

Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia

Jorge GÓMEZ TAPIAS¹
Álvaro NIVIA GUEVARA²
Nohora Emma
MONTES RAMÍREZ³
María Fernanda
ALMANZA MELÉNDEZ⁴
Fernando Alirio
ALCÁRCEL GUTIÉRREZ⁵
César Augusto
MADRID MONTOYA⁶

Resumen

El MGC resume la información geológica superficial del territorio colombiano. Para su elaboración, se integraron y generalizaron los mapas geológicos a escala 1:100 000 publicados por el SGC, y la armonización fue controlada usando imágenes de satélite Landsat T. M. y radar, así como las imágenes de relieve sombreado generados con el MDE de 30 m de resolución de la NASA SRTM. Las unidades representadas se definieron de acuerdo a un sistema clasificatorio cronolitoestratigráfico.

El MGC ha sido compilado usando ArcGIS 9.3.1 y el modelo de datos se diseñó e integró en una *File Geodatabase* corporativa que usa Oracle 10g y ArcSDE 8.3 para el manejo de los datos.

La edición 2015 del MGC trae como novedades: (i) 120 mapas geológicos nuevos a escala 1:100 000 publicados por el SGC; (ii) el mapa base oficial del IGAC en el sistema de coordenadas MAGNA; (iii) actualización con los artículos científicos publicados desde diciembre 2005 hasta octubre de 2014; (iv) el "Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth"; (v) mejoras en los trazos y cinemática de las fallas con datos de interpretaciones sísmicas del subsuelo; (vi) armonización con los mapas geológicos de Brasil y Perú; (vii) ajustes en las interpretaciones del MGC producto de la retroalimentación en las discusiones durante las presentaciones en más de 30 congresos nacionales e internacionales; (viii) los vectores de movimiento de GPS 2014 del Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe; (ix) colores y edades de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2013; (x) tramados de las UC creados a partir de una fuente y (xi) el MGC y el AGC como un mosaico de imágenes en Google Earth.

Palabras clave: mapa geológico, SIG, unidades cronoestratigráficas, terrenos geológicos.

Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N.E., Almanza, M.F., Alcárcel, F.A. & Madrid, C.A. 2015. Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 33, p. 9–33. Bogotá.

¹ mapageo@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Bogotá D. C., diagonal 53 n.º 34–53,
oficina 210, teléfono + 57 1 2200204

² anivia@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Cali, carrera 98 n.º 16–00 predios
UNIVALLE Meléndez

³ nmontes@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Bogotá D. C., diagonal 53 n.º 34–53,
oficina 210, teléfono + 57 1 2200232

⁴ mfalmanza@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Bogotá D. C., diagonal 53 n.º 34–53,
oficina 210, teléfono + 57 1 2200200,
extensión 3023

⁵ falcarcel@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Bogotá D. C., diagonal 53 n.º 34–53,
oficina 210, teléfono + 57 1 2200200,
extensión 2447

⁶ cmadrid@sgc.gov.co
Servicio Geológico Colombiano
Dirección de Geociencias Básicas
Bogotá D. C., diagonal 53 n.º 34–53,
oficina 210, teléfono + 57 1 2200200,
extensión 3024

En la página anterior:
Planchas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del
Atlas Geológico de Colombia 2015, a
escala 1:500 000.

Introducción

El Mapa Geológico de Colombia es un proyecto continuo del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que inició en 2002 con el objetivo de realizar la versión digital del mapa geológico del país. Una primera edición fue publicada en 2007 y una segunda edición 2015 se entrega junto con esta publicación especial. **Las 11 novedades que trae la nueva edición del MGC serán diferenciadas con una numeración romana en minúscula y entre paréntesis.**

El proyecto tiene como principales productos el Mapa Geológico de Colombia (MGC) a escala 1:1 000 000, el *Geological Map of Colombia* (GMC) a escala 1:1 000 000 y las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia (AGC) a escala 1:500 000. Cuando en el artículo hagamos referencia al MGC, intrínsecamente nos referimos también al GMC y al AGC.

