

2. La tercera edición del *Mapa geológico de Suramérica* y su impacto científico y social

Jorge Gómez Tapias

Resumen

El *Mapa geológico de Suramérica* a escala 1:5.000.000 muestra el avance en la cartografía geológica realizado en los últimos años para Suramérica. La información compilada de los mapas geológicos nacionales de los diferentes países y de mapas regionales fue generalizada y armonizada a escala 1:5.000.000 y complementada con la información geocronológica publicada en revistas indexadas. La digitalización, armonización y edición del mapa se hizo con la imagen de relieve sombreado de fondo, lo que permitió una adecuada georreferenciación y permite, a futuro, realizar de forma más sencilla la actualización del mapa conforme al avance de las investigaciones.

El mapa se divulgó en los principales periódicos y revistas de Colombia, la revista *Muy Interesante* de México, redes sociales, universidades y congresos nacionales e internacionales, lo que permitió alcanzar miembros de la comunidad científica, tomadores de decisiones e incluso lectores sin conocimientos previos de geología.

Introducción

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico o una imagen de relieve sombreado, de los diferentes tipos de roca y materiales no consolidados que conforman el suelo de un territorio y las estructuras que los deforman, como fallas y pliegues. Además, puede incluir indicadores geológicos de eventos o recursos destacados; por ejemplo, para el *Mapa geológico de Suramérica* (MGSA) se incluyeron diques basálticos, rocas intrusivas y volcánicas alcalinas-carbonatitas, rocas metamórficas de alta presión, cráteres de impacto, kimberlitas y volcanes. En un mapa geológico de pequeña escala, se utilizan colores y tramados para distinguir las rocas y sus edades. Cada color

en un mapa geológico delimita un área de la superficie terrestre que tiene un mismo tipo de roca y edad, lo que los geólogos llaman unidad geológica, formación geológica o unidad cronoestratigráfica para el caso del MGSA, que es un mapa regional. Además, se adicionan símbolos que se complementan con anotaciones o etiquetas que facilitan la lectura, entre ellas, los nombres y las características de las estructuras geológicas, de las unidades y de los lugares geográficos.

Por el tamaño del subcontinente suramericano, el mapa fue elaborado a una escala de 1:5.000.000, con el sistema de coordenadas WGS-1984, y su salida gráfica se presenta en una proyección policónica, con latitud de origen en el Ecuador y longitud de origen en el meridiano central de 59° al oeste de Greenwich.

El MGSA es un instrumento clave para identificar los recursos mineros e hidrocarburos disponibles en la actualidad, conocer las condiciones del terreno y precisar con mayor detalle las zonas con mayor riesgo de sismos, deslizamientos y erupciones volcánicas, así como para la búsqueda de agua subterránea. Todo ello lo convierte en una herramienta esencial para que gobernantes y empresarios tomen decisiones basadas en evidencia científica.

La Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) ha realizado tres ediciones del *Mapa geológico de Sudamérica*. La primera, coordinada por Lamego (1964), presentó una visión integrada de la geología continental a escala 1:5.000.000. Sin embargo, reflejaba las limitaciones propias de la época, entre ellas, la escasa disponibilidad de dataciones absolutas y la marcada desigualdad en la calidad cartográfica entre los distintos países.

La segunda edición, publicada por Schobbenhaus y Bellizzia (2001), supuso un avance notable: fue la primera en desarrollarse en un sistema de información geográfica (SIG) e incorporó, además de la cartografía continental, información geológica de las áreas marinas, incluyendo batimetría y rasgos estructurales de los fondos oceánicos.

Esta tercera edición del MGSA, a escala 1:5.000.000, contó con el respaldo de la Subcomisión para Sudamérica de la CGMW y de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos. Para su elaboración, se contó con la colaboración de 58 investigadores de los servicios geológicos de Brasil, Argentina, Chile, Perú, Uruguay y Ecuador, así como de la Universidad de

Buenos Aires (Argentina), la Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia), la Universidad de Brasilia, la Universidad de São Paulo, la Universidad del Estado de Río de Janeiro, la Universidad Federal de Pará, la Universidad del Estado de Bahía y el Instituto de Tierras, Cartografía y Geología de Paraná (Brasil), la Universidad de Chile, la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), la Delft University of Technology y la Vrije Universiteit Amsterdam (Países Bajos), la Universidad Anton de Kom (Surinam) y la Universidad de la República de Uruguay, además de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y la Universidad Central de Venezuela.

El proyecto para realizar la tercera edición del MGSA inicio en agosto de 2008 y durante los 11 años de su elaboración se hicieron siete talleres (figura 1). Los tres primeros se realizaron en Tabatinga, Brasil, entre los servicios geológicos de Colombia, Brasil y Perú, del 1 al 2 de octubre de 2009, del 8 al 13 de agosto de 2010 y del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2011. En estos talleres, se hizo un diagnóstico de la geología de los tres países, pues no había ninguna coincidencia entre sus mapas geológicos, se preparó un borrador de la leyenda y se acordó que el Servicio Geológico Colombiano (SGC) se encargaría de integrar y armonizar la geología de los Andes y la Patagonia y el Servicio Geológico de Brasil, de la Plataforma Suramericana.

