i>
17:20–17:40	Red Sismológica Nacional de Colombia	Dra. Viviana DIONICIO LOZANO Coordinadora del Grupo de Evaluación y Monitoreo de la Actividad Sísmica del Servicio Geológico Colombiano
17:40–18:00	Infraestructura geodésica espacial GNSS con propósitos geodinámicos: Innovación tecnológica de alto impacto científico en Colombia	Héctor MORA PÁEZ Coordinador del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales–Geored del Servicio Geológico Colombiano

Día 5. Viernes 1º de julio de 2016

Hora	Conferencia	Presentador
8:00–9:00	<i>A national–scale soil geochemical and mineralogical survey of the conterminous United States</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. David SMITH <i>United States Geological Survey (USGS)</i>
9:00–9:20	Explorando fuentes alternativas de energía en Colombia. Caso Gmac	Marco Antonio RINCÓN MESA Coordinador del Grupo de Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos del Servicio Geológico Colombiano
9:20–9:40	Adquisición de datos geofísicos aerotransportados por el SGC: Potencial para recursos minerales en Colombia desde un punto de vista geofísico	Ismael Enrique MOYANO NIETO Coordinador del Grupo de Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos del Servicio Geológico Colombiano
9:40–10:00	Proyecto Mapa Metalogénico de Colombia v. 2016: Una visión actualizada de la metalogenia en Colombia	Dr. Hildebrando LEAL MEJÍA Investigador en la <i>Mineral Deposit Research Unit–MDRU</i> de la <i>University of British Columbia</i> Asesor del Mapa Metalogénico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano

Hora	Conferencia	Presentador
10:00–10:20	Receso para café	
10:20–11:20	<i>Continental-scale geochemical mapping in Europe</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. Alecos DEMETRIADES <i>Treasurer and Chair of Sampling Committee del IUGS/IAGC Task Group on Global Geochemical Baselines</i>
11:20–11:40	Una visión geoquímica de Colombia	Dra. Gloria PRIETO RINCÓN Directora Técnica de la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano
11:40–12:00	El estudio de los movimientos en masa a través de la historia del Servicio Geológico Colombiano	Gloria Lucía RUIZ PEÑA Coordinadora del Grupo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano
12:00–14:00	Almuerzo	
14:00–15:00	<i>Challenges to integrating geographically-dispersed data and expertise during eruption responses</i>	<i>Keynote speaker</i> Dr. Tom MURRAY <i>Director of the United States Geological Survey's Volcano Science Center</i>
15:00–15:20	Volcán El Escondido: ¿Evidencia de la prolongación norte del vulcanismo activo en Colombia?	María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE Dirección de Geociencias Básicas
15:20–15:40	Seguimiento de actividad sísmica en yacimientos no convencionales	Dra. Viviana DIONICIO LOZANO Coordinadora del Grupo Evaluación y Monitoreo de la Actividad Sísmica del Servicio Geológico Colombiano
15:40–16:00	Monitoreo e investigación volcánica en Colombia a cargo del Servicio Geológico Colombiano	Cristian LÓPEZ VÉLEZ Grupo del Observatorio Vulcanológico y Simológico de Manizales Coordinador del Proyecto de monitoreo e investigación volcánica en Colombia a través de los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos del Servicio Geológico Colombiano
16:00–16:20	Receso para café	
16:20–16:40	Cuando los sismos son noticia. De la amenaza a la gestión del riesgo	María Mónica ARCILA RIVERA Grupo de Evaluación y Monitoreo de Actividad Sísmica del Servicio Geológico Colombiano
16:40–17:00	Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100 000, producto geocientífico que apoya el desarrollo del país	Gloria Lucía RUIZ PEÑA Coordinadora del Grupo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano
17:00–17:20	SGC, el reto de elaborar mapas de amenaza volcánica en el país	María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE Dirección de Geociencias Básicas
17:20–17:40	Apropiación Social del Conocimiento Científico: Treinta años de la vulcanología en Colombia, la gestión exitosa del riesgo volcánico el gran reto	Gloria Patricia CORTÉS JIMÉNEZ Coordinadora del Grupo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales del Servicio Geológico Colombiano
17:40–18:00	Cierre: Balance del <i>Simposio</i>	Dr. Oscar PAREDES ZAPATA Director General del Servicio Geológico Colombiano Jorge GÓMEZ TAPIAS Coordinador de las actividades de conmemoración del centenario del Servicio Geológico Colombiano

Resúmenes

Jorge GÓMEZ TAPIAS

Coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia
SGC

Secretario General de la Subcomisión para Suramérica
Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW)
mapageo@sgc.gov.co

Carlos SCHOBENHAUS

Geological Survey of Brazil (CPRM)
carlos.schobbenhaus@cprm.gov.br
Brasil

Nohora Emma MONTES RAMÍREZ

nmontes@sgc.gov.co

Mónica Alejandra GÓMEZ CORREA

mgomez@sgc.gov.co

Fernando Alirio ALCÁRCEL GUTIÉRREZ

falcarcel@sgc.gov.co
Grupo Mapa Geológico de Colombia
SGC
Colombia



Jorge GÓMEZ TAPIAS es geólogo y primer autor de las ediciones 2007 y 2015 del Mapa Geológico de Colombia (MGC) a escala 1:1 M y de las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia (AGC) a escala 1:500K. El Premio Lorenzo Codazzi de la Sociedad Colombiana de Ingenieros fue otorgado al Servicio Geológico Colombiano (SGC) por la edición 2007 del MGC y del AGC. Desde el 2004, ha sido el coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia de la Dirección de Geociencias Básicas del SGC. Su principal interés científico es la evolución geológica

de Colombia y junto con otros colegas ha llevado a cabo investigaciones en las cordilleras Occidental y Central, así como en otros lugares de Colombia.

GÓMEZ TAPIAS tiene amplia experiencia con el *software* ArcInfo/ArcGIS y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Fue el encargado de realizar e implementar el estándar cartográfico

del SGC para los mapas geológicos en ArcGIS a escalas 1M, 500K, 100K, 25K, 50K y 10K que incluye el diseño de estilos, los modelos de datos, los *templates* y la estructura de la *Geodatabase*.

El 14 de febrero de 2010 fue nombrado Secretario General Adjunto para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) y, desde el 5 de agosto de 2012, fue ascendido a Secretario General para Suramérica de la CGMW. Desde el 2009, es uno de los 2 coordinadores del Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5 M y del Mapa Geológico y de Recursos Minerales de Suramérica (92 planchas) a escala 1:1 M, proyectos de la CGMW y de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI).

Para más información de Jorge GÓMEZ TAPIAS:

<http://hipotesis.uniandes.edu.co/hipotesis/imagenes/stories/ed17pdf/Entrevista-17.pdf>

<http://www.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>

<http://ccgm.org/en/>

Título de la presentación: **Mapa Geológico de Suramérica 2016 a escala 1:5 M**

Resumen

El Mapa Geológico de Suramérica (MGSA) a escala 1:5 M es un proyecto de la Subcomisión para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW), realizado con la colaboración de la mayoría de los servicios geológicos de Suramérica y varias universidades del continente. La realización del MGSA es coordinada por Carlos SCHOBENHAUS (Plataforma Suramericana) del Servicio Geológico de Brasil (CPRM) y Jorge GÓMEZ TAPIAS (Andes y Patagonia) del Servicio Geológico Colombiano (SGC). La ejecución de esta edición del MGSA a escala 1:5 M fue aprobada durante el 33rd *Internacional Geological Congress* y cuenta con el apoyo Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI).

Para su elaboración se realizó un taller del 21 al 26 de julio de 2014 en Villa de Leyva (Colombia), que contó con la presencia de 43 delegados de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Francia, Holanda, Perú, España, Surinam, Uruguay y Venezuela. Este taller tuvo grandes avances como:

- Presentación y entrega oficial de la cartografía geológica de cada país, así como la designación de los coordinadores nacionales.
- Propuesta de leyenda del mapa que agrupa las unidades cronoestratigráficas de la siguiente manera: rocas sedimentarias (siliciclásticas, carbonáticas e indiferenciadas), rocas volcánicas (andesíticas y afines; basálticas; riolíticas; alcalinas, e indiferenciadas), rocas plutónicas (graníticas; gábricas y ultramáficas; alcalinas, e indiferenciadas) y rocas metamórficas (bajo a medio grado, medio a alto grado, alta P/T e indiferenciadas).
- Se acordó que la revisión final del MGSA la realizarán: Prof. Víctor RAMOS de la Universidad de Buenos Aires, Prof. Emond W.F. DE ROEVER de la *Universiteit van Amsterdam*, Prof. Francisco HERVÉ ALLAMAND de la Universidad de Chile, Prof. Benjamin B. de BRITO NEVES *Universidade de São Paulo* y Prof. Salomón KROONEN-

BERG de la *Technische Universiteit Delft*.

- Argentina, Venezuela y Ecuador harían la generalización a escala 1:5 M y lo enviarían al grupo compilador del SGC. En cambio, el grupo compilador del SGC realizaría la de Chile, Perú, Uruguay y Bolivia a escala 1:5 M para luego enviarlo al correspondiente servicio geológico o universidad para que sea discutido y avalado.
- Se acordó hacer el segundo Taller del Mapa Geológico de Suramérica en la ciudad de Río de Janeiro (Brasil) entre los equipos del CPRM y del SGC en 2016.

La metodología implementada para la realización del mapa consistió en listar las unidades litoestratigráficas presentes en el mapa geológico de cada país con su respectiva descripción y edad, luego a cada una de las unidades se les asignó un nuevo código de acuerdo con la leyenda acordada. Para ello, se desplegó en ArcGIS la cobertura de los polígonos con la geología y se adicionó un nuevo campo con el código a escala 5M, a partir de estos nuevos códigos se creó una simbología con colores que representan la edad y los tramados que indican el tipo de roca, y se generó un mapa con las unidades codificadas para 5M.

El mapa con la nueva simbología 5M y la grilla de coordenadas se imprimió a escala 3M con el fin de agrupar y generalizar las unidades a mano alzada; posteriormente, este mapa fue escaneado y georreferenciado para digitalizar las nuevas unidades geológicas, fallas y pliegues a 5M. Además, se revisaron las publicaciones científicas internacionales (principalmente dataciones radiométricas) de cada país y, cuando fue necesario, se ajustó la edad de acuerdo a estos nuevos datos. Los mapas generalizados por el SGC van a ser discutidos, adaptados y avalados por los pares de cada país. Finalmente, se integraron todos los mapas y se armonizaron las fronteras de cada uno de los países.

Como principal herramienta de armonización del MGSA se usó una imagen de relieve sombreado de Suramérica. Esta se hizo en ArcGIS 10.2 a partir del *grid* del *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* con una resolución de 90 m, descargado de la página web del *United States Geological Survey (USGS, 2002)*. La imagen se creó con simulación de iluminación solar con 315° y 45° de azimut, y con altura de 45° teniendo en cuenta que la cordillera de los Andes recorre el continente de sur a norte. La perpendicularidad entre estos dos modelos de sombras superpuestas y la de 45° de azimut desplegada con una transparencia al 50% permite el realce de las características del terreno y facilita la observación de las principales estructuras geológicas. Pese a que el MGSA está a escala 1:5M, las unidades cronoestratigráficas del mapa se ajustaron para que tuvieran un buen empalme con la imagen de relieve sombreado y permita después su despliegue en Google Earth.

Para las áreas marinas se usó la cobertura de la corteza oceánica del Mapa Tectónico de Suramérica (Cordani *et al.*, 2016). Para esta área se creó la imagen de relieve sombreado de las áreas oceánicas de igual forma que el área continental usando el *grid* de GEBCO (2014). Para el área del oeste de Colombia se complementaron las edades de corteza oceánica y sus estructuras con la información de Morell (2015) y Lonsdale (2005).

Los volcanes cuaternarios, que incluyen más de 300, fueron tomados de los mapas geológicos de cada país donde estaban disponibles o se obtuvieron del catálogo de *Volcanoes of the World* (Siebert, 2010) y de la base de datos del programa *Global Volcanism del Smithsonian Institute* (<http://volcano.si.edu/>). Asimismo, la capa de cráteres de impacto se tomó del libro

Impact Craters in South America de Acevedo *et al.* (2015) y del *Earth Impact Database* (<http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/>). Un trabajo adicional fue la perfecta georreferenciación de estas dos capas con la ayuda de imágenes de *Google Earth*.

El MGSA tendrá el sistema de coordenadas WGS84 con una proyección *World Polyconic* centrada en el meridiano 59 W. El mapa base usado es el mismo del Mapa Tectónico de Suramérica a escala 1:5 M realizado por el CPRM con base en imágenes de *Land-Sat* de *GeoCover* de la NASA (<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>).

De acuerdo a lo convenido en el taller de Villa de Leyva, se realizó el segundo Taller del Mapa Geológico de Suramérica en la ciudad de Río de Janeiro (Brasil) entre los equipos del CPRM y el SGC. Las conclusiones y compromisos del taller fueron:

- Se definieron los códigos de las unidades cronoestratigráficas que son: Rocas sedimentarias: siliciclásticas s1, carbonáticas s2, evaporíticas s3 e indiferenciadas s4; rocas volcánicas: andesíticas y afines ε, basálticas β, riolíticas α, alcalinas δ, volcanoclásticas σ e indiferenciadas ω; rocas plutónicas: graníticas γ, gábricas y ultramáficas μ, alcalinas λ e indiferenciadas π; rocas metamórficas: bajo a medio grado m1, medio a alto grado m2 e indiferenciadas m3.
- Se acordó el modelo del *style* para los pliegues, fallas, unidades cronoestratigráficas, volcanes cuaternarios, cráteres de impacto, rocas de alta presión, zonas de sutura, diques y silos, límites de placas, estructuras oceánicas, glaciares, lagos de sal, corteza oceánica y batimetría.
- Se definieron 4 recuadros para el MGSA: mapa regional de tectónica de placas, leyenda, simbología y formato.
- Se acordó que para el Precámbrico, debido a la cantidad de unidades de esta edad en la plataforma suramericana, no se van a respetar los colores de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 y se van a adoptar los colores que proponga el CPRM para estas unidades.

El primer borrador del MGSA prevé que estará listo para la Asamblea General de la CGMW que se llevará a cabo durante el 35th *International Geological Congress* en Ciudad del Cabo (Sudáfrica). Una vez se tenga una versión final será enviada a cada servicio geológico para su evaluación y, en una fecha posterior, será sometido a un proceso de revisión siguiendo las recomendaciones de la CGMW y lo convenido en el taller de Villa de Leyva. Se espera la culminación final del mapa para el primer semestre de 2017.

El producto final del proyecto incluirá la elaboración de un mapa geológico impreso, el SIG en un CD-ROM y un artículo científico para publicar en la revista *Episodes* que ya está en elaboración.

Referencias

- Acevedo, R.D., Rocca, M.C.L., Ponce, J.F. & Stinco, S.C. 2015. *Impact craters in South America* (Briefs in Earth System Sciences). Springer. 104 p.
- Cordani, U.G., Ramos, V., Fraga, L.M., Cegarra, M., Delgado, I., de Souza, K.G., Gomes, F.E.M. & Schobbenhaus, C. 2016. *Tectonic Map of South America at 5.9 M*. CGMW-CPRM-SEGEMAR. París, Francia.
- GEBCO. 2014. The GEBCO_2014 Grid, version 20150318. General Bathymetric Chart of the Oceans. http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30_second_grid/ (consultado en enero de 2016).
- Lonsdale, P. 2005. Creation of the Cocos and Nazca plates by fission of the Farallon plate. *Tectonophysics*, 404(2-3): 237-264.
- Morell, D. 2015. Late Miocene to recent plate tectonic history of the southern Central America convergent margin. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(10).
- Siebert, L., Simkin, T. & Kimberly, P. 2010. *Volcanoes of the World*. 3rd ed. University of California Press, 568 p. Berkeley (CA, USA).
- USGS. 2002. Shuttle Radar Topography Mission, 3 Arc Second-República de Colombia, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility. University of Maryland, February 2000. Maryland, USA.

Jorge GÓMEZ TAPIAS

Coordinador Grupo Mapa Geológico de Colombia

Yaneth MONTAÑA

Dirección de Gestión de la Información

SGC

ymontana@sgc.gov.co

Colombia

Título de la presentación: **Estándar cartográfico del Servicio Geológico Colombiano para mapas geológicos en ArcGIS a escalas 1M, 500K, 100K, 50K, 25K y 10K**

Resumen

En el 2008 las direcciones de Geociencias Básicas y Gestión de la Información del Servicio Geológico Colombiano (SGC) emprendieron la realización de los estándares cartográficos para mapas geológicos en ArcGIS a escalas 1M, 500K, 100K, 50K, 25K y 10K, aprovechando la experiencia adquirida durante la realización del Mapa Geológico de Colombia y la vinculación de Jorge GÓMEZ TAPIAS a la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW), institución encargada de hacer esta labor a nivel mundial.

Los estándares cartográficos fueron realizados de acuerdo a estándares internacionales (p. ej. FGDC, 2006) y nacionales, donde sobresale la visualización de la información geológica sobre la topografía y con una uniformidad de criterios entre los mapas geológicos a diferentes escalas. En los estándares se preservaron elementos valiosos de los mapas geológicos análogos y digitales previamente existentes en el SGC. Además, los estándares fueron concebidos para ser trabajados en armonía con la densidad de información de los mapas bases oficiales a diferentes escalas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

El trabajo consistió primero en definir los elementos geológicos que se podían cartografiar y sus respectivos atributos. Posteriormente, se creó el modelo de datos de toda la información geológica, se estructuró en una *File Geodatabase* donde se crearon dominios y subtipos que facilitan al usuario el almacenamiento de la información y evitan errores cometidos por transcribir información.

La siguiente actividad fue definir la simbología de los elementos geológicos (*styles*) tales como: unidades geológicas, fallas, pliegues, fósiles, volcanes, contactos geológicos, anota-

ciones, etc. Si bien todos estos elementos y las anotaciones son las mismas, estos varían en grosor, color, tamaño, densidad de las tramas de acuerdo a la escala. Coherentemente, las anotaciones se diseñaron de acuerdo a la escala de salida y relacionadas al objeto geográfico, facilitando la edición del mapa.

Para el estándar se usó la Tabla Cronoestratigráfica Internacional de Cohen *et al.* (2013) en su versión 2016 en español para América. Para los principales tipos de rocas y litologías se crearon 31 tramados a partir de una fuente, que garantiza una perfecta visualización, rápida impresión y archivos PDF pequeños.

Para las clasificaciones de rocas ígneas y metamórficas se recomienda Le Maitre (2004) y Fettes & Desmons (2007). Asimismo, este estándar no tiene el alcance de ser un glosario de geología, pero para ello se recomienda el de Neuendorf *et al.* (2005) y RACEFN (2016).

Para el mapa base se usó el mismo modelo de datos del IGAC, solo se realizaron ajustes a los tipos de textos que guarden una correcta jerarquía visual con la información geológica. El sistema de coordenadas usado es el sistema de referencia oficial de Colombia MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia), que garantiza la compatibilidad de las coordenadas colombianas con las técnicas espaciales de posicionamiento y con datos internacionales georreferenciados.

Finalmente, se diseñaron los *templates* para todas las escalas de los mapas que siguen el índice de hojas del IGAC y aquellos que involucran más de una plancha topográfica y/o tienen una forma irregular. En el diseño de los *templates* se escogieron los elementos mínimos que debe tener una salida gráfica y la armonía entre cada uno de estos componentes, brindando una salida gráfica de alta calidad.

El 26 de febrero de 2015 se hizo la socialización de los estándares en el SGC que recibió una retroalimentación que resultó en el cambio de la paleta de colores elegida anteriormente y en que los elementos estructurales, como la orientación de la estratificación y la foliación, girarían con la dirección de buzamiento, que es el dato que la mayoría de geólogos del SGC toman directamente en campo. La nueva paleta de colores adoptada es la del USGS (2005), para su creación se tuvieron en cuenta criterios como legibilidad del mapa, uso con tramados, edad de las unidades geológicas y permitir la visibilidad del mapa base. Por sugerencia de los usuarios, los tramados quedaron como opcionales y el color usado para estos tiene como criterio que tenga una buena visualización con el color de la unidad geológica.

Desde hace 2 años este estándar se está usando en los mapas del SGC, lo que ha permitido ponerlo a prueba y ajustarlo donde se ha visto que ha sido necesario. Con la entrega de los estándares cartográficos para mapas geológicos por parte del SGC se pretende que, además de ser los oficiales del instituto, sirvan de referente a todos aquellos que realizan cartografía geológica en el territorio colombiano.

Referencias

- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36(3): 199–204. Actualizada 2016: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04SpanishAmerDraft.pdf>
- FGDC (prepared for the Federal Geographic Data Committee by the U.S. Geological Survey). 2006. Federal Geographic Data Committee Digital cartographic standard for geologic map symbolization. Federal Geographic Data Committee Document Number FGDC-STD-013-2006, 290 p. Reston, USA. http://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd/fgdc-geolsym-all.pdf
- Le Maitre, R.W., editor. 2004. *Igneous rocks: A classification and glossary of terms*, 2nd edition. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. International Union of Geological Sciences & Cambridge University Press, 236 p. Cambridge, UK.
- Fettes, D. & Desmons, J. editores. 2007. *Metamorphic rocks: A classification and glossary of terms*. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks. International Union of Geological Sciences & Cambridge University Press, 244 p. Cambridge, UK.
- RACEFN, 2016. *Glosario de Geología*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01Spanish.pdf> (consultado en julio de 2016).
- USGS, 2005. *Selection of Colors and Patterns for Geologic Maps of the U.S.* Geological Survey. United States Geological Survey, 290 p. Reston, USA. <http://pubs.usgs.gov/tm/2005/11B01/pdf/TM11-B1.pdf>



Dr. Renato CORDANI

Consultor
Reconsult Geofísica
Asesor en interpretación geofísica
SGC
rcordani@reconsult.com.br
Brasil y Colombia

Renato CORDANI es geofísico de prospección que trabaja como consultor en Reconsult Geofísica (Brasil) desde 1995, en donde ha contribuido al descubrimiento y desarrollo de diversos depósitos minerales. El doctor CORDANI es graduado en geofísica de la Universidade de São Pablo (1993), después obtuvo un M.Sc. en geofísica en 1997 y un Ph.D. en geofísica en la misma universidad. Ha sido vicepresidente de la Sociedad Brasileira de Geofísica y consultor para el Banco Mundial.

Además cuenta con diversas publicaciones en revistas internacionales relacionadas con el uso de métodos geofísicos para la investigación y exploración minera como: “Modelamento gravimétrico tridimensional do baixo anômalo de arlivre da Bacia de Santos”, “Desenvolvimento de metodologia para aplicar técnicas do paleomagnetismo em anomalias magnetométricas em crosta continental: aplicação a anomalias brasileiras” y “Virtual Pole from Magnetic Anomaly (VPMA): A procedure to estimate the age of a rock from its magnetic anomaly only”.

Título de la presentación: **Adquisición de datos geofísicos aerotransportados por el SGC: Una nueva herramienta para el desarrollo del sector minero-energético y el conocimiento geológico regional de Colombia**

Resumen

Con el fin de contribuir con los procesos investigativos y el desarrollo minero-energético de Colombia, es necesario contar con un nivel de conocimiento geológico, geoquímico y geofísico adecuado del territorio, que permita identificar zonas con potencial para la presencia de recursos minerales. En este sentido, en el año 2012 el Servicio Geológico Colombiano (SGC), con apoyo y asesoría de expertos del Banco Mundial, realizó un análisis de las necesidades de información geofísica para apoyar la evaluación del potencial para recursos minerales del territorio nacional. Con base en estas necesidades, se delimitaron áreas de interés para realizar levantamiento de información geofísica (Figura 1) y de igual forma se establecieron las especificaciones técnicas necesarias para cumplir con este objetivo, eligiendo como métodos geofísicos la magnetometría y gammaespectrometría, combinación ampliamente usada en la exploración de

recursos minerales, siendo de primera importancia la magnetometría como identificador de anomalías comúnmente relacionadas con estructuras o cuerpos potencialmente prospectivos para recursos minerales.

Se definió que la toma de datos sería realizada de forma aerotransportada (ala fija), con diseño de adquisición en líneas de vuelo paralelas separadas 500 m (zona andina) y 1000 m (Amazonía), y líneas de control separadas 5000 y 10000 m, respectivamente, para tener una densidad de cubrimiento del terreno adecuada con el objetivo del proyecto. Adicionalmente, con el fin de asegurar una resolución adecuada para los objetivos del proyecto y métodos geofísicos utilizados, el vuelo de las aeronaves se estableció en 100 m de altura constante sobre el terreno, en donde la topografía y rendimiento del avión lo permiten, estableciendo un diseño de adquisición suavizado (*smooth drape*) para las áreas más escarpadas. Con esta configuración se obtiene una densidad de muestreo de un dato cada

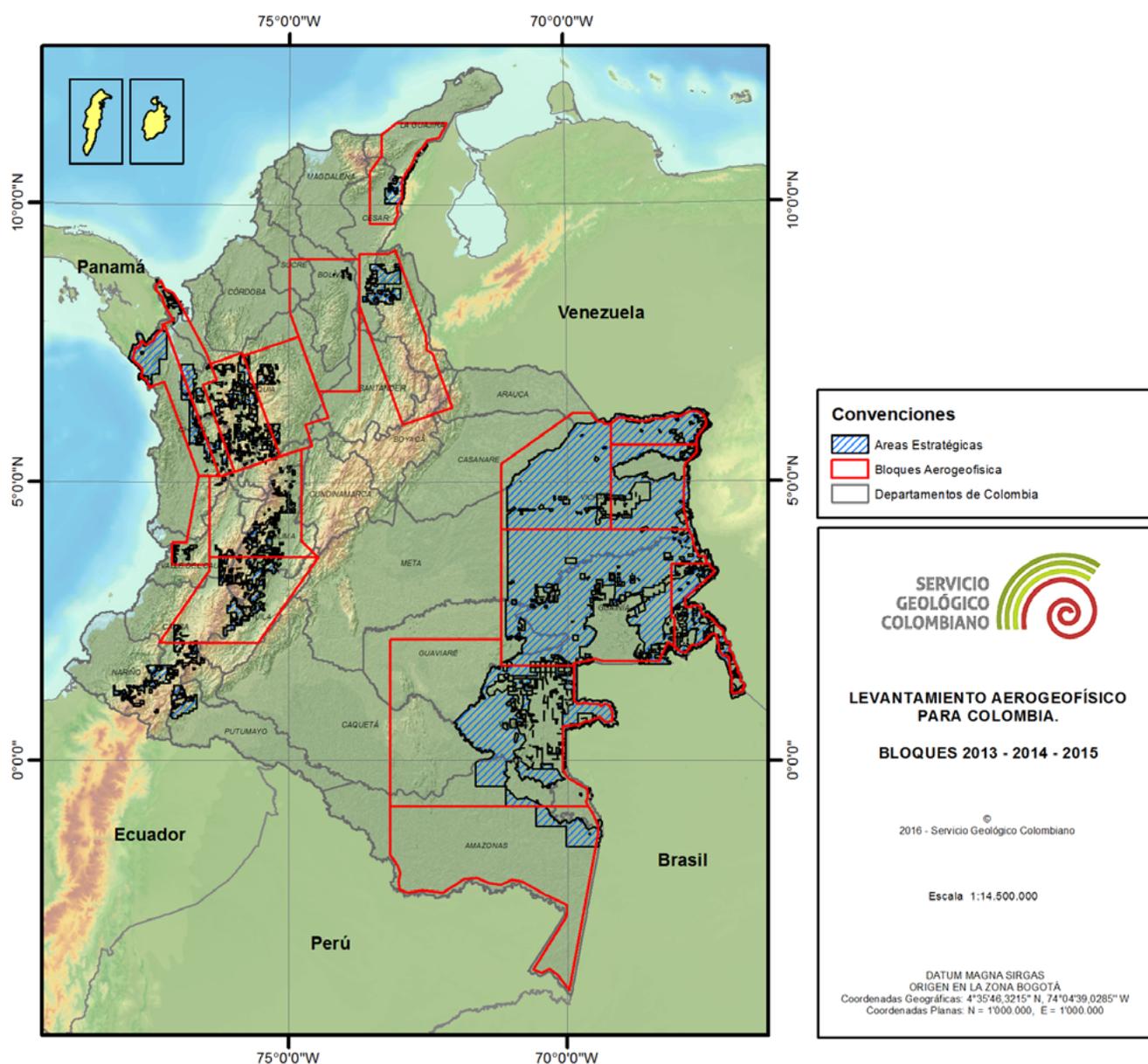


Figura 1. Áreas delimitadas para el levantamiento geofísico aerotransportado

7 a 9 m para la magnetometría y un dato cada 70 a 90 m para gammaespectrometría, lo anterior teniendo en cuenta la frecuencia de medición de cada equipo y la velocidad de vuelo de la aeronave.

Desde el año 2013, se iniciaron los proyectos de levantamiento de datos aerotransportados de magnetometría y gammaespectrometría en las áreas de interés del territorio colombiano, mediante la celebración de contratos con empresas con amplia experiencia en este tipo de trabajos a nivel internacional. Con la realización de este proyecto se estima cubrir un área de más de 600 000 km² de las áreas del territorio nacional con potencial para la presencia de recursos minerales, representadas en alrededor de 1 000 000 de km lineales de información geofísica aerotransportada.

Esta información geofísica es procesada e interpretada totalmente por personal del SGC con la asesoría externa de expertos en interpretación de datos geofísicos para recursos minerales, generando información de apoyo para la investigación y evaluación del potencial para recursos minerales de las áreas de interés, mediante su integración con datos geoquímicos, geológicos y metalogenéticos encaminada a la generación de posibles blancos de exploración detallada.

Complementariamente, la información obtenida en este proyecto sirve como apoyo para otras actividades misionales del SGC como la cartografía geológica, particularmente en áreas de difícil acceso como la Amazonía colombiana, en donde la información gamaespectrométrica permite ver variaciones composicionales en la superficie como un reflejo de los cambios litológicos del terreno; así como para otras actividades misionales como estudios tectónicos y estructurales, hidrogeología, geotermia, evaluación de amenazas geológicas, entre otros.



Dra. Gloria PRIETO RINCÓN

Directora técnica de la Dirección de Recursos Minerales SGC
gprieto@sgc.gov.co
 Colombia

La Dra. Gloria PRIETO RINCÓN es la directora técnica de la Dirección de Recursos

Minerales del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Es química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y obtuvo el *Doutorado em Ciências: Geoquímica e Geologia* del *Centro de Geociências-Pós-graduação* en la *Universidade Federal do Pará*.

Es miembro activo de varias organizaciones científicas, miembro del Comité Editorial de la revista *Geochemistry: Exploration-Environment-Analysis* y representante para Suramérica en el *Task Group on Global Geochemical Baselines* de la IUGS/IAGC.

Posee amplia experiencia en el SGC, entidad en la cual, desde su vinculación en 1987, ha dirigido grupos interdisciplinarios y ha desarrollado proyectos y programas de investigación en caracterización geoquímica de materiales geológicos; exploración geoquímica multipropósito; prospección y exploración de minerales; geoquímica médica; geoquímica ambiental

y geoquímica aplicada a identificación y evaluación de drenajes ácidos de mina; definición de líneas base geoquímicas de Colombia, e identificación de zonas de acumulación de elementos potencialmente peligrosos para la salud.

La Dra. PRIETO RINCÓN es par evaluador científico de Colciencias y de otras entidades internacionales, además ha sido consultora en grupos interdisciplinarios en temas relacionados con geoquímica, geoquímica ambiental y tópicos de minería y medio ambiente.

Ha publicado informes y artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, ha ejercido la docencia en universidades colombianas y ha participado como ponente y como conferencista invitada en eventos científicos en Colombia y el exterior.

Título de la presentación: **Explorando y conociendo el territorio colombiano**

Resumen

La Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) genera conocimiento geocientífico mediante investigaciones y estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos, como base para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales en el territorio colombiano y como aporte al desarrollo económico y social del país. La información producida aporta conocimiento del territorio para proyectar el aprovechamiento de recursos naturales, planear actividades productivas y usos del suelo, y para evaluar en qué condiciones se promoverá el desarrollo del país.

Con base en las condiciones geológicas del territorio y en información geoquímica, geofísica y de inventario minero con la cual contaba el SGC, la DRM seleccionó en el año 2012 áreas con potencial para albergar mineralizaciones de oro, platino, cobre, coltán, sales de potasio, uranio, carbón metalúrgico, roca fosfórica y magnesio (Bernal *et al.*, 2012); minerales que de acuerdo con proyecciones efectuadas por especialistas en economía minera fueron definidos como estratégicos para el desarrollo del país (Resolución 180102 de enero 30 de 2012 del Ministerio de Minas y Energía). La adquisición de información geocientífica en las áreas con potencial mineral, se re-inició en el año 2013 y se continúa desarrollando hasta la actualidad.

En los últimos años se ha intensificado la exploración del territorio colombiano y se ha iniciado un programa de exploración regional, mediante reconocimiento geológico, exploración geoquímica, estudios de caracterización metalogenética, y exploración geofísica aerotransportada (magnetometría y gamaespectrometría), en las regiones Andina, Caribe, Orinoquía y Amazonía colombiana (Figura 1).

En el programa de reconocimiento geológico se han cubierto áreas de la zona Andina, especialmente en los departamentos de Antioquia, Chocó, Caldas, Huila, Tolima, Cesar, La Guajira, Nariño, Cauca, Putumayo y Vichada, entre otros.

En el programa de exploración geoquímica se ha alcanzado el 32 % de cubrimiento del país en escala regional y un 50 % a escala de ultra-baja densidad. En los últimos años se avanzó en el muestreo de cerca de 46 000 km² con una densidad alta de muestreo (entre 1 muestra/1 km² a 1 muestra /5 km²), como producto de lo cual se colectaron alrededor de 15 000 muestras (sedimentos, rocas, concentrados de batea) en áreas estratégicas mineras y otras áreas de interés del país. Las muestras recolec-

tadas se analizan para 60 elementos en los laboratorios del SGC y en otros laboratorios externos, y sus resultados han incrementado el acervo de información geoquímica de Colombia.

Para evaluar el potencial mineral de áreas de interés nacional, se han seleccionado zonas (9 en el 2013–2014; y 7 en el 2015) en las cuales se han adelantado estudios de caracterización metalogénica (Convenio Especial de Cooperación con la Universidad Nacional de Colombia).