Un mapa geológico es un documento de referencia a la vez científico y pedagógico en el que se muestra sobre un mapa topográfico la distribución de las rocas, los materiales superficiales no consolidados y las estructuras que los deforman. En la representación de estos rasgos se utilizan colores y tramados para indicar la edad y la composición de los materiales, y se adicionan símbolos para mostrar la distribución espacial de las estructuras (p. ej. fallas y pliegues). Además del conocimiento del terreno en un punto preciso, el mapa geológico permite deducir la distribución de los materiales a profundidad a partir de la información superficial.

En otras palabras, un mapa geológico es una representación de la geología de un área que tiene un profundo efecto sobre muchos aspectos, desde la forma como evoluciona el paisaje hasta el tipo de vegetación que mejor crece sobre los materiales geológicos, desde la disponibilidad de agua subterránea hasta la presencia de minerales útiles, desde la cantidad de movimiento sufrido durante un terremoto hasta la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, etc. Desde el punto de vista académico, es un documento fundamental ya que a partir de la información de un mapa geológico se puede interpretar la evolución de la Tierra. Por lo tanto, es indispensable para todos aquellos interesados en las geociencias y en la gestión sostenible tanto de los recursos naturales como del ambiente, incluyendo en este último aspecto la evaluación de los riesgos geológicos.

El MGC se elaboró por medio de la compilación de los mapas geológicos regionales y resume a escala 1:1 000 000 la información geológica de la superficie del país. El grueso de la información lo constituye la cartografía publicada por el SGC, y donde ésta no existía, se tuvieron en cuenta también mapas geológicos inéditos incluidos en informes de convenios internacionales de cooperación bilateral, de la industria petrolera y de consultores independientes. Sin embargo, debido a la heterogeneidad del paisaje colombiano que incluye sitios inaccesibles de relieve pronunciado o cubiertos de selvas, existen aún vacíos en la información geológica que fue necesario completar con la interpretación de imágenes de sensores remotos. Estas circunstancias y los cambios en las políticas con las que se ha enfocado la cartografía geológica han incidido en la calidad y exactitud de la información compilada. Así, el MGC representa el estado actual del conocimiento de la distribución, de las diferentes rocas y depósitos superficiales y de las estructuras de deformación que los afectan.

Para el uso y la consulta del MGC 2015 es importante tener en cuenta que incluye cartografía geológica publicada hasta diciembre de 2013 e información geológica publicada hasta octubre de 2014.

Antecedentes

El proyecto del MGC fue concebido en los primeros meses de 2002 por iniciativa de la Subdirección de Exploración Geológica del SGC, como una revisión y actualización del Atlas Geológico Digital de Colombia versión 1.1 (cf. Forero *et al.*, 1997). Para esta tarea se estimó un tiempo

de ejecución de 8 meses; sin embargo, dicho mapa había sido compilado sobre una base topográfica a escala 1:500 000 del Mapa de Bosques de Colombia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que frente a los adelantos actuales de la cartografía digital —que incluyen la opción casi ilimitada de ampliación y la posibilidad de georreferenciación al decímetro de mapas e imágenes de sensores remotos— era una base inexacta. A esta base se habían ajustado los rasgos de la cartografía geológica publicada a escalas mayores resultando en pérdida de exactitud. Esto hizo que fuese inútil cualquier intento de actualización de la versión 1.1 del Atlas Geológico Digital de Colombia para producir un mapa del país que aprovechara los avances tecnológicos que ofrecen hoy en día los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y así optimizar la calidad de la información.

Ante esta imposibilidad de actualización del Atlas Geológico Digital de Colombia Versión 1.1 se decidió elaborar un producto completamente nuevo a partir de la integración de los mapas geológicos publicados como planchas y cuadrángulos. Para esta tarea se tuvo claro que era equivocado cambiar la base topográfica original de los mapas y que las bases incluidas en planchas y cuadrángulos tenían la exactitud necesaria para la elaboración de un producto SIG bien georreferenciado. Ante esta nueva perspectiva, fue imposible ajustarse a los cálculos optimistas de tiempo de preparación del MGC que aumentó en forma exponencial considerando que las tareas de compilación y síntesis de la información geológica por planchas y cuadrángulos, necesitó la revisión de la literatura geológica actualizada para resolver problemas que se fueron haciendo evidentes durante la compilación y se sumó la ya mencionada interpretación de los sectores sin información de cartografía geológica.