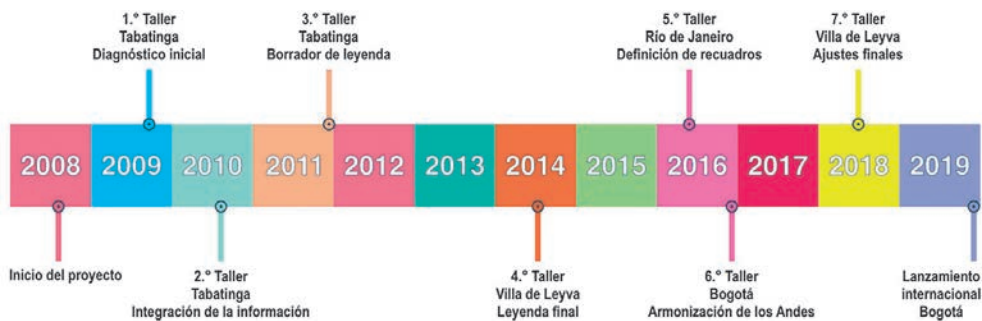


Figura 1. Línea de tiempo de la elaboración del *Mapa geológico de Suramérica*

Fuente: elaboración propia.

El cuarto taller se realizó del 21 al 26 de julio de 2014 en Villa de Leyva, Colombia, y contó con la presencia de 43 delegados de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Francia, Holanda, Perú, España, Surinam, Uruguay y Venezuela. En este taller, se designaron dos coordinadores por país, se hizo una propuesta conjunta de leyenda que respondiera a las singularidades presentes en la geología de cada región y se compiló el conocimiento general de la geología de Suramérica.

Posteriormente, del 16 al 20 de mayo de 2016, se realizó un quinto taller en Río de Janeiro, Brasil, entre los equipos del Servicio Geológico de Brasil y el SGC. En este taller, se definieron los cuatro recuadros del GMSA: mapa regional de tectónica de placas, leyenda, simbología y formato.

Para garantizar que todos los eventos geológicos presentes en los Andes estuvieran representados en el MGSA, se realizó el sexto taller, denominado *Evolución geológica de los Andes*, del 5 al 10 de diciembre de 2016, con el profesor Victor A. Ramos de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Finalmente, el séptimo taller se realizó el 28 de junio de 2018 en Villa de Leyva, Colombia, para responder los comentarios de los revisores del mapa.

Un proyecto de la magnitud del *Mapa geológico de Suramérica* (MGSA), en el cual fue necesario desarrollar metodologías inéditas para distintas tareas, ha dado lugar a varias publicaciones con revisión por pares de forma posterior a su lanzamiento. La primera, de Gómez et al. (2023), describe los criterios empleados para integrar la información geológica y el proceso de armonización entre las diferentes fuentes de datos. La segunda, de Alcárcel et al. (2023), presenta la metodología diseñada para implementar el MGSA en Google Earth, trabajo que recibió el premio al mejor mapa de 2023 otorgado por la revista *Journal of Maps* (Smith, 2024).

El presente manuscrito corresponde a la tercera publicación, orientada a un público no especializado en geología, y explica en un lenguaje técnico accesible cómo se llevó a cabo la elaboración del *Mapa geológico de Colombia*.

Utilidad de los mapas geológicos

Los mapas geológicos son el producto científico que, por excelencia, producen los servicios geológicos alrededor del mundo, ya que es la manera más concisa de mostrar el avance en el conocimiento geológico del territorio (Thomas, 2004). Estos mapas tienen diferentes usos, entre ellos, la comprensión de las condiciones geológicas que generan sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa; la evolución del paisaje a través del tiempo; y la distribución y disponibilidad de recursos y riquezas geológicas, incluidas aguas subterráneas y recursos minerales y energéticos. También son insumo para estudios en campos de conocimiento diferentes a las geociencias, como en la cartografía de coberturas de vegetación, por ejemplo (Reed et al., 2004).

Este conocimiento permite impulsar el desarrollo económico y social de una nación. Gracias a ello, se puede planificar y ordenar el suelo. Estos procesos permiten, por ejemplo, que se delimiten las zonas de mayor amenaza geológica y, en consecuencia, la distribución de la población y la respuesta ante eventos naturales. Con este conocimiento también se toman decisiones respecto a la forma de construcción de las obras de infraestructura, que deben responder a las particularidades geológicas de las zonas en las que se desarrollan para evitar complicaciones y pérdidas (Thomas, 2004).

Desde el punto de vista más académico, los mapas geológicos son insumo para los geocientíficos que trabajan para comprender cómo y cuándo se formaron las montañas y cuencas sedimentarias. También, cómo se han unido y separado grandes masas de tierra y otros procesos que no afectan solo una parte del territorio, sino todo el planeta Tierra (Gómez et al., 2017).