En el programa de levantamiento aerogeofísico de magnetometría y gamaespectrometría proyectado para cubrir 1 016 320 km (600 000 km² aprox.) se ha alcanzado un avance de 695 364 km a abril del 2016 (Figura 2). La información magnetométrica y gamaespectrométrica adquirida se procesa utilizando *software* especializado, y se generan mapas de anomalías magnéticas y mapas de gamaespectrometría (U, K, Th, total). A partir de las anomalías se identifican áreas o blancos de interés para recursos minerales, las cuales son estudiadas posteriormente mediante trabajo detallado en campo.



Figura 1. Actividades de exploración del territorio colombiano.

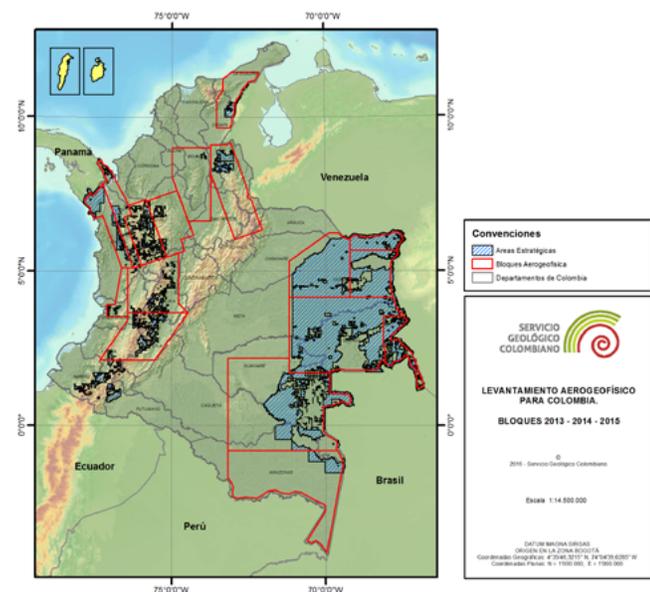


Figura 2. Programa de exploración geofísica del SGC.

A partir de la información geofísica, geológica, geoquímica, y metalogénica obtenida en los programas anteriores se evalúa el potencial mineral de las áreas de interés y se producen informes del potencial mineral de cada área, proceso a partir del cual se han priorizado áreas con potencial para alojar mineralizaciones en Colombia.

La DRM adelanta programas de exploración de minerales energéticos con énfasis en carbón, uranio y gas metano asociado a carbón, a partir de los cuales se han evaluado recursos y se han identificado anomalías promisorias para éstos minerales.

De la misma manera la DRM adelanta programas de exploración e investigación de minerales de uso agrícola e industrial (P, K, Ca, Mg, S) y de materiales de construcción, que han permitido identificar zonas con potencial para estos minerales y conocer las calidades de estos recursos.

El SGC aprovecha la información geológica, geoquímica, geofísica, metalogénica y de depósitos minerales que dispone para elaborar los mapas metalogénico, de depósitos minerales y geoquímico de Colombia, de los cuales se emitirá una nueva edición a finales del presente año.

Para optimizar la consulta, uso y manejo de datos, la información geológica, geoquímica, geofísica, metalogénica y de potencial de recursos minerales generada por los proyectos de la DRM se organiza y archiva en la *Geodatabase* que incluye las temáticas anteriores y podrá ser usada por los sectores interesados en bien del desarrollo productivo del país.

Los productos de información generados por la DRM pueden ser consultados en los centros documentales de la entidad y en línea en su portal *web*.

El SGC y, en particular, la DRM continuarán con sus programas de reconocimiento geológico, geofísico, geoquímico y metalogénico para avanzar en el conocimiento geocientífico de Colombia y brindar información necesaria para planear el uso de su territorio.

Referencias

Bernal, L.E., Celada, C.M., Mora, B.M., Suárez, C., Jiménez, C., Castellanos, F., Terraza, R., Gómez, E., Rincón, M., Monroy, W., Alvarado, S., Sánchez, C., García, A., Moreno, G., Prieto, G., Rojo, J.C., Montaña, A., Ríos, E., Romero, A.S., Gamba, M. & Smith, C. 2012. Áreas con potencial mineral, para definir áreas de reserva estratégica del Estado. Ministerio de Minas y Energía, Servicio Geológico Colombiano. 45p. Bogotá.

<http://www.sgc.gov.co>

Título de la presentación: **Una visión geoquímica de Colombia**

Resumen

El conocimiento de la geoquímica de un país es base para su desarrollo, en tal sentido la información geoquímica es de gran utilidad para establecer la línea base geoquímica de Colombia, adelantar programas de exploración de recursos minerales, caracterizar unidades geológicas, estudiar problemas de salud de las regiones, establecer proyectos agrícolas, y planear el manejo ambiental de los ecosistemas y el uso del territorio (Darnley *et al.*, 1995).

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) a lo largo de su historia (1916–2016), y con la participación de numerosos de sus funcionarios, ha producido información geoquímica en los programas de cartografía geológica y geoquímica, y en los proyectos de exploración de recursos del subsuelo, y su compilación en una base de datos georreferenciada fue acometida como respuesta a la urgente necesidad de preservar, organizar y aprovechar la información producida por la institución en sus diferentes proyectos y programas desde su fundación.

Atendiendo a la convocatoria del Proyecto de Mapeo Geoquímico Internacional (proyectos 259 y 360 de la UNESCO, Darnley *et al.*, 1995) liderado por el Dr. Arthur DARNLEY, el SGC promovió desde 1996 un programa de levantamiento de información geoquímica del territorio mediante muestreo sistemático con el objetivo fundamental de adquirir información sistemática, multimedio y multipropósito que contribuyera a enriquecer el conocimiento del territorio colombiano como base para solucionar problemas de la población en salud, planeación agrícola, recursos y medio ambiente. El programa se inició en el año 1997 con un diagnóstico de la información geoquímica existente en Colombia y se continuó durante los años 1998 a 2004: En su ejecución se colectaron sistemáticamente muestras de sedimentos finos activos de corriente, sedimentos de planicie de inundación (*overbank* y *floodplain*), suelos y aguas, y se cubrieron amplias regiones de Colombia con muestreo de ultra baja densidad, 600 000 km² (1 muestra/1600 km²); baja densidad, 104 000 km² (1 muestra/400 km²); media densidad, 9600 km² (1 muestra/100 km²), y mayor densidad 6000 km² (1 muestra/25 km², 1 muestra/1 km²).

En los años 2006 a 2009 se continuó con el muestreo sistemático en el centro del país en los cinturones esmeraldíferos de Colombia, sabana de Bogotá y cuenca alta del río Magdalena, (1 muestra/9 km²). En la Costa Atlántica de Colombia se cubrieron 24 000 km² en la Sierra Nevada de Santa Marta (1 muestra/4 km²) y 7200 km² en la región de la Alta Guajira. En esta última región por tratarse de una zona semidesértica, con drenajes intermitentes que son activos solamente en época de altas lluvias y que posee alta influencia marina se han utilizado como medios de muestreo sedimentos de lecho complementado con suelos que en general son poco desarrollados. Programas de muestreo similares a los anteriores fueron adelantados en la cuenca media del río Magdalena, áreas de los Llanos Orientales colombianos y en la región del Perijá.

Durante los años 2010 y 2011 se adelantó muestreo de sedimentos en los Llanos Orientales con baja y media densidad de muestreo, en donde se cubrieron 30 200 km² (1 muestra/25 km²), y paralelamente se muestrearán 14 400 km² en la parte central del país (1 muestra/4 a 9 km²).

Adicionalmente en el año 2010 se avanzó en los programas de geoquímica ambiental y médica en la zona de la Depresión Momposina, que recibe aportes de actividad minera (sedimentos y aguas); en zonas en donde se reportan problemas de fluorosis en Tolima y Santander (rocas, sedimentos, suelos, aguas, minerales), y en zonas con ocurrencia de aguas termales que tienen usos terapéuticos y turísticos (rocas, suelos, aguas, sales, lodos).

A partir del año 2012, el SGC inició un nuevo y ambicioso programa de muestreo geoquímico cuyo objetivo es cubrir cerca de 200 000 km² en áreas que fueron declaradas como áreas estratégicas y de interés por el Gobierno Nacional, las cuales están localizadas en la zona andina y en el oriente de Colombia (Figura 1).

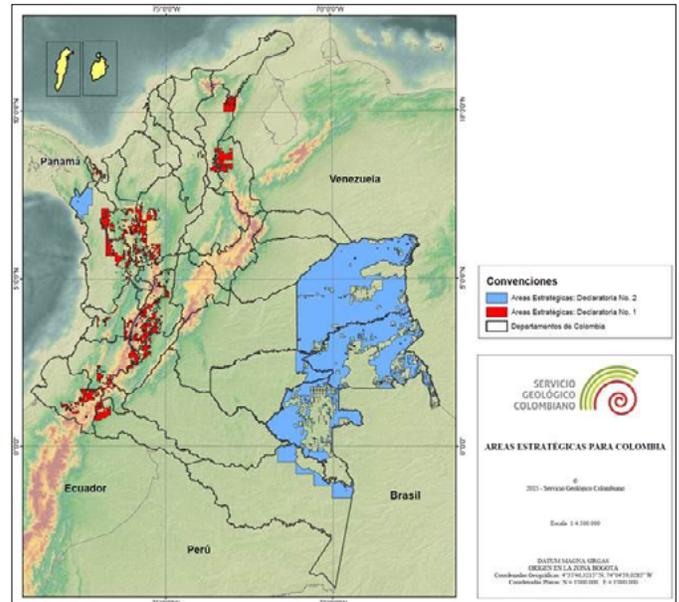


Figura 1. Áreas declaradas como áreas estratégicas.

En ejecución del último programa de muestreo geoquímico que se inició en Antioquia y avanzó hacia el nororiente, occidente y sur del país, se han cubierto cerca de 46 000 km² con una densidad alta de muestreo (entre 1 muestra/1 km² a 1 muestra/5 km²), y se han colectado alrededor de 15 000 muestras (sedimentos, rocas, concentrados de batea) en áreas de interés del país.

Como aplicación concreta al estudio del ambiente natural en que ocurren los depósitos minerales, el SGC adelanta un proyecto dirigido a establecer la línea base geoquímica y evaluar el potencial de generación de drenaje ácido en una región en donde existe un depósito mineral de oro aún sin iniciar su etapa de aprovechamiento.

Adicionalmente y como complemento al conocimiento geoquímico del territorio, el SGC inició un programa de gamaespectrometría aerotransportada que cubre cerca de 1 016 320 km en las regiones Andina, Orinoquía y Amazonía, a partir del cual se establecerán dominios de U, K y Th (Figura 2).

Las muestras colectadas en los programas geoquímicos han sido analizadas (hasta 60 elementos) en los laboratorios del SGC y en otros laboratorios externos especializados, utilizando tecnologías y metodologías estandarizadas (ICP–MS, ICP–AES, XRF AAS, GFAAS, entre otras) y sus resultados han incrementado el acervo de información geoquímica de Colombia. Los datos geoquímicos obtenidos han sido procesados utilizando *software* especializado, y como producto final se han obtenido mapas temáticos (concentración, distribución) e informes técnicos. Para optimizar la consulta, uso y manejo de datos la información geoquímica es archivada en una *geodatabase* que incluye información temática geológica, geoquímica, geofísica y metalogénica que genera la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del SGC.

Como productos de información geoquímica, se han producido mapas de dominios geoquímicos, mapas geoquímicos de distribución elemental (figuras 3, 4, 5) y se elaboró el Mapa de Anomalías Geoquímicas de Colombia (MAGC) (primera edición año 2009) (Figura 6), el cual permite localizar y obtener información sobre áreas en donde se presentan concentraciones altas de elementos químicos y sus asociaciones y es de gran utilidad para identificar zonas de interés para la exploración de minerales y para proyectar usos del territorio.

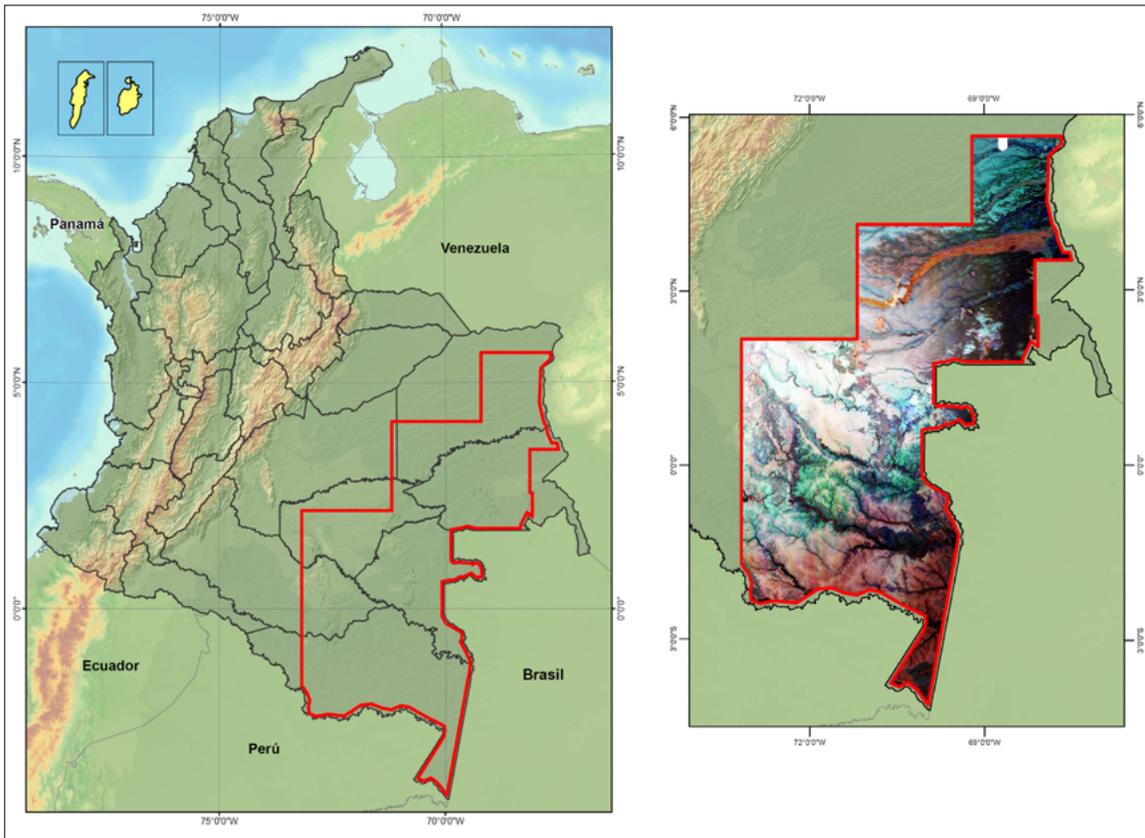


Figura 2. Programa de gammaespectrometría de Colombia (líneas de producción cada 500–1000 m; líneas de control cada 5000–10 000 m; altitud 100–300 m).

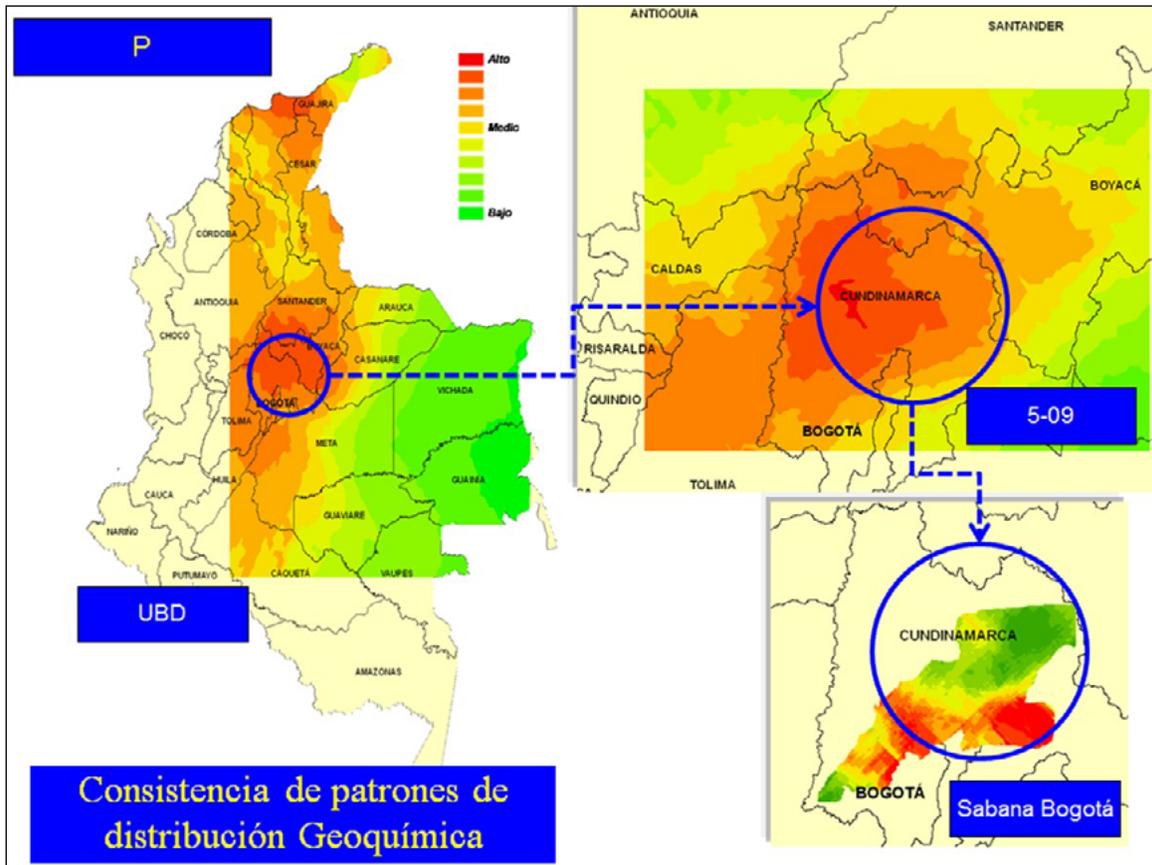


Figura 3. Mapas de distribución elemental de fósforo (P) (ultrabaja, media y alta densidad de muestreo).

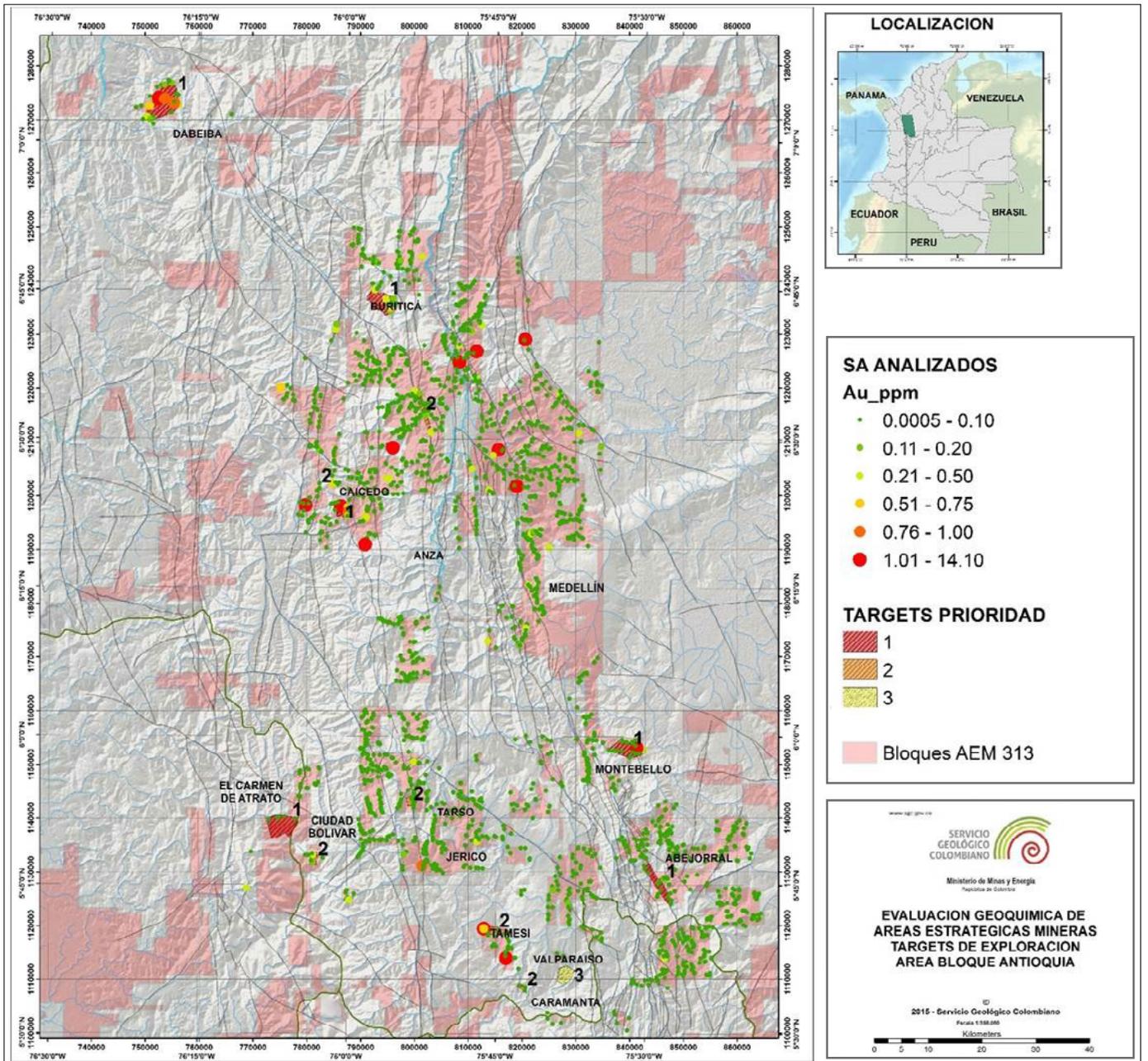


Figura 4. Mapa de concentración de oro (Au) en Antioquia (Colombia).

El SGC ha avanzado en el conocimiento geoquímico de Colombia cubriendo diversas áreas del territorio logrando un cubrimiento sistemático de aproximadamente el 32 % del país a escala 1:100 000 (Figura 7), un cubrimiento del 50 % en ultrabaja densidad y adquiriendo información de mayor densidad (1 muestra cada 1 a 3 km) en áreas específicas de interés nacional.

Los programas geoquímicos adelantados por el SGC han permitido avanzar en el conocimiento del territorio, aportar información para definir la línea base geoquímica de Colombia y delimitar zonas y regiones de dominio o concentración de elementos de interés para exploración de recursos minerales, planeación agrícola, estudios de salud y medio ambiente, y para planeación de uso del territorio. La información y análisis generados han sido base para la elaboración de informes específicos orientados a utilizar la información geoquímica para solucionar problemas regionales y locales en Colombia, y para proyectar el aprovechamiento de los recursos naturales del país.

El SGC tiene como meta aprovechar y utilizar toda la información geoquímica generada para la actualización del mapa de anomalías geoquímicas y para la elaboración del mapa geoquímico de Colombia.

Los productos de información geoquímica generados por la DRM pueden ser consultados en los centros documentales de la entidad y en línea en su portal *web*.

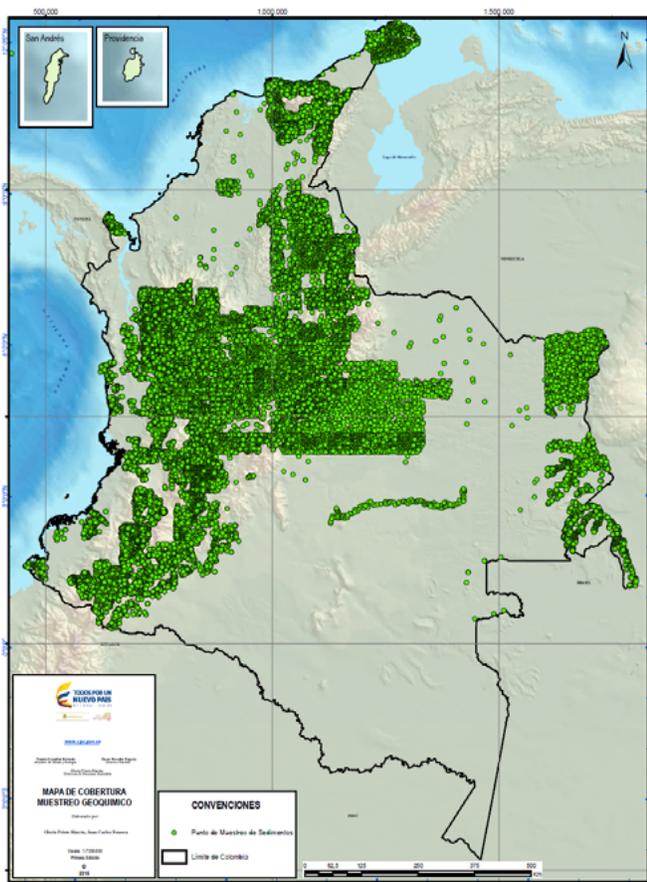


Figura 7. Cubrimiento geoquímico sistemático de Colombia.

Referencias

Darnley, A.G., Björklund, A., Bölvikén, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steenfelt, A., Tauchid, M., Xie Xuejing, Garrett, R.G., & Hall, G.E.M. 1995. A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management: Recommendations for International Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project 259. 2nd revised edition. UNESCO. París.

<http://www.sgc.gov.co>



Dra. Marta Lucía CALVACHE VELASCO

Directora técnica de la Dirección de Geoamenazas
SGC
mcalvache@sgc.gov.co
Colombia

Marta Lucía CALVACHE VELASCO es la directora técnica de la Dirección de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Es geóloga con maestría y doctorado en vulcanología, ha trabajado en evaluación y asesoría de la actividad durante las erupciones volcánicas del Nevado del Ruiz, Galeras, Nevado del Huila y crisis sísmicas de los volcanes Machín y Chiles-Cerro Negro. Desde la subdirección, ahora dirección de Geoamenazas del SGC, ha dirigido las actividades en el seguimiento de la actividad sísmica y evaluación de amenaza sísmica en el país, como también en la evaluación de amenaza por movimientos en masa a diferentes escalas. El trabajo interinstitucional con las autoridades y la comunidad es uno de los principales énfasis en las responsabilidades de su trabajo.

Título de la presentación: **Geología y comunidad: Conocimiento de procesos geológicos que originan amenazas**

Resumen

Vivimos en un territorio que, si bien no se percibe como cambiante, se trata de un planeta dinámico. Cada vez es más frecuente que ciudades y regiones enteras se vean afectadas por procesos geológicos que afectan el bienestar de las personas, el desarrollo de un país y, en algunos casos, causa pérdida de vidas humanas.

El territorio donde se desarrolla la vida de los colombianos está conformado por un marco geológico que le proporciona una gran dinámica determinada por la interacción de tres placas tectónicas, las placas Suramericana, Nazca y Caribe. La interacción de estas placas hace que el territorio colombiano esté caracterizado por la presencia de cadenas montañosas jóvenes que favorecen la ocurrencia de sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa, estos últimos detonados por lluvias intensas, pendientes fuertes, y materiales fracturados y meteorizados. Los anteriores son algunos de los fenómenos de origen geológico que producen amenazas, cuya ocurrencia ha causado pérdida de calidad de vida y ha afectado el desarrollo del país.

Entre los principales eventos ocurridos en Colombia podemos destacar los terremotos del suroccidente en los años 1906, 1923, 1936, 1958 y 1979, algunos de éstos fueron generadores de tsunamis que afectaron a la región del sur del Pacífico colombiano; los sismos de las ciudades de Popayán en 1983, Armenia en 1999 y el de la región del Páez en 1994; la erupción del Volcán Nevado del Ruiz en 1985 y las del Volcán Nevado del Huila en 2007 y 2008; los movimientos en masa que afectaron al barrio Villa Tina de la ciudad de Medellín en 1987 y al casco urbano del municipio de Gramalote (Norte de Santander) en 2011, para mencionar algunos.

El conocimiento de los procesos geológicos, necesario para desarrollar nuestra vida en el territorio donde habitamos, debe representar no solamente los resultados de una investigación metodológicamente correcta, sino que debe tener en cuenta en el diseño de los productos las necesidades de las autoridades, las instituciones y la comunidad para que sea útil en la toma de decisiones. En este sentido una de las mayores barreras de entendimiento y apropiación de este conocimiento es la baja frecuencia de ocurrencia de los fenómenos naturales tales como sismos y erupciones volcánicas. En los recuerdos de la mayoría de las comunidades no existe una percepción clara de las consecuencias de la ocurrencia de un sismo fuerte o una erupción volcánica en su territorio. Otro punto importante en la definición de los productos a entregar, es para qué se va a utilizar el conocimiento de los procesos geológicos y de esta forma se determinará el detalle en el que el conocimiento debe ser generado. Las incertidumbres relacionadas con la evaluación de procesos geológicos también son aspectos muy importantes en el diseño y la transmisión de conocimiento sobre los eventos geológicos que generan amenazas. Adicionalmente, la necesidad de la información de eventos geológicos es mucho más evidente cuando se ha presentado el evento con consecuencias negativas, es así, por ejemplo, cuando se necesita la información de amenaza sísmica justo después que ha ocurrido un sismo con consecuencias desastrosas, pero generar el conocimiento requiere tiempo y luego un tiempo adicional para asimilarlo e incorporarlo como herramienta de planificación y de gestión del riesgo.

En la generación de nuevo conocimiento, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) es base fundamental en la gestión de riesgos en Colombia, por cuanto además de la información geológica básica y del potencial de recursos, la generación de información de amenazas y riesgos geológicos es una de las funciones principales del quehacer institucional, información útil para el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo, y de esta manera contribuir al desarrollo socioeconómico del país. El SGC hace parte integral del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SNGRD), en la generación de conocimiento sísmico, volcánico y de movimientos en masa, y en darlo a conocer a la sociedad colombiana mediante la apropiación social del conocimiento, para la comprensión y aplicación en la toma de decisiones.

Para ello, el SGC ha venido consolidando el sistema de monitoreo sísmico y volcánico conformado por la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC), la Red de Estaciones geodésicas GNSS (GeoRED) y la red de vigilancia de los observatorios vulcanológicos y sismológicos localizados en las ciudades de Manizales, Popayán y Pasto. La información generada en estas redes hace parte de las redes de monitoreo y alerta temprana del SNGRD. Con base en la información de las redes de monitoreo

sísmico y volcánico, la información geológica y tectónica, y la evaluación de los efectos de los grandes sismos y la actividad volcánica históricos y recientes se realiza la evaluación de la amenaza sísmica y volcánica, y los estudios de microzonificación sísmica, estos últimos requeridos para la adopción de las normas de construcción sismoresistente nacional y municipales, y para los planes de ordenamiento territorial. Por último, el SGC, en asuntos de movimientos en masa, trabaja en la elaboración de mapas de amenaza a escala nacional (entre 1:1 500 000 y 1:100 000), hasta local (entre 1:5000 y 1:2000), los cuales son insumo fundamental para los procesos de ordenamiento territorial y gestión de riesgo a diferentes niveles.

Así mismo, el SGC viene desarrollando sistemas de información y servicios de datos en ambiente *web*, los cuales capturan, almacenan, organizan y ponen a disposición de la comunidad la información relacionada con amenazas geológicas, como el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), el sistema de información de sismicidad histórica y bases de datos de sismicidad instrumental, actividad volcánica, deformación de la corteza, entre otros.



Orlando CUEVAS MARÍN

Director del Centro de Investigación Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes
ocuevas@uniandes.edu.co
 Colombia

Ingeniero de sistemas y computación de Universidad de los Andes, magister en ciencias económicas de la Universidad Santo Tomás y egresado del Programa de Alta Gerencia de la Universidad de los Andes.

Actualmente, es el director del Centro CIFI-Informática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, centro en el cual ha sido el responsable de hacer importantes proyectos con entidades del Estado y empresas del sector privado en temas de tecnología informática, arquitectura empresarial, sistemas de información, gerencia de proyectos y aseguramiento de calidad de proyectos de TI.

Además, es consultor en planeación de informática y tecnología con el BID, el Banco Mundial y el PNUD en proyectos en Colombia, República de Chile, República de Angola y República de Guatemala.

Título de la presentación: **Impacto del Proyecto de Arquitectura Empresarial en la gestión de la información geocientífica en el Servicio Geológico Colombiano**

Resumen

Resumen

Como consecuencia de la globalización, cada vez se hace más necesario para las organizaciones introducir cambios en la demanda, la elaboración y la entrega de sus productos y servicios, a fin de optimizar sus procesos y generar mayores beneficios y ganancias. Estos cambios casi siempre incluyen una reestructuración de los modelos y la estrategia del negocio, así

como la incorporación y el uso de nuevas y mejores tecnologías que apoyen y faciliten su operación; sin embargo, para obtener el máximo provecho de las mismas, no solo debe existir una correcta alineación entre las TI y el negocio, sino un verdadero entretejido entre ambos.

La Arquitectura Empresarial (AE) es una metodología que nació a finales de los años 80, con el objetivo de mejorar la comprensión de los procesos que aportan valor al negocio y mejorar el desempeño de una organización haciéndola más productiva y competitiva, por medio del uso de la tecnología como herramienta base para la ejecución de sus procesos.

Los casi 100 años de investigación geocientífica en el territorio colombiano, así como los cambios y la evolución que ha tenido el quehacer geocientífico en diversas ramas y líneas de investigación de las geociencias, han ocasionado que se produzcan cambios constantes y permanentes en la información que administra el SGC.

Teniendo en cuenta las funciones establecidas por ley, el SGC requería mejorar su capacidad en el desarrollo de las actividades científicas de compilación, validación, almacenamiento, administración, seguimiento relacionadas con el monitoreo de amenazas de origen geológico, investigación científica aplicada de geología básica, geoquímica, administración mantenimiento de instalaciones nucleares, suministro de información geocientífica del subsuelo, entre otras.

Fue así como se definió para su desarrollo el Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad de Gestión de Información a través del diseño e implementación de la AE, que consiste básicamente en llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual de la entidad (AS-IS) y el diseño del estado futuro deseado o arquitectura objetivo (TO-BE), ambos realizados desde cuatro dimensiones o dominios arquitecturales (Negocios, Aplicaciones, Información e Infraestructura). Adicionalmente, la definición de un mapa de ruta o plan de proyectos incluida su priorización.