La decisión de elaborar el MGC integrando la información por planchas y cuadrángulos llevaba intrínseca la necesidad de un mapa base a escala 1:500 000 —la del Atlas Geológico Digital Versión 1.1— a la que se había decidido originalmente que fuese su publicación; sin embargo, no existía una base topográfica integrada y precisa a esta escala. En 2003 se tuvo acceso al Modelo Digital Integrado (MDI) que estaba preparando el IGAC, —que no tuvo un buen ajuste con la información correspondiente de las planchas y cuadrángulos por lo que fue descartado como mapa base— y el Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución de 90 m de la *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y distribuido por el *United States Geological Survey's* (USGS) *EROS Data Center* (USGS, 2002), que permitió ajustar el MGC en áreas donde el mapa base no era de buena precisión.

En octubre de 2006, el IGAC suministró al SGC un mapa base a escala 1:500 000 elaborado a partir del MDE de la SRTM del USGS (2004) con resolución de 30 m que finalmente se adaptó como mapa base oficial para el MGC. Durante esta adaptación se tuvo en cuenta el carácter temático del MGC y por ende la jerarquía visual en la que debía primar la información geológica, por lo que se redujo la densidad de información y se cambiaron los estilos (*styles*) del mapa base.

Compilación de información

Teniendo en cuenta que el MGC es un trabajo de compilación y síntesis, es necesario mencionar que el formato de publicación de los mapas geológicos regionales del SGC ha cambiado de acuerdo al formato de las bases topográficas publicadas por el IGAC. Los primeros mapas se publicaron en cuadrángulos (60 km de ancho × 80 km de largo) a escala 1:200 000 y se cambió a 1:100 000 a finales de los años 60, a partir de 1976 se adoptaron las planchas (60 × 40 km) representadas a escala 1:100 000 y que contienen la mitad del área de los antiguos cuadrángulos.

Para reducir la deformación de estos mapas, se utiliza la proyección conforme la transversa de Mercator, de tal forma que el país está dividido en franjas con un ancho 3° de longitud centradas en los meridianos de Greenwich 68° 04' 51,30" W, 71° 04' 51,30" W, 74° 04' 51,30" W, y 77° 04' 51,30" W. Se utiliza la intersección de esos meridianos con el paralelo de latitud 4° 35' 56,57" N, de manera que a esos puntos se les da un valor de 1 000 000 N y 1 000 000 E. Sin embargo, como las planchas de 60 km de ancho no caben entre estos husos, a lado y lado de sus límites existen franjas de planchas que tienen 47 × 40 km. A partir del 2005 con la adopción del nuevo Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA), los valores de origen de coordenadas planas cambiaron a los meridianos 68° 04' 39,0285" W, 71° 04' 39,0285" W, 74° 04' 39,0285" W y 77° 04' 9,0285" W, y al paralelo norte 4° 35' 46,3215" N.

Los mapas geológicos compilados para la elaboración del MGC, en algunos casos, representan la única información disponible e incluye trabajos cartográficos pioneros y compilaciones de información cartográfica de compañías petroleras que fueron publicados en cuadrángulos a escala 1:200 000. De estos mapas, destacamos varios cuadrángulos a escala 1:100 000 (p. ej. Ward *et al.*, 1977a; 1977b; Feininger *et al.*, 1975; Álvarez *et al.*, 1975 y Tschanz *et al.*, 1969) realizados gracias al convenio n.º 514-L-030 de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) entre el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras y el USGS. Estos mapas establecieron unas normas que se siguieron temporalmente en los trabajos de cartografía del instituto.

En el MGC se incluyeron además todas las planchas 1:100 000 que a diciembre de 2013 estaban oficializadas en el SGC y que cubren un área de cartografía geológica del 57 % del territorio colombiano. Es necesario aclarar que algunos de estos mapas se elaboraron usando y ajustando a bases escala 1:100 000, la cartografía geológica de trabajos pioneros como el de Grosse (1926), habían sido publicados sobre bases topográficas elaboradas durante los levantamientos geológicos.