Metodología

En el MGSA, las unidades cronoestratigráficas (UC) se clasificaron de acuerdo con la edad y el tipo de roca o depósito. La edad se diferenció hasta el nivel de sistema/periodo y las rocas se diferenciaron en sedimentarias, ígneas y metamórficas. Las rocas sedimentarias se agruparon en siliciclásticas, carbonáticas, evaporíticas e indiferenciadas; las rocas volcánicas, en andesíticas y relacionadas, basálticas, riolíticas, alcalinas, volcanosedimentarias e indiferenciadas; las rocas plutónicas, en graníticas, gabroicas y ultramáficas y alcalinas, y, por último, las rocas metamórficas se agruparon en bajo a medio grado, medio a alto grado e indiferenciadas.

Como entidad de punto, se representaron en el mapa las intrusiones alcalinas/carbonatitas, kimberlitas y rocas relacionadas, cráteres de impacto, volcanes y rocas de alta presión (eclogitas y esquistos azules); como entidades lineales, se incluyeron los diques, y como polígonos, los racimos de kimberlitas y rocas relacionadas.

Los símbolos de las UC se construyeron con un color que indica la edad y una trama sobreimpuesta que indica el tipo de roca. Las únicas rocas que se dejaron sin tramado fueron las siliciclásticas. Para el color de las UC, se tomaron los valores de *red*, *green* y *blue* establecidos en la *International Chronostratigraphic Chart* v2018/08 por la CGMW (Cohen et al., 2013).

Para el color de las tramas, se tuvo como criterio que tuvieran buen contraste con el fondo. Las tramas se crearon en CorelDraw 12 y se exportaron a un archivo de tipo fuente (*True type Font*). Una vez cargado en ArcGIS, este archivo permitió generar el *style* que contiene cada uno de los símbolos utilizados en el mapa para cada una de las unidades.

Para la definición y la generalización de las UC, la metodología implementada consistió en listar las unidades litoestratigráficas originales del mapa geológico de cada país con su respectiva edad y descripción. Luego, a cada una de las unidades se le construyó un nuevo código, de acuerdo con los criterios de edad y tipo de roca definidos para el MGSA. 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 1:5.000.000. 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 1:5.000.000. El mapa con la nueva simbología 1:5.000.000 y con la grilla de coordenadas se imprimió a escala 1:3.000.000 con el fin de agrupar y generalizar las unidades a mano alzada. Este mapa análogo fue escaneado y georreferenciado para digitalizar las nuevas UC, fallas y pliegues a 1:5.000.000.

Como la mayoría de los mapas geológicos habían sido publicados años atrás, se procedió, cuando fue necesario, a actualizar las edades de las UC con publicaciones geológicas recientes de cada país (principalmente, publicaciones con reportes de dataciones radiométricas). Las fuentes de información del MGSA se pueden ver en la tabla 1.

Como principal herramienta de armonización del MGSA, se usaron imágenes de relieve sombreado de Suramérica. Estas se hicieron 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 una simulación de iluminación solar con azimut de 315° y 45°, y una altura de 45° que simula el sol alrededor de las 10 a. m. en Bogotá, Colombia. La imagen de relieve sombreado de 45° se desplegó con un 50% de transparencia superpuesta a la de 315° de azimut. Debido a que la cordillera de los Andes recorre el continente de sur a norte, este despliegue evita partes muy oscuras en la imagen y permite el realce de las características del terreno, lo que facilita la observación de las principales estructuras geológicas.

Tabla 1. Fuentes de información del *Mapa geológico de Suramérica* por países

N.º	País	Fuente de información
1	Fondos marinos	<i>Mapa tectónico de Suramérica</i> (Cordani et al., 2016)
2	Colombia	<i>Mapa geológico de Colombia</i> (Gómez et al., 2015)
3	Venezuela	<i>Mapa geológico de Venezuela</i> (Hackley et al., 2005)
4	Guyana	<i>Mapa geológico de la Guyana</i> (Heesterman & Nadeau, 2010)
5	Surinam	Kroonenberg et al. (2016)
6	Guayana Francesa	<i>Carte geologique de la France, department de la Guyane</i> (Delor et al., 2001)
7	Brasil	<i>Mapa geológico de Brasil</i> (Schobbenhaus et al., 2004). Otras fuentes fueron: Cabral Neto et al. (2017), Reis et al. (2003), Faraco (2009), Vasquez et al. (2008), Ferreira et al. (2006), Cavalcante et al. (2003), Angelim et al. (2006), Quadros y Rizzotto (2007), Dalton de Souza et al. (2003), Teixeira (2014), Lacerda Filho y Moreira (2008), Pinto y Silva (2014), Lacerda Filho et al. (2006), Vieira et al. (2013), Perrotta et al. (2006), Heilbron et al. (2016), Governo do Estado Paraná (2006), Wildner et al. (2014) y Wildner et al. (2006).
8	Ecuador	<i>Mapa geológico de la República del Ecuador</i> (Egüez et al., 2017)
9	Perú	<i>Mapa geológico del Perú</i> (Ingemmet, 2016)
10	Bolivia	<i>Mapa geológico de Bolivia</i> (Sergeomin & Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 2001) y Matos (2010)
11	Chile	<i>Mapa geológico de Chile</i> (Sernageomin, 2003)
12	Paraguay	<i>Mapa geológico del Paraguay</i> (Spinzi & Moríngo Ramírez, 2014)
13	Argentina	<i>Mapa geológico de la República de Argentina</i> (Anselmi et al., 2015) complementado con Mendía et al. (2011)
14	Uruguay	<i>Carta geológica del Uruguay</i> (Bossi & Ferrando, 2001) complementado con Sánchez Bettucci et al. (2009)

Fuente: elaboración propia.