El desarrollo del proyecto de AE condujo a una mayor madurez tecnológica del SGC al fortalecer la gestión de la información geocientífica y aumentar su integración con las labores misionales de la institución. Ahora todos los proyectos se pueden inscribir dentro de un plan general encaminado a apoyar de manera eficaz las estrategias de la entidad, y se cuenta con criterios claros para definir prioridades. Adicionalmente, se ha fortalecido el manejo de proyectos lo cual disminuye los riesgos y aumenta los índices de cumplimiento de los mismos.

Por otra parte, el gobierno y la gestión de tecnología son ahora más maduros, y se sentaron las bases para contar con las herramientas tecnológicas necesarias, todo lo cual conduce a que se pueda prestar un mejor servicio al país y en general a todos los usuarios.

Como consecuencia de esto, se resuelven problemas relacionados con la consistencia de la información y su integración, y se hace factible un adecuado manejo de información heterogénea, diversa en su forma y contenido, de tal forma que esta sea realmente asequible e integrable entre líneas temáticas, y de distintos volúmenes y complejidad.

Al finalizar la implementación de este proyecto se espera que el SGC, al tiempo que celebra su centenario de fundación, pueda mostrar al país y al mundo que cuenta con información geocientífica integrada de alta calidad, producción y difusión transparente soportadas en tecnología, e información, sistemas y tecnología controlados y suficientes para el desarrollo de su

misión, con lo cual se logrará una mejora institucional sustancial representada en diversos logros, como, entre otros, los siguientes:

- Un eficaz cumplimiento de objetivos misionales e institucionales (*i.e.* la divulgación, integración y estructuración de la información).
- La elaboración y mejora continua de un modelo de ontología geocientífica a partir del cual se faciliten las consultas georreferenciadas semánticas.
- La acogida cada vez mayor al uso de estándares basados en referencias internacionales (relacionados con la interoperabilidad y la divulgación de la información).
- La definición de un modelo de gobierno de información y de políticas que permitan tener un mayor control sobre su activo más importante, la información, lo cual representa una mayor madurez en el gobierno de datos y gestión de la tecnología.
- Una mayor madurez en el manejo de proyectos, lo cual redundará en la disminución de riesgos y el aumento de los índices de cumplimiento.



Alberto OCHOA YARZA

Director técnico de la Dirección de Geociencias Básicas SGC
aocchoa@sgc.gov.co
 Colombia

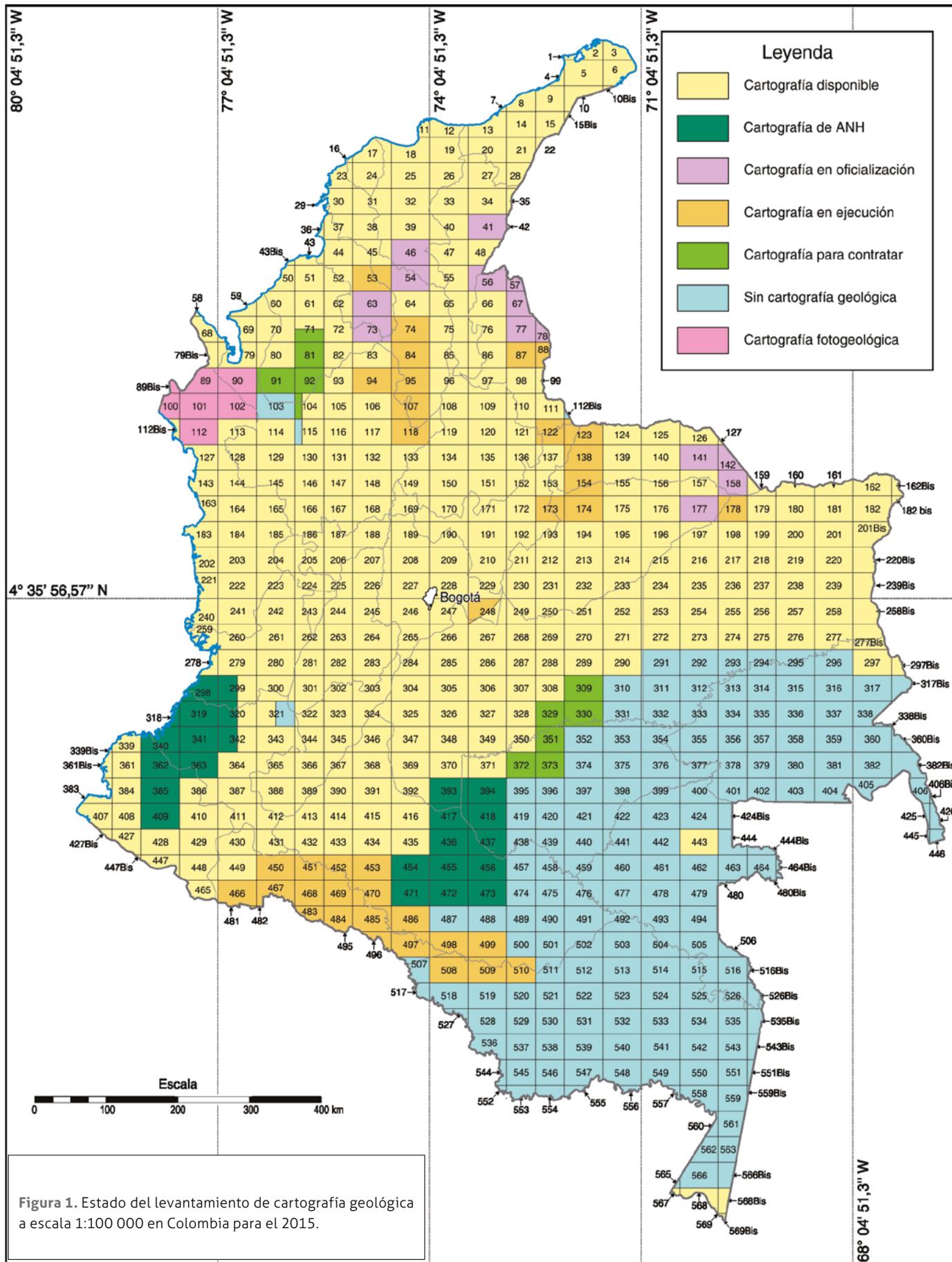
Alberto OCHOA YARZA es ingeniero geólogo de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, actualmente es el director técnico de la Dirección de Geociencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y presidente de la Sociedad Colombiana de Geología.

OCHOA YARZA cuenta con más de 34 años de experiencia tanto en el sector privado como en el sector público, en donde ha trabajado durante más de 25 años. A lo largo de su vida profesional ha desarrollado estudios en diversas áreas como: materiales de construcción, recursos del subsuelo y especialmente en cartografía geológica. Se destaca su participación en proyectos de cartografía en La Guajira y Vichada como jefe de proyecto y coordinador de cartografía del SGC.

Título de la presentación: **Cartografía geológica oficial de Colombia: 100 años de historia en mapas**

Resumen

La cartografía geológica oficial de Colombia ha sido realizada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), data desde sus inicios en 1916 como Comisión Científica Nacional cuando el Estado colombiano tuvo en cuenta la geología como una herramienta para la búsqueda de recursos mineros, la producción científica y su contribución al desarrollo de Colombia. Gracias a sus exploraciones se encontraron yacimientos de gran interés y el país comenzó a autoabastecerse de materias primas.



En la década de los años 30 la Comisión Científica Nacional se convirtió en el Servicio Geológico Nacional (SGN), el cual enfrentaría los desafíos de búsqueda geológica para el aprovisionamiento de materias primas en la época de la Segunda Guerra Mundial y de la posguerra, así se comienza a generar una geología nacional oficial y se publica el primer mapa geológico oficial de síntesis del territorio nacional en 1944.

El Gobierno en 1963 creó el Inventario Minero Nacional que trabajó paralelamente con el SGN generando estudios de síntesis sobre la geología y los recursos mineros del territorio nacional, además de una escuela en los campos de cartografía geológica y de exploración minera.

A finales de los años 60, fueron fusionados el Laboratorio Químico Nacional, el SGN y el Inventario Minero Nacional creando el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (Ingeominas), desde esta nueva institución se comenzó a generar la cartografía geológica y la exploración minera de forma sistemática en el territorio nacional a escala 1:100 000.

Para el año 2011 el país contaba con un avance en la cobertura de cartografía geológica oficial del 48 %, a finales del 2012 se reestructura el Ingeominas, que cumplía las funciones de autoridad minera y servicio geológico desde 2004, y se crea el Servicio Geológico Colombiano como Instituto de Ciencia y Tecnología. A partir de esta fecha se comienza a incrementar el porcentaje de conocimiento de cartografía geológica del territorio colombiano, por medio de contratación directa por ciencia y tecnología, a través de listas cerradas con convocatoria internacional, sumado a la designación presupuestal por el Sistema General de Regalías.

En el reconocimiento geológico se han cubierto áreas de las zonas Andina, Caribe, Pacífica y en menor proporción sectores de la Orinoquía y Amazonía, en 100 años de historia, con objetivos y fines diferentes.

En la actualidad, la cartografía geológica oficial escala 1:100 000 se encuentra en un porcentaje de avance del orden del 70,07 % de cubrimiento. Esto significa que del área continental total de Colombia (1 141 748 km²) se han cubierto 800 048,76 km².

Para el 2017 se tiene previsto terminar de levantar la cartografía geológica a escala 1:100 000 en las zonas donde es factible realizarla a esta escala, llegando a un cubrimiento del 73,33 % del país y el 100 % del área susceptible a esta escala. En la zona de la Orinoquía y la Amazonía las condiciones selváticas no permiten realizar el levantamiento cartográfico con la densidad de información que requiere la escala 1:100 000, para ello y de acuerdo al *Plan Estratégico del SGC 2014–2023* se realizarán campañas a otras escalas partiendo de la información que nos dan los sensores remotos y la geofísica adelantada por el SGC.

Por otra parte, se ha comenzado a realizar levantamientos cartográficos a detalle, escala 1:50 000, en zonas prioritarias para hidrocarburos, minería o infraestructura, actualizando a su vez con mayor información las planchas geológicas existentes. El SGC continúa con sus programas de reconocimiento geológico, geofísico y geoquímico para avanzar en el conocimiento geocientífico de Colombia y brindar información necesaria para planear el uso de su territorio.

Referencias

Espinosa, A. 2015. El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Versión preliminar. Bogotá.

Ochoa, A., Prieto, G., Calvache, M.L. & Enciso, H. 2015. Ampliación del conocimiento geológico y del potencial de recursos del subsuelo de la nación. Servicio Geológico Colombiano, Informe Ejecutivo. Bogotá.

Servicio Geológico Colombiano. 2014. Plan Estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2013–2023. Colección Administración, Gestión y Desarrollo. Servicio Geológico Colombiano, 140p. Bogotá.

Dr. Jaume de PORTA I VERNET

Exmiembro del SGC, y excatedrático de Paleontología de las universidades Nacional de Colombia, Industrial de Santander y de Barcelona
España

Dr. Carlos ACOSTA RIZO

Profesor asociado de la *Universitat Autònoma de Barcelona* e investigador del *Centre d'Història de la Ciència*
geocarlosacosta@gmail.com
España

Dr. Jorge CIVIS LLOVERA

Director del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
Catedrático de Paleontología de la Universidad de Salamanca
j.civis@igme.es
España
Conferencista



Jaume DE PORTA I VERNET es licenciado (1957) y doctor (1966) en ciencias naturales de la Universidad de Barcelona. En 1958 se trasladó a Colombia donde se desempeñó como profesor de Paleontología en la Universidad Industrial de Santander (1958–1959 y 1964–1967) y en el Instituto de Ciencias

Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (1959–1964). Paralelamente fue director de la Sección de Estratigrafía y Paleontología del Servicio Geológico Nacional (1959–1963). En 1968 retorna a Cataluña como profesor de Paleontología de Invertebrados; posteriormente se trasladaría a Salamanca, como catedrático, y más tarde retornaría a Barcelona como jefe del Departamento de Estratigrafía y Paleontología, en donde se jubilaría. Especializado en invertebrados fósiles del Neógeno y Cuaternario, especialmente de las costas mediterráneas, y en depósitos pleistocenos, terrazas, playas antiguas y las oscilaciones que ha sufrido el nivel del mar, ha publicado diversos trabajos y estudios de geología y estratigrafía de Colombia, y también comunicaciones y ponencias en congresos internacionales.

Carlos ACOSTA RIZO es geólogo (1991), especializado en ingeniería geológica y ambiental (1995), máster en comunicación científica (2002), doctor en historia de la ciencia (2009) y actualmente es profesor asociado de la *Universitat Autònoma de Barcelona*. Entre 1990 y 2003 centró su labor profesional como consultor en ingeniería geológica y ambiental con desa-



rrollo de cerca de 140 estudios. Desde enero de 2002 combina esta labor con la de comunicador y escritor científico, y desde septiembre de 2003 con la de historiador de la ciencia. Autor, coautor y relator de siete libros sobre impacto ambiental, geología y paleontología, medicina (Alzheimer), historia de la

farmacéutica en España, historia de la ciencia, política científica y divulgación científica. Sus especialidades son la preservación y el estudio del patrimonio documental y material de la ciencia y la técnica, y del patrimonio geológico y paleontológico; la historia de los intercambios científicos entre España, Europa e Hispanoamérica; la historia social del desarrollo de las ciencias de la Tierra y de la teoría de la evolución; la historia de la investigación geológica en España y Colombia (autor del libro *La historia de INGEOMINAS, 1907–1997, 90 años de geología Oficial en Colombia*). Biógrafo del geólogo y paleontólogo José ROYO Y GÓMEZ, y del paleontólogo Miquel CRUSAFONT I PAIRÓ.



Jorge CIVIS LLOVERA es, desde el año 2012, el director del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Licenciado en geología por la Universidad de Barcelona y doctor en geología por la Universidad de Salamanca, actualmente es profesor catedrático de Paleontología de la última. Su línea de investigación se ha desarrollado sobre microfósiles: foraminíferos y ostrácodos en los campos de eventostratigrafía, paleoecología y ecostratigrafía desde el Mioceno al Holoceno del dominio Atlántico de España, Portugal y Marruecos fundamentalmente. Ha sido director del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, presidente de la Sociedad Geológica de España, vicepresidente de la Sociedad Geológica de Francia, director de la Fundación General de la Universidad de Salamanca, presidente de la Asociación Europea de Sociedades Geológicas y presidente del *Executive Committee* del *Regional Committee of Atlantic Neogene Stratigraphy* de la *International Union of Geological Sciences (IUGS)*.

titulación se ha desarrollado sobre microfósiles: foraminíferos y ostrácodos en los campos de eventostratigrafía, paleoecología y ecostratigrafía desde el Mioceno al Holoceno del dominio Atlántico de España, Portugal y Marruecos fundamentalmente. Ha sido director del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, presidente de la Sociedad Geológica de España, vicepresidente de la Sociedad Geológica de Francia, director de la Fundación General de la Universidad de Salamanca, presidente de la Asociación Europea de Sociedades Geológicas y presidente del *Executive Committee* del *Regional Committee of Atlantic Neogene Stratigraphy* de la *International Union of Geological Sciences (IUGS)*.

Título de la presentación: **La participación española en la geología colombiana: Historia de un beneficio mutuo**

Resumen

Es indudable que existe un puente entre la ciencia colombiana y la europea tendido, entre otros, por los científicos españoles que trabajaron en áreas diversas y, como no, en la historia natural, la minería, la geodesia, la paleontología y la geología. Esta relación histórica se extiende desde la misma llegada de Colón en 1492, pero es una realidad que también es reciente e incluso actual.

En cualquier caso, la participación científica de los europeos en la América Latina debería ser leída más allá de una

simple aportación unidireccional, pues el enriquecimiento profesional que lograron estos científicos en el mal llamado “Nuevo Mundo” también fue directa o indirectamente trasvasado y aplicado a la ciencia europea.

La siguiente ponencia esboza este trasvase, con una breve reseña histórica de lo acontecido con los peninsulares en Colombia con anterioridad a 1939, pero focalizada en la labor de cinco geocientíficos que trabajaron allí en el tercio medio del siglo XX, justo cuando se buscaba afianzar a la geología como disciplina y al Servicio Geológico Colombiano como entidad científica y técnica. Más recientemente, esta relación se ha apuntado en las personas que han estudiado y trabajado a una y a otra orilla del Atlántico, tanto en el sector privado como en el sector público, pero muy especialmente mediante un convenio vigente entre los servicios geológicos de Colombia y España.

Con relación a la época anterior al siglo XX, los agentes de la participación española en las investigaciones geocientíficas en Colombia se remontan a las expediciones que desde Europa se realizaron en la Nueva Granada, con la participación de científicos extranjeros y criollos. De la parte española hay que destacar la participación en la expedición Franco-española (1735–1743) de Jorge JUAN y Antonio DE ULLOA, en calidad de acompañantes, enviados por la Corona española; y la de José Celestino MUTIS (como director) y la del químico e historiador natural español Juan José D’ELHUYAR en la Expedición Botánica (1783 y 1817), todos con variadas aportaciones al conocimiento geológico y paleontológico del territorio colombiano.

Ya en la época republicana, la iniciativa de crear instituciones de enseñanza e investigación científica corrió a cargo de la élite y de los gobiernos nacionales o provinciales (especialmente en Antioquia y Cauca), y en menor grado de las élites o los gremios colombianos, así fuera con participación de personajes europeos. Con la independencia de España, la influencia europea procedió de otros países, principalmente de Francia primero, Alemania y Estados Unidos después (ya en el siglo XX), siempre con la participación de colombianos. No sería hasta bien entrado el siglo XX (1939) y luego pasada la mitad del mismo (1957) cuando otros personajes españoles permitieron el trasvase a Colombia de lo que por ese entonces era la ciencia española en torno a la geología, la paleontología y otras ciencias.

En el tercio medio del siglo XX (1939–1968) cinco geólogos y paleontólogos españoles fueron protagonistas de unas épocas de cambio en el estudio de las geociencias a ambas orillas del Atlántico. Motivados por las circunstancias políticas, sociales y/o laborales que España presentaba, José ROYO GÓMEZ (1939–1951), Jaume DE PORTA (1958–1967), Núria SOLÉ (1958–1967), Manuel JULIVERT (1957–1963) e Isabel ZAMARREÑO (1959–1963) desarrollaron parte de su carrera profesional en Colombia, país que les acogió con agrado dada la necesidad de contar con científicos especializados, pero capaces de realizar múltiples tareas. Su labor ejemplifica la adaptación al medio social que les recibió y la reciprocidad del verdadero intercambio científico, y pone en contexto el desarrollo y alcance de la geología y la paleontología en ambos países.

Los cinco ayudaron a la estructuración, profesionalización y enseñanza del trabajo geológico en diversas áreas. Realizaron numerosos informes y estudios (algunos en temas novedosos en Colombia), entre ellos el Mapa Geológico de Colombia 1:2 000 000, el primero de calidad científica contrastada (Royo y Gómez y Benjamín Alvarado, 1945), y el *Léxico Estratigráfico Internacional, Colombia* (De Porta y Julivert 1968 y 1974).

Además, aportaron a la institucionalidad colombiana contribuyendo con el afianzamiento del Servicio Geológico, con la creación del Museo Geológico de Colombia, y la consolidación y creación de las cátedras y programas de Geología en la Universidad Nacional de Colombia y en la Universidad Industrial de Santander.

ROYO Y GÓMEZ no regresaría a España, pero legaría parte de su experiencia y conocimiento a quienes desde la península u otros lugares le consultaban sobre aspectos de su especialidad y sobre sus trabajos españoles, colombianos y venezolanos. De otro lado, a su regreso a España a mediados de los años 60, DE PORTA, SOLÉ, JULIVERT y ZAMARREÑO verterían en la universidad española necesitada de actualización y modernidad debido a su aislamiento durante el franquismo lo que habían refinado en Colombia en cada una de sus especialidades: DE PORTA en estratigrafía y paleontología, SOLÉ en palinología, JULIVERT en geología estructural y tectónica, y ZAMARREÑO en sedimentología, todo ello gracias a la interacción con científicos colombianos y extranjeros quienes, interesados principalmente en la prospección petrolera y la minería, convirtieron a este país en un crisol fecundo.

La labor de estos personajes se traslapa y complementa entre sí con trasfondo tanto en instituciones privadas (especialmente empresas mineras y petroleras, y universidades extranjeras) como públicas en las que trabajaron: el Servicio Geológico Nacional, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Industrial de Santander y el mismo Instituto Geológico y Minero de España.

La relación entre el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto Geológico y Minero de España continúa de una forma muy fructífera y en noviembre de 2013 se firmó el “convenio marco de colaboración entre ambas instituciones para la cooperación e intercambio de conocimientos en materias relacionadas con la Ciencia de la Tierra” (patrimonio geológico, cartografía geológica, sistemas de información), con un plazo de ejecución de diez años, el cual se encuentra en plena ejecución.

Dra. Leda Maria FRAGA BARRETO

ledamari@rj.cprm.gov.br

Reginaldo ALVES DOS SANTOS

reginaldo.alves@cprm.gov.br

Carlos SCHOBENHAUS

carlos.schobbenhaus@cprm.gov.br

Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Brasil



Leda Maria FRAGA BARRETO es geóloga del Servicio Geológico de Brasil (CPRM) desde 1991. Tiene una maestría en la Universidad Federal de Río de Janeiro y un doctorado en la Universidad Federal de Pará.

En la actualidad, es supervisora de los proyectos de cartografía geológica en el Cratón Amazónico y es la primera autora de varios mapas geo-

lógicos a escalas 1:500 000, 1:250 000 y 1:100 000 en la región amazónica, y de varios artículos científicos. Es co-autora del Mapa Tectónico de Suramérica y, desde el 2014, es subsecretaria general para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW), además es la coordinadora del proyecto Mapa Geológico de la Amazonía Cratón de 1:2.5M y colaboradora del proyecto Mapa Geológico y Recursos Minerales de América del Sur a escala 1:1M. Sus especialidades son la geología precámbrica del Cratón del Amazonas, específicamente en el Escudo de Guayana; cartografía geológica; geología estructural; petrología, y geotectónica.

Título de la presentación: **Mapeamento Geológico no Cratón Amazônico: A experiência do Serviço Geológico do Brasil (CPRM)**

Resumen

O Cratón Amazônico, com mais de 4,4 milhões de km², abrange total ou parcialmente oito países na parte norte do continente sul americano e corresponde a uma das maiores áreas cratônicas do planeta. Apesar de sua extensão continental, o cratón permanece geologicamente pouco conhecido, em grande parte, devido à presença de uma vasta cobertura de floresta tropical e à grande dificuldade de acesso.

Neste contexto, a utilização das informações geofísicas e de sensoriamento remoto e sua integração com dados geológicos, geocronológicos e geoquímicos foram essenciais para o avanço na cartografia geológica na porção brasileira do Cratón Amazônico, nas escalas 1:1 000 000, 1:250 000 e 1:100 000.

Nos últimos 10 anos a CPRM avançou, significativamente, na cobertura do território brasileiro com aerolevantamentos de magnetometria e gamaespectrometria sistemáticos, com linhas de vôo espaçadas em 500 m, tendo gerado uma quantidade enorme de informações para áreas situadas no cratón. Adicionalmente, foram realizados aerolevantamentos gravimétricos e levantamentos geofísicos terrestres em áreas de relevante interesse mineral. Da mesma forma, avanços importantes foram alcançados na disponibilização de produtos de sensores remotos para regiões amazônicas.

A interpretação prévia de todos estes dados indiretos permitiu a otimização das campanhas de campo dos projetos de mapeamento geológico sistemático e a geração de produtos de integração geológico-geofísicos. Por outro lado, o aporte de novos dados de magnetometria e de gamaespectrometria possibilitou a reinterpretação do contexto geológico de grandes áreas cujas únicas informações disponíveis são provenientes de projetos históricos como o RADAM-Brasil da década de 70, e outros, realizados em áreas extremamente ínvias. Para estas áreas, as amostras de rocha foram reestudas com novas análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas e as descrições de afloramento foram recuperadas para a geração de um banco de dados que permitisse a reinterpretação da cartografia geológica em escala regional. No âmbito do Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais da América do Sul, Escala 1:1 000 000 (SIG-América do Sul, 1:1M, Projeto da Associação de Serviços de Geologia y Minería de Iberoamericanos, ASGMI—CGMW) realizado através da colaboração entre a CPRM e os serviços geológicos dos países vizinhos, da mesma forma, a disponibilização de informações geofísicas recentes potencializou a

reinterpretação dos contatos e sua harmonização ao longo das fronteiras entre os países.

Todos os projetos de mapeamento geológico ou de integração geológico-geofísicos, são preparados utilizando-se a tecnologia SIG e disponibilizados através do *GeoBank*, o sistema de bancos de dados corporativo da CPRM, constituído por várias bases de dados (módulos) em um modelo de desenvolvimento relacional, sobre plataforma Oracle®. No caso das folhas executadas em conjunto com os serviços geológicos dos países vizinhos, a divulgação segue ainda os padrões determinados por cada país e as diretrizes da ASGMI e CGMW.



Fernando MOSOS PATIÑO

Director técnico de la Dirección de Asuntos Nucleares SGC
fmosos@sgc.gov.co
Colombia

Fernando MOSOS PATIÑO es el director técnico de la Dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Es ingeniero químico egresado de la Universidad Nacional de Colombia, tiene la Especialización en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica de la Universidad de Buenos Aires y actualmente realiza estudios en la Maestría en Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional de Colombia. Labora en el SGC desde 1999 en temas como: radiometría ambiental, gestión de desechos radiactivos, seguridad radiológica y técnicas radiactivas y nucleares.

Título de la presentación: **El rol de las técnicas nucleares en la investigación geocientífica del país**

Resumen

La transformación del sector minas y energía de los años 2011 a 2013 trajo consigo la asignación de responsabilidades al Servicio Geológico Colombiano (SGC), en cuanto a las aplicaciones y gestión segura de materiales nucleares y radiactivos. En desarrollo del mandato se han trazado metas concretas en el *Plan estratégico del SGC 2014-2023* dentro de las cuales se destaca el rol de las técnicas nucleares en la investigación geocientífica del país.

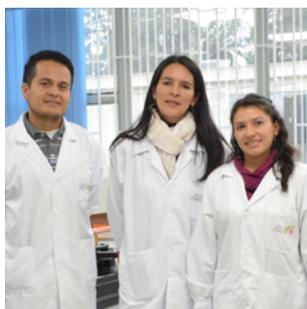
Se encuentran en desarrollo las siguientes iniciativas:

- Consolidación de las aplicaciones nucleares directamente relacionadas con el Reactor Nuclear como son análisis por activación neutrónica, huellas de fisión, neutrones retardados, las cuales tienen aplicación directa a los procesos de generación de conocimiento geocientífico del SGC.
- El Laboratorio de Análisis Activación Neutrónica (LAAN) se orienta a ser líder a nivel regional, como centro de referencia para la generación de conocimiento en aplicaciones para la caracterización de materiales geológicos, ambientales, industriales, forenses e industriales.
- Posicionamiento internacional del Laboratorio de Geocronología a través del reconocimiento de las capacidades en las

técnicas complementarias de datación U-Pb por LA-ICP-MS y huellas de fisión.

— Acreditación de ensayos del Laboratorio de Técnicas Isotópicas (C-14, isótopos estables líquidos IEL y sólidos IES).

Lo anterior se traduce en la participación activa en los proyectos de investigación asociada a las técnicas nucleares con particular énfasis en la generación de conocimiento geocientífico y la seguridad radiológica. Actualmente se cuenta con validación de ensayos del LAAN, datación U-Pb por LA-ICP-MS, huellas de fisión, IEL y IES, y se desarrolla la fase de acreditación bajo norma ISO 17025.



Mary Luz PEÑA URUEÑA

Coordinadora del Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas SGC
mlpena@sgc.gov.co
Colombia

Mary Luz PEÑA URUEÑA es química de la Universidad Nacional Sede Bogotá, especialista en tecnologías de conversión y utilización de carbón del *Advanced Industrial Science and Technology (AIST)* en Japón, además realizó la Maestría en Ciencias-Química de la Universidad Nacional Sede Bogotá y se encuentra desarrollando sus estudios de doctorado en geociencias en la misma universidad.

Desde 1997 hace parte del Servicio Geológico Colombiano, donde ha trabajado en investigación de carbones y tecnologías nucleares de campo. Actualmente, es coordinadora del Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas de la Dirección de Asuntos Nucleares, y se enfoca en geocronología, geología isotópica y neutrónica.

Título de la presentación: **Datación uranio-plomo para la generación del conocimiento geocientífico del país**

Resumen

El método geocronológico U-Pb permite determinar la edad absoluta en materiales geológicos, se basa en el decaimiento radiactivo del uranio, que es medido a partir de la relación isotópica $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$. Su auge radica en la posibilidad de cuantificar el tiempo geológico y de esta forma determinar los eventos que dan evidencia de la historia de la Tierra.

En el año 2014, el Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas (GIANG) de la Dirección de Asuntos Nucleares (DAN) del Servicio Geológico Colombiano adquirió el equipo espectrómetro de masas de alta resolución *Element 2* y el equipo de ablación laser *Eximer Photon Machines*, logrando así la implementación de la técnica de datación radiométrica $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ mediante *LA-ICP-MS*.

El proceso de implementación contó con expertos internacionales como Dr. Tony CADE (físico, ingeniero científico de *IsoMass-Thermo Fischer Scientific*) experto en la instalación y

manejo del sistema espectrometría de masas y ablación láser; Dr. Henry ROBERT (químico, especialista en *ICP-MS de Thermo Fischer Scientific*) especialista en manejo y estandarización de técnicas mediante espectrometría de masas de alta resolución, y Jeremy HOURIGAN (geólogo Ph.D. de la Universidad de Stanford, actualmente profesor asistente de la Universidad de Santa Cruz, California) experto en la técnica de datación $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, aplicaciones e interpretación de resultados.

La técnica permite hacer análisis *in-situ* sobre cristales, consiste en incidir un haz de fotones del sistema láser sobre la superficie de la muestra, removiendo una parte de la muestra en forma de aerosol, el cual es analizado por el sistema *ICP-MS (Inductively Coupled plasma mass spectrometry)*; allí cada isótopo (U, Pb, Th) es separado por un magneto en función de su masa nominal y carga, finalmente son cuantificados utilizando estándares de referencia.

El sistema U-Th-Pb es uno de los métodos de datación más importante, que permite la medición de eventos ocurridos desde 4.57 Ga al Pleistoceno, el Pb es un elemento con 4 isótopos naturales (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{208}Pb) de los cuales solo ^{204}Pb es estable y los otros tres se generan a partir del decaimiento del ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th respectivamente.

El método es uno de los más popularizados debido a la abundancia de minerales con altos contenidos de U (zircón, monazita, apatito, xenotima, titanita, rutilo, baddeleyita, allanita, perovskita) en la mayoría de los tipos de rocas y la resistencia fisicoquímica de dichos minerales, proporcionando un amplio espectro de aplicaciones geocronológicas y termocronológicas en sistemas ígneos, metamórficos hidrotermales y epitermales.

La datación geocronológica ha generado información muy importante desde la formación del sistema solar, calibración de la escala de tiempo geológico, tasas de procesos tectonotermales en la litósfera, reconstrucciones paleogeográficas y ciclos orogénicos de supercontinentes. Esta técnica especializada de datación permite desarrollar investigación en los proyectos institucionales que están orientados a cartografía geológica, petrogénesis, evolución de sistemas orogénicos y exploración de recursos minerales, energéticos convencionales y no convencionales; así como el fortalecimiento a nivel institucional de la investigación en ciencia y tecnología, y en la investigación y generación de conocimiento geocientífico del país.

Gabriel RODRÍGUEZ GARCÍA

Coordinador de la Sede Medellín y del Grupo de Trabajo Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín
grodriquez@sgc.gov.co

María Isabel ARANGO MEJÍA

marango@sgc.gov.co

Gilberto ZAPATA GARCÍA

gzapata@sgc.gov.co

José Gilberto BERMÚDEZ CORDERO

jbermudez@sgc.gov.co

Grupo Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín
 SGC
 Colombia



Gabriel RODRÍGUEZ GARCÍA se ha desempeñado como jefe de cartografía de la sede regional de Ibagué; coordinador de proyectos y grupos de trabajo de cartografía regional, y exploración y evaluación de yacimientos. Tiene más de 90 publicaciones correspondientes a mapas geológicos, memorias y artículos científicos en geología y entomología de Colombia.

Actualmente, coordina la Sede Medellín y el Grupo Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín, en donde se enfoca en la investigación del magmatismo jurásico.

Título de la presentación: **Características geológicas, geoquímica y geocronología U-Pb de plutones y rocas volcánicas jurásicas en el Valle Superior del Magdalena (Colombia), consideraciones en la evolución del arco magmático jurásico**

Resumen

En el Valle Superior del Magdalena (VSM) afloran unidades jurásicas que evidencian al menos tres pulsos magmáticos, comprenden plutones y rocas volcánicas que se agrupan de acuerdo a su distribución espacial y geotectónica en dos conjuntos: Plutones y unidades volcánicas occidentales y Plutones y unidades volcánicas orientales, los cuales presentan diferencias litológicas, geoquímicas y geocronológicas.

El grupo Plutones occidentales aflora entre la vertiente oriental de la cordillera Central y la serranía de Las Minas, están limitados por las fallas Avirama y Betania-El Agrado y hacen parte de este grupo: Cuarzomonzonita de Anchique, Cuarzomonzonita de Los Naranjos, Cuarzomonzonita de San Cayetano, Cuarzomonzodiorita de El Astillero, Monzonita de Las Minas y Cuarzomonzodiorita del Páez. Estos plutones corresponden a la serie cuarzomonzonita-cuarzomonzodiorita-cuarzodiorita y subordinados monzogranitos; son granitoides calcoalcalinos altos en K, con algunas rocas que alcanzan la serie shoshonítica; metaluminosos de afinidad magnesiana y corresponden a granitos de Tipo I formados en un ambiente de arco continental, y tienen edades de cristalización entre 186 Ma y 193 Ma (Pliensbachiense-Sinemuriano, Jurásico Inferior), localmente muestran edades más jóvenes entre 179 Ma y 182 Ma (Toarciano, Jurásico inferior).

El grupo de Plutones orientales aflora en la margen oriental del VSM al oriente de la Falla Betania-El Agrado, está conformado por: Monzogranito de Algeciras, Cuarzolotita de Teruel, Granito de Garzón, Monzogranito de Altamira, Monzogranito de Mocoa y Cuarzomonzonita de Sombrerillo. Corresponden a series de monzogranitos con variaciones litológicas entre sienogranitos y granodioritas; son granitoides calcoalcalinos altos en K; metaluminosos y peraluminosos de afinidad magnesiana, relacionados con granitos Tipo I generados en un arco volcánico continental, y tienen edades de cristalización entre 169 y 173 Ma (Bajociano-Aaléiano, Jurásico Medio), localmente muestran edades más antiguas heredadas relacionadas al pulso magmático ocurrido entre 179 Ma y 182 Ma (Toarciano, Jurásico Inferior).