Para la mitad oriental que es poco accesible en el país —Amazonia y Orinoquia— la información disponible es parcial, menos exacta o inexistente. En la Amazonia la información publicada se encuentra a escala 1:500 000 y corresponde a trabajos de interpretación de imágenes de radar con reconocimiento de campo (Galvis *et al.*, 1979). En la Orinoquia el área que no tiene toda la cartografía geológica a escala 1:100 000 fue interpretada a partir de imágenes de sensores remotos por los participantes del Proyecto MGC. Esta tarea de interpretación también se realizó en varias regiones que presentan vacíos de información tales como el Urabá chochoano; la vertiente occidental de la cordillera Occidental en los departamentos de Cauca y Nariño, y la serranía de San Lucas. Para otros sectores de difícil acceso, como el piedemonte llanero se incluyó información de Geophoto Services Inc. (1969) y para la serranía de la Macarena, información fotogeológica inédita a escala 1:50 000 (Geotec, 1971a; 1971b; 1971c; 1971d; 1971e; 1971f y 1971g).

Fuentes de información

En el Anexo 1 se muestran en blanco los mapas geológicos a diferentes escalas usados para la realización del MGC 2007 y (i) en amarillo los 120 mapas geológicos nuevos integrados en el MGC 2015. Los números en el Anexo 1 indican la referencia bibliográfica que se encuentran listados después de la gráfica.

Método de trabajo

La herramienta usada para la elaboración del MGC fue el *software* ArcMap–ArcGIS 9.3.1 de ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

El procedimiento que se usó fue convertir las capas de unidades litoestratigráficas, fallas y pliegues de un formato E00 (extensión de intercambio del *software* ArcInfo), *coverage* (ArcInfo) y *Geodatabase* (ArcGIS) a un *shapefile*; posteriormente se procedió a convertir los *shapefiles* del *datum* Bogotá a MAGNA, sistema oficial de coordenadas para Colombia adoptado por la Resolución n.º 068 del 28 de enero de 2005 y (ii) usado para la edición 2015 del MGC. Todo este proceso de migración de información georreferenciada del *datum* Bogotá al sistema MAGNA se realizó de acuerdo a los parámetros regionales de transformación establecidos por el IGAC (2004). Es de resaltar que el sistema de referencia MAGNA tiene un elipsoide asociado que corresponde con el GRS80 (*Global Reference System* 1980), equivalente al WGS84 (*World Geodetic System* 1984).

Una vez obtenidos los *shapefiles* en MAGNA se generalizaron primero a escala 1:500 000 para el AGC y después a 1:1 M para el MGC y para el GMC. Por último, los *shapefiles* se migraron a un *Feature Dataset* de la *File Geodatabase* que contiene el mapa geológico integrado que se denominan **agc2015.gdb** para el AGC, **mgc2015.gdb** para el MGC y **gmc2015.gdb** para el GMC.

Una tarea que requirió especial atención durante el proceso de integración digital de la información fue la unión o continuación de rasgos geológicos en los límites entre los mapas compilados, donde es común que estos rasgos presentaran desfases. Las herramientas del ArcMap–ArcGIS permiten desplegar, superponer y así comparar simultáneamente la información cartográfica compilada con las imágenes de sensores remotos, mientras las imágenes de relieve sombreado facilitaron la localización apropiada de estructuras y unidades cartográficas en los empalmes. Durante el control de estos empalmes se utilizaron imágenes ortocorregidas INTERA de 1992, imágenes Landsat *Tematic Mapper* (TM) e imágenes de relieve sombreado. Estas imágenes de relieve sombreado y su combinación con imágenes Landsat TM permitieron, además, controlar la calidad de la información compilada gracias a que son imágenes que resaltan los rasgos geomorfológicos.