El mapa base del MGSA se elaboró a partir de imágenes de relieve sombreado, imágenes de Landsat TM y de Google Earth, generalizadas a escala 1:5.000.000.

Para la armonización, se superpusieron las UC con 50% de transparencia a la imagen de relieve sombreado de Suramérica y se procedió a su prolongación de un país a otro. Esto también se hizo con las capas de fallas y pliegues. Pese a que el MGSA tiene una escala de 1:5.000.000, las UC del mapa se ajustaron perfectamente al relieve con la ayuda de las imágenes de relieve sombreado para permitir después la implementación de su servicio web y su despliegue en Google Earth. La tarea de ajustar las UC tardó más de tres años, ya que en varias zonas, como en el caso de Bolivia, se tuvo que digitalizar de nuevo toda la información.

Para las áreas marinas, se usó la cobertura de la corteza oceánica del *Mapa tectónico de Suramérica* (Cordani et al., 2016). Para estas áreas, se creó la imagen de relieve sombreado, de la misma forma que para el área continental, usando el *grid* de HydroSHEDS (Lehner et al., 2008).

Finalmente, una vez integrados los mapas de los Andes y la Patagonia, realizados por el Servicio Geológico Colombiano, y la Plataforma Suramericana, realizada por el Servicio Geológico de Brasil, se regeneró un primer borrador que se envió a los delegados de cada país para su revisión, discusión y aprobación.

Edición

Para el MGSA, se hizo un trabajo de edición que permitiera garantizar una visualización perfecta. El trabajo de edición tomó un año y medio, y consistió en la impresión continua de versiones periódicas del mapa hasta lograr una buena visualización de las UC y una densidad de información óptima. De esta forma, se definió que el tamaño mínimo de un polígono fuera de 10 km², se ajustó el color y el grosor de fallas y pliegues, y se seleccionaron las fuentes, el tamaño de las anotaciones y su localización en el mapa. Posteriormente, se hizo una revisión que garantizara que en un recuadro de 10 cm² hubiera al menos una anotación para una determinada UC.

El MGSA tiene un tamaño de 120 × 160 cm y va acompañado de seis recuadros que aportan información relevante relacionada: formato, convenciones, leyenda, fuentes de información, resumen y un recuadro con el mapa de placas tectónicas de Suramérica (figura 2).