Las rocas volcánicas se separan de igual manera en dos bloques tectónicos (occidental y oriental) limitados por la Falla

Betania–El Agrado, de acuerdo con diferencias petrográficas, geoquímicas y geocronológicas. En general las vulcanitas están constituidas por rocas piroclásticas que varían entre tobas vítreas, líticas y de cristales, aglomerados, lavas de composición andesítica, dacítica, traquiandesítica, cuarzolítica y riolítica, y cuerpos hipoabisales; mostrando diversidad de texturas porfirítica, traquítica, pilotaxítica, glomeroporfídica, felsítica microgranular, fluidal y perlítica.

Geoquímicamente las lavas muestran diferencias entre los bloques occidental y oriental: las lavas occidentales que afloran en la serranía de Las Minas y la cordillera Central, presentan contenidos de SiO_2 entre 53,4 %–79,1 % y K_2O entre 0,8 %–6,2 %, mientras en las lavas orientales (cordillera Oriental) el SiO_2 varía entre 62,5 %–75,4 % y se encuentran más enriquecidas en K_2O (4 a 6,4 %). Así mismo, las tobas muestran mayores valores en K_2O en la parte oriental, mientras que los aglomerados no muestran diferencias notables.

Las lavas y tobas occidentales tienen mayor tendencia hacia la serie calcoalcalina alta en K, mientras que las lavas orientales tienden hacia la serie shoshonítica. Los diagramas multielementos muestran para lavas, pórfidos y tobas un enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) con un patrón homogéneo que se va empobreciendo progresivamente hacia las tierras raras pesadas (HREE), con anomalía positiva de Eu, valores mayores en K, Ba y Rb, y empobrecimientos de Nb, Ti y P, indicando afinidad con márgenes convergentes afines con magmas Tipo I, que grafican en los campos de basaltos de arco volcánico.

De estos cuerpos se realizaron 12 dataciones por el método U–Pb en circones, que arrojaron edades entre 172,9 \pm 1,3 Ma–188,9 \pm 4,2 Ma en las lavas y las tobas occidentales, edades que son correlacionables con los eventos magmáticos plutónicos del VSM, y edades más jóvenes de 168 \pm 2,5 Ma–183,3 Ma en las lavas orientales, por lo que se propone el nombre de Vulcanitas de Pitalito para las rocas que representan el evento más joven dentro del arco jurásico del VSM y se conserva el nombre de Formación Saldaña para las vulcanitas que afloran en el bloque occidental y presentan edades más antiguas alrededor de 187–188 Ma.

De acuerdo a los resultados químicos, el plutonismo y el vulcanismo jurásico del VSM son afines a magmas Tipo I (cordillerano), generados dentro de un ambiente de arco de margen continental activa, afín con la serie calcoalcalina alta en K y shoshonítica.

Las edades indican que los plutones y rocas volcánicas se generaron, al menos, durante tres pulsos magmáticos, los cuales ocurrieron en los intervalos de edades de 186 a 190 Ma, 179 a 182 y 168 a 173 Ma, este último para plutones y lavas orientales, lo que sugiere una probable migración del arco de occidente hacia el oriente en el VSM.



Héctor Manuel ENCISO PRIETO

Director técnico de la Dirección de Laboratorios SGC

henciso@sgc.gov.co
Colombia

Héctor Manuel ENCISO PRIETO es el director téc-

nico de la Dirección de Laboratorios en el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Es químico y magister en administración; con experiencia específica de 29 años en el SGC, donde ha estado trabajando en proyectos de utilización de recursos energéticos, gestión de la información geocientífica y en actividades asociadas a la gestión integral de los laboratorios. Fue supervisor y revisor editorial del libro *El Carbón Colombiano: Recursos, Reservas y Calidad*, ganador del Premio Lorenzo Codazzi 2005 otorgado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Título de la presentación: **Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano: Agregando valor a la información geocientífica**

Resumen

Los laboratorios convencionales del Servicio Geológico Colombiano tuvieron su génesis en el Laboratorio Químico Nacional, creado el 28 de mayo de 1928 debido a la necesidad de contar con un laboratorio que asesorara a la Comisión Científica Nacional y a las dependencias técnicas del Ministerio de Industria, en 1940 quedó adscrito al Ministerio de Minas y Petróleos.

A partir de 1968, el Laboratorio Químico Nacional entró a formar parte del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (Ingeominas) en donde el Laboratorio se denominó Subdirección de Investigaciones Químicas, a partir de la cual se ha venido forjando un papel muy importante en la generación de conocimiento geocientífico.

A raíz de la reestructuración del Ingeominas, en 2011, se convirtió en la Dirección de Laboratorios con una visión que busca participar en nodos de conocimiento para la generación de información geocientífica en los componentes químico, físico, petrográfico, metalúrgico, mineralógico y geotécnico.

En la última década se ha realizado una reconversión importante en la infraestructura tecnológica lo que ha permitido contar con métodos de ensayos más confiables, mediante la utilización de equipos de medición que presentan especificaciones técnicas robustas, análogos a los utilizados en otros servicios geológicos de clase mundial.

Para el desarrollo de sus funciones la Dirección de Laboratorios cuenta con un equipo de colaboradores competente en los campos de química, ingeniería química, ingeniería civil, geología y administración en las sedes de Bogotá, Cali, Medellín y Manizales.



Jorge Iván LONDOÑO ESCOBAR

Coordinador del Grupo de Cali SGC

jilondono@sgc.gov.co
Colombia

Jorge Iván LONDOÑO ESCOBAR es ingeniero químico de la Universidad Nacional Sede Medellín con

magister en ciencias químicas de la Universidad del Valle. Es el coordinador de la Sede de Cali del Servicio Geológico Colombiano y está adscrito a la Dirección de Laboratorios. Sus activi-

dades de investigación están relacionadas con la aplicación de la mineralogía en el aprovechamiento de los depósitos y en la evaluación de su impacto ambiental.

Título de la presentación: **Fundamentos mineralógicos y sus implicaciones metalúrgicas y ambientales en el proyecto de sustitución de la amalgamación en el Distrito Minero de Pacarní (Huila)**

Resumen

Se expone un estudio mineralógico, metalúrgico y ambiental de la zona minera de Pacarní en el departamento del Huila en Colombia, con el que se establecen las bases para desarrollar una propuesta técnica experimentada para la sustitución del proceso de amalgamación imperante en la zona.

Teniendo como cimiento interpretativo el análisis mineralógico de las muestras de mina y los análisis químicos de oro, plata y demás elementos importantes de todas las muestras tomadas en campo, se hace una evaluación del estado actual de tres importantes plantas de beneficio de la zona, y el potencial y condicionamiento de los materiales de tres minas del depósito aurífero.

Se concluye que la cianuración de concentrados gravimétricos y de flotación del material de mina es una alternativa técnicamente factible para sustituir la amalgamación en la zona, advirtiendo que hay diversos factores adversos propios de la mineralogía de los materiales de estas minas que hay que controlar para lograr un procedimiento efectivo.

Revisita a la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (VMM) en su área tipo, con énfasis en la sucesión cretácica: Proyecto Hidrosogamoso

Diana María MONTOYA ARENAS

dmontoya@sgc.gov.co

Roberto TERRAZA MELO

rterraza@sgc.gov.co

Grupo Funcional de Estratigrafía

SGC

Colombia



Diana María MONTOYA ARENAS es geóloga graduada de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Trabaja en el Servicio Geológico Colombiano desde 1995, realizando proyectos de cartografía geológica regional en las cordilleras Occidental y Oriental de Colombia.

Roberto TERRAZA MELO es geólogo graduado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá en el año 1988 y tiene maestría en geología de la misma universidad en el año 2004.



Pertenece al Servicio Geológico Colombiano desde 1997 donde ha desarrollado varios proyectos de cartografía geológica regional, estratigrafía y exploración de recursos minerales, destacándose los estudios geológicos en los cinturones esmeraldíferos de la cordillera Oriental.

Título de la presentación: **Las unidades litoestratigráficas del VMM en su área tipo, con énfasis en las Formaciones La Paja y “La Luna”: Proyecto Hidrosogamoso**

Resumen

La Formación La Paja tradicionalmente se conoce como una unidad de “*shales, uniformly black, thinly laminated, slightly calcareous and commonly micaceous and silty*” (Morales *et al.*, 1958). En su localidad tipo se trata de un depósito de microlitas diferenciable en dos intervalos: el inferior constituido por parasecuencias con un elemento basal de *bindstone* con materia orgánica que genera valles y uno superior de *bindstone* recristalizado con menos materia orgánica que genera resalte. En el intervalo superior las parasecuencias muestran un incremento importante en el elemento arcilloso. El ambiente de depósito se interpreta situado en los dominios intermareal-supramareal.

A partir de la estandarización de Morales *et al.* (1958), las Formaciones Salada, Pujamana y Galembo, en orden ascendente, establecidas originalmente por Wheeler (1929) para la estratigrafía del Cretáceo superior del VMM (Concesión De Mares), fueron reunidas bajo el concepto de “Formación La Luna”, que representaría un depósito sedimentario eminentemente de “*shale calcáreo*” separado en tres “Miembros” con los mismos nombres utilizados por Wheeler. En algunas publicaciones se ha puesto en duda la existencia de los “Miembros” inferiores (Salada y Pujamana); nuestro trabajo reivindica la existencia e identidad de las Formaciones originales de Wheeler.



Giovanni MORENO SÁNCHEZ

Grupo Funcional de Estratigrafía

SGC

gmoreno@sgc.gov.co

Colombia

Giovanni MORENO SÁNCHEZ es geólogo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Ha participado en proyectos de cartografía geológica regional, geología estructural, estratigrafía y exploración de recursos minerales energéticos en los macizos de Santander, Floresta y Quetame con el Servicio Geológico Colombiano. Actualmente forma parte del Grupo Funcional de Estratigrafía del Servicio Geológico Colombiano.

Título de la presentación: **Nuevo mapa geológico del área tipo de las unidades litoestratigráficas del VMM**

Resumen

La omisión de unidades estratigráficas lleva a la imperfección de los mapas geológicos: la cartografía debe progresar al ritmo de los estudios estratigráficos. La investigación adelantada por el SGC en el área tipo de la estratigrafía del Mesozoico del VMM permitió distinguir en un mapa a escala 1:25 000 las Formaciones cretácicas Cumbre, El Salto, Salada, Pujamana y Galembó.

El adelgazamiento hacia el oriente de la Formación Simití y El Salto insinúa que su depósito ocurrió al tiempo con el basculamiento del margen E de la “Cuenca del VMM”



Dr. Fernando ETAYO SERNA

Grupo Funcional de Estratigrafía
SGC
Colombia

Fernando ETAYO SERNA es geólogo y geofísico de la Universidad Nacional (1963), Ph.D. en paleontología de la

Universidad de California (Berkeley) (1975) y profesor emérito de geología en la Universidad Nacional de Colombia (2000).

Título de la presentación: **Bioestratigrafía con amonitas de las unidades cretácicas del VMM y su significado paleogeográfico: Proyecto Hidrosogamoso**

Resumen

Las “pétrifications du Perou et de la Nouvelle Grenade”, llevadas a Berlín por A. de HUMBOLDT, le dieron pie a Leopoldo von BUCH (1839) para afirmar “que toutes les formations secondaires des Andes, ...doivent être rangées dans la formation de la craie.” Los fósiles llevados a París por J. B. BOUSSINGAULT le permitieron escribir a A. D’ORBIGNY (1842):

“La faune colombienne m’offre la plus grande ressemblance avec celle des terrains cretacés de l’ancien monde.”

Los estudios estratigráficos y paleontológicos adelantados por geólogos del SGN (J. ROYO Y GÓMEZ, 1940–1950; H. BÜRGL, 1952–1960) han puesto de manifiesto que la semejanza entre las paleofaunas marinas cretácicas del S de Europa con las del NW de Suramérica (Colombia y Perú) decrece a medida que se asciende en la escala cronoestratigráfica. Lo anterior se atribuye a causas paleobiogeográficas asociadas con el sistema de corrientes marinas que debió generarse de acuerdo con el reacomodo de los continentes durante el Cretácico, en especial con la progresiva separación y deriva de África y Suramérica. Por contraste, solo se produjo una tenue comunicación paleobiológica

marina entre los extremos N y S de Suramérica a comienzos del Valanginiense.

Nohora Emma MONTES RAMÍREZ

nmontes@sgc.gov.co

Jorge GÓMEZ TAPIAS

mapageo@sgc.gov.co

Fernando Alirio ALCÁRCEL

falcarcel@sgc.gov.co

María Fernanda ALMANZA MELÉNDEZ

mfalmanza@sgc.gov.co

César Augusto MADRID MONTOYA

cmadrid@sgc.gov.co

Grupo Mapa Geológico de Colombia
SGC
Colombia



Nohora Emma MONTES RAMÍREZ es geóloga especializada en geomática. Trabaja en el Servicio Geológico de Colombia (SGC) desde 1997, donde ha desarrollado estudios en neotectónica, cartografía geológica y geología regional, se destacan sus trabajos en la paleosismología de la Falla de Ibagué. Desde el

2005 hace parte del proyecto Mapa Geológico de Colombia en el que ha sido coautora de la versión 2007 y 2015 del Mapa Geológico de Colombia y del Atlas Geológico de Colombia. Paralelamente, es coautora del Mapa Geológico de Suramérica y del Mapa Geológico y de Recursos Minerales de América del Sur (en preparación).

Título de la presentación: **Proyecto Mapa Geológico de Colombia: Pasado, presente y futuro**

Resumen

El Mapa Geológico de Colombia (MGC) es un proyecto continuo del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que se inició en el 2002, y tiene como objetivo compilar y sintetizar la cartografía geológica generada por el SGC, las universidades y otras instituciones, así como todas las publicaciones científicas nacionales e internacionales sobre Colombia. Lo anterior para obtener versiones digitales periódicas del MGC en español e inglés a escala 1:1M, y las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia (AGC) a escala 1:500K. La producción periódica de este documento es una de las funciones principales del SGC, de acuerdo al Decreto 4131 del 3 de noviembre de 2011 del Ministerio de Minas y Energía.

El MGC resume las labores de exploración e investigación geológica realizadas desde la fundación de la Comisión Científica

fica Nacional, ordenada por la Ley 83 de 1916 para que hiciera el estudio geológico del país y presentara el estado del conocimiento geológico del territorio colombiano. La primera edición del MGC a cargo del Grupo Mapa Geológico de Colombia fue finalizada en el 2007 (Gómez *et al.*, 2007 a, b y c) y le fue otorgado en el 2008 el Premio Lorenzo Codazzi de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, por su aporte al conocimiento del territorio colombiano. Una segunda edición se entregó en el 2015 (Gómez *et al.*, 2015 a, b y c) acompañada del libro *Compilando la Geología de Colombia: Una visión a 2015* (Gómez & Almanza, 2015), que contiene la metodología de realización del mapa e incluye el “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth” (Gómez *et al.*, 2015d). Conforme con la política de Apropiación Social del Conocimiento Científico todos los productos de las 2 ediciones del MGC, al igual que la versión *web* y Google Earth del MGC 2015, pueden ser descargadas sin costo alguno de la página *web*: <http://www.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>. Asimismo, se entregan en un DVD en la bolsa del material del *Simposio*.

Los productos de las 2 ediciones han sido ampliamente divulgados y sometidos a la retroalimentación de la comunidad científica, gracias a la que han surgido importantes discusiones y aportes que permiten mejorarlo con cada nueva entrega. Así, el MGC es un documento dinámico que está listo para su actualización y mejora a la luz de la nueva información, y en la medida en que evoluciona la forma de interpretar los procesos geológicos.

Es de resaltar que el MGC ha tenido divulgación a nivel político, el 18 de junio de 2008 fue lanzado en el Salón Simón Bolívar con la presencia del presidente Dr. Álvaro URIBE VÉLEZ y, el 11 de agosto de 2015, se le entregó al presidente Dr. Juan Manuel SANTOS CALDERÓN durante el conversatorio de la Gira Estamos Cumpliendo en el Ministerio de Minas y Energía.

A finales de 2016, se entregará una versión del MGC conmemorativa de los 100 años del SGC (dibujo) a escala 1:2 M y dirigida a un público general. La próxima versión del mapa está prevista para el 2018. Asimismo, en el 2017 se iniciará la realización de un libro de geología de Colombia que será publicado en la Colección Centenario del Servicio Geológico Colombiano, Serie Geología y, de acuerdo al *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014–2023*, se continuará con las investigaciones en el territorio nacional usando geocronología U–Pb para resolver problemas identificados durante la realización del MGC y del “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS Google Earth” (Gómez *et al.*, 2015d).

Referencias

- Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N.E., Jiménez, D.M., Tejada, M.L., Sepúlveda, M.J., Osorio, J.A., Gaona, T., Diederix, H., Uribe, H. & Mora, M., compiladores. 2007a. Mapa Geológico de Colombia 2007. Escala 1:1 000 000. Ingeominas, 2 hojas. Bogotá.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á., Tejada, M.L., Jiménez, D.M., Sepúlveda, M.J., Osorio, J.A., Gaona, T., Diederix, H., Mora, M. & Uribe, H., compilers, 2007b. Geological Map of Colombia 2007. Scale 1:1 000 000. Ingeominas, 2 sheets. Bogotá.
- Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N.E., Jiménez, D.M., Sepúlveda, J., Gaona, T., Osorio, J.A., Diederix, H., Mora, M. & Velásquez, M.E., compiladores. 2007c. Atlas Geológico de Colombia 2007. Escala 1:500 000. Ingeominas, 26 planchas. Bogotá.
- Gómez, J. & Almanza, M.F., editores. 2015. *Compilando la geología de*

Colombia: Una visión a 2015. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, 429 p. Bogotá.

- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015a. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compilers. 2015b. Geological Map of Colombia 2015. Scale 1:1 000 000. Colombian Geological Survey, 2 sheets. Bogotá.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015c. Atlas Geológico de Colombia 2015. Escala 1:500 000. Servicio Geológico Colombiano, 26 planchas. Bogotá.
- Gómez, J., Montes, N.E., Alcárcel, F.A. & Ceballos, J.A. 2015d. Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, p. 63–419. Bogotá.



Dr. Jaime Arturo ROMERO LEÓN

Coordinador del Grupo de Tectónica

jromero@sgc.gov.co

SGC

Colombia

Jaime Arturo ROMERO LEÓN es geólogo de la Universidad Nacional de Colombia

Sede Bogotá y doctor en geología de la Universidad de Barcelona en España. Su interés ha girado en torno a las amenazas geológicas, la sismotectónica de regiones volcánicas y el estudio de las fuentes sismogénicas para evaluar de la amenaza sísmica regional de Colombia. Actualmente, es el coordinador del Grupo de Tectónica del Servicio Geológico Colombiano, cuyo propósito principal ha sido establecer la línea base del comportamiento sismogénico de las cuencas sedimentarias prospectivas de yacimientos no convencionales y, en general, ampliar y consolidar el conocimiento tectónico del territorio nacional.

Título de la presentación: **Mapa Sismotectónico del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena**

Resumen

El Mapa Sismotectónico del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena contiene la información de los mapas tectónico, sismológico y gravimétrico, con el propósito de evidenciar las estructuras mayores de la corteza terrestre en el Valle Medio del Magdalena (VMM). Se trata de vincular la geología y la geofísica, para formular una hipótesis sobre la actividad tectónica, que se manifiesta a través de la sismicidad que registran las redes sismológicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y mediante la deformación tectónica de las rocas, que ocurre actualmente y que ha ocurrido a través del tiempo geológico.

El conocimiento de la *línea base* de comportamiento sismotectónico de las regiones es fundamental para prospectar y

explotar los recursos del subsuelo, y para identificar las condiciones de uso del territorio.

Tanto la sismicidad como la deformación de las rocas, son consecuencia del tensor de esfuerzo que actúa en cada uno de los escenarios tectónicos, controlados básicamente por la tectónica de placas. En el mapa sismotectónico se presenta la orientación de estos tensores, determinados a partir de los mecanismos focales (primeros arribos) de los sismos registrados, de la deformación de pozos (*borehole break out*) reportados y disponibles, además de la medición sistemática de la geometría de las diaclasas en afloramientos del sector. Con esto se obtiene una versión de la distribución los esfuerzos tectónicos que están actuando en el presente y los que actuaron en el pasado, que están registrados en las rocas deformadas.

El área de trabajo presenta varios escenarios tectónicos. La serranía de San Lucas al lado W en el tramo norte del VMM, el cual se menciona como un margen pasivo, presenta varias concentraciones de sismos de profundidades menores de 50 km, que podrían estar relacionados con las fallas corticales en dirección SW-NE que cortan la serranía, de otra parte, el borde NE del VMM que se manifiesta con el pie de monte de la cordillera Oriental, a través del tramo sur del sistema de fallas transpresivosinistral de Santa Marta-Bucaramanga, el cual presenta evidencias inequívocas de un margen activo. El centro de la cuenca en el área de trabajo definida, también presenta sismicidad cortical con hipocentros alrededor de los 20 km de profundidad. Otra sismicidad localizada debajo de la cortical (<50 km) mencionada arriba, se manifiesta como una serie de hipocentros que se distribuyen en profundidad desde los 50 km al lado W hasta los 120 km de profundidad al borde oriental de la cuenca, es decir, esta sismicidad define una losa inclinada hacia el oriente.

Bernardo PULGARÍN ALZATE

Coordinador del Grupo Geología de Volcanes
bpulgarin@sgc.gov.co

Natalia PARDO VILLAVECES

npardo@uniandes.edu.co

Valentina BETANCOURT SUÁREZ

vbetancourt@sgc.gov.co

Grupo Geología de Volcanes
Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán
SGC
Colombia



Bernardo PULGARÍN ALZATE es ingeniero geólogo y M.Sc. en vulcanología, tiene 28 años de trayectoria en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Ha realizado investigaciones geológicas en zonas volcánicas y volcanes activos en Colombia como el Galeras, el Puracé, el Nevado del Huila, el Sotará, el Nevado del Ruiz, el Doña Juana, el Paramillo de Santa Rosa y otros aso-

ciados a estos, en los que ha adelantado trabajos relacionados con vulcanología física, estratigrafía, cartografía, petrografía, geoquímica, geocronología e historia eruptiva.

También ha estado involucrado en estudios de amenaza volcánica, glaciología y movimientos en masa, especialmente en el estudio de mecanismos de emplazamiento de flujos de escombros y avalanchas de escombros. Es el coordinador del Grupo Geología de Volcanes del SGC y su interés es continuar adelantando la cartografía, estratigrafía e investigaciones sobre la evolución magmática y eruptiva de los volcanes colombianos.

Título de la presentación: **Reconstruyendo la historia eruptiva de volcanes activos colombianos: Caso Complejo Volcánico Doña Juana**

Resumen

Se presenta la segunda versión del Mapa Geológico del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ) y su respectiva historia eruptiva, enmarcado como proyecto piloto, en latitudes bajas y específicamente en Colombia, de un mapa integral que ilustra las fuentes volcánicas involucradas; la distribución espacial y temporal de los respectivos productos volcánicos; las asociaciones de litofacies, y variaciones geoquímicas, siguiendo las convenciones internacionales vigentes para geología de volcanes. Ello comprendió nuevo trabajo de campo, la identificación y la jerarquización de discordancias estratigráficas a la escala de trabajo, la definición de unidades limitadas por discordancias (sintemas), unidades litoestratigráficas (formaciones y miembros volcánicos), litosomas (edificios o fuentes eruptivas), y su interpretación en términos de procesos de transporte y acumulación, todo ello soportado por revisión e reinterpretación del trabajo geológico anterior, datos de campo, petrográficos, geoquímicos y geocronológicos. Esta información generada es insumo fundamental para una futura evaluación de la amenaza volcánica.

El CVDJ se redefinió como el conjunto de fuentes eruptivas más jóvenes al Plioceno, ubicadas entre las coordenadas 1° 27'–1° 34' N y 77° 3' W, 76° 54' W, emplazadas, principalmente, sobre rocas del Complejo Quebradagrande (Cretácico Temprano) en la cordillera Central de Colombia. Tales fuentes corresponden, en orden cronológico a: (1) remanentes de un primer edificio de dominio efusivo, denominado Santa Helena, truncado en su cima por una depresión morfoestructónica (vt), interpretada como un graben SW-NE; (2) remanentes de un estratovolcán, denominado Doña Juana Ancestral, truncado en su cima por una estructura de colapso caldérico (vc1), de ~3 km de diámetro, al cual se asocia una ignimbrita de ~40 030 ± 560 yr BP; (3) remanentes de un estratovolcán, denominado Doña Juana Antiguo, truncado en su cima por una estructura de colapso caldérico (vc2), de ~2,8 km de diámetro, también resultado de erupciones ignimbriticas; (4) 3 conjuntos de domos dacíticos: uno al E, denominado El Filo (d3); uno al NE, denominado Totoral (d4), y uno central, denominado Doña Juana (d5), cuya actividad ha resultado en al menos 10 erupciones que han dejado registro geológico en los últimos 5000 años.

Adicionalmente, el CVDJ comprende 2 edificios adventicios, de diferente grado de erosión y sobrepuestos entre sí, denominados aquí Pre-Montoso y Cerro Montoso, respectivamente; el primero, interrumpe el Edificio Santa Helena y está truncado, al W, por una cicatriz de colapso (cs1), a la cual se asoció un depósito de avalancha de escombros.

La historia del CVDJ está enmarcada por 4 discordancias de segundo orden (D1-4): en la zona proximal corresponden a las discordancias angulares dadas por los bordes de la estructura morfotectónica vt, por la cicatriz de colapso del edificio Pre-Montoso (csl), así como por las estructuras caldéricas vc1 y vc2, que marcaron la destrucción sucesiva de los edificios, indicando cambios críticos en el sistema volcanomagmático. A mayor distancia de la fuente, las discordancias están representadas por espesas secuencias volcanoclásticas secundarias, que implican períodos de intensa remoción en masa, así como depósitos epiclásticos, paleosuelos y conjuntos de paleosuelos, que demarcan tiempos de reposo importantes en la actividad volcánica. La identificación de discordancias de segundo orden permitió, así, la definición de cinco 5 sintemas.

Los productos volcánicos enmarcados dentro de tales sintemas corresponden a domos de lava, y depósitos de flujos de lava, piroclásticos, de lahares y de avalanchas de escombros, que reflejan procesos constructivos y destructivos de cada uno de los edificios mencionados; dichos productos han afectado las cuencas de los ríos Tajumbina (afluente del río Mayo, al NE y N) y Resina (afluente de los ríos Janacatú y Juanambú, al SE). La actividad más reciente del CVDJ ha estado asociada con la formación y la destrucción parcial del domo central, que ha resultado en flujos de bloques y ceniza (junto con las oleadas piroclásticas asociadas a la dilución lateral y longitudinal de las CDP) hace 990 ± 30 yr BP (1120-1090 AD), 320 ± 30 yr BP (1650-1470 AD), 610 ± 30 yr BP (1410-1290 AD) y 105 ± 42 yr BP (1800-1940 AD); esta última correspondiente a la erupción histórica reportada entre el año 1897 y el 1906, contemporánea a la Guerra de los Mil Días. Los lahares derivados de la remoción por agua de tales depósitos piroclásticos, incluido el lahar de 1936 AD, han alcanzado las poblaciones de La Victoria y Tablón de Gómez, a más de 20 km hacia el SW.

El vulcanismo generado por el CVDJ ha sido principalmente dacítico, de afinidad calcoalcalina y con un contenido medio en K_2O . Petrográficamente, los productos del CVDJ son muy monótonos con textura porfirítica y seriada, con contenidos variables de plagioclasa, clinopiroxeno (augita), ortopiroxeno (enstatita), anfíbol (hornblenda y oxihornblenda), opacos y, ocasionalmente, biotita, cuarzo, olivino, apatito y circon, en matrices vítreo-cristalinas, criptocristalinas y/o microcristalinas, con contenidos variables de vesículas y textura de flujo. Hay numerosas evidencias petrográficas que sugieren un sistema magmático complejo y abierto, lo que está siendo estudiado geoquímicamente en investigaciones en curso.

Por último, de este estudio, quedó evidenciado que el Volcán Las Ánimas, ubicado al NE del CVDJ, ha tenido una historia eruptiva mucho más violenta y explosiva que el CVDJ, con al menos un evento de dispersión potencialmente Pliniana. En la zona de trabajo se identificaron 3 formaciones provenientes de dicho volcán, conformadas por ignimbritas más jóvenes a 4422 ± 28 yr BP, que han rellenado sucesivamente las cuencas de los ríos Tajumbina y Mayo, conformando el terreno sobre el cual están asentadas muchas de las veredas pertenecientes a los municipios de La Cruz y San Pablo (Nariño). Adicionalmente, se esclareció que los depósitos piroclásticos pumíticos distribuidos a lo largo de las cuencas de los ríos Tajumbina y Mayo, hacia la planicie de Mercaderes, provienen del Volcán Las Ánimas y no del CVDJ, como es frecuentemente reportado en la literatura.



Frank SOLANO SAAVEDRA

Dirección de Hidrocarburos
SGC
fsolano@sgc.gov.co
Colombia

Frank SOLANO SAAVEDRA es geólogo graduado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y tiene

amplia experiencia en exploración de petróleo y gas. Comenzó su carrera en proyectos de cartografía geológica y evaluación de recursos minerales en el Ingeominas en el año 1995, luego se unió a Ecopetrol y Hocol S.A. en proyectos de manejo en BD y aplicaciones para E&P. Posteriormente, como director de exploración en *Grantierra Energy* participó en la interpretación y descubrimiento de importantes campos de petróleo y gas en el Valle Superior del Magdalena y Putumayo. En 2013 se vinculó con *Lewis Energy*, donde trabajó y colaboró en el desarrollo del campo Tulipán (Llanos Orientales) e hizo parte del descubrimiento de 3 importantes campos de gas en el Valle Inferior del Magdalena. Ahora en el Servicio Geológico Colombiano busca fortalecer los planes y proyectos encaminados a la evaluación de recursos hidrocarburíferos en el territorio colombiano.

Título de la presentación: **El conocimiento geológico**

Resumen

El conocimiento es un conjunto de información almacenada mediante la experiencia o el aprendizaje (*a posteriori*), o a través de la introspección (*a priori*).

(Fuente: <http://definicion.de/conocimiento/#ixzz47FfKOcro>)

La palabra geología se forma con el prefijo geo que etimológicamente significa “tierra”, mientras que el sufijo logos remite al conocimiento sobre un tema determinado. Así, geología significa estrictamente conocimiento sobre la tierra.

(Fuente: <http://concepto.de/geologia/#ixzz47FdW2ZiT>)

El conocimiento geológico se refiere entonces a toda la información científica recopilada mediante estudios y proyectos, elaborados con el fin de comprender la evolución geológica a un nivel estructural y de composición, así como los distintos procesos y modificaciones que han sucedido a lo largo de la historia.

Consultando el documento *Plan Estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023*, se hace una reseña y se compila la esencia de los considerandos de la resolución en cuestión ¿Cuál si no se ha nombrado? (pags. 4 a 8). En este nunca se excluye el conocimiento geológico en ninguna de sus ramas aplicadas.

El mismo documento literalmente menciona en el capítulo de la Dirección de Hidrocarburos, en la pag.59, que “...al SGC, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, le han sido delegadas funciones específicas en materia de hidrocarburos con miras a apoyar en la optimización del aprovechamiento del recurso hidrocarburífero.”

Referencias

Servicio Geológico Colombiano. 2014. Plan Estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2013–2023. Colección Administración, Gestión y Desarrollo. Servicio Geológico Colombiano, 140p. Bogotá.

Sergio AMAYA FERREIRA

samaya@sgc.gov.co

Cindy URUEÑA SUÁREZ

curuena@sgc.gov.co

Mary Luz PEÑA URUEÑA

mlpena@sgc.gov.co

Marco Antonio RINCÓN

mrincon@sgc.gov.co

Grupo de Trabajo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas

SGC

Colombia

Mathias BERNET

IS'erre Université Joseph Fourier

matthias.bernet@univ-grenoble-alpes.fr

Francia



Sergio AMAYA FERREIRA es geólogo M. Sc. y candidato al Doctorado en Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Es profesor asociado de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander y trabaja en el laboratorio de huellas de fisión del Servicio Geológico

Colombiano (SGC). Desde el laboratorio de termocronología del SGC, usando los sistemas AFT y ZFT, ha participado en varios proyectos del SGC: Gas asociado a los carbones de la Formación Guaduas en el sinclinal de Úmbita (Boyacá), de la Formación Umir en el sinclinal de Andes y sinclinal de Armas (Valle Medio del Magdalena) y Evaluación termocronológica del complejo volcánico Paipa–Iza obteniendo nuevos datos termo y geocronológicos que restringen la historia de erupción al Plioceno–Pleistoceno. Es coautor de un capítulo del libro *Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*, y autor principal y coautor de publicaciones en proceso relacionadas con la evolución orogénica del Macizo de Santander. Sus especialidades son termocronología de baja temperatura (AFT y ZFT), geoquímica y cartografía geológica.

Título de la presentación: **Huellas de fisión en la exploración de gas asociado a carbones, área Úmbita–Rondón (Boyacá), proyecto del Servicio Geológico Colombiano**

Resumen

El gas metano en una veta de carbón es una fuente potencial de recursos energéticos y económicos si se puede recuperar económicamente. Gracias a las asociaciones de las Direcciones de Recursos Minerales y de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano, se dispone de las capacidades técnicas y de laboratorio para medir y definir de forma completa el potencial de producción de gas incluido en las capas de carbón y los estratos que las envuelven. Entre estos se incluyen el laboratorio de huellas de fisión, que usando el método del detector externo, obtuvo datos AFT con el propósito de evaluar la evolución térmica alcanzada por las capas de carbón de la Formación Guaduas en el sinclinal de Úmbita, en la zona carbonífera de Úmbita–Laguna de Tota–Boyacá. El análisis termocronológico determinó que la máxima paleotemperatura alcanzada en la Formación Guaduas fue de 110 °C, los carbones y por tanto el gas metano se generaron dentro de la etapa de catagénesis, alcanzando la máxima temperatura ~40, su rango y madurez en el periodo comprendido entre los 45 y 18 Ma (Eoceno–Mioceno temprano). La exhumación de la cuenca sedimentaria del sinclinal de Úmbita tiene lugar desde ~4 Ma (Mioceno tardío–Plioceno temprano).