Las imágenes de relieve sombreado —tienen un efecto tridimensional que proporciona una sensación de relieve visual— fueron generadas en ArcScene 9.3.1 con la herramienta *hillshade* a partir del MDE de 30 m de resolución de la STRM (USGS, 2004). Como los rasgos topográficos en Colombia tienen principalmente una dirección N–NE, se usó una combinación de dos imágenes de relieve sombreado (agrupadas), una creada con una iluminación con un azimut de 45°, una altitud para el sol de 45° y una transparencia de 50 % superpuesta a otra creada con una iluminación con un azimut de 315°, una altitud para el sol de 45° y sin transparencia. Esta configuración permite una excelente visualización de los rasgos geomorfológicos para gran parte del territorio colombiano.

En los sectores donde se observó que no existía correspondencia entre rasgos fisiográficos y la distribución de las unidades rocosas o las estructuras indicadas en los mapas, se corrigió la información de acuerdo a las imágenes de relieve sombreado e imágenes Landsat TM. Durante la integración y síntesis de la información compilada, la edición se realizó de tal forma que el despliegue visual óptimo fuese a escalas 1:1 000 000 y 1:500 000, que son las escalas de publicación del MGC y AGC, respectivamente.

Desde el inicio del Proyecto MGC se ha venido compilando la información geológica publicada sobre Colombia en revistas científicas nacionales e internacionales; libros; tesis de pregrado, maestría y doctorado; memorias de congresos nacionales e internacionales de geología; informes producidos por instituciones como la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) o inéditos del SGC y mapas geológicos de los países fronterizos. Estos trabajos se almacenaron en medio físico para su rápida consulta y la cita bibliográfica se integró a una base de datos en EndNote X4. El MGC 2007 incluyó información publicada hasta diciembre de 2005 y el (iii) MGC 2015, información geológica publicada desde diciembre de 2005 hasta octubre

de 2014, y que incluye los datos geocronológicos de Martens *et al.* (2014).

Con todas estas publicaciones se actualizó el mapa en los siguientes aspectos:

1. Las edades de las unidades ígneas y metamórficas del mapa se actualizaron con los datos geocronológicos del (iv) “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth” (Gómez *et al.*, 2015) creado con este objetivo, principalmente edades Ar⁴⁰-Ar³⁹ y U-Pb (*Sensitive High-Resolution Ion Microprobe*, SHRIMP y *Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*, LA-ICP-MS) publicadas recientemente. En este sentido fueron invaluable los trabajos de Priem *et al.* (1989), Restrepo Pace *et al.* (1997), Ordóñez Carmona (1997), Ordóñez Carmona (2001), Cordani *et al.* (2005), Vinasco *et al.* (2006), Cardona *et al.* (2010), González (2010), Leal Mejía (2011), Restrepo *et al.* (2011), Villagómez *et al.* (2011) y Martens *et al.* (2014). El Catálogo se incluye como un *Feature Dataset* (denominado *CatálogoRadiome-Col*) en la *File Geodatabase* del MGC 2015.
2. (v) Con los datos de las interpretaciones sísmicas del subsuelo se mejoraron trazos de las fallas, así como la nomenclatura y tipo de falla, en la edición del MGC 2015 (p. ej. Barrero *et al.*, 1998; López & Barrero, 2003; Cortés, 2004 y Restrepo Pace *et al.*, 2004).
3. Se actualizaron las edades de las unidades sedimentarias con los reportes de macro y microfósiles (p. ej. Grösser & Prössl, 1991; Prössl & Grösser, 1995; Angiolini *et al.*, 2003; Dueñas & Césari, 2005; Wesselingh *et al.*, 2006; Latrubesse *et al.*, 2010 y Arango *et al.*, 2011).
4. Para el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia se evaluó el marco geotectónico propuesto para muchas áreas del territorio colombiano. Se destacan los trabajos de Etayo Serna *et al.* (1969), Kroonenberg (1982), Priem *et al.* (1989), Forero (1990), Toussaint (1993), Maya & González (1995), Ordóñez Carmona (1997), Nivia (1987), Kerr *et al.* (1997), Tassinari & Macambira (1999), Kerr *et al.* (2002), Ordóñez Carmona (2001), Sarmiento (2001), Gómez *et al.* (2003), Cordani *et al.* (2005), Gómez *et al.* (2005a, 2005b), Vinasco *et al.* (2006), Mora *et al.* (