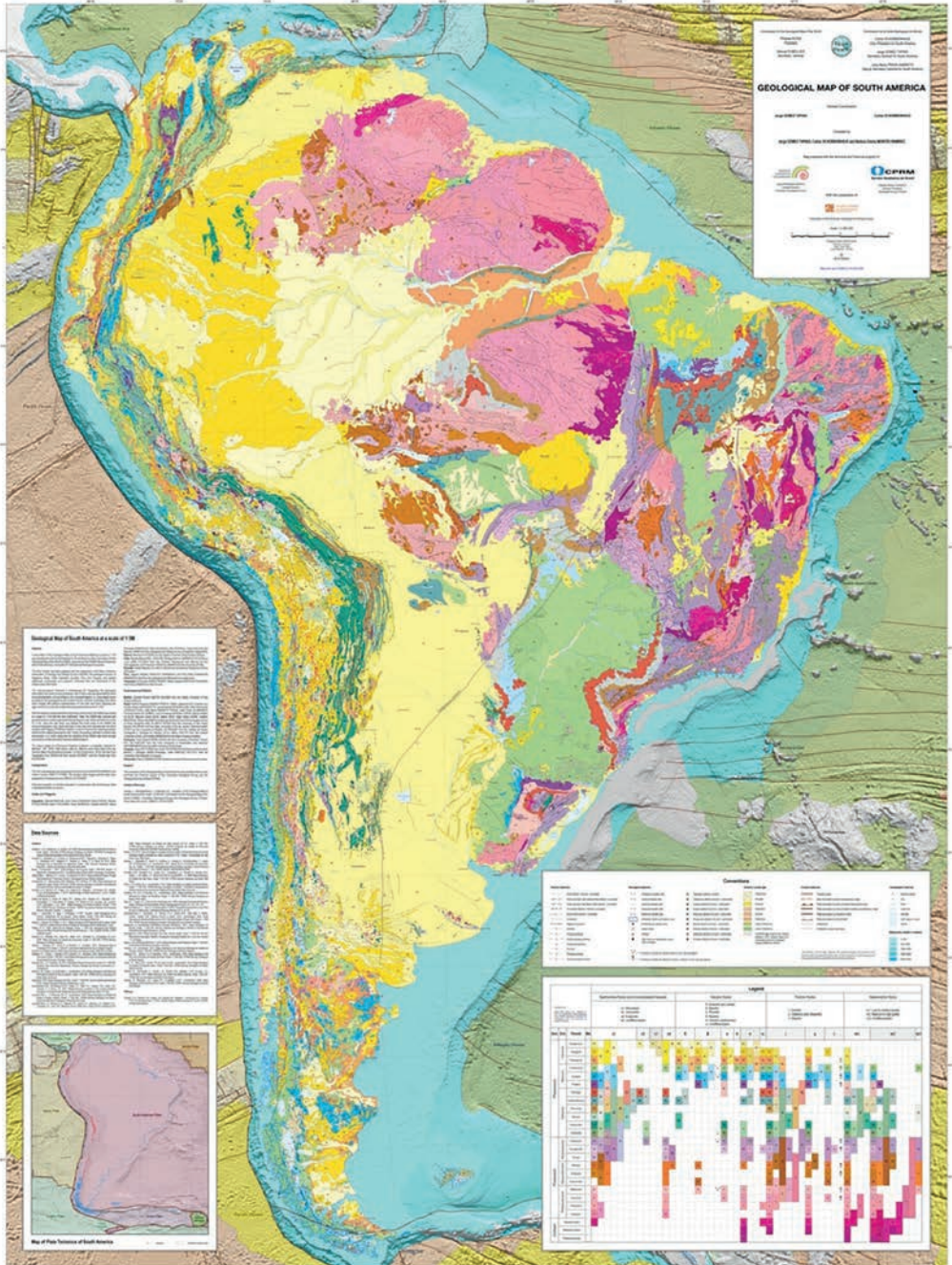


Figura 2. Mapa geológico de Suramérica a escala 1:5.000.000
Fuente: Gómez et al. (2019).

Sistema de información geográfica (SIG)

El SIG del MGSA se estructuró en el *software* ArcGIS 10.2.2. Para ello, se creó una *file geodatabase* con los siguientes *datasets*: mapa base, fuentes, geología, estructuras oceánicas y recuadro de placas tectónicas. Cada uno de estos *dataset* está conformado por entidades relacionadas o *feature class*; por ejemplo, el de geología reúne los *feature classes* de unidades cronoestratigráficas, fallas, pliegues, diques básicos, volcánicos e intrusivos alcalinos-carbonatitas, esquistos azules y eclogitas, campos de kimberlitas, cráteres de impacto, volcanes cuaternarios y las anotaciones que identifican estas entidades en el mapa.

El MGSA tiene una escala de 1:5.000.000, WGS-1984 *coordinate system* y la salida gráfica tiene una proyección policónica con latitud de origen en el Ecuador y longitud de origen en el meridiano central de 59° al oeste de Greenwich.

El MGSA se liberó al público el 26 de noviembre de 2019 en GIS (MXD, *style, file geodatabase*), PDF de alta resolución (versión de impresión), PDF de baja resolución (versión web), TIFF, PNG y las fuentes para crear las tramas de las UC. Adicionalmente, se implementó el servicio web y ArcGIS Online. Este último se puede desplegar con facilidad en un dispositivo móvil (figura 3). Para inicios de 2022, se puso a disposición del público la versión en Google Earth del MGSA (figura 4) y el *Mapa geológico de Suramérica* en relieve a 1:5.000.000 (Gómez et al., 2022) (figura 5).



Figura 3. Despliegue del MGSA en ArcGIS Online: los usuarios pueden ver los atributos del mapa haciendo clic sobre los elementos

Fuente: Gómez et al. (2023).



Figura 4. Despliegue del *Mapa geológico de Suramérica* en Google Earth
Fuente: Alcárcel et al. (2023).



Figura 5. Mapa geológico de Suramérica en relieve a escala 1:5.000.000
Fuente: Gómez et al. (2022).

Divulgación

El lanzamiento internacional del MGSA se realizó el 26 de noviembre de 2019 en Bogotá, Colombia, con la presencia de los directivos de los servicios geológicos de Colombia y Brasil, delegados del Servicio Geológico de Francia y el presidente de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo.

El MGSA se presentó dos veces en el SGC, en 10 escuelas de geología e ingeniería geológica y petróleo de Colombia y en varios eventos a nivel nacional e internacional (tabla 2). También se publicaron cinco artículos en revistas y periódicos nacionales e internacionales, entre ellos, *Muy Interesante* (Posada-Swofford, 2019a), *El Tiempo* (Posada-Swofford, 2019b), *El Espectador* (Silva, 2019), *El Colombiano* (Cortés, 2019), *La Patria* (M. Gómez, 2020) y *La Nación* (La Nación, 2020). En promedio, cada artículo tuvo 200.000 lecturas en periódicos impresos y 13.000 en periódicos digitales. En redes sociales, se publicaron 20 post en Facebook, 20 en Instagram y 20 tweets en X. En YouTube, se publicaron dos videos compendio de las presentaciones realizadas en las universidades: el primero, denominado *Conferencia "Mapping the geology of South America"* (J. Gómez, 2020), y el segundo, *Conferencia "A journey through the geology of South America"* (Montes, 2020). Cada uno ha alcanzado en promedio 850 vistas.