Claudia María ALFARO VALERO

calfaro@sgc.gov.co

Coordinadora del Grupo Exploración de Recursos Geotérmicos SGC

John Camilo MATIZ LEÓN

jmatiz@sgc.gov.co

Jesús Bernardo RUEDA GUTIERREZ

jbrueda@sgc.gov.co

Gilbert Fabián RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

gfrodriguez@sgc.gov.co

Miguel Ángel BELTRÁN

mbeltran@sgc.gov.co

Gina RODRÍGUEZ OSPINA

grodriguez@sgc.gov.co

Jaison Elías MALO LÁZARO

jmal@sgc.gov.co

Carlos Eduardo GONZÁLEZ IDÁRRAGA

cegonzalezi@sgc.gov.co

Iván René ADARME AMADO

iadarame@sgc.gov.co

Grupo Exploración de Recursos Geotérmicos SGC

Colombia

Claudia María ALFARO VALERO es química de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en geotermia de la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda y actualmente es la coordinadora del Grupo Exploración de Recursos Geotérmicos del Servicio Geológico Colombiano. Sus actividades de investigación



han estado relacionadas con la geoquímica de fluidos magmáticos e hidrotermales y el flujo de calor terrestre. Su interés actual es la profundización de la investigación en geoquímica de fluidos y la integración técnica de información geológica, geofísica y geoquímica para la formulación de modelos conceptuales

de sistemas geotérmicos.

Título de la presentación: **Actualización del modelo conceptual del área geotérmica de Paipa**

Resumen

El sistema geotérmico de Paipa tiene características muy singulares frente a los demás sistemas hospedados en el territorio colombiano. Este se aloja dentro del bajo topográfico del río Chicamocha emplazado en el ambiente compresivo de la cordillera Oriental, entre las fallas Boyacá y Soapaga, en un terreno basculado de sur a norte hacia el río Chicamocha, en el área enmarcada por el oriente y el sur por el anticlinal Tibasosa-Toledo, por el occidente por la Falla Chivatá y por el norte por el río Chicamocha.

En esta área geotérmica se registra la ocurrencia de rocas ígneas que intruyeron la secuencia sedimentaria de edades cretácica, paleógena y neógena. La edad de dichas intrusiones es desconocida, con excepción de las establecidas en trabajos anteriores para los domos de Olitas, en 2,5 y 2,1–2,4 millones de años, por los métodos K/Ar y Ar/Ar, respectivamente. Otros métodos de datación han sugerido edades más recientes. Las intrusiones ígneas relacionadas con los domos de Olitas y Alto de Los Godos limitan al occidente y oriente, respectivamente, con una zona considerada con capacidad para transmitir agua infiltrada en la elevación del Anticlinal Tibasosa-Toledo desde el sur. Una intrusión ígnea adicional se registra en la cantera de El Durazno, cartografiada como brecha hidrotermal, la cual está localizada al noroccidente de los domos Olitas y el Alto Los Godos, en una zona de cruce entre la Falla Paipa-Iza, falla normal de dirección NW, y la Falla Canocas, falla inversa y de dirección NE. Esta intrusión se caracteriza por registrar intensa alteración hidrotermal (argílica y argílica avanzada), lo que sugiere circulación de fluidos hidrotermales o magmáticos, de pH ácido y alta concentración de sulfato.

El contenido relativamente elevado de elementos radiactivos en El Durazno (hasta 370 ppm de U) medido en núcleos de perforaciones de 50 y 100 m, aun cuando se trata de rocas altamente alteradas, permitió estimar valores máximos de producción de calor radiogénico de 12 uW/m³. Este podría contribuir como fuente de calor complementaria en la zona marginal del área de circulación del fluido en su recorrido a la zona de descarga. La posibilidad de que la temperatura del agua subterránea se incremente a lo largo del corredor NE definido entre las fallas inversas Canocas y El Hornito, por circulación subterránea alrededor de El Durazno, queda planteada a partir del pozo de agua subterránea, localizado en el Instituto Técnico Agrícola (ITA), cuya temperatura de descarga es de 34,5 °C.

La principal zona de descarga del sistema geotérmico está localizada al norte, en el sector ITP (Instituto de Turismo de

Paipa)–Lanceros, en la zona de cruce entre las fallas El Hornito, falla inversa de dirección NE, y El Bizcocho, falla inversa de dirección NNE, sobre la formación Labor y Tierna, de permeabilidad primaria. Esta zona está conformada por manantiales termales con temperatura máxima del orden de 70 °C. Otras manifestaciones como manantiales termales de menor caudal y un *steam vent* se registran entre 3 y 4 km al sur de la zona de descarga principal.

En esta área geotérmica las condiciones climáticas (precipitación y evapotranspiración) son favorables para la formación de evaporitas terrestres como efectivamente ocurre y se evidencia desde observaciones visuales de eflorescencias de sales en superficie, hasta observaciones indirectas por métodos geofísicos eléctricos y electromagnéticos. La evaporita formada en la superficie está compuesta por mirabilita y thenardita, principalmente. Su concentración es tan elevada que ha permitido el beneficio de sulfato de sodio en la Planta Sales de Paipa (SALPA). Aunque no se ha determinado el origen de la fuente salada, la extensión y profundidad de una anomalía positiva de conductividad eléctrica observados en perfiles magnetotelúricos en la zona noroccidental del sistema, siguiendo la disposición de las capas sedimentarias enterradas hacia el occidente por el movimiento transpresivo de la Falla Chivatá, permiten plantear la posibilidad de que dicha fuente corresponda a evaporitas más viejas (Cretácico) las cuales estarían siendo lavadas por infiltración profunda de agua cuyo ciclo traería las sales más solubles de vuelta a la superficie. La contribución de sulfuros y otros minerales de azufre desde una fuente ígnea no puede descartarse como posible origen de sulfatos, dada la ocurrencia de este tipo de rocas en el área.

Las intrusiones de rocas ígneas son observadas indirectamente en el subsuelo a partir de los mapas de anomalías gravimétrica y magnética. Además anomalías geoelectricas sugieren la meteorización de los depósitos volcánicos que cubren gran parte del área geotérmica, lo que contribuiría a impedir la ocurrencia de manifestaciones termales entre la zona de los domos y las zonas de descarga.

La mezcla del fluido termal originado en el reservorio geotérmico con la fuente salada presuntamente originada en la disolución de la evaporita es de tal magnitud que enmascara su composición e impide inferir condiciones del reservorio a partir de la caracterización de los manantiales termales. Además de la descarga en fase líquida, los manantiales termales y salados de baja temperatura registran abundancia de gases con alta concentración relativa de CO₂ cuyo origen podría estar relacionado con la oxidación de materia orgánica (¿hidrocarburos?) disponible en la zona. La abundancia de CO₂ en manantiales salados así como la firma isotópica del ¹³C en CO₂ y CH₄, y la concentración de 15 N, en manantiales termales, sugieren que el fluido hidrotermal podría no ser la fuente dominante de los gases.

La estimación de la temperatura del reservorio, a partir de geotermómetros acuosos alcalinos, no es confiable dada la mezcla con la fuente salada. Por su parte los geotermómetros de gases, cuya composición también estaría afectada por la contribución de fuentes diferentes al reservorio geotérmico, señalan una alta dispersión en las temperaturas calculadas. Con base en la estimación simple del geotermómetro de cuarzo la temperatura sería del orden de 120 °C. El modelo de dilución entalpía-sílice plantea la posibilidad de que el reservorio tenga una temperatura máxima del orden de 230 °C.

El modelo conceptual actualizado del área geotérmica de Paipa utiliza como escenario un modelo 3D geológico-geofísico (geología, densidad y susceptibilidad magnética) e integra resultados e información de otros trabajos como caracterización de pozos en la zona de El Durazno, geoquímica de fluidos, alteración hidro-

termal y resultados parciales de magnetotelúrica. De acuerdo con este modelo, la recarga principal del reservorio ocurría desde el sur y suroriente (Anticlinal Tibasosa–Toledo) a través de la Formación Une. El reservorio de agua caliente estaría localizado en la misma Formación Une, entre cuatro intrusivos; el primero de ellos no tiene expresión superficial y se localiza sobre la margen sur del área de trabajo; el segundo corresponde a los domos de Olitas; el tercero, localizado en el extremo suroccidente de los domos del Alto Los Godos, sería el que alimenta estos domos, y un intrusivo sin expresión superficial alineado en dirección NW con los domos del Alto Los Godos. La emergencia de los domos del Alto Los Godos estaría controlada por una falla de rumbo NW, normal y de basamento denominada Cerro Plateado. Los fluidos calientes del reservorio avanzarían hacia el norte siguiendo la inclinación del terreno hasta encontrar la barrera física de las intrusiones relacionadas con el Alto los Godos. Desde allí se desviarían en dirección NW siguiendo la dirección de la Falla Cerro Plateado, extendiéndose lateralmente hasta la zona limitada cerca de la superficie por la Falla El Bizcocho. Los fluidos continuarían su tránsito en dirección norte a través de la misma formación (Une) e iniciarían su ascenso promovido por cruces entre fallas (El Bizcocho, Canocas y una falla de basamento sin evidencia superficial) hasta que finalmente, en el cruce entre las fallas El Bizcocho–El Hornito, encuentran condiciones de permeabilidad en superficie, sobre la formación Labor y Tierna, que genera la principal zona de descarga del sistema geotérmico, conformada por manantiales termales con temperaturas entre 56 y 70 °C. La Figura 1 corresponde a un corte horizontal del modelo de densidad en el que se hacen evidentes las intrusiones postuladas como la fuente de calor y, entre ellas, el área propuesta como reservorio. En la misma figura se señala la posible circulación de fluidos geotérmicos desde el reservorio hasta alcanzar la zona de descarga.

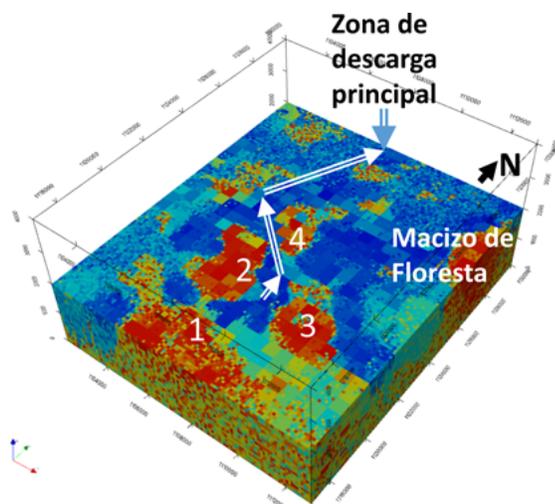


Figura 1. Ilustración del modelo conceptual del área geotérmica de Paipa sobre un corte horizontal a 2000 m desde la base del modelo inverso de densidades, cuya profundidad desde la máxima elevación es de 3190 m. Se indican: 4 intrusiones propuestas como posible fuente de calor del sistema (anomalías positivas de densidad en color rojo), el área entre intrusiones postulada como posible reservorio (anomalía negativa de densidad en color azul) y, con flechas blancas, la posible circulación del fluido desde el reservorio hasta la zona de descarga principal, localizada en el cruce entre fallas El Bizcocho y El Hornito, sobre la formación Labor y Tierna. Una zona adicional de anomalía positiva de densidad al nororiente de la zona de trabajo se interpreta como la continuidad en profundidad del Macizo de Floresta.

Hugo Jesús CAÑAS CERVANTES

hcanas@sgc.gov.co

Coordinador del Grupo Exploración de Aguas Subterráneas

Carlos Julio MORALES ARIAS

cmorales@sgc.gov.co

Miguel GARZÓN BOTERO

mgarzon@sgc.gov.co

José Vicente FRANCO SERNA

jfranco@sgc.gov.co

Joel RIVAS CORTÉS

jrivas@sgc.gov.co

Sonia ALVARADO BALLESTEROS

salvarado@sgc.gov.co

Julio BECERRA GALÁN

jebecerra@sgc.gov.co

Jairo VELOZA FRANCO

javeloza@sgc.gov.co

Diego RUÍZ FONTECHA

druiz@sgc.gov.co

Germán CAMARGO RACHE

glcamargo@sgc.gov.co

Johanna GUTIÉRREZ CASTRO

jgutierrez@sgc.gov.co

Sonia PACHECO HIGUERA

spacheco@sgc.gov.co

Álvaro GÓMEZ ELOZA

ajgomeze@sgc.gov.co

Andrés CARDONA GUTIÉRREZ

ccardonag@sgc.gov.co

Constanza ALARCÓN HERAZO

Grupo Exploración de Aguas Subterráneas

SGC

Colombia

Geólogo, postgraduado en Recursos Hidráulicos en el área de Aguas Subterráneas de la Universidad Nacional de Colombia. Exfuncionario de instituciones como Ingeominas (actual Servicio Geológico Colombiano), Ministerio del Ambiente e IDEAM. En la actualidad, coordinador del Grupo de Exploración de Aguas Subterráneas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), orientando e implementando la generación de conocimiento hidrogeológico de áreas en Colombia donde se extienden sistemas acuíferos estratégicos para el desarrollo socioeconómico, ambiental y científico del país. Su interés, es consolidar las actividades del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas–PEXAS del Servicio Geológico Colombiano, lo cual ha permitido en los últimos años aportar nuevo conocimiento del potencial de

aguas subterráneas en los departamentos de La Guajira, Sucre, Quindío, Risaralda, Boyacá, Casanare, Guaviare y Guainía.

Título de la presentación: **Avances en el conocimiento del potencial hidrogeológico de sistemas acuíferos estratégicos de Colombia**

Resumen

El Programa de Exploración de Aguas Subterráneas ha permitido generar nuevo conocimiento hidrogeológico de sistemas acuíferos estratégicos en áreas de departamentos de Colombia de carácter semi-regional a local, y cuyas características geológicas, estructurales, geofísicas, hidrológicas, hidráulicas e hidrogeoquímicas permiten la ocurrencia del agua subterránea en cantidad y calidad, lo cual ha permitido orientar la toma de decisiones por parte de diferentes entes de carácter nacional, departamental y municipal, que tienen a su cargo el desarrollo de infraestructuras de abastecimiento de agua potable para algunos sectores de la población colombiana que tienen acceso restringido al agua potable.

La ocurrencia y los efectos de condiciones climatológicas globales como los fenómenos de El Niño y La Niña, así como variaciones climáticas regionales a locales, condicionan la disponibilidad en cantidad y calidad del agua para abastecimiento por parte de la población asentada en áreas de la baja, media y alta Guajira, la zona centro del departamento de Boyacá, el Piedemonte Llanero, las sabanas de Sucre, el Eje Cafetero en los departamentos de Quindío y Risaralda, San José del Guaviare e Inírida.

La formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales en las áreas anteriormente mencionadas, genera conocimiento del potencial de aguas subterráneas en Sistemas Acuíferos identificados como los Depósitos de Llanura Aluvial del Río Ranchería y la Formación Monguí en La Guajira, las formaciones Une, Labor y Tierna, Picacho, Tilatá, Areniscas del Socha y los Depósitos Cuaternarios Aluviales en la Zona Centro del Departamento de Boyacá, la parte inferior de la Formación Morroa en el Departamento de Sucre, la Formación Caja en el Departamento del Casanare, y el Abanico Volcano-Sedimentario que se extiende en los Departamentos de Quindío y Risaralda, Depósitos Aluviales y Llanuras de Desborde antiguas en el área de Inírida, la Formación Arenisca de San José de Guaviare, la Formación Caja y Depósitos Aluviales en San José de Guaviare.

La ejecución de las perforaciones de pozos exploratorios permiten validar semi-regional y localmente los modelos hidrogeológicos conceptuales, los pozos perforados y construidos con éxito han sido entregados formalmente mediante convenios interinstitucionales a las Corporaciones Autónomas Regionales como Corpoguajira, CRQ, Carder, Corpoboyacá, Corporinoquía para que fortalezcan su red de monitoreo de aguas subterráneas o simultáneamente en algunos casos, han sido incorporados a los sistemas de abastecimiento de agua potable como infraestructura de respaldo para enfrentar la extrema sequía que ha reducido la oferta de aguas superficiales de los acueductos que se abastecen con estas.

La formulación de los modelos hidrogeológicos ha permitido generar y actualizar la cartografía hidrogeológica y temática relacionada en los departamentos anteriores, para efectos de representar las características hidrogeológicas que permiten reconocer el potencial y el funcionamiento de los Sistemas Acuíferos Estratégicos Explorados.

El Servicio Geológico Colombiano a través del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas-PEXAS genera el conocimiento hidrogeológico para efectos de apoyar la gestión y la misión institucional del Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres, las Gobernaciones, las Alcaldías y las Corporaciones Autónomas Regionales, para la toma de decisiones gubernamentales en cumplimiento de las estrategias en el marco de la política de la gestión integral del recurso hídrico.

Roberto TERRAZA MELO

rterraza@sgc.gov.co

Claudia Liliana MARTÍN RINCÓN*

cmartin@sgc.gov.co

Conferencista

Germán Alonso MARTÍNEZ APARICIO

gmartinez@sgc.gov.co

Nadia Rocío ROJAS PARRA

nrojas@sgc.gov.co

Grupo de Investigación y Exploración de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales

SGC

Colombia



Claudia Liliana MARTÍN RINCÓN es geóloga de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Estuvo vinculada al sector privado en el área de sedimentología para la prospección de hidrocarburos y exploración geoquímica de oro y, desde 2011, trabaja en el Servicio Geológico Colombiano, donde ha desarrollado actividades de cartografía geológica y estratigrafía de las planchas 193 Yopal y 191 Tunja. Hace parte del Grupo de Investigación y Exploración de Recursos Minerales no Metálicos e Industriales desde 2012, donde realiza trabajos de cartografía geológica, estratigrafía, geoquímica y petrografía enfocados a la exploración de roca fosfórica en los departamentos de Boyacá y Huila.

Título de la presentación: **Exploración de fosfatos: Una necesidad para Colombia (caso departamento de Boyacá, Colombia)**

Resumen

En los alrededores de Tunja, en el departamento de Boyacá, se reconocen unidades litoestratigráficas definidas en la región de la sabana de Bogotá (Formaciones Une y Chipaque; Grupo Guadalupe constituido por las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Tierna, y Formaciones Guaduas,

Cacho, Bogotá y Tiltá), Paz de Río (Formaciones Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración), y zona de Villa de Leiva y Valle Medio del Magdalena (Formaciones Arcabuco, Paja, Tablazo, Simití, Churuvita, Simijaca, San Rafael y Conejo). En virtud de esta complejidad en la nomenclatura estratigráfica es indispensable, para adelantar con éxito un proyecto de exploración de roca fosfórica o de cualquier otro recurso mineral asociado a rocas sedimentarias, definir muy bien la posición en el tiempo de los intervalos de interés económico, lo cual se logra con los estudios estratigráficos; es aquí donde la estratigrafía juega un papel protagónico, puesto que no en todas las unidades litoestratigráficas de esta zona del país se encuentra roca fosfórica potencialmente explotable.

Desde tiempo atrás es conocido que en el Cretáceo Superior de la zona andina colombiana se localizan las capas de roca fosfática de importancia económica, y de allí tradicionalmente se han explotado. En los alrededores de Tunja el Grupo Guadalupe es de particular interés para este recurso, ya que en él se localizan los niveles con más posibilidad de explotación.

El Grupo Guadalupe se caracteriza por presentar tres rasgos morfológicos distintivos y claramente diferenciables: en la parte inferior un filo topográfico constituido principalmente por porcelanitas o arenitas que corresponden a la Formación Lidita Superior o Arenisca Dura, respectivamente, seguido de un valle compuesto por arcillolitas en mayor proporción con algunas porcelanitas y arenitas intercaladas que corresponde a la Formación Plaeners y, al techo, otro filo topográfico constituido por cuarzoarenitas finas a gruesas, correspondientes a la Formación Arenisca de Labor y Tierna o Arenisca Tierna.

El estudio estratigráfico cuidadoso y la cartografía geológica detallada adelantada en los alrededores de Tunja han permitido precisar que las fosforitas con mayor importancia económica se localizan en la base del Grupo Guadalupe, cuya edad determinada por amonitas es Campaniano temprano (Etayo, 2015 en prensa). Adicionalmente, se ha confirmado la presencia de la Formación Lidita Superior en la base del Grupo Guadalupe, la cual se encuentra interdigitada en algunos sectores con la Formación Arenisca Dura (Etayo, 2015 en prensa); estas dos unidades litoestratigráficas son heterópicas y coetáneas, predominando más la Lidita Superior hacia el sector W y E de Tunja, y la Arenisca Dura hacia el sector sur de esta población.

La cartografía geológica apoyada en la estratigrafía ha permitido inferir que en los alrededores de Tunja hay aproximadamente 200 millones de toneladas de roca fosfórica o rica en fosfatos (Tabla 1) con diferente contenido de P_2O_5 , disponibles para fuentes minerales con destino a la producción de fertilizantes, según los lineamientos del documento CONPES 3577 de 2009.

Tabla 1. Recursos hipotéticos de roca fosfórica o rica en fosfatos en los alrededores de Tunja en el departamento de Boyacá y su contenido en P_2O_5 .

Áreas estratégicas	% P_2O_5	Recursos hipotéticos (millones de toneladas)
1	4–8	3
1	16–21	3
2	2–10	15
2	10–15	27
2	15–27	23
3	2–10	95
3	11–14	25
3	15–20	10



Dra. Viviana DIONICIO LOZANO

Coordinadora del Grupo Evaluación y Monitoreo de Actividad Sísmica
SGC
ldionicio@sgc.gov.co
Colombia

Viviana DIONICIO LOZANO es la coordinadora del Grupo

Evaluación y Monitoreo de la Actividad Sísmica en el Servicio Geológico Colombiano. Sus actividades de investigación están relacionadas con el monitoreo de la actividad sísmica a través de redes sismológicas y acelerográficas a escalas locales, regionales y nacionales, y estudios de fuente sísmica enfocados en la comprensión de ruptura de los sismos. Sus especialidades son geofísica y sismología computacional.

Título de la presentación: **Red Sismológica Nacional de Colombia**

Resumen

La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) surgió de la necesidad de contar con un instrumento moderno y confiable para suministrar información precisa en relación con la sismicidad de nuestro país. Eventos sísmicos que han generado un impacto significativo en la población colombiana (sismo–tsunami de Tumaco en 1979, M 7.9; sismo de Manizales en 1979, M 7.9; sismo Popayán en 1983, M 5.5; erupción del Volcán Nevado del Ruiz, 1985), junto con otros desastres naturales, llevaron al Gobierno colombiano a estructurar el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (1985), asignándole al Ingeominas (ahora SGC), como miembro del sistema, las funciones de estudio y prevención de toda clase de riesgos geológicos en el territorio colombiano. En el Ingeominas, para el monitoreo de la actividad sísmica, se da inicio al proyecto de la Red Sismológica Nacional de Colombia y Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RSNC y RNAC, 1987), las cuales iniciaron actividades en junio de 1993, y hacen parte del actual Grupo Evaluación y Monitoreo de la Actividad Sísmica de la Dirección de Geoamenazas.

Desde 1993 la RSNC funciona ininterrumpidamente 24 horas al día y 7 días a la semana, proporcionando información a los organismos de prevención de desastres y al público en general durante crisis, y de ser necesario después de ellas, desplegando personal especializado y equipos portátiles de monitoreo para el análisis completo de la fuente sísmica. La RSNC y la RNAC tienen una cobertura nacional y cuentan con los mejores y los más modernos equipos de monitoreo sísmico, contando con un total 162 estaciones de monitoreo permanentes, 111 con sensor de aceleración (RNAC), 51 con sensor de velocidad (RSNC) y 94 de ellas tienen transmisión en tiempo real a la Sede Central del SGC en Bogotá. Día a día el SGC trabaja para mejorar sus capacidades técnicas y científicas para hacer seguimiento a esta actividad y cumplir con el reto de responder a alertas tempranas en caso de tsunami.



Héctor MORA PÁEZ

Coordinador del Grupo Investigaciones Geodésicas Espaciales–Geored
SGC
hmora@sgc.gov.co
Colombia

Héctor MORA PÁEZ es el coordinador del Grupo Investigaciones Geodésicas Espa-

ciales del Servicio Geológico Colombiano y está encargado de la implementación del Proyecto Red Nacional de Estaciones Geodésicas Espaciales GPS/GNSS con Propósitos Geodinámicos–Geored, del cual es su gestor. Su especialidad y experiencia se basan en aplicaciones de geodesia de alta precisión para estudios geodinámicos, con énfasis en tectónica, monitoreo de volcanes, movimientos en masa, subsidencia, diapirismo de lodo, entre otros.

MORA PÁEZ promueve además el uso de las señales de las constelaciones GNSS para investigaciones troposféricas e ionosféricas, así como técnicas interferométricas de radar (geodesia de imágenes) para estudios de deformación en la superficie del terreno. Es responsable por Colombia en la operación de estaciones de la Red Global de IGS/NASA y forma parte del Comité de Selección de Sitios del Proyecto COCONet (*Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network*), que se creó a raíz del sismo de Haití en 2010. Adicionalmente es líder del Grupo de Investigación y Desarrollo en Aplicaciones Satelitales para el Estudio de la Dinámica de la Tierra (ASEDT), investigador reconocido por Colciencias y docente en geodesia espacial de varias universidades y programas a nivel de posgrado.

Título de la presentación: **Infraestructura geodésica espacial GNSS con propósitos geodinámicos: Innovación tecnológica de alto impacto científico en Colombia**

Resumen

La geodesia ha tenido papel significativo en las geociencias en Colombia. Las aplicaciones tradicionales de posicionamiento mediante redes de triangulación y de nivelación de precisión, así como para la elaboración de cartografía fotogramétrica y referencia de obras de infraestructura, empleando inicialmente instrumentos ópticos y posteriormente electrónicos, han sido dejadas en un segundo plano a raíz del surgimiento de la geodesia espacial, inicialmente con propósitos militares y, hoy en día, con un sinnúmero de aplicaciones civiles. Los avances tecnológicos permitieron además el salto del concepto de geodesia estática a una geodesia que permitiera seguir los movimientos, con la posibilidad de considerar las posiciones de puntos bajo el marco 4D (coordenadas tridimensionales y tiempo), como respuesta a la acción de las placas tectónicas, dando paso a la concepción de geodesia tectónica. Estas nuevas aplicaciones gradualmente se han ido refinando en la medida que la tecnología ha experimentado sustanciales avances tanto en resolución como cobertura temporal, lo que ha facilitado la incursión en diversos frentes en el campo de la geodinámica. Así es posible hablar de aplicaciones de geodesia espacial como herramienta para entender la tectónica de una región y la deformación de la corteza terrestre; el monitoreo

de volcanes; el seguimiento y el análisis de movimientos en masa, y estudios asociados al fenómeno del diapirismo de lodo, por citar algunos ejemplos asociados a la Tierra sólida, y recientemente sismología GNSS. El término GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), acuñado hace pocos años, aglutina en uno solo los sistemas de posicionamiento global conocidos como GPS de Estados Unidos, GLONASS de Rusia, GALILEO de Europa y BEIDOU de China, y todos los que sean establecidos en el futuro.

Colombia empezó a incursionar en las aplicaciones en geodinámica de la geodesia espacial GPS bajo el marco del proyecto internacional CASA (*Central And South America GPS Project*) orientado, entre otros propósitos, a determinar las velocidades de las placas tectónicas de Cocos, Caribe, Suramérica y Nazca. Financiado por NSF, NASA y UNAVCO de Estados Unidos para el período 1988–1998, el proyecto contó con la participación de científicos y entidades de 5 países: Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia y Ecuador.

A partir de 1999, el entonces Ingeominas, con el propósito de dar continuidad a esta actividad, inició un trabajo sistemático construyendo y ocupando estaciones geodésicas de campo en diversas zonas del país, con cobertura incluso en las zonas volcánicas del Nevado del Ruiz, Cerro Machín y Galeras. Estas actividades se realizaron hasta el año 2006, y se participó en proyectos especiales como el estudio “Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cali” (cita).

En el año 2006, el Ingeominas presentó a consideración del Gobierno Nacional la iniciativa “Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con Propósitos Geodinámicos” (Mora, 2006), la cual fue debidamente aprobada, iniciándose el desarrollo del proyecto en enero de 2007. Se presenta, bajo el marco de los 100 años del Servicio Geológico Colombiano, los logros obtenidos, el estado de la red actual en sus componentes de redes activa y pasiva, las velocidades de estaciones y series de tiempo, insumos esenciales para la determinación de la deformación de la corteza terrestre en Colombia a partir de datos geodésicos espaciales GNSS.

Referencias

- Ingeominas & Dagma. 2003. Microzonificación sísmica de la ciudad de Santiago de Cali Valle del Cauca. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero–Ambiental y Nuclear (Ingeominas). Cali.
- Mora, H. 2006. Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS para estudios e investigaciones geodinámicas, Documento BPIN y Fichas de Proyecto, MGA para Departamento Nacional de Planeación, 5 módulos. Ingeominas, 63 p.



Marco Antonio RINCÓN MESA

Coordinador del Grupo Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos
SGC
mrincon@sgc.gov.co
Colombia

Marco Antonio RINCÓN MESA es geólogo y especialista en gestión ambiental, cuenta con 26 años de experiencia en exploración de recursos minerales en el país. Actualmente es el coordinador del Grupo Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos en la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano.

Título de la presentación: **Explorando fuentes alternativas de energía en Colombia. Caso GMAC**

Resumen

El Servicio Geológico Colombiano, desde el año 2011, ha adelantado estudios encaminados a retomar el conocimiento del carbón como roca fuente y reservorio de gas metano, teniendo en cuenta el importante potencial carbonífero con que cuenta el país, la necesidad de identificar nuevas fuentes alternativas para proveer energía, los hechos de accidentalidad registrados en minas de carbón (que han tenido como origen explosiones debidas a la presencia de este gas) y en atención a lo dispuesto en el CONPES 3517 del 12 de mayo de 2008.

Con este fin, se han establecido áreas de trabajo en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander, entre otros, que corresponden a algunas de las principales zonas carboníferas de Colombia. Inicialmente, se ha evaluado el potencial del recurso en las áreas GMAC denominadas: 1 y 2) Checua—Lenguazaque (Boyacá—Cundinamarca, años 2011 y 2012), 3) Tasco—Socotá (Boyacá, año 2013), 4) Úmbita—Rondón (Boyacá, año 2014), 5) El Carmen de Chucurí (Santander, año 2015) ver Figura 1 y 6) actualmente se adelantan estudios en el área Landázuri—Vélez (Santander). En ellas, a partir del análisis de los mantos de carbón existentes en las formaciones portadoras, se investiga la generación y almacenamiento del gas metano (CH_4). Los principales rasgos estructurales identificados en estas áreas son: el Sinclinal Checua Lenguazaque, Anticlinal de Socotá y Sinclinal Rucú—Guatatamo, Sinclinal de Úmbita, Sinclinal de Andes y Sinclinal de Armas.

De cada área de estudio se identificaron sectores GMAC de interés donde en total se han adelantado 10 perforaciones. En las áreas 1 y 2 se realizaron los pozos: Cucunubá-3, Sutatausa-1, Samacá-2 y Ráqura-1; en el área 3: los pozos Socotá-1 y Socotá-2; en el área 4 los pozos Chinavita-1 y Úmbita-1; en el área 5 los pozos El Carmen de Chucurí 1 y El Carmen de Chucurí 2. Las profundidades variaron entre 300,0 m y 600,0 m y se obtuvieron en total 4635 m de perforación con recuperación de núcleos. En cada pozo se corrieron registros de resistividad eléctrica, temperatura, gamma ray, densidad y, en el año 2015, en los pozos se corrieron pruebas de permeabilidad (*Lugeon Test*), con lo cual se complementó la caracterización de los carbonos identificados.

Las mediciones de CH_4 se efectuaron aplicando métodos directos. Para el estudio, se definió el muestreo de capas de carbón con espesor mayores e iguales a 0,40 m. Los contenidos de CH_4 , en los pozos ubicados en el área de Boyacá y Cundinamarca, arrojaron valores entre 1,46 a 308,0 pies³/ton, con valores de reflectancia de la vitrinita de 0,45 a 1,62 %. Los mayores valores de GMAC se registraron hacia el área GMAC Tasco—Socotá y Úmbita—Rondón, en carbonos tipo subbituminoso a bituminoso alto volátil A, B y C. En el área El Carmen de Chucurí (Santander) se obtuvieron mediciones hasta de 250 pies³/ton.

En 2014 y 2015, se complementó el estudio con el empleo de técnicas de termocronología para conocer la historia del ente-

rramiento de la cuenca y análisis de cromatografía con lo cual se identificó el porcentaje de CH_4 en cada muestra de interés; de este último análisis se obtuvo que la mayoría de muestras contienen un porcentaje de CH_4 igual o superior al 80% de los gases presentes.

Finalmente, se determinó el potencial de gas CH_4 en los mantos de carbón de interés, como recursos y reservas de GMAC en las categorías de medido, indicado, inferido e hipotético, como se señala en la Tabla 1.

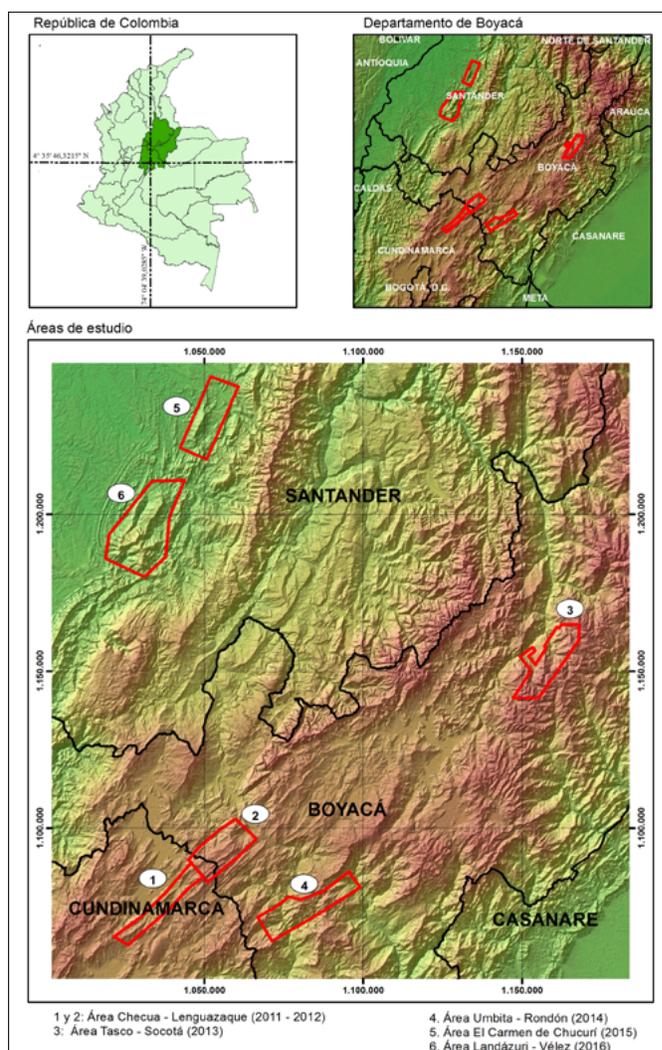


Figura 1. Localización áreas GMAC de evaluación.