Tabla 2. Eventos donde se presentó el *Mapa geológico de Suramérica*

N.º	Año	Evento
1	2016	Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 Años de Producción Científica al Servicio de los Colombianos
2	2016	35.º Congreso Internacional de Geología, Ciudad del Cabo, Suráfrica
3	2017	16.º Congreso Colombiano de Geología
4	2018	Expogeográfica
5	2019	American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, California, Estados Unidos
6	2021	24.º Congreso Geológico Boliviano, La Paz, Bolivia
7	2022	Semana Técnica de Geología, Ingeniería Geológica y Geociencias
8	2023	Simposio Deep Geological Processes and Mineral Resources in the South of China Sea and Surrounding Area, Zhuhai, China
9	2023	37.º Congreso Internacional de Geología, Busan, Corea del Sur

Fuente: elaboración propia.

En la actualidad, el MGSA registra más de 55.000 descargas desde su sitio web (<https://doi.org/10.32685/10.143.2019.929>), donde está disponible en formatos SIG, PDF, TIF y PNG. Así mismo, cuenta con 26 citas en revistas clasificadas en los cuartiles Q1 y Q2, y con dos citas adicionales en otras revistas arbitradas.

Conclusiones

El MGSA es el resultado de un esfuerzo internacional de más de una década (2008-2019), con participación de servicios geológicos, universidades y centros de investigación de distintos países. Su desarrollo implicó metodologías inéditas para integrar, armonizar y actualizar la información geológica de todo el subcontinente.

El MGSA constituye una herramienta esencial para la identificación de recursos naturales (minerales, hidrocarburos y aguas subterráneas) y para la gestión del riesgo geológico (sismos, volcanes y deslizamientos), ya que aporta información clave para la planificación territorial, el desarrollo económico y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia científica.

La tercera edición del MGSA se caracteriza por su digitalización en sistemas de información geográfica, su disponibilidad en múltiples formatos (PDF, SIG, Google Earth, ArcGIS Online) y la implementación de un servicio web, lo que facilita su consulta, actualización y uso tanto por especialistas como por el público general.

El mapa ha sido ampliamente difundido en medios de comunicación, universidades, congresos y redes sociales, y ha logrado un alcance masivo (más de 55.000 descargas y múltiples citas académicas). Esto demuestra su relevancia tanto para la comunidad científica como para la sociedad en general.

El MGSA resume 3.400 millones de años de historia geológica del subcontinente suramericano basada en la cartografía geológica producida y actualizada por los servicios geológicos y los resultados de numerosas investigaciones publicadas en los últimos 20 años, luego de la publicación de la edición anterior del MGSA (Schobbenhaus & Bellizia, 2001).

Agradecimientos

A Nohora Emma Montes Ramírez del SGC y Carlos Schobbenhaus del Servicio Geológico de Brasil, coautores del MGSA, por su compromiso inquebrantable durante los 11 años de realización del mapa. También a los geólogos Daniela Mateus Zabala y Fernando Alirio Alcárcel Gutiérrez del SGC por su valiosa ayuda en varias etapas del proyecto. Así mismo, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al doctor Oscar Paredes Zapata, director general del Servicio Geológico Colombiano de 2011 a 2022, por brindar todo el apoyo institucional para la elaboración del MGSA.

Referencias

- Alcárcel, F. A., Gómez, J., Montes, N. E., & Almanza-Meléndez, M. F. (2023). Geological Map of South America in Google Earth. *Journal of Maps*, 19(1), Art. 2185167. <https://doi.org/10.1080/17445647.2023.2185167>
- Angelim, L. A. A., Medeiros, V. C., & Nesi, J. R. (2006). *Mapa geológico do Estado Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000*. Servicio Geológico de Brasil, Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte.
- Anselmi, G., Candeani, J. C., Chávez, S., Etcheverría, M. P., Folguera, A., Marengo, H., Negro, C., Rodríguez, M. F., Seggiaro, R., Tedesco, A., Wilson, C., & Yamin, M. (2015). *Mapa geológico de la República de Argentina. Escala 1:5M*. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Bossi, J., & Ferrando, L. (2001). *Carta geológica del Uruguay. Escala 1:500.000*. Geoeditores S. R. L., Facultad de Agronomía, MIEM DINAMIGE.
- Cabral Neto, I., Silveira, F. V., Cunha, L. C., & Nannini, F. (2017). *Diamond Brazil Project / Projeto Diamante Brazil*. Servicio Geológico de Brasil.
- Cavalcante, J. C., Vasconcelos, A. M., Medeiros, M. F., & Paiva, I. P. (2003). *Mapa geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000*. Servicio Geológico de Brasil, Secretaria de Recursos Hídricos do Governo do Estado do Ceará.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. X. (2013, actualizada v2018/08). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36(3), 199-204. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002>
- Cordani, U. G., Ramos, V. A., Fraga, L. M., Cegarra, M., Delgado, I., de Souza, K. G., Gomes, F. E. M., & Schobbenhaus, C. (2016). *Tectonic Map of South America at 1:5.9M*. CGMW, Servicio Geológico de Brasil, SEGEMAR.
- Cortés, H. (2019, noviembre 27). Hay nuevo mapa de Suramérica, así quedó. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/tecnologia/ciencia/hay-nuevo-mapa-de-suramerica-asi-queda-JA12031019>
- Dalton de Souza, J., Kosin, M., Melo, R. C., Santos, R. A., Teixeira, R. L., Sampaio, A. R., Guimarães, J. T., Vieira Bento, R., Borges, V. P., Martins, A. A. M., Arcanjo, J. B., Loureiro, H. S. C., & Angelim, L. A. A. (2003). *Mapa geológico do Estado da Bahia. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil, Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral.