Tabla 1. Potencial de GMAC. Áreas de evaluación del Servicio Geológico Colombiano

Año	Área	Sector GMAC evaluado	Pozos	Profundidad (m)	Potencial GMAC (pies ³)				
					Reservas-Recursos Medidas (os) (pies ³)				
2011	Checua Lenguazaque Tausa-Cucunubá	Tausa	Cucunubá 3	300,0	1.201.868.367,94	2.078.101.414,00	178.475.230,36		
				400,0					
2012	Checua Lenguazaque Quecheta-Samacá	Loma Redonda	Ráqura 1	400,0	314.881.897,40	1.424.152.886,27	182.197.467,09		
			El Santuario	Samacá 2					300,0
2013	Tasco-Socotá	Coscaivita	Socotá 1	425,0	462.518.442,72	1.307.683.470,86	375.272.161,24		
			Rucú-Guatatamo	Socotá 2					510,0
			Mortiflo-El Pozo						
2014	Úmbita-Rondón	Úmbita-Chinavita	Úmbita 1	520,0	2880.339.931,92	18.176.206.742,11	55.357.754.413,22	46.288.380.253,00	
			Chinavita	580,0					



Ismael Enrique MOYANO NIETO

Coordinador del Grupo Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos SGC

imoyano@sgc.gov.co
Colombia

Ismael Enrique MOYANO NIETO es geólogo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá (2002) y magíster en geofísica de esta misma universidad (2015). Desde el 2012 lidera el proyecto de adquisición, análisis e interpretación de datos geofísicos para investigación en recursos minerales, y actualmente es el coordinador del Grupo Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos de la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano.

Título de la presentación: **Adquisición de datos geofísicos aerotransportados por el SGC: Potencial para recursos minerales en Colombia desde un punto de vista geofísico**

Resumen

Desde el 2013, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha venido adelantando actividades de levantamiento de información geofísica aerotransportada (magnetometría y gammaespectrometría), con especificaciones técnicas adecuadas para la evaluación del potencial de recursos minerales. De igual manera, esta información geofísica permite también plantear modelos geológicos del subsuelo que pueden ayudar a comprender y complementar la historia geológica de una región y sus implicaciones en la formación de yacimientos minerales. Como resultado de estos estudios, se obtiene información de anomalías magnéticas que, en conjunto con información geoquímica y geológica, son la base para iniciar proyectos de exploración mineral a diferentes escalas.

Por su parte, la interpretación de los datos gammaespectrométricos permite detectar los cambios en la concentración de U, Th y K, que acompañan la mayoría de los grandes cambios en la litología, por lo que estos métodos pueden ser utilizados como una herramienta de reconocimiento geológico en muchas áreas de difícil acceso y cubrimiento, adicionalmente puede dar indicios sobre procesos geológicos tales como la acción de soluciones mineralizantes, procesos metamórficos, intemperismo y ocasionalmente para la localización de depósitos minerales relacionados con intrusivos.

Para la generación de mapas temáticos de utilidad en la evaluación del potencial de recursos minerales, se realiza procesamiento de datos en el dominio espacial encaminado al realce de atributos de menor longitud de onda (alta frecuencia) para la investigación de fuentes magnéticas someras tales como cuerpos intrusivos (pórfidos) y rasgos estructurales de interés como fallas y zonas de fractura con posibilidades de emplazamiento de mineralizaciones.

Entre los procesos realizados para la visualización e interpretación de los datos magnetométricos está la reducción al polo magnético (RTP), que asume un campo magnético induc-

tor totalmente vertical para buscar simplificar la geometría de las anomalías localizando un pico positivo o negativo sobre el cuerpo causativo, dependiendo del tipo de magnetización de la fuente. Sobre la RTP se calcula la señal analítica o amplitud de los vectores de magnetización para resaltar las estructuras magnéticas más intensas y así permitir el delineamiento de los contactos entre cuerpos con propiedades magnéticas contrastantes (Nabighian, 1972), que pueden ser asociados geológicamente con estructuras y/o cuerpos. Adicionalmente, la aplicación de derivadas de diferentes órdenes, tanto verticales como direccionales, sobre la anomalía RTP provee el gradiente de magnetización generando un realce de rasgos y contrastes en la información magnetométrica, que pueden ser relacionados con estructuras y cuerpos someros de interés exploratorio. (Reeves, 2005).

En aquellas áreas en donde se identifican anomalías geofísicas de interés, se realiza modelamiento 3D mediante la inversión de datos de magnetometría, que permite inferir la geometría y profundidad del cuerpo causativo como factor de gran relevancia en la determinación de la viabilidad de un posible depósito mineral de interés.

Las coberturas de información geofísica generadas, a partir de los procesamientos anteriormente descritos, son integradas a la información geológica, geoquímica y metalogenética producida por el SGC en informes técnicos que contienen la evaluación integral del potencial para recursos minerales en áreas de interés del territorio Colombiano.

Referencias

- Nabighian, M. 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-sections: its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 507–517.
- Reeves, C. 2005. *Aeromagnetic Surveys*. Netherlands: Geosoft.



Dr. Hildebrando LEAL MEJÍA

Investigador en la *Mineral Deposit Research Unit-MDRU* de la *University of British Columbia*

hlealmej@eos.ubc.ca
Colombia y Canadá

El doctor Hildebrando LEAL MEJÍA es geólogo (2000) y M.Sc. en geología (2004) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, luego obtuvo un Ph.D. en modelamiento de procesos geológicos de la Universidad de Barcelona (2011). LEAL MEJÍA desarrolló su tesis doctoral en la metalogenia de los depósitos de oro en los Andes colombianos patrocinado por *AngloGold Ashanti Colombia* y, posteriormente, trabajó como geólogo *senior* en investigación geológica para la misma compañía (2011–2013).

Actualmente, es investigador posdoctoral en la Unidad de Investigación en Depósitos Minerales (MDRU) de la *University of British Columbia*, vinculado como investigador en proyectos relacionados con la metalogenia de Colombia (*e.g. Colombia*

Gold & Porphyry Project) y el Convenio Especial de Cooperación SGC-MDRU.

Título de la presentación: **Proyecto Mapa Metalogénico de Colombia v. 2016: Una visión actualizada de la metalogenia en Colombia**

Resumen

El Mapa Metalogénico de Colombia constituye un hito fundamental en el entendimiento de los procesos responsables de la formación de los depósitos minerales, así como también una importante guía para la exploración de los mismos en una región particular.

Colombia, además de contar con una importante riqueza en términos de recursos minerales y una amplia tradición de explotación minera desde épocas pre-Colombinas, se caracteriza por una compleja historia geológica que involucra la acreción de múltiples terrenos geológicos de diferente origen desde el Mesoproterozoico, la formación de extensas cuencas sedimentarias suprayacentes, el emplazamiento de varios eventos plutónicos y volcánicos, y la subsecuente deformación por fallamiento y metamorfismo. Dichas características geológicas son consideradas de gran importancia en la formación de los depósitos minerales.

El conocimiento de los recursos minerales en el territorio colombiano acumulado por el SGC a lo largo de su historia, sumado al conocimiento adquirido a través de los diferentes trabajos de exploración desarrollados por la industria minera en el país, constituyen una fuente de información fundamental para la construcción de los diferentes conjuntos de datos que contribuyen a la elaboración del Mapa Metalogénico de Colombia.

El Proyecto del Mapa Metalogénico de Colombia pretende presentar una versión actualizada de este producto, a la luz del conocimiento geológico/metalogénico del país obtenido en los últimos años a través de proyectos de investigación, publicaciones científicas, trabajos de grado y tesis de posgrado desarrollados en universidades nacionales y extranjeras, contando para ello con la asesoría y amplia experiencia acumulada por la Unidad para la Investigación de Depósitos Minerales (*Mineral Deposit Research Unit*, MDRU) de la Universidad de British Columbia (UBC) en el estudio y la metalogenia de los depósitos minerales, y la elaboración de mapas metalogénicos a escala local y regional en diferentes partes del mundo.



Gloria Lucía RUIZ PEÑA

Coordinadora del Grupo Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa SGC
gruiz@sgc.gov.co
 Colombia

Gloria Lucía RUIZ PEÑA es ingeniera civil, especialista en geotecnia y en sistemas de información geográfica, además tiene un máster en estudios sociales de la ciencia. Desde el

2005 es coordinadora del Grupo Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa de la Dirección Técnica de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Entre los años 2002 y 2007 fue la coordinadora por Colombia del Proyecto Multinacional Andino Geociencias para las Comunidades Andinas PMA-GCA, desarrollado por los servicios geológicos de los países ubicados en la cordillera de los Andes (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y gerenciado por el Servicio Geológico de Canadá.

Durante los más de 20 años que ha servido al SGC ha participado y dirigido diferentes proyectos relacionados con movimientos en masa y gestión del riesgo, como por ejemplo el diseño, el desarrollo y la puesta en marcha del Sistema de Información de Gestión de Riesgos de Bogotá (SIRE), la Base de Datos Geotécnica de Colombia, la zonificación de amenaza por movimientos en masa en varios municipios del país, la generación de las diversas versiones del Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa y los documentos metodológicos que el SGC ha generado como apoyo a entidades del orden municipal y regional para evaluar amenaza y riesgo por movimientos en masa. En los últimos 5 años ha profundizado en el tema de la Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico, de tal manera que se generó una propuesta de comunicación de la ciencia que se implementó en el grupo de trabajo de movimientos en masa.

Título de la presentación: **El estudio de los movimientos en masa a través de la historia del SGC**

Resumen

Introducción

Colombia presenta una complejidad geológica debido a la interacción de tres placas tectónicas principales, las placas Suramericana, Nazca y Caribe. La interacción de estas placas hace que el territorio colombiano esté caracterizado por la presencia de cadenas montañosas jóvenes que favorecen la ocurrencia de sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa, estos últimos potencializados por lluvias intensas, pendientes fuertes, materiales fracturados y meteorizados, y en muchas ocasiones el uso inadecuado del territorio. Los movimientos en masa, también conocidos como deslizamientos, se presentan principalmente en la región Andina, en donde se encuentran las principales ciudades y se asienta más del 70 % de la población colombiana, generando pérdida de vidas humanas, daño a las propiedades y grave afectación a la infraestructura, de tal manera que producen un impacto negativo en el desarrollo del país.

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha venido trabajando en generar herramientas técnicas que apoyen la toma de decisiones, de tal manera que a nivel nacional el primer mapa de amenaza fue publicado a comienzos de este siglo, cuya escala de trabajo fue 1:1 500 000. Este mapa se mejoró en resolución y metodología de zonificación mediante el producto generado de manera conjunta con el IDEAM en el 2010, cuando se generaron los mapas de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:500 000, conformado por 26 planchas.

Desde el 2010, cuando el Fenómeno de La Niña afectó a nuestro país de manera importante, dejando miles de personas

sin vivienda, cientos de kilómetros de carreteras afectadas por deslizamientos y en general una afectación en la infraestructura que obligó al Gobierno Nacional a tomar una serie de medidas encaminadas a reducir los riesgos a los que están expuestas nuestras regiones, se viene trabajando en diferentes frentes a fin de reducir los efectos que este tipo de fenómenos tiene sobre nuestro país. Es así como en el *Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014* se dejó como meta para el SGC la elaboración de “120 Mapas de fenómenos por remoción en masa, escala 1:100 000” y para el IDEAM “Un mapa de zonificación de susceptibilidad general del terreno a los deslizamientos (zonas críticas a escala 1:100 000)”.

Por otra parte el Gobierno Nacional expidió en el 2013 la Ley 1523 de Gestión del Riesgo en donde le dio un papel muy importante al conocimiento del riesgo.

El SGC se dio a la tarea de darle cumplimiento a las metas de dicho *Plan Nacional de Desarrollo*, sin limitarse a cumplir únicamente con el número de planchas definidas, y teniendo en cuenta la confluencia de metas con el IDEAM y la necesidad que tenía el país de contar con herramientas técnicas y científicas que contribuyan efectivamente en la toma de decisiones enfocadas a una mejor gestión del riesgo que reduzca en el futuro las consecuencias de nuevos fenómenos climáticos como el de La Niña, por esto se planteó un proyecto de gran envergadura para entregarle al país conocimiento relevante y oportuno para que cubriera las zonas de amenaza alta y media por movimientos en masa, previamente identificadas en el mapa a escala 1:500 000 que había sido generado en el 2010.

Metodología

Para obtener la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, se aplicó un método heurístico desarrollando el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), en el cual se definieron como variables cualitativas la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra, además de las variables con atributos cuantitativos derivados del modelo digital de elevación del terreno (DEM, por sus siglas en inglés), cada una de estas variables fue elaborada, calificada y validada por los expertos en cada una de las temáticas siguiendo los lineamientos dados en el documento metodológico del SGC (2013). En la Figura 1 se presenta el esquema metodológico.

Como estrategia para la generación de las 278 planchas, estos productos fueron generados a través de un proyecto en el que participaron además del SGC y el IDEAM, 7 universidades que cuentan con facultades de geología en el país, estas son la Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín; la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC; la Universidad Industrial de Santander, UIS; la Universidad de Caldas; la Universidad de Pamplona, y la Universidad EAFIT. Con dichas universidades se firmaron *convenios especiales de cooperación* como se muestra en la Tabla 1. Por su parte el IDEAM construyó 22 planchas, constituyéndose en el bloque 2 y finalmente las 26 planchas restantes fueron elaboradas por el SGC como planchas control, que le permitieron garantizar los empalmes entre bloques, la aplicación sistemática de parte de las universidades del proceso metodológico y realizar un control de calidad durante toda la ejecución de los trabajos.

Se utilizó la información actualizada a escala 1:100 000 generada por las diferentes entidades del orden nacional que tie-

nen como misión institucional la generación de conocimiento como es el caso del IGAC que suministró además de la cartografía básica oficial del país a escala 1:100 000, el Modelo Digital de Elevación y la información de suelos edáficos. Por su parte, el IDEAM suministró la información de cobertura de la Tierra a escala 1:100 000 y la información climática que permitió generar el detonante climático, y el SGC aportó, además de la información geológica del país a escala 1:100 000, la información del detonante sísmico a partir del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica.

Se contó con la participación de más de 300 profesionales de las ramas de geología, agrología e ingeniería en diferentes ramas como por ejemplo civiles, forestales, catastrales, entre otros.

La coordinación de este proyecto estuvo a cargo de la Dirección Técnica de Geoamenazas y en particular por el Grupo Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa, durante un poco más de 3 años.

Tabla 1. Estrategia de elaboración de planchas.

Universidad	Bloque	N.º Planchas	Planchas Igac
UPTC	1	16	148-166-167-168-186-188-205-206-224-225-226-244-262-263-264-265
UNAL BOG	3	8	365-366-367-387-388-390-412-430
UIS	4 Y 5	20	281-282-283-301-302-322-323-343-345-346 y 109-110-111-119-121-133-134-136-137-153
EAFIT	6	10	129-130-131-145-147-165-185-204-223-242
CALDAS	7	17	34-35-41-42-48-56-57-66-67-76-77-78-86-87-88-98-99
PAMPLONA	8	12	55-64-65-74-75-84-85-95-96-107-108-118
UNAL MED	9	12	80-81-91-92-93-94-103-104-105-106-115-116
UNAL MED	10	11	89bis-89-90-100-101-102-112bis-112-113-127-128
EAFIT	11	10	143-144-163-164-183-184-202-203-221-222
UNAL BOG	12	10	240-241-259-260-278-279-298-299-280-300
CALDAS	13	15	318-319-320-321-340-341-342-362-363-386-385-409-428-447-447B
UIS	14	15	449-431-413-414-391-368-346-324-325-347-111B-122-123-138-154
UPTC	15	14	212, 230, 248, 284, 285, 304, 305, 326, 348, 370, 173, 174, 193, 194
EAFIT	16	15	11-12-13-14-15-18-19-20-21-22-25-26-27-28-33
UNAL MED	17	6	58-59-68-69-79B-79
UNAL BOG	18	5	411-429-448-465-466
EAFIT	19	19	16-17-23-24-29-30-31-32-36-37-38-39-40-43bis-44-45-46-47
UNAL MED	20	15	50-60-70-51-61-71-52-62-72-82-53-63-73-83-54



Figura 1. Esquema metodológico para la generación de planchas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100 000. Fuente: SGC (2013)

Resultados

El Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a escala 1:100 000 está conformado por un total de 278 planchas que cubren 540 338 km², en 3 temáticas: unidades geomorfológicas, susceptibilidad y amenaza relativa, con sus respectivas memorias técnicas, para un total de 1346 productos técnicos a disposición de la sociedad colombiana.

En la Figura 2 se presenta un ejemplo de una plancha geomorfológica, en la Figura 3 las 220 planchas oficializadas hasta la fecha, en la Figura 4 un ejemplo de plancha de susceptibilidad, en la Figura 5 el Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa, en la Figura 6 un ejemplo de plancha de amenaza por movimiento en masa y en la Figura 7 el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa, integrado en las zonas de la Orinoquía y Amazonía con el mapa 1:500 000.

Estos productos pueden ser utilizados por todos los ministerios y en especial los de Transporte; Ambiente y Desarrollo Sostenible; Agricultura y Desarrollo Rural; Vivienda, Ciudad y Territorio, y Defensa Nacional y sus entidades adscritas y vinculadas, igualmente por las entidades del orden regional como son las gobernaciones y las corporaciones autónomas regionales. Esta información es de utilidad para la toma de decisiones que

orienten los planes de ordenamiento territorial, la localización de grandes obras de infraestructura civil, eléctrica, vial, entre otras, también como base para el conocimiento del campo y que sirva de insumo en la toma de decisiones relacionadas con el mejoramiento de la producción del campo, en el denominado crecimiento verde, en donde será importante en la conservación ambiental, para la definición de estrategias de mitigación de riesgos asociados a fenómenos de origen geológico y al ejercicio de la soberanía del país, entre otros, como lo estipula el *Plan Nacional de Desarrollo 2014–2018–Todos por un nuevo país*.

Igualmente para que las entidades del orden regional como son las corporaciones autónomas regionales y las gobernaciones cuenten con información útil y pertinente para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial regional. Finalmente es un producto geocientífico que será de utilidad para que la academia en sus procesos de formación de nuevos profesionales de las diferentes áreas de las geociencias y los temas relacionados con la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial lo tengan de referencia metodológica y de construcción de productos geocientíficos.

Este proyecto representó una inversión de parte del Gobierno Nacional superior a los treinta y dos mil millones de pesos (\$32 224 054 805), de los cuales aproximadamente el 54 % provienen del presupuesto de Regalías.

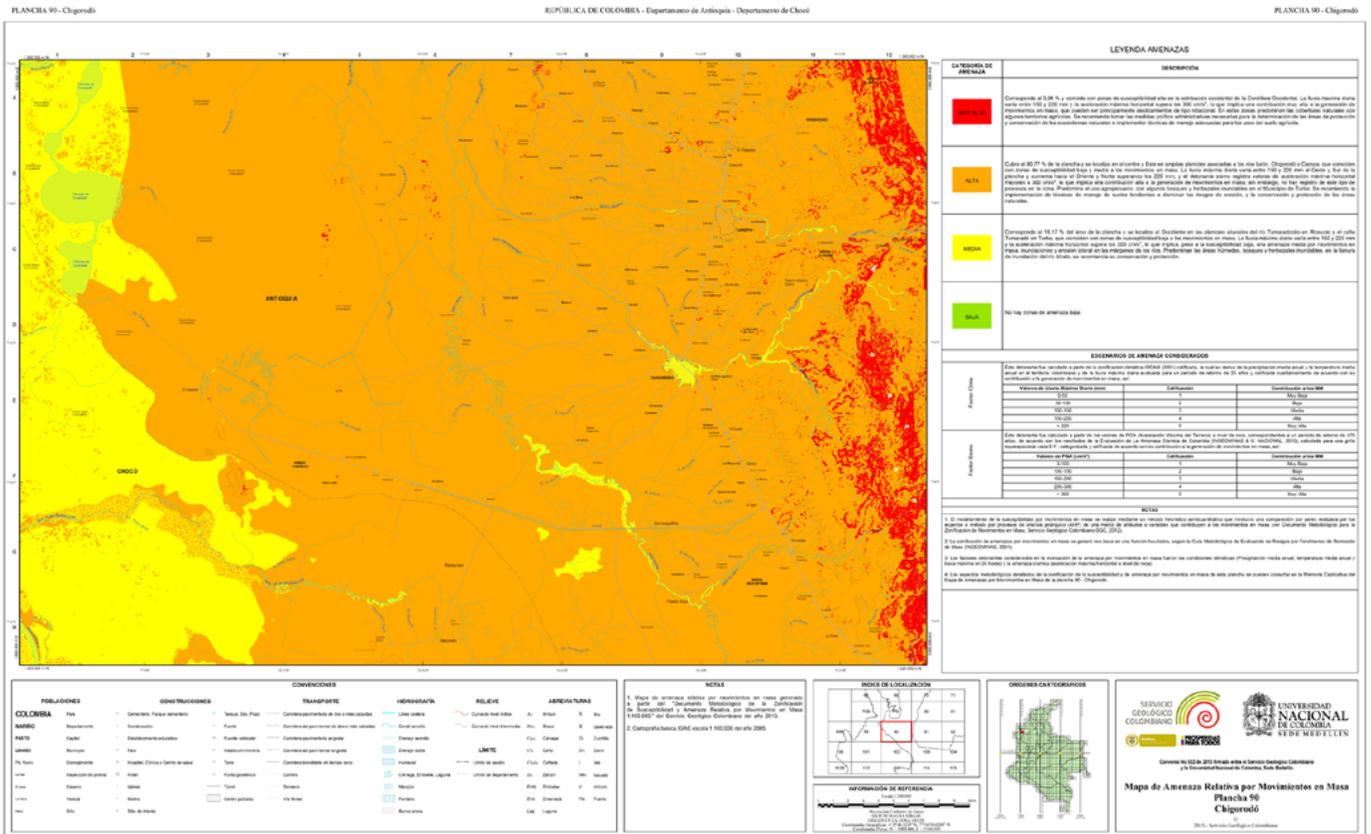


Figura 6. Ejemplo de plancha de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100 000. Plancha 90 Chigorodó.

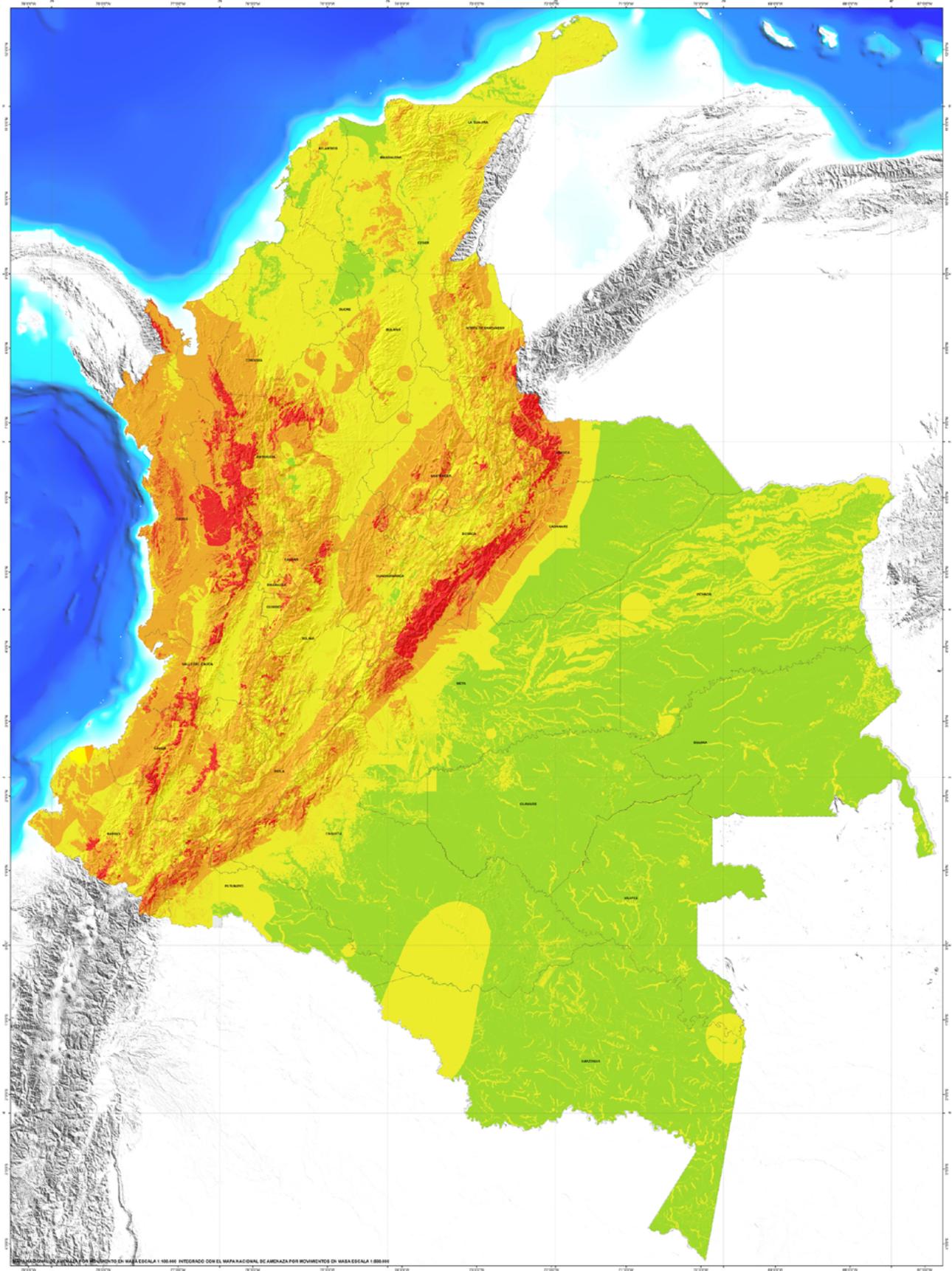


Figura 7. Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa, escala 1:100 000, integrado con el mapa 1:500 000 para las zonas de Orinoquía y Amazonía.

María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE

Dirección de Geociencias Básicas
mmonsalve@sgc.gov.co

María Mónica ARCILA RIVERA

Grupo Evaluación y Monitoreo de Actividad Sísmica
marcila@sgc.gov.co
SGC
Colombia



María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE (M.Sc) es geóloga del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Hace parte del grupo de personas que comenzaron los trabajos vulcanológicos en Ingeominas (hoy SGC). Su actividad se ha enfocado en la reconstrucción de la actividad eruptiva e histórica de

los volcanes, petrología y la relación vulcanotectónica del vulcanismo reciente en Colombia; vulcanología aplicada a geotermia; establecimiento de las amenazas, y elaboración de mapas de amenaza volcánica de los volcanes activos del país. MONSALVE hace parte de la comisión de amenaza volcánica y riesgo de la *International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior* (IAVCEI) que trabaja en la formulación de los lineamientos generales para la presentación de mapas de amenaza volcánica a nivel internacional. Participa en actividades de apropiación social del conocimiento a las comunidades a través de talleres y socialización de los trabajos de vulcanología y amenazas volcánicas, además realiza en trabajos interdisciplinarios de arqueología y vulcanismo.

Título de la presentación: **Volcán El Escondido: ¿Evidencia de la prolongación norte del vulcanismo activo en Colombia?**

Resumen

La zona volcánica de los Andes del norte refleja la subducción de la placa de Nazca bajo el noroeste de Suramérica. En Colombia se han identificado tres segmentos de volcanes activos, el más septentrional comprende el complejo volcánico Cerro Machín–Cerro Bravo ubicado en el eje de la cordillera Central. El vulcanismo de este segmento se relaciona con un proceso de subducción característico observado a lo largo de una fosa de 160 km frente a la costa sur de Chocó, entre 4.0° y 5.5°, implicando una zona de Benioff que se introduce a profundidades mayores de 200 km buzando 40° hacia el ESE, bajo el continente. El límite norte de esta subducción lo configura la Falla de Hey y, el extremo sur, la dorsal fósil de Buenaventura.

El volcán reciente más al norte de los Andes es el maar de San Diego, considerado como una estructura aislada a 75 km al NE de Cerro Bravo que, debido al tipo de vulcanismo que representa, no se ha relacionado con los volcanes del eje de la cordillera. Sin embargo, 20 km al SW de esta estructura, el Servicio Geológico Colombiano identificó “El Escondido” (1650 msnm), volcán tipo complejo anillo piroclástico–domo, cuyos prime-

ros resultados de estudios indican que los productos emitidos son andesitas anfibólicas que químicamente corresponden a andesitas y dacitas medias en potasio de la serie calcoalcalina, presentando una firma similar a los productos recientes del Volcán Nevado del Ruiz. Dataciones en algunos de sus depósitos arrojan edades de $36\,030 \pm 380$ años AP y $33\,550 \pm 280$ años AP, un vulcanismo reciente que podría ser activo, dado que existen depósitos dejados por actividad posterior, incluyendo el ascenso de domos en el sector sur de la estructura.

Además de “El Escondido”, entre Cerro Bravo y San Diego existen otros centros volcánicos reconocidos, pero poco estudiados como Guadalupe, los reportados en observaciones puntuales por geólogos de la región (Gloria P. Jiménez, comunicación personal) y los mencionados en trabajos de exploración geotérmica en la década de los 80 del siglo pasado, los cuales parecen alinearse con los volcanes del eje la cordillera siguiendo la dirección de la zona de falla de Palestina. Lo anterior, unido a las características preliminares encontradas en El Escondido, plantea la idea de que el vulcanismo activo se prolonga hasta el límite norte de la placa de Nazca bajo el continente, y su ubicación, fuera del eje de la cordillera, podría deberse a un alabeo en la placa subducida, interpretado a partir de información sismológica.

María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE

Dirección de Geociencias Básicas
SGC
Colombia

Título de la presentación: **SGC, el reto de elaborar mapas de amenaza volcánica en el país**

Resumen

La erupción del Volcán Nevado del Ruiz en 1985 marcó una fecha importante para el desarrollo de estudios vulcanológicos y monitoreo de los volcanes activos en Colombia e igualmente, a pesar de la tragedia, se constituyó en un referente mundial de la utilidad de los mapas de amenaza volcánica en gestión del riesgo, como herramienta base para la planificación del territorio, en el manejo de emergencias y para comunicar acerca de los fenómenos que pueden afectar un área determinada durante una erupción.

Mediante el Decreto 3815 del 26 de diciembre de 1985, el Gobierno Nacional asignó a Ingeominas (hoy SGC) la función “del estudio y prevención de toda clase de riesgos geológicos”. En 1989, el Decreto 919 reconoció que “INGEOMINAS es la máxima autoridad en riesgos geológicos y tiene como funciones especiales preparar los mapas de amenaza potencial, y la observación y estudio de los volcanes del país”.

La evaluación de la amenaza de volcanes activos depende del conocimiento de su contexto tectónico, los procesos y la dinámica interna que da lugar a su comportamiento eruptivo, el tipo de productos y distribución generados en su actividad pasada e histórica, su evolución y estado actual, entre otros. Esta información es la base para la elaboración de los mapas de amenaza, los cuales son una representación gráfica de los resultados de esta evaluación, que identifican las zonas que podrían ser afectadas por los fenómenos volcánicos a generarse en una futura erupción de un volcán.

¿Por qué la elaboración de mapas de amenaza volcánica es un reto?

Para la evaluación de la amenaza volcánica, a nivel internacional, existen lineamientos generales, pero para su representación gráfica (mapas *sensu stricto*) no existe un consenso o metodología establecida. Un libro base para la zonificación de los fenómenos volcánicos es el presentado por la Unesco (Crandell *et al.*, 1984); sin embargo, dado que los volcanes son sistemas complejos cuya actividad puede durar años pudiendo generar uno varios tipos de eventos en una sola fase eruptiva y desencadenar otro tipo de fenómenos naturales durante su reactivación, en el proceso eruptivo o posterior a este, la representación gráfica de la amenaza es más complicada y va más allá de la zonificación simple de un fenómeno.

Los mapas de amenaza, en los diferentes países, varían en los criterios, la apariencia y el propósito de la representación, debido principalmente a razones técnicas, al alcance de la metodología usada para la evaluación de la amenaza, al contexto político y cultural, y a la preferencia subjetiva del diseño del mapa (Calder *et al.*, 2014). Los principales tipos de mapas de amenaza según estos autores son:

- Mapas basados en la geología: La distribución y la extensión de los depósitos, dejados por eventos previos, son la base principal para la elaboración de los mapas de amenaza.
- Mapas cualitativos integrados: Presentan información integrada de varios aspectos como son la geología con la severidad, los efectos generales de los fenómenos, los resultados de modelamiento, etc.
- Mapas administrativos: Combinan niveles de amenaza con necesidades administrativas. Se basan en la información acerca de la ocurrencia de la amenaza y la distribución, pero son mapas simplificados para manejo de emergencias y limitados en términos de información de los fenómenos amenazantes.
- Mapas basados en modelamiento: Se basan en el estudio de un tipo de amenaza usando relaciones empíricas y/o herramientas de modelamiento desde enfoques determinísticos o probabilísticos. Algunos de estos mapas tienen como limitante, las incertidumbres de la herramienta, a veces el poco conocimiento del volcán, y el modelo de elevación disponible, entre otros.

Desde 1985, profesionales del SGC que trabajan en vulcanología han buscado la mejor forma de representar la amenaza volcánica para que sea útil tanto para autoridades como para la comunidad. Algunos de los mapas elaborados en periodos de crisis ante la inminencia de una erupción han llevado a un inadecuado manejo de la información consignada. Es así como en discusiones técnicas periódicas se analizan las metodologías o los criterios que han sido tenidos en cuenta para la elaboración de los mapas de amenaza, tanto en Colombia como en otros países, y su impacto en la comunidad, con el fin de identificar las necesidades de los grupos de usuarios en el país.