- Delor, C., Lahondère, D., Egal, E., & Marteau, P. (2001). *Guyane. Carte géologique de la France, département de la Guyane. Escala 1:500.000* (2ème édition). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Service Géologique National.
- Egüez, A., Gaona, M., & Albán, A. (2017). *Mapa geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1.000.000*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.
- Faraco, M. T. L. (2009). *Sheet NA.22 - Macapá. Escala 1:1.000.000. Geological and Mineral Resources Map of South America (GIS-South America, 1:1M)*. CGMW, ASGMI, Servicio Geológico de Brasil, BRGM.
- Ferreira, A. L., Almeida, M. E., Reis, N. J., Riker, S. R. L., Rizzotto, G. J., & Quadros, M. L. E. S. (2006). *Mapa geológico do Estado do Amazonas. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Gómez, J. (2020, junio 11). *Conferencia "Mapping the geology of South America"* [Video]. YouTube. https://youtu.be/RJiR9XhnNn8?si=yFVh89WfNgKy_kf
- Gómez, J., Montes, N. E., Almanza, M. F., Alcárcel, F. A., Madrid, C. A., & Diederix, H. (2017). Geological Map of Colombia 2015. *Episodes*, 40(3), 201-212. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2017/v40i3/017023>
- Gómez, J., Montes, N. E., Nivia, A., & Diederix, H. (Comp.). (2015). *Mapa geológico de Colombia 2015. Escala 1:1.000.000* [2 hojas]. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/10.143.2015.935>
- Gómez, J., Schobbenhaus, C. & Montes, N. E. (Comp.). (2019). *Geological Map of South America 2019. Escala 1:5.000.000*. Commission for the Geological Map of the World, Servicio Geológico Colombiano y Servicio Geológico de Brasil. París. <https://doi.org/10.32685/10.143.2019.929>
- Gómez, J., Schobbenhaus, C., & Montes, N. E. (Comp.). (2022). *Geological Relief Map of South America 2022. Escala 1:5.000.000*. Commission for the Geological Map of the World, Servicio Geológico Colombiano, Servicio Geológico de Brasil. <https://doi.org/10.14682/2022GRMSA>
- Gómez, J., Schobbenhaus, C., Montes, N. E., Alcárcel, F. A., & Mateus-Zabala, D. (2023). Mapping the geology of South America. *Episodes*, 46(4), 537-549. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2023/023002>
- Gómez, M. (2020, febrero 18). Trabajaron 11 años en mapa geológico de Suramérica. *La Patria*, p. 6. <https://bit.ly/37kqQX2>
- Governo do Estado Paraná. (2006). *Mapa geológico do Paraná. Escala 1:650.000*. Governo do Estado Paraná.
- Hackley, P. C., Urbani, F., Karisen, A. W., & Garrity, C. P. (Comp.). (2005). *Mapa geológico de Venezuela. Escala 1:750.000* [2 hojas]. Servicio Geológico de los Estados Unidos, Universidad Central de Venezuela, Funvisis.
- Heesterman, L. H., & Nadeau, S. (2010). *Geological map of Guyana at a scale of 1:1.000.000* [hoja 1]. Geo-Services Department, Guyana Geology and Mines Commission.
- Heilbron, M., Eirado, L. G., & Almeida, J. (Coord.). (2016). *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:400.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Ingemmet. (2016). *Mapa geológico del Perú. Escala 1:1.000.000* [versión digital estandarizada 2016]. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