A partir de las experiencias recogidas en estas discusiones, la Dirección de Geoamenazas definió, en 2012, el procedimiento para la evaluación de la amenaza volcánica, el cual presenta los lineamientos para el estudio de los volcanes activos, de tal manera que provean la información necesaria para entender su comportamiento y llegar a la elaboración y la actualización de

los mapas de amenaza. En este procedimiento se incorpora el uso de herramientas de modelamiento en un trabajo de equipo entre geólogos y simuladores para lograr la mejor comprensión de los fenómenos a simular y minimizar las incertidumbres que surgen tanto de la interpretación geológica como los propios del modelamiento.

Los resultados obtenidos se integran en el mapa de amenaza volcánica, buscando que sea flexible para su implementación local en ambientes culturales, políticos y científicos diferentes (como ejemplos recientes, la actualización de los mapas de amenaza de los volcanes Chiles–Cerro Negro en la frontera con el Ecuador, y el Volcán Galeras). Los mapas de amenaza cuentan con una memoria, que incorpora los resultados relevantes de la evaluación de la amenaza y de las simulaciones, además los criterios de la metodología empleada para la zonificación y representación final del mapa; adicionalmente se dispone del informe de la evaluación de la amenaza y de un informe sobre las herramientas utilizadas para el modelamiento, los parámetros utilizados y los resultados de los mismos.

Por otra parte, para una buena utilización de los mapas de amenaza, el SGC viene implementado programas de socialización y apropiación del conocimiento con el fin de que la comunidad y las autoridades, de manera participativa, logren el entendimiento suficiente de los fenómenos volcánicos y las amenazas para así tener una respuesta adecuada durante una crisis volcánica.

Teniendo en cuenta que a nivel internacional no hay claridad sobre la mejor manera con respecto al desarrollo de métodos y de cómo la información es mejor difundida, se busca, mediante la creación de un grupo de trabajo de la *International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior* (IAVCEI), desarrollar la metodología para la elaboración de los mapas de amenaza volcánica, en el cual participa personal del SGC.

Referencias

- Calder, E., Lindsay, J. Ogburn, S. & Wagner, K. 2014. Reviewing hazard-mapping techniques. Preconference Workshop. Initiative of the Commission on volcanic hazard and Risk. Cities on volcanoes 8. Indonesia.
- Crandell, D. R., Booth, B., Kusumadinata, K., Shimozuru, D., Walker, G. P. L. & Westercamp D. 1984. Source-book for volcanic-hazards zonation. Unesco 90 p. France.



Cristian LÓPEZ VÉLEZ

Grupo Observatorio Vulcanológico y Simológico de Manizales

Coordinador del *Proyecto de monitoreo e investigación volcánica en Colombia a través de los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos*

SGC

cmlopez@sgc.gov.co

Colombia

Cristian Mauricio LÓPEZ VELEZ es geólogo y M.Sc. en ciencias de la Tierra, actualmente es coordinador del *Proyecto de monitoreo e investigación volcánica en Colombia a través de los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos* del Servicio Geológico Colombiano. Sus actividades de investigación están relacionadas con el modelamiento de datos sismológicos, las fuentes de deformación en ambientes volcánicos, sismotectónica y geodesia enfocados en determinar la evolución de la actividad volcánica y sus actuales niveles de actividad, así como trabajos con comunidades orientados a la gestión integral de riesgo volcánico. Adicionalmente, ha trabajado como profesor asociado en el área de ingeniería ambiental y arquitectura.

Título de la presentación: **Monitoreo e investigación volcánica en Colombia a cargo del Servicio Geológico Colombiano**

Resumen

Hablar de volcanes en nuestro país es remontarse a relatos, como los que reposan en el capítulo XXIV de *La crónica del Perú* de Pedro de CIEZA DE LEÓN, en donde se hacía mención a los volcanes que adornaban nuestra geografía.

En lo alto della está un volcán, que cuando hace claro, echa de sí grande cantidad de humo, y nascen desta sierra muchos, ríos, que riegan toda la tierra. Los más principales son el río de Tacurumbi, el de la Cegue, el que pasa por junto a la ciudad, y otros que no se podrán contar, según son muchos, en tiempo de invierno cuando vienen crecidos, tienen sus puentes hechas de cañas atadas fuertemente con bejucos recios a árboles que hay de una parte de los ríos a otra". Estando yo en esta ciudad el año pasado de 1547 años.

Tomado de *La crónica del Perú* de Pedro de CIEZA DE LEÓN.

Podemos decir que el monitoreo y la investigación volcánica en Colombia inicia después de que la sismicidad en el Volcán Nevado del Ruiz se fuera incrementando paulatinamente desde diciembre de 1984, y cuando el Ingeominas (hoy Servicio Geológico Colombiano, SGC) solicita sismómetros y apoyo científico al USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos). Posteriormente, la Defensa Civil de Manizales, por medio de Omar Gómez Mejía, y el Ingeominas, representado por Francisco ZAMBRANO, solicitaron al Instituto Geofísico de los Andes su colaboración para montar una red sismológica portátil en cercanías al volcán. Es así que a partir del 15 de julio de 1985, gracias a la colaboración de la Empresa de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), se consiguen 4 estaciones sismológicas portátiles (sismógrafos RV-320 *Geotech Teledyne*). Gracias a la colaboración de la Organización de Ayuda para Desastres de las Naciones Unidas (UNDRO), por medio del USGS, se logró obtener los otros 3 geófonos de tipo S-13, para completar así una red sismológica el día 20 de julio de 1985.

Después de la erupción del volcán siguieron su curso los trabajos sismológicos y gracias a la ayuda de John TOMBLIN de la UNDRO y de Dr. Darrell HERD del USGS, quienes trajeron instrumentos adecuados, se instalaron 6 estaciones sismológicas telemétricas. Se instaló una nueva red sísmica a finales de noviembre de 1985, labor en la cual contribuyeron los sismólogos americanos David HARLOW y R. WHITE, además de los expertos colombianos Bernardo SALAZAR y Fernando GIL.

El Comité de Estudios Vulcanológicos prosiguió con la vigilancia permanente del área de influencia del volcán que se prolongó hasta marzo 31 de 1986, dado que el 1 de abril de 1986 se creó oficialmente el Observatorio Vulcanológico de Colombia con sede en la ciudad de Manizales, denominada en ese entonces regional Manizales, como una dependencia de Ingeominas adscrito al Ministerio de Minas y Energía.

Posteriormente y después de la reactivación del Volcán Galeras entre 1988 y 1989, fue creado oficialmente en 1991 el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, el cual hoy en día monitorea e investiga 7 de las 20 estructuras volcánicas. Así mismo, como un paso importante en la gestión del riesgo volcánico y sin mediar una reactivación volcánica, fue creado en 1993 el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán, aunque el monitoreo volcánico en esta segmento se remonta hacia finales del año 1986 con la instalación temporal de un sismógrafo en cercanías del sector conocido como Verdum, en el volcán Nevado del Huila.

Hoy en día el SGC, a través de sus 3 observatorios vulcanológicos y sismológicos (de norte a sur: Manizales, Popayán y Pasto), monitorea e investiga 20 volcanes activos, correspondientes a 3 segmentos volcánicos distribuidos en gran parte de la geografía Colombiana. Para lo cual el SGC cuenta con más de 500 estaciones entre (geofísicas, geoquímicas, geodésicas y sismológicas) telemétricas y no telemétricas (Figura 1) y, en donde gracias a la experiencia y a la calidad del personal que en ella labora, la entidad es reconocida regional y mundialmente como un referente en el monitoreo e investigación de los procesos de origen volcánico.



Figura 1. Ilustración del avance en el monitoreo volcánico durante los últimos 30 años a cargo del Servicio Geológico Colombiano.



María Mónica ARCILA RIVERA

Grupo Evaluación y Monitoreo
de Actividad Sísmica
SGC
marcila@sgc.gov.co
Colombia

María Mónica ARCILA RIVERA es geóloga con estudios de doctorado en geodinámica. Trabaja en el Servicio Geológico Colombiano desde 1991 en actividades de vigilancia volcánica y, posteriormente, como jefe de proyecto consolidó el Observatorio Vulcanológico de Popayán. Desde 2003 desarrolla estudios en sismotectónica para evaluación de amenaza sísmica, y actualmente lidera estas evaluaciones en el marco de las investigaciones aplicadas a amenazas y riesgos geológicos.

Título de la presentación: **Cuando los sismos son noticia. De la amenaza a la gestión del riesgo**

Resumen

Somos, además, una especie atrevida. Construimos y reconstruimos con poco respeto por la tierra que se mueve bajo nuestros pies, creando estructuras que nos dan la ilusión de permanencia, sin embargo tendemos a ignorar la evidencia histórica y científica que ésta es tierra de terremotos.
Written in Stone: Earthquake Country—Los Angeles

En general la mayoría de los sismos pasan desapercibidos, excepto cuando se materializa un desastre, bien por el número de víctimas que ocasionan o por los daños, las pérdidas y su impacto en la economía de las regiones. Cuando esto sucede vuelven a la memoria eventos similares, e incluso se tiene la percepción que en la actualidad hay una mayor ocurrencia de sismos. Es así como el reciente sismo de Ecuador (16/04/2016 de 7.8 Mw) obliga a cuestionarnos –por lo menos de forma temporal– sobre el nivel de amenaza y riesgo que tiene Colombia, su tendencia al aumento o bien sobre sus posibilidades de predicción.

Realmente ¿los sismos se han incrementado? A menudo se nos plantea esta cuestión, pero si revisamos catálogos que recogen de manera sistemática la información instrumental de la sismicidad desde comienzos del siglo XX, es posible establecer la periodicidad con que se registran. Así, cuando examinamos por rangos de magnitud y periodos de observación, vemos de manera general que las tendencias se mantienen, excepto los eventos de gran magnitud para los cuales ese periodo de observación no sería suficiente dado que su recurrencia suele ser menor. Lo que sí cambia, y conviene analizar por qué, son los efectos asociados a los mismos. Estos cambios obedecen al aumento en la densidad de población y de los bienes expuestos en zonas de mayor amenaza, y trae consigo, en la mayoría de los casos, un aumento en la vulnerabilidad por incumplimiento de especificaciones que hoy día se fijan en las normas de diseño sismo resistente.

Asimismo se nos pregunta por el papel que juega el hombre en la ocurrencia de los sismos y sus efectos. Es claro que existen una serie de actividades humanas que “causan” sismicidad, tales como voladuras en minería, acumulación de masas de agua en represas o inyección de líquidos en campos petrolíferos, que por efecto de perturbaciones del estado natural de fuerzas internas, en combinación con las características geológicas del lugar, producen sismos. Adicionalmente, es innegable que las modificaciones que imprime la población aumenta la vulnerabilidad a los efectos asociados a los sismos, como es el caso de los deslizamientos inducidos en zonas de ladera.

Teniendo en cuenta que los terremotos son fenómenos naturales permanentes, cuestionamientos más acertados serían: ¿estamos preparados para resistir un evento de alguna magni-

tud?, ¿cuál es nuestra capacidad de respuesta ante el mismo? Las respuestas a estos interrogantes se deben buscar en los procesos de conocimiento de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, así como en las acciones que se implementan para su reducción o mitigación, o bien, para manejar el desastre en el momento en que dichas condiciones de riesgo se materializan.

Tradicionalmente, la evaluación de la amenaza sísmica se realiza desde una perspectiva ingenieril, a través de la estimación de la aceleración máxima del terreno (PGA) que no debería superarse con una cierta probabilidad y dentro de un período de tiempo seleccionado, definiendo los parámetros de diseño que edificaciones y demás obras civiles deben incorporar a fin de resistir los posibles sismos esperados en una región. Si bien esta práctica constituye en sí misma una medida prospectiva de mitigación del riesgo, aún persisten serias dificultades y obstáculos en la interpretación y aplicación de los resultados de los estudios y las evaluaciones en procesos concretos de planificación o gestión del riesgo por parte de técnicos y tomadores de decisiones, que deben orientar medidas para reducir el riesgo al cual se encuentran expuestos los territorios.

Reconociendo que el tema de la amenaza sísmica requiere un enfoque más integral, el Servicio Geológico Colombiano ha venido trabajando en la definición e implementación de diversos productos que permitan acercar el conocimiento de la amenaza y el riesgo sísmico presente en el país. Entre estos nuevos productos se tienen disponibles mapas de *intensidades máximas observadas* para Colombia y *zonificación* sísmica según la *intensidad esperada*. De igual forma, se han habilitado servicios de datos e información como los de Sismicidad Histórica y Catálogo Sísmico, y se trabaja hacia una estructuración de la información y los productos en un entorno que permita disponerlos desde la inmediatez para establecer los posibles escenarios de daño causados por un evento que está ocurriendo, hasta estudios de zonificación que deben ser considerados en procesos de planificación del territorio y en el diseño de la infraestructura del país.

Algunos servicios de datos e información que están disponibles a través del portal *web* institucional (www.sgc.gov.co) son:

- Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia. Reúne referencias y análisis de efectos de sismos intensos en territorio colombiano, documentados a partir del siglo XVI. Este servicio, además de ser una recopilación de información, permite examinar las descripciones, documentos bibliográficos, mapas, imágenes, histogramas, entre otros, así como realizar consultas básicas y específicas, y obtener y visualizar los resultados de forma gráfica y tabular.
- Catálogo Sísmico de Colombia. Recoge de manera estandarizada y homogénea la información de sismos desde comienzos del registro instrumental (~1900), constituyendo series completas para rangos de magnitud, información necesaria para las evaluaciones de la amenaza sísmica.
- Amenaza Sísmica. Visor geográfico en que se puede consultar tanto los mapas de *intensidades máximas observadas* y *zonificación* sísmica según la *intensidad esperada*, como la zonificación y parámetros que define el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), para las cabeceras de todos los municipios del país.

Por otra parte, y considerando que más que la magnitud, la distribución de la intensidad o de la severidad de la sacudida provee información útil y oportuna para organismos de emer-

gencia y entes tomadores de decisiones acerca de zonas que probablemente sufrieron daños a causa de un sismo, se tienen dos sistemas de evaluación:

- Mapas de intensidad instrumental. Muestran gráficamente el movimiento del terreno y posibles efectos causados, expresados en niveles de intensidad sísmica pocos minutos después de ocurrido un evento.
- Reporte de sismos sentidos. A partir de reportes que hace la comunidad a través de internet, se hace una estimación rápida de los efectos asociados.

De esta manera, el Servicio Geológico Colombiano trabaja cada día para brindar la información que requiere la gestión integral del riesgo sísmico en el país.



Gloria Patricia CORTÉS JIMÉNEZ

Coordinadora del Grupo Observatorio Vulcanológico y Sismológico Manizales SGC
gpcortes@sgc.gov.co
 Colombia

Gloria Patricia CORTÉS JIMÉNEZ es geóloga-vulcanóloga y coordinadora del Observatorio Vulcanológico y Sismológico Manizales del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Sus especialidades son el mapeo y estratigrafía de depósitos volcánicos, evaluación de amenaza volcánica, caracterización de erupciones recientes y gestión del riesgo volcánico, para lo cual lidera estrategias interinstitucionales y comunitarias de apropiación social del conocimiento geocientífico en las áreas de influencia de los volcanes activos del segmento norte de Colombia.

Título de la presentación: **Apropiación Social del Conocimiento Científico: Treinta años de la vulcanología en Colombia, la gestión exitosa del riesgo volcánico el gran reto**

Resumen

El Nevado del Ruiz es amplia y tristemente reconocido a nivel mundial por estar asociado a uno de los más grandes desastres de origen volcánico en el siglo XX. Las lecciones aprendidas o derivadas con el desastre que destruyó Armero (Tolima) y causó importante afectación en el departamento de Caldas, el 13 de Noviembre de 1985 han sido tenidas en cuenta por diferentes países en la gestión del riesgo volcánico y han logrado, con éxito, evitar desastres similares pues se ha reconocido el papel de la ciencia y del ser humano en la toma de decisiones acertadas, aún ante escenarios eruptivos de grandes dimensiones. A nivel mundial se ha reconocido que una erupción volcánica no debe ser entendida como sinónimo de desastre y son muchas las acciones de gestión del riesgo volcánico que desde las competencias de diferentes instituciones se deben realizar para que cada vez sean más los casos exitosos.

El país es cada día más consciente de la importancia de incluir el conocimiento geocientífico en la planificación del

territorio y uso del suelo. Ahora bien, la información específica relacionada con las amenazas geológicas constituye la base para planificar preventivamente. En el caso de la actividad volcánica, la información se empezó a generar hace más de 30 años con la participación y el liderazgo del entonces Ingeominas, hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC), y su Observatorio Vulcanológico de Colombia, hoy Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, que el pasado 1 de abril cumplió 30 años de establecido y de haber iniciado un trabajo pionero en los volcanes activos del segmento norte del país, labor que posteriormente se extendió a otros volcanes activos (segmentos sur y centro) y dio lugar a los otros dos observatorios vulcanológicos y sismológicos del SGC ubicados en las ciudades de Pasto y Popayán

Pese a los avances logrados hasta el momento en estos 30 años de existencia de la vulcanología en el país, es claro que solo con tener un buen conocimiento de un volcán y poder evaluar acertadamente la amenaza, no se garantiza una adecuada gestión del riesgo volcánico. La idea es que la información técnica pueda ser fácilmente consultada, leída, entendida, interpretada y utilizada por los usuarios, es decir apropiados o interiorizados por la comunidad.

El origen del desastre de Armero ha sido el punto de partida en la gestión del riesgo. Cada vez es más claro el papel social de la vulcanología y cómo la problemática va más allá de las incertidumbres del monitoreo, de la evaluación de la amenaza volcánica, del tipo de mapa de amenaza volcánica elaborado, de las simulaciones computacionales, etc. Es necesario trascender e involucrarnos más en los aspectos sociales, si se quiere que la gestión del riesgo volcánico en Colombia sea exitosa.

El SGC está comprometido con la apropiación social del conocimiento geocientífico, por lo cual además de fortalecer la investigación científica de rigor y monitoreo de los volcanes activos colombianos, ha implementado y fortalecido estrategias de interacción y trabajo con las comunidades en el área de influencia volcánica. El reto es que no nos vuelva a pasar!!! Por eso las generaciones actuales y futuras deben conocer y recordar el desastre ocurrido en Colombia. Ya son 30 años de la erupción del Volcán Nevado del Ruiz, cuya conmemoración tuvo por eslogan “Lecciones de un desastre para Colombia y El Mundo. La historia es la base para construir un mejor futuro”.

Entre las estrategias de interacción con diferentes actores o partes interesadas en la gestión del riesgo volcánico, sobre la base de la participación y comunicación bidireccional, se encuentran: (1) visitas y excursiones guiadas a los observatorios vulcanológicos del SGC y a volcanes activos; (2) “plan padrino” que brinda acompañamiento técnico y asesoría a las comunidades locales, particularmente durante crisis volcánicas; (3) “observatorio abierto”, durante el cual el público tiene acceso libre a talleres, experimentos, exhibición de equipos y técnicas de monitoreo, muestras fotográficas, entre otros; (4) “Club de amigos del volcán”, y (5) proyectos interdisciplinarios con las ciencias sociales que buscan el empoderamiento y corresponsabilidad en la gestión del riesgo volcánico de los niños que viven cerca de volcanes activos. A través de los niños la meta es alcanzar todo el círculo familiar, por eso se destaca la iniciativa del SGC denominada “Bienal Nacional de Niños, Niñas y Jóvenes que viven en zonas de riesgo volcánico” que en sus 3 versiones (2011, 2013 y 2015) han permitido compartir experiencias locales de apropiación del conocimiento de los volcanes colombianos y evidenciar que el público infantil y juvenil constituye el presente y el futuro de la gestión del riesgo volcánico en Colombia. Fortaleciendo los procesos educativos de las nuevas generaciones se reducirán las condiciones de vulnerabilidad alrededor de volcanes activos.

XXII Asamblea General Ordinaria de la ASGMI



En el marco del *Simposio El Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos*, se celebrará la XXII Asamblea General Ordinaria de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI) (<http://www.asgmi.org/>), institución que agrupa a los servicios geológicos de todos los países de Latinoamérica, a España y a Portugal.

La agenda del evento, como es habitual en los encuentros ASGMI, contempla la realización de un seminario/taller con el lema “Cooperación internacional en Ciencias de la Tierra en ordenamiento territorial en beneficio de la comunidad” que, en esta ocasión, incluirá una sesión conjunta con la Asociación de Servicios Geológicos Europeos (EuroGeoSurveys), en la que estarán presentes los directores de los servicios geológicos de Estados Unidos de América, Japón, Corea del Sur y Nueva Zelanda.

En el taller se presentarán y debatirán distintas acciones y propuestas de los servicios geológicos aplicables al ordenamiento territorial en relación con: i) la prevención de desastres naturales de origen geológico; ii) los estudios para la determinación de la línea base ambiental del territorio; iii) la evaluación de los recursos de aguas subterráneas para el abastecimiento industrial y urbano; iv) la identificación de anomalías metalogenéticas de interés económico; v) la caracterización de los pasivos ambientales mineros; vi) la puesta en valor del patrimonio natural geológico, etc.



The Geological Surveys of Europe

El evento incluye, asimismo, una sesión con la participación de representantes de los servicios geológicos de ASGMI, de EuroGeoSurveys, así como de altos funcionarios de la Dirección General de Cooperación y Desarrollo de la Unión Europea (DG-DEVCO), del Banco Mundial y de los Programas de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y para el Medio Ambiente (PNUMA). En esta sesión se discutirá la necesidad de profundizar en el conocimiento geocientífico del territorio y se analizarán las diferentes vías y alternativas para la financiación de proyectos de cooperación internacional en ciencias de la Tierra en beneficio de la comunidad.

Otros invitados internacionales

Adicionalmente a los invitados de la ASGMI y de EuroGeoSurveys, esperamos contar con los directores o delegados de Estados Unidos de América, Japón, Corea del Sur y Nueva Zelanda, y delegados de otras organizaciones geológicas internacionales como *U.S. Agency for International Development/Office of U.S. Foreign Disaster Assistance (USAID/OFDA)*.

Está confirmada la presencia de la **Dra. Suzette KIMBALL** del USGS, quien dictará una charla en la sesión “Cooperación internacional en Ciencias de la Tierra en ordenamiento territorial en beneficio de la comunidad” el miércoles 29 de junio de 2016.



Dra. Suzette KIMBALL

Directora del *United States Geological Survey*
Estados Unidos de América

Título de la presentación: *The Role of Science in Responding to Societal Needs*

La doctora Suzette KIMBALL es la directora del *United States Geological Survey (USGS)*, es geóloga egresada del *College of William & Mary*, con estudios de maestría en geología y geofísica de la *Ball State University* y de doctorado en ciencias ambientales con énfasis en procesos costeros de la *University of Virginia*.

En los primeros años de su carrera, la doctora KIMBALL fue asistente docente de la *University of Virginia*, codirectora del *Center for Coastal Management and Policy* y científica marina del *Virginia Institute of Marine Science*, además dirigió los estudios de morfología costera e islas barrera del *U.S Army Corps of Engineers*. También trabajó en el *National Park Service*, entidad en la cual fue coordinadora del *Global Climate Change Program*, jefe científica de la *Southeast Regional* y luego directora regional asociada en Atlanta.

Posteriormente ingresó al USGS como *Eastern Regional Executive for Biology*, donde estableció diversas alianzas, ayudó a formar programas y dirigió el establecimiento del *USGS Florida Integrated Science Center*. A partir del 2004, fue directora de la *Eastern Regional* del USGS, en 2008 se convirtió en directora asociada para geología, más adelante fue nombrada directora adjunta y, finalmente, directora del USGS.

La Dra. KIMBALL hace parte de diferentes juntas directivas, y varios comités estatales y nacionales que incluyen el *Consortium for Coastal Restoration through Science & Technology*, el *Council of Examiners de la Association of State Boards of Geology* y el *DOI Senior Executive Service Advisory Council*. Además estuvo en el comité de dirección de la *Coastal Society* y fue secretaria de la *American Geophysical Union's Ocean Sciences Section*.

Es la autora de numerosas publicaciones acerca de la dinámica de las islas barrera, manejo y política de zonas costeras, y de exploración, evaluación y manejo de recursos naturales. Fue galardonada con el *Presidential Rank Award* y el *Secretary of the Interior's Meritorius Service Award*.

30 años de la vulcanología en Colombia

Exposición fotográfica

Una ventana al mundo

de los volcanes de Colombia:

100 momentos de sublime belleza

En el marco de la conmemoración del centenario del SGC (1916–2016) donde, a raíz de la erupción del Volcán Nevado del Ruiz el 13 de noviembre de 1985, se cumplen 30 años de estudios vulcanológicos y monitoreo continuo de los volcanes activos del país por parte del SGC, se presenta al país la muestra fotográfica denominada *Una Ventana al mundo de los volcanes de Colombia: 100 momentos de sublime belleza*, que expone 100 fotografías de volcanes colombianos capturadas durante las labores de monitoreo volcánico realizadas durante los últimos años por los observatorios vulcanológicos y sismológicos del SGC (Manizales, Pasto y Popayán) y durante estudios de geovulcanología.

La zona andina del territorio colombiano exhibe paisajes y escenarios únicos, marcados por un relieve montañoso y presencia de volcanes que se distribuyen en tres segmentos: norte, centro y sur. La mayoría de volcanes en el país son catalogados como activos en reposo y algunos se catalogan como activos inestables con procesos importantes de actividad sísmica, deformaciones y emisión de gases y ceniza a la atmósfera.

La muestra reúne fotografías de un amplio espectro de volcanes y zonas volcánicas, desde los edificios de relativamente baja altura por lo general cubiertos con vegetación, hasta los volcanes con edificios que alcanzan mayores alturas sobre el nivel del mar y que en algunos casos aún poseen cobertura glaciar por lo que han sido reconocidos como volcanes nevados. Algunos volcanes se asumen como inactivos y otros están en proceso de estudio para determinar si se trata de estructuras con potencialidad de hacer erupción en un futuro, es decir activos (con erupciones en los últimos 10 000 años). La amplia variedad de paisajes y geoformas en las zonas volcánicas es el resultado, tanto de la actividad (eruptiva pasada o actual) de los volcanes como de la dinámica tectónica, los procesos glaciares, la erosión y las condiciones ambientales específicas de cada lugar donde están emplazados los volcanes. Pese a la singularidad de cada edificio volcánico, el común denominador de la muestra es la gran belleza y la riqueza paisajística de nuestro país, aún poco conocida y valorada en su justa dimensión.

Los invitamos a asomarse a la ventana del mundo de nuestros volcanes y, desde un solo sitio, transportarse a 100 lugares diferentes en 25 edificios volcánicos a lo largo de nuestra geografía, la gran mayoría en predios de zonas de conservación formalmente reconocidas como Parques Nacionales Naturales.

En el *segmento volcánico norte* se reconocerá el Maar de San Diego (850 msnm) con su hermosa laguna; El Escondido (1700 msnm) recientemente descubierto por el SGC; el explosivo Cerro Bravo (4000 msnm) con sus calderas y complejo de domos de lava; el vistoso Kumanday o Volcán Nevado del Ruiz (5321 msnm) con su gran cráter Arenas; el Nevado de Santa Isabel (4965 msnm); la gran mole del Paramillo de Santa Rosa (4600 msnm); el majestuoso Nevado del Tolima (5215 msnm); el mimetizado Cerro Machín (2750 msnm) con su cráter tipo anillo piroclástico, ocupado por domos de lava y el relicto de una laguna cratérica. Se reconocen otros volcanes como La Olleta,

Piraña, Paramillo del Cisne y Paramillo del Quindío.

En el *segmento volcánico centro* se encuentra el imponente Nevado del Huila (5364 msnm) considerado el volcán más alto del país con sus tres picos nevados y con el gigantesco domo de lava extruido y emplazado en el 2008; la gran Cadena Volcánica de Los Coconucos y, haciendo parte de ella, el Puracé (4640 msnm) con sus 2 cráteres concéntricos y el Pan de Azúcar (4650 msnm); finalizando el segmento con el Sotaró (4580 msnm).

El *segmento volcánico sur* inicia con el Volcán Doña Juana (4160 msnm) y, en sus cercanías, los volcanes Ánimas (4300 msnm) y Petacas (4400 msnm). Se destaca el reconocido y muy activo Galeras (4276 msnm) como parte del complejo volcánico que lleva su mismo nombre, en el que se reconocen estructuras de anfiteatro (colapso de flanco) y calderas; el Azufral (4070 msnm) con su hermosa Laguna Verde; el Nevado de Cumbal (4764 msnm) y, en el extremo sur, los volcanes Chiles (4748 msnm) y Cerro Negro (4470 msnm) en la frontera con Ecuador.

Además de la belleza paisajística que ofrecen los volcanes, la fertilidad de los suelos en sus áreas de influencia, el potencial de recursos minerales y geotérmicos y, por ende, el potencial geoturístico ampliamente aprovechado en muchos países, no se puede desconocer el poder de la naturaleza y la variedad de fenómenos volcánicos que se pueden presentar en una sola erupción que puede convertirse en una amenaza para comunidades, poblaciones e infraestructura expuesta y vulnerable. Por lo anterior, cada vez cobra mayor relevancia el conocimiento del territorio como estrategia de conservación y de gestión del riesgo volcánico, dentro de esta última, la apropiación social del conocimiento geocientífico, ya que territorio recorrido o vivido es territorio apropiado, con sus amenazas y oportunidades. **Los invitamos a visitar los volcanes de Colombia y a conocer las labores adelantadas en los mismos por el ya centenario SGC, para garantizar el bienestar y salvaguardar la vida de los colombianos.**



Nevado del Ruiz



Nevado del Tolima



Cadena Volcánica de Los Coconucos



Volcán Azufral

Exposición fotográfica

Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ en el Servicio Geológico Nacional

En el Museo Geológico Nacional José ROYO Y GÓMEZ y en la Biblioteca del SGC se encuentra una gran parte de los documentos relacionados con las investigaciones realizadas por el geólogo José ROYO Y GÓMEZ en el territorio nacional, incluido material fotográfico. Con ocasión del centenario de su nacimiento, este material fue catalogado por Espinosa (1995) como “Fondo José Royo y Gómez”.

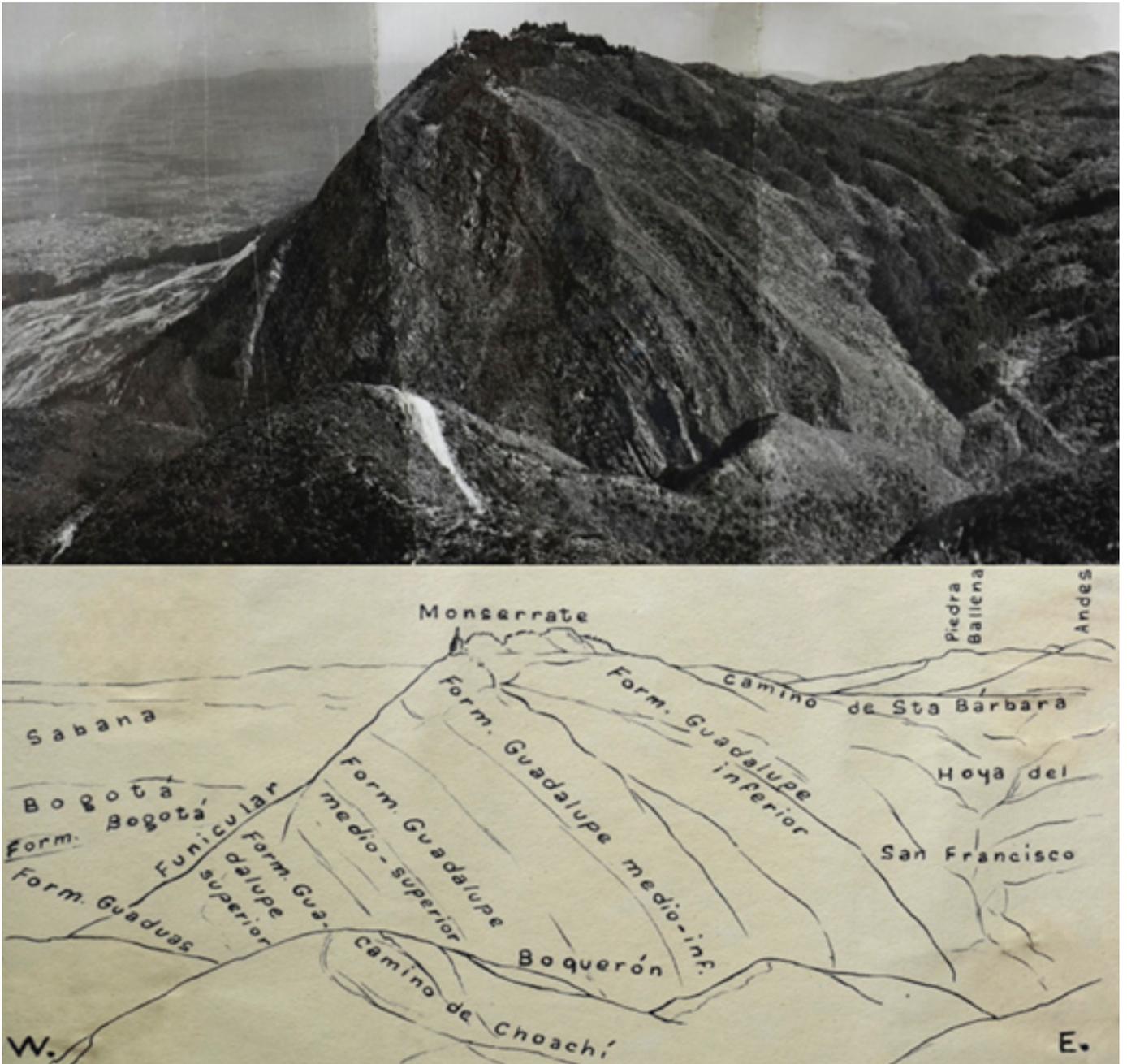
Las fotografías, algunas con croquis y las correspondientes explicaciones geológicas y geográficas, fueron el soporte de los trabajos de campo que entre 1939 y 1951 realizó en diversas regiones colombianas. Están organizadas por álbumes, con enfoques geológicos y paleontológicos, incluidos temas relacionados con el transporte, las comunicaciones, la vegetación, las comunidades y sus costumbres, por citar algunos temas. La gran mayoría tienen fecha de toma.