- Kroonenberg, S. B., de Roever, E. W. F., Fraga, L. M., Reis, N. J., Faraco, T., Lafon, J. M., Cordani, U., & Wong, T. E. (2016). Paleoproterozoic evolution of the Guiana Shield in Suriname: A revised model. *Netherlands Journal of Geosciences*, 95, 491-522.
- La Nación. (2020, marzo 10). Así es el retrato geológico de Suramérica. *La Nación*. <https://bit.ly/3oVr9E5>
- Lacerda Filho, J. V., & Moreira, M. L. O. (Coord.). (2008). *Mapa geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil, Superintendência de Geologia e Mineração de Goiás.
- Lacerda Filho, J. V., Oliveira, C. C., Valente, C. R., Lopes, R. C., Moreton, L. C., Martins, E. G., Larizzatti, J. H., Lima, T. M., Monteiro, M. A. S., Brito, M. A., Godoy, W. P. K., & Oliveira, E. S. (2006). *Mapa geológico do Estado de Mato Grosso do Sul. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil, Empresa de Gestão de Recursos Humanos e Patrimônio de Mato Grosso do Sul.
- Lamego, A. R. (Comp.). (1964). *Mapa geológico de América del Sur. Escala 1:5.000.000* [2 hojas]. Comisión del Mapa Geológico del Mundo, Dirección Nacional de Producción Mineral de Brasil.
- Lehner, B., Verdin, K., & Jarvis, A. (2008). New Global Hydrography Derived from Spaceborne Elevation Data. *Eos Transactions, AGU*, 89(10), 93-94. [Data available at: <https://www.hydrosheds.org/>]. <https://doi.org/doi:10.1029/2008EO100001>
- Matos, G. R. (2010). *Geocronologia e evolução tectônica paleo-mesoproterozoica do oriente boliviano - região sudoeste do craton amazônico* [PhD Thesis]. Universidade de São Paulo.
- Mendía, J., Zappettini, E., Marin, G., Ardolino, A., Chavez, S., Schobbenhaus, C., Lopes, R. C., & Gonçalves, J. H. (Coord.). (2011). *Sheet SG.21-Corrientes (Ar)-Asunción (Br, Py). Escala 1:1.000.000. Geological and Mineral Resources Map of South America (GIS-South America, 1:1M)*. CGMW, ASGMI, Segemar, Servicio Geológico de Brasil.
- Montes, N. E. (2020, junio 11). *Conferencia "A journey through the geology of South America"*. YouTube. <https://youtu.be/Meek4DTbKMA?si=efKHEOW9eCxf6DRt>
- Perrotta, M. M., Salvador, E. D., Lopes, R. C., D'Agostino, L. Z., Peruffo, N., Gomes, S. D., Sachs, L. L. B., Meira, V. T., Garcia, M. G. M., & Lacerda Filho, J. V. (2006). *Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:750.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Pinto, C. P., & Silva, M. A. (Coord.). (2014). *Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil, Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais.
- Posada-Swofford, A. (2019a, mayo). Composición de la geología de Sudamérica: el suelo que pisas. *Muy Interesante*, (5), 36-43.
- Posada-Swofford, A. (2019b, noviembre 25). Colombia, el nuevo hacedor de mapas. *El Tiempo*, p. 1.16. <https://bit.ly/34flikb>
- Quadros, M. L. E. S., & Rizzotto, G. J. (Coord.). (2007). *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Reed, J. C. Jr., Wheeler, J. O., & Tucholke, B. E. (2005). *Geologic Map of North America—Perspectives and explanation*. The Geological Society of America, Decade of North American Geology.

- Reis, N. J., Fraga, L. M., Faria, M. S. G., & Almeida, M. E. (2003). Geologia do Estado de Roraima, Brasil/Geology of Roraima State, Brazil. *Géologie de la France*, 2-4, 121-134.
- Sánchez Bettucci, L., Peel, E., & Oyhantçabal, P. (2010). Precambrian geotectonic units of the Río de La Plata craton. *International Geology Review*, 52, 32-50.
- Schobbenhaus, C., & Bellizia, A. (Comp.). (2001). *Mapa geológico de América del Sur. Escala 1:5.000.000*. Servicio Geológico de Brasil, Comisión del Mapa Geológico del Mundo, Dirección Nacional de Producción Mineral de Brasil, Unesco.
- Schobbenhaus, C., Gonçalves, J. H., Santos, J. O. S., Abram, M. B., Leão Neto, R., Matos, G. M. M., Vidotti, R. M., Ramos, M. A. B., & Jesus, J. A. D. (Coord.). (2004). *Carta geológica do Brasil ao milionésimo-SIG/Geological map of Brazil-GIS. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Sergeomin & Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. (2001). *Mapa geológico de Bolivia. Escala 1:1.000.000*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.
- Sernageomin. (2003). *Mapa geológico de Chile. Escala 1:1.000.000*. [Publicación geológica digital n.º 4, CD-ROM, versión 1.0]. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Silva, S. (2019, noviembre 24). Un esfuerzo de una década para lograr el primer mapa geológico de Suramérica. *El Espectador*, pp. 18-19. <https://bit.ly/3gXwwzV>
- Smith, M. J. (2024). Editorial: summary of activities 2023. *Journal of Maps*, 20(1), Art. 2351776. <https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2351776>
- Spinzi, A. M., & Moríngo Ramírez, H. (2014). *Mapa geológico del Paraguay. Escala 1:1.000.000*. Viceministerio de Minas y Energía.
- Teixeira, L. R. (Coord.). (2014). *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Thomas, W. S. (Ed.). (2004). *Meeting challenges with geologic maps*. American Geological Institute.
- United States Geological Survey. (2002). *Shuttle Radar Topography Mission, 3 Arc Second - República de Colombia, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility*. University of Maryland.
- Vasquez, M. L., Sousa, C. S., & Carvalho, J. M. A. (Coord.). (2008). *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Vieira, V. L., Silva, M. A., Corrêa, T. R., & Lopes, N. H. B. (Coord.). (2013). *Mapa geológico do Estado do Espírito Santo. Escala 1:400.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Wildner, W., Camozzato, E., Toniolo, J. A., Binotto, R. B., Iglesias, C. M. F., & Laux, J. H. (Coord.). (2014). *Mapa geológico do Estado de Santa Catarina, escala 1:500.000*. Servicio Geológico de Brasil.
- Wildner, W., Ramgrab, G. E., Lopes, R. C., & Iglesias, C. M. F. (Coord.). (2006). *Mapa geológico do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000*. Servicio Geológico de Brasil.