Sobresalen las imágenes de investigaciones y comisiones de “Las sierras cercanas a la sabana y Bogotá”, “Las hoyas hidrográficas utilizadas para la ampliación del Acueducto de Bogotá”, “El departamento de Cundinamarca, especialmente las formaciones Villeta, Guadalupe y Guaduas”, “Las excavaciones de Las Cátedras, Las Pajas y Mondoñedo”, “La loma de Suba y las aguas termales”, “La Comisión Geológica para Vertebrados”, “La Comisión Geológica de Bolívar”, entre otras.

Como un homenaje a José ROYO Y GÓMEZ, el SGC ha querido mostrar, en el centenario de su creación, algunas de estas imágenes, preservando las descripciones originales con muy pocas anotaciones adicionales, especialmente geográficas para ubicar mejor al observador. Las imágenes fueron capturadas de los originales que reposan en el “Fondo José Royo y Gómez” y fueron retoCADas digitalmente para armonizarlas.



Carretera a La Vega. Paso del puente colgante provisional sobre la quebrada Guacamuyal (1945).



Hoya del San Francisco. El Monserrate, angostura del San Francisco y Bogotá desde la subida al Guadalupe (1950).

Biografía

José ROYO Y GÓMEZ (1895–1961) nació en Castellón de La Plana, provincia de Valencia (España). Se graduó como doctor en ciencias naturales en la Universidad de Madrid y se especializó en paleontología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, en donde fue profesor de mineralogía y geología. Adelantó investigaciones geológicas en España, Portugal, Francia, Suiza, Alemania, Bélgica e Inglaterra.

Viajó exiliado a Colombia en 1939 vinculándose, en abril de 1939, al recién creado Servicio Geológico Nacional de Colombia como jefe de la Sección de Paleontología y Estratigrafía, en donde permaneció hasta abril de 1951. Fue docente catedrático de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

Participó activamente en la elaboración del primer Mapa Geológico de Colombia publicado en 1944, que le mereció al Servicio Geológico Nacional el Premio Lorenzo Codazzi, otorgado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1945.

Organizó y dirigió el Museo Geológico Nacional que es considerado como uno de sus mayores aportes a la geología colombiana y al país en general. Como homenaje, en el centenario de su nacimiento, el Museo recibió su nombre.

En 1951 se trasladó a Caracas, obteniendo la nacionalidad venezolana en 1960. Allí se dedicó principalmente a la labor académica, sin abandonar la actividad investigativa.

Es considerado el pionero de la paleontología de vertebrados en Colombia y Venezuela, destacándose su aporte en paleoestratigrafía, paleontología, geología regional, económica y aplicada.

Gran parte de su trabajo en Colombia quedó plasmado en informes publicados en la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales de Colombia* o recogidos en la Biblioteca del SGC.

El legado de sus investigaciones está dispuesto en museos de Madrid, Bogotá y Caracas. El material documental colombiano se encuentra consignado en el “Fondo José Royo y Gómez” del Museo Geológico que hoy lleva su nombre.

Falleció en Caracas en 1961.

Excelente amigo, un caballero a carta cabal, un compañero inmejorable y un verdadero admirador de nuestro país que llegó a amar como a su segunda patria.

Benjamín ALVARADO BIÉSTER (1961)

Quien esto escribe pudo por su parte, al estudiar todos los materiales que hoy conforman el fondo Royo y Gómez, admirar el extraordinario rigor científico de su autor, su impecable sentido de la organización y la total dedicación a su obra científica.

Armando ESPINOSA BAQUERO (1995)

Bibliografía para ampliar información

Acosta, C. A. 2007. La historia de Ingeominas. 90 años de geología oficial en Colombia. Ingeominas. 309p. Bogotá.

Acosta, C. A. La herencia científica del exilio español en América. José Royo y Gómez en el Servicio Geológico Nacional de Colombia. *Tesis de doctorado*, Universitat Autònoma de Barcelona. 396p. Barcelona.

Espinosa, A. 1995. Don José Royo y Gómez y su contribución a la geología colombiana. Ingeominas. *Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*. Tomo XXII. i–xii. Bogotá.

Espinosa, A. 2016. El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia. Colección del Centenario del Servicio Geológico Colombiano. Serie Historia, vol. 1. 261 p. Bogotá.

Libro

El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia

Durante el *Simposio* a todos los asistentes se les hará entrega del libro *El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia* escrito por el Dr. Armando ESPINOSA BAQUERO.

El Dr. Armando ESPINOSA BAQUERO es asesor del SGC y miembro de número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; de la Academia Colombiana de Ciencias Geográficas, y de la Academia de Historia del Quindío.

ESPINOSA BAQUERO nació en Bogotá en 1948. Inició estudios secundarios en su ciudad natal y los culminó en la Escuela Internacional de Ginebra (Suiza) en 1969. Adelantó estudios en la Universidad de Ginebra, donde obtuvo los títulos de: geólogo (1973), magíster en geofísica (1974) y doctor en ciencias, mención geología (1980). Posteriormente, en la misma universidad hizo una especialización en sismicidad histórica (1986) y obtuvo un certificado de estudios en riesgos geológicos, CERG (1991). Fue profesor asistente de geofísica y de vulcanología en la Universidad de Ginebra, y durante quince años fue investigador del Instituto Colombiano de Investigaciones Geológico–Mineras (Ingeominas) en las oficinas regionales de Cali y de Popayán. Desde 1995 es profesor de la Universidad del Quindío, en la ciudad de Armenia. Es miembro de número de varias academias, de la Comisión Internacional de Historia de la Geología (INHIGEO) y de sociedades científicas en Colombia y en el exterior.

Durante las cuatro últimas décadas, Armando ESPINOSA BAQUERO ha adelantado investigaciones en áreas de la geología de Colombia, la historia de los desastres naturales colombianos y la historia de la geología. Los principales temas específicos de sus estudios son la sismicidad histórica, la actividad histórica de los volcanes, las amenazas geológicas, las expediciones científicas en Colombia y sus contribuciones, la metalurgia del platino durante la colonia, la historia de la minería en nuestro país, la historia de los estudios geológicos en Colombia y el Cuaternario colombiano. Es autor de diez volúmenes y de sesenta artículos publicados en revistas científicas nacionales e internacionales. Entre sus obras históricas más notables están:

- Tratados de minería y estudios geológicos de la época colonial*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (con Guillermo HERNÁNDEZ DE ALBA, 1991).
- Enciclopedia de desastres naturales históricos de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales–Universidad del Quindío, siete volúmenes (2012).
- La Relación abreviada del viaje al Perú, de Pierre Bouguer, 1749*. Sociedad Geográfica de Colombia–Universidad del Quindío (2014).

A continuación reproducimos la Presentación de la contracarátula del libro:

Durante la Primera Guerra Mundial, Colombia enfrentó dificultades para obtener materias primas minerales (hierro, carbón y otras), que entonces se importaban para la incipiente



industria nacional y para el funcionamiento de los ferrocarriles. En diciembre de 1916, el Gobierno Nacional decide crear una institución que explore el territorio en busca de yacimientos minerales, la *Comisión Científica Nacional*. Con el correr de los años, y ajustándose a las necesidades del país, la Comisión se transforma en el *Servicio Geológico Nacional* (1938–1968), *Ingeominas* (1968–2011) y, recientemente, el *Servicio Geológico Colombiano* (2011–2016). Sus funciones básicas (levantar un mapa geológico nacional y buscar nuevos recursos mineros) se mantienen y se van ampliando en cada transformación, de acuerdo con los requerimientos del desarrollo de la infraestructura de Colombia, de su industrialización y de los desastres geológicos que se van presentando. La Institución pasa a ocuparse de los estudios básicos para obras civiles (represas hidroeléctricas, red vial y otras) y lidera, junto con el Instituto de Fomento Industrial (IFI), los principales proyectos de industrialización del país en el período de la posguerra: siderúrgica de Paz de Río, Planta de Soda de Zipaquirá, carbones de El Cerrejón y otros.

Las dificultades de abastecimiento de agua en muchas regiones y localidades colombianas llevan a la Institución a desarrollar un área de hidrogeología fuerte. Gracias a ella muchos municipios colombianos pueden contar con agua potable. Los inicios de la industria petrolera caen bajo la responsabilidad de esta institución hasta cuando las primeras concesiones revierten al Estado colombiano.

Los desastres naturales, que en la década de los años ochenta y posteriormente se convierten en un tema crítico para el país, llevan al Gobierno Nacional a poner en manos de la Institución los estudios científicos sobre esos fenómenos; dentro de ese marco, le corresponde organizar y operar la Red Sismológica Nacional y las redes de vigilancia volcánica.

Esta obra conmemorativa de los cien años del Servicio Geológico Colombiano expone, para el ciudadano común, los desarrollos institucionales y las contribuciones de este a lo largo de su ya larga historia.

Excursión de campo

Historia geológica de los Andes colombianos en los alrededores de Ibagué

Líderes de la excursión de campo

Jorge GÓMEZ TAPIAS
Coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia
Dirección de Geociencias Básicas
Servicio Geológico Colombiano
mapageo@sgc.gov.co



María Luisa MONSALVE BUSTAMANTE
Dirección de Geociencias Básicas
Servicio Geológico Colombiano
mmonsalve@sgc.gov.co



Nohora Emma MONTES RAMÍREZ
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Dirección de Geociencias Básicas
Servicio Geológico Colombiano
nmontes@sgc.gov.co



Laura Sofía ORTIZ BLANCO
Grupo Mapa Geológico de Colombia
Dirección de Geociencias Básicas
Servicio Geológico Colombiano
lsortiz@sgc.gov.co



Fecha: 6, 7 y 8 de julio de 2016

Duración: 3 días

Empieza y termina: Bogotá

Hotel en Ibagué: Eco Star

(<https://www.ecostarhotel.com/>)

Costo: \$1 400 000 COP socios de la Sociedad Colombiana de Geología y \$1 500 000 COP no socios de la Sociedad Colombiana de Geología

Cupo mínimo: 15 personas

Cupo máximo: 20 personas

El costo incluye hotel, alimentación, transporte terrestre, refrigerios, material, mapas geológicos y diploma.

COP: Pesos colombianos

Nota:

Ninguno de los líderes de la excursión de campo cobrará honorario alguno, y los costos de hotel y viáticos de los líderes de la excursión de campo serán asumidos por el SGC.

Inscripciones en:

aniversario100@sgc.gov.co

Generalidades de la excursión de campo

La Excursión de campo *Historia geológica de los Andes colombianos en los alrededores de Ibagué* tiene como objetivo mostrar la geología regional e historia geológica de los Andes colombianos, incluyendo eventos recientes que han constituido y constituyen amenazas para la población.

La excursión tendrá un costo y el manejo financiero (recepción y administración) lo hará la Sociedad Colombiana de Geología, debido a que el SGC no puede asumir este papel.

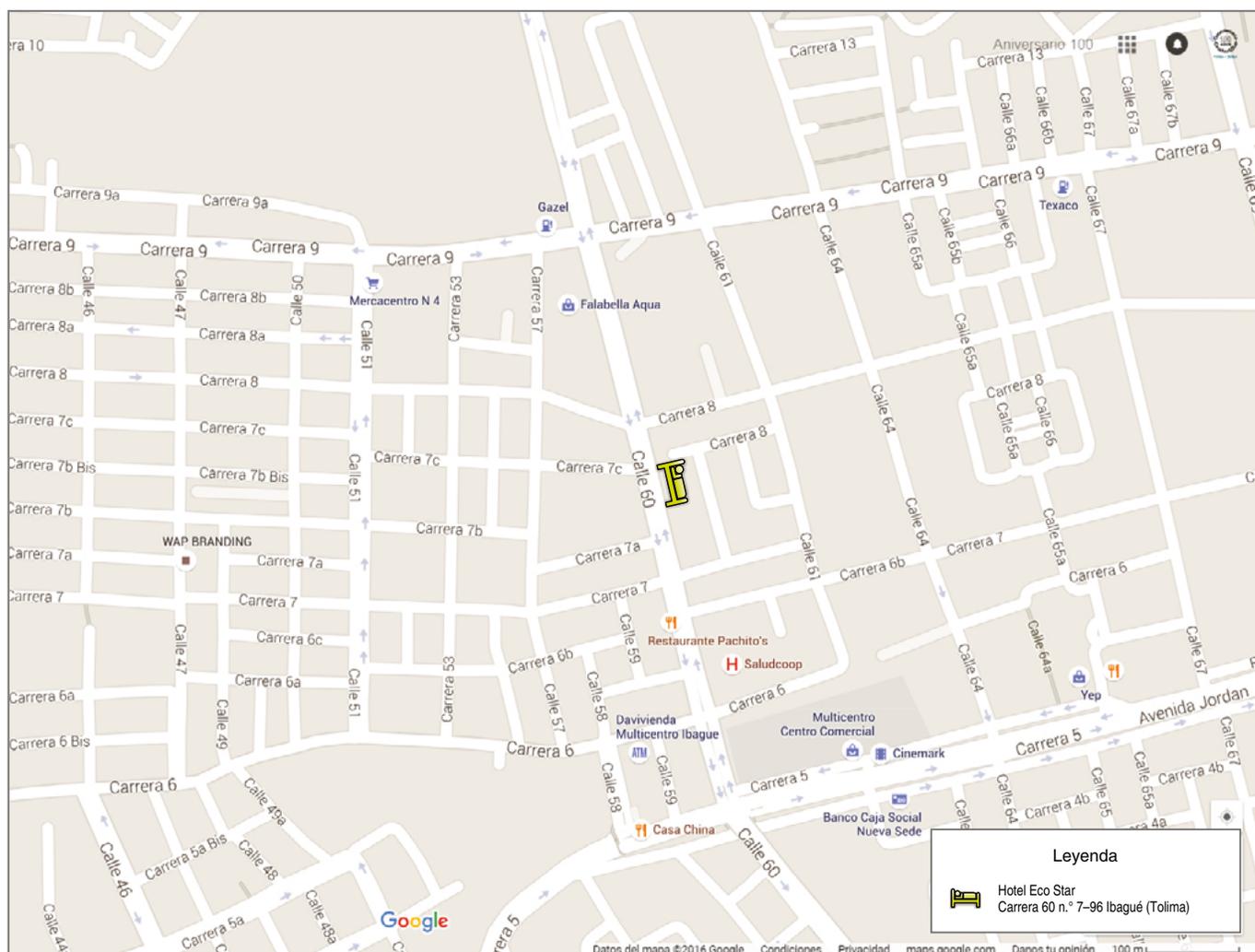
Si hay excedentes de dinero, estos serán administrados por la Sociedad.

Los organizadores de la excursión han realizado cartografía geológica detallada y participado en proyectos de diversa índole en las localidades y las vías seleccionadas que se van a visitar. Para su preparación se realizaron tres semanas de campo, en las que se mejoraron las descripciones de los afloramientos, se tomaron fotografías y se seleccionaron las estaciones.

La excursión tendrá lugar en exóticas montañas y paisajes de valle. Las temperaturas oscilarán entre 10° C en el Alto de La Línea (3300 msnm) y 35° C en los valles. Durante esta excursión pernoctaremos en la ciudad de Ibagué en el Hotel Eco Star localizado en la calle 60 n.º 7-96.

La excursión se realizará en el Valle Superior del Magdalena y la cordillera Central (alrededores de Ibagué). Como se mencionó, el objetivo principal es mostrar la geología regional y la historia geológica de esta parte de los Andes, a la luz del nuevo conocimiento cartográfico producido por el SGC y compilado para la realización del Mapa Geológico de Colombia que se entregó el 20 de agosto de 2015.

Los Andes colombianos y las cuencas sedimentarias relacionadas son el resultado de varios episodios de colisión-acreción que ocurrieron desde la formación del supercontinente Rodinia



Localización del Hotel Eco Star en Ibagué



Hotel Eco Star en Ibagué

y hasta el levantamiento del istmo de Panamá en el Mioceno. Los Andes colombianos son un collage de terrenos geológicos alóctonos de clase mundial, que proveen ejemplos de colisión de terrenos oceánicos, inversión tectónica de cuencas sedimentarias formadas en fosas tectónicas y volcanismo calcoalcalino causado por la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Suramericana.

La cordillera Oriental y el flanco este de la cordillera Central están conformados por un basamento metamórfico de alto grado que hace parte del Terreno Chibcha (TCh) *sensu* Restrepo *et al.* (2011), de edad Esténico-Tónico y metamorfoseado durante la formación del supercontinente Rodinia. Por su parte, en el área que visitaremos, la cordillera Central comprende el Terreno Quebradagrande (TQ), parautoctono y de edad cretácica, así como el Terreno Tahamí (TT) *sensu* Restrepo *et al.* (2011), alóctono y del Pérmico-Triásico. El límite entre TCh y TT es la Falla de Pericos y el límite entre el TCh y TQ es la Falla de San Jerónimo (Maya & González, 1995). El Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia se puede ver en la Figura 1.

Descripción de las actividades

Primer día

El primer día viajaremos en carro desde Bogotá hasta Ibagué, donde revisaremos un afloramiento de sedimentitas marinas cretácicas formadas en un *rift* relacionado a la ruptura del supercontinente Pangea. Posteriormente, conoceremos la For-

mación Chicoral que se interpreta como la molasa terciaria depositada durante el levantamiento de las cordilleras Central y Oriental, proceso causado por la inversión de fallas normales que actuaron como límite de la cuenca cretácica.

También visitaremos los increíbles lahares producidos por el Volcán Cerro Machín del Holoceno, seguramente el volcán más explosivo de Colombia.

Al final del día, realizaremos un recorrido de 1020 m sobre el lomo de presión Calicanto de la Falla de Ibagué. Esta falla es una estructura de tipo transcurrente con dirección ENE, que desplaza 29 km la cordillera Central y, que a su paso por los depósitos cuaternarios volcanoclásticos del abanico de Ibagué, desarrolla una gran cantidad de rasgos morfotectónicos característicos de ese tipo de fallamiento y evidencia actividad neotectónica (Osorio *et al.*, 2008). Es excepcional encontrar en solo tramo de una falla tantas geoformas diagnósticas de fallamiento lateral dextral activo (Diederix *et al.* 2006).

Segundo día

El segundo día se centrará en la cordillera Central, donde apreciaremos el Volcán Cerro Machín en todo su esplendor; el Complejo Quebradagrande que es un cinturón discontinuo de bloques fallados de rocas ultramáficas, gabros, rocas volcánicas básicas y rocas sedimentarias formadas en una cuenca extensional, y un arco volcánico del Cretácico (Nivia *et al.*, 2006; Villagómez *et al.*, 2011).

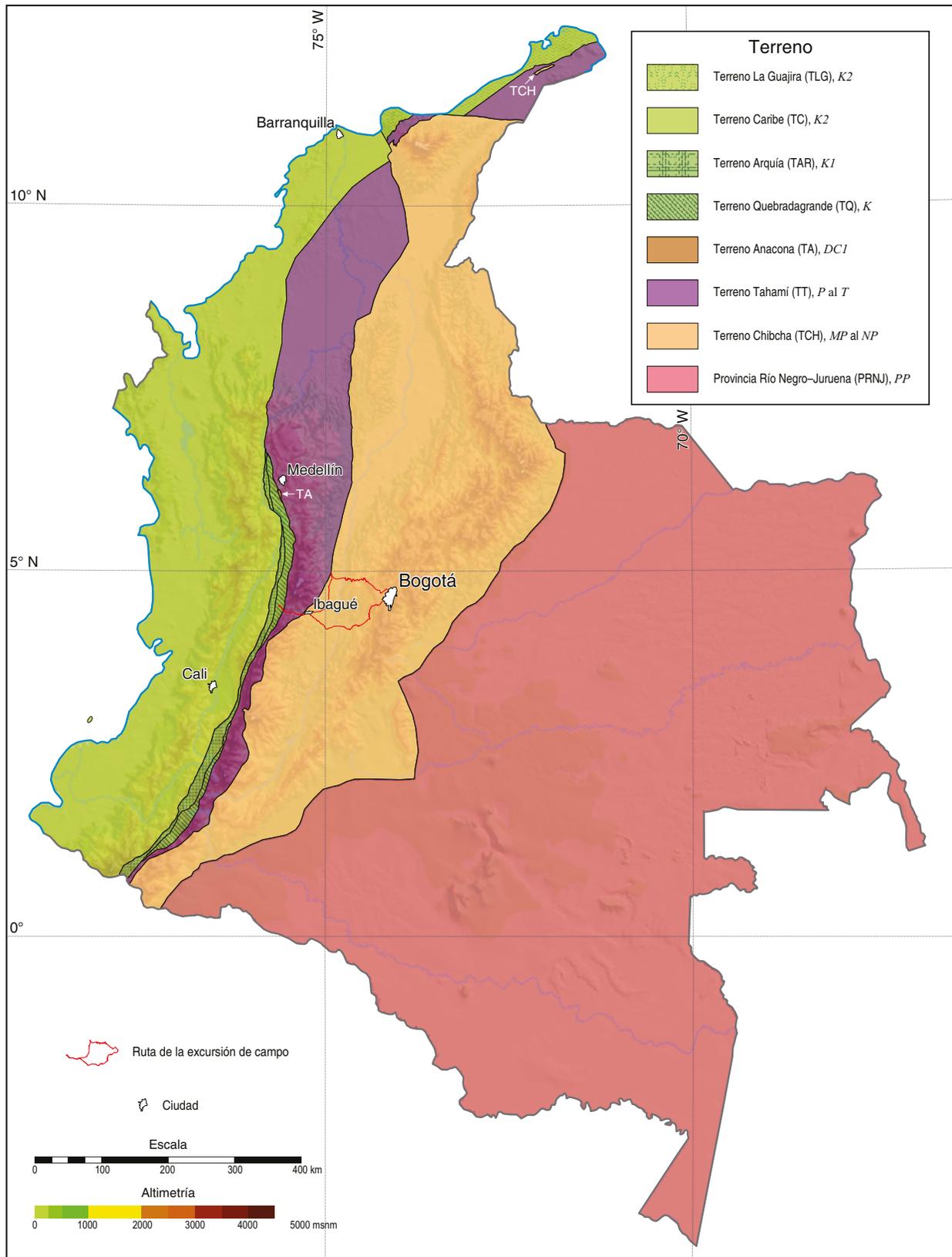


Figura 1. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Esta propuesta se realizó con base en la información geológica compilada para el Mapa Geológico de Colombia 2015 (Gómez *et al.* 2015a) y el "Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth" (Gómez *et al.*, 2015b). El Terreno Anacona se usa *sensu* Martens *et al.* (2014); los terrenos Tahamí y Chibcha *sensu* Restrepo *et al.* (2011), y la Provincia Río Negro-Juruena *sensu* Tassinari & Macambira (1999). En la leyenda se encuentra la sigla del terreno entre paréntesis y, después, un guion y la notación de edad. Las notaciones indican, K: Cretácico, K1: Cretácico Temprano, T: Triásico, P: Pérmico, D: Devónico, C1: Missisipiense, MP: Mesoproterozoico, NP: Neoproterozoico y PP: Paleoproterozoico.

También conoceremos los esquistos del Complejo Cajamarca, formados por un metamorfismo en facies esquistos verdes de rocas sedimentarias y basaltos que se formaron al oeste de Pangea durante Pérmico-Triásico y afectó rocas de Colombia, Perú y Ecuador (Restrepo *et al.* 2011). Por el contrario, para Blanco Quintero *et al.* (2014) el Complejo Cajamarca se formó en un arco/arco volcánico en una margen activa al oeste de Gondwana en el Jurásico Tardío.

Al final del día visitaremos la paleosutura de Pericos, propuesta como el límite de los terrenos TCh y TT. Haremos un recorrido en la Falla Pericos de unos 900 m donde veremos brechas de falla, protomilonitas y ultramilonitas, que afectan granodioritas jurásicas del Batolito de Ibagué y una unidad informal denominada mármoles de la quebrada La Calera (Gómez & Bocanegra, 1999).

Tercer día

El tercer día lo enfocaremos en el volcanismo reciente de composición basalto-andesítico en las afueras de Ibagué (Núñez *et al.*, 2001), y en la visita a la población de Armero, que fue destruida por lahares provenientes del Volcán Nevado del Ruiz, el 13 de noviembre 1985, causando la muerte de 23 000 habitantes.

Itinerario

Día 1, miércoles 6 de julio de 2016

Valle Superior del Magdalena

Bogotá-Ibagué

Estación 1. Grupo Oliní. Cretácico Superior

Estación 2. Lahares del Volcán Cerro Machín. Holoceno.

Estación 3. Formación Chicoral (Grupo Gualanday). Eoceno.

Estación 4. Lomo de presión Calicanto. Falla de Ibagué.

Día 2, jueves 7 de julio de 2016

Cordillera Central

Ibagué-Calarcá-Ibagué

Estación 5. Panorámica del Volcán Cerro Machín. Holoceno.

Estación 6. Metatobas del Complejo Quebradagrande. Cretácico.

Estación 7. Metalodolitas plegadas del Complejo Quebradagrande. Cretácico.

Estación 8. Esquistos plegados del Complejo Cajamarca. Triásico.

Estación 9. Deformación frágil y dúctil en la Falla Pericos.

Día 3, viernes 8 de julio de 2016

Volcanismo monogenético cuaternario y tragedia de Armero

Ibagué-Armero-Bogotá

Estación 10. Panorámica del Volcán El Tabor. Cuaternario.

Estación 11. Flujo de lava del Volcán Guacharacos. Cuaternario.

Estación 12. Lahares de Armero. Holoceno.

Estación 13. Panorámica de la antigua Armero y el valle del río Lagunilla.

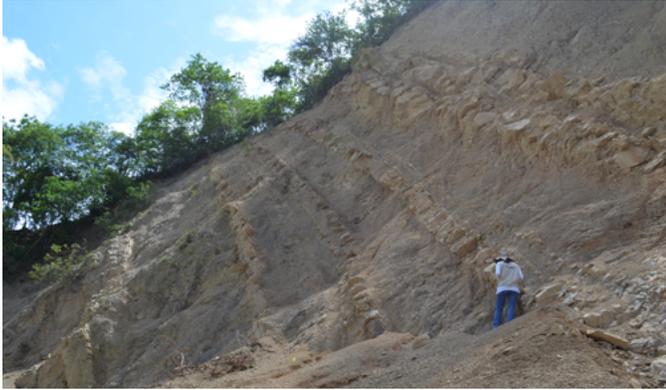
Estación 14. Iglesia San Lorenzo y parque de Armero.

Estación 15. Hospital San Lorenzo de Armero.

Referencias

- Blanco Quintero, I.F., García Casco, A., Toro, L.M., Moreno, M., Ruiz, E.C., Vinasco, C.J., Cardona, A., Lázaro, C. & Morata, D. 2014. Late Jurassic terrane collision in the northwestern margin of Gondwana (Cajamarca Complex eastern flank of the Central Cordillera, Colombia). *International Geology Review*, 56(15): 1852–1872.
- Diederix, H., Audemard, F., Osorio, J.A., Montes, N., Velandia, F. & Romero, J. 2006. Modelado morfoestructural de la falla transcurriente de Ibagué. *Revista Asociación Geológica de Argentina*, 61(4): 492–503. Buenos Aires.
- Gómez, J. & Bocanegra, A. 1999. Estudio geológico-estructural de la Falla de Otú-Pericos al W de la ciudad de Ibagué. Tesis de pregrado, Universidad de Caldas, 116 p. Amsterdam.
- Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015a. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.
- Gómez, J., Montes, N.E., Alcárcel, F.A. & Ceballos, J.A. 2015b. Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales, 33: 63–419. Bogotá.
- Martens, U., Restrepo, J.J., Ordóñez Carmona, O. & Correa Martínez, A.M. 2014. The Tahamí and Anacona terranes of the Colombian Andes: Missing links between the South American and Mexican Gondwana margins. *The Journal of Geology*, 122(5): 507–530.
- Maya, M. & González, H. 1995. Unidades litodémicas en la cordillera Central de Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). *Boletín Geológico*, 35(2–3): 43–57. Bogotá.
- Nivia, Á., Marriner, G.F., Kerr A.C. & Tarney, J. 2006. The Quebradagrande Complex: A Lower Cretaceous ensialic marginal basin in the Central Cordillera of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(4): 423–436.
- Núñez, A., Gómez, J. & Rodríguez, G. 2001. Vulcanismo básico al sureste de la ciudad de Ibagué, departamento del Tolima-Colombia. VIII Congreso Colombiano de Geología. *Memorias CD ROM*, 12 p. Manizales.
- Osorio, J.A., Montes, N.E., Velandia, F.A., Acosta, J.E., Romero, J.A., Diederix, H., Audemard, F. & Núñez, A. 2008. Paleosismología de la Falla de Ibagué. Servicio Geológico Colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales* 29, 240 p. Bogotá.
- Restrepo, J.J., Ordóñez Carmona, O., Armstrong, R. & Pimentel, M.M. 2011. Triassic metamorphism in the northern part of the Tahamí Terrane of the Central Cordillera of Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 32(4): 497–507.
- Tassinari, C.C.G. & Macambira, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3): 174–182.
- Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W. & Beltrán, A. 2011. Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central cordilleras of Colombia. *Lithos*, 125(3–4): 875–896.

Fotografías



Estación 1. Nivel de Lutitas y Arenas (?).



Estación 5. Panorámica del Volcán Cerro Machín.



Estación 2. Lahares de Volcán Cerro Machín. Holoceno.



Estación 6. Metatobas del Complejo Quebradagrande. Cretácico.



Estación 3. Formación Chicoral (Grupo Gualanday). Eoceno.



Estación 7. Metalodolitas plegadas del Complejo Quebradagrande. Cretácico.



Estación 4. Lomo de presión Calicanto. Falla de Ibagué.



Estación 8. Esquistos plegados del Complejo Cajamarca. Triásico.



Estación 9a. Brechas de falla en la zona de deformación de la Falla Pericos.



Estación 11. Flujo de lava del Volcán Guacharacos. Cuaternario.



Estación 9b. Protomilonitas en la zona de deformación de la Falla Pericos.



Estación 12. Lahares de Armero. Holoceno.



Estación 13. Panorámica del desaparecido pueblo de Amero. Al fondo el valle del río Lagunilla.



Estación 10. Panorámica del Volcán El Tabor. Cuaternario.



Estación 14. Iglesia San Lorenzo y parque de Armero.



Estación 15. Hospital San Lorenzo de Armero.



URL del KMZ:

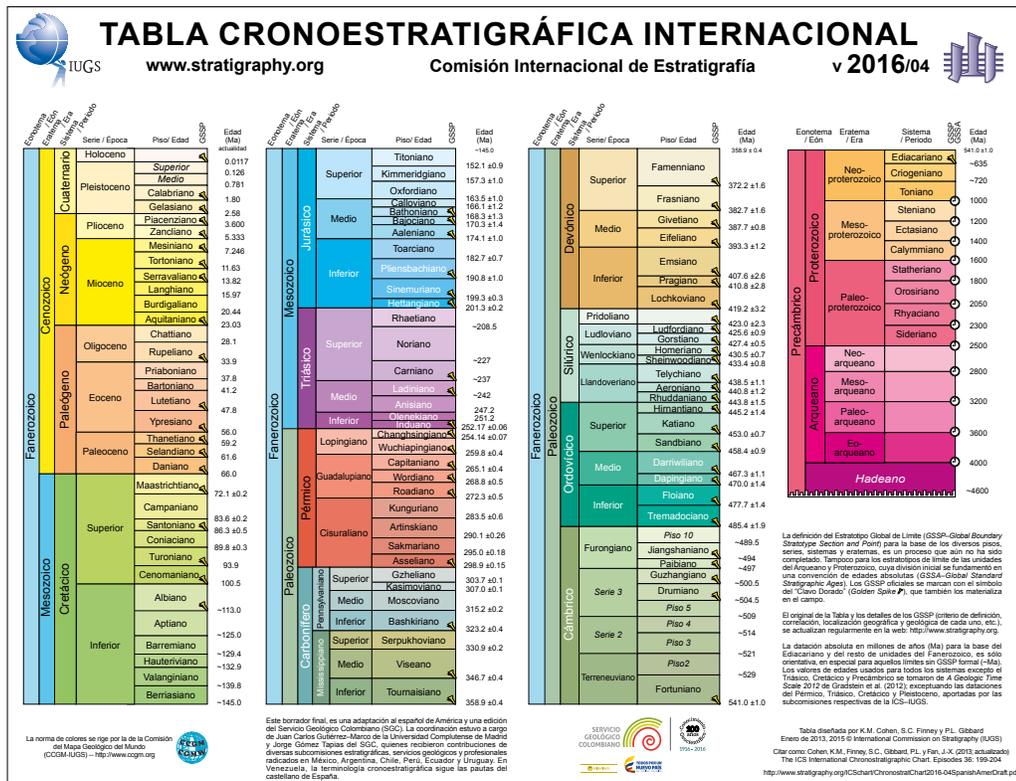
<http://www.sgc.gov.co/descargas/Excursion-de-campo-Historia-Geologica-de-los-A-1.aspx>

Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 en español de América

Durante el *Simposio* se entregará un borrador de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 de la Comisión Estratigráfica Internacional (ICS), adaptado al español de América, que se encuentra en revisión final para que sea consensuado y aprobado por todos los países americanos hispanoparlantes.

Este borrador final es una adaptación al español de América y una edición del Servicio Geológico Colombiano (SGC). La coordinación estuvo a cargo de Juan Carlos GUTIÉRREZ-MARCO de la Universidad Complutense de Madrid y Jorge GÓMEZ TAPIAS del SGC, quienes recibieron contribuciones de diversas subcomisiones estratigráficas, servicios geológicos y profesionales radicados en México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. En Venezuela, la terminología cronoestratigráfica sigue las pautas del castellano de España.

La Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 en español para América en PDF ya puede ser descargada de la página oficial de la Comisión Estratigráfica Internacional en: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04SpanishAmerDraft.pdf>





Formación Caballos (K1)

Payandé

Abanico de Ibagué (Q)

K

Abanico del Guamo (Q2)

Río Coello

← Punto de Gualanday

Grupo Gualanday
Barrera de Gualanday

Gualanday

Abanico de El Espinal (Q2)

Imagen de Google Earth que muestra las relaciones de temporalidad entre el Abanico de Ibagué del Pleistoceno formado por flujos del Volcán Nevado del Tolima, y los abanicos del Guamo y El Espinal formados por lahares del Holoceno del Volcán Cerro Machín. El Grupo Gualanday fue una barrera geológica que impidió el paso de los flujos del Abanico de Ibagué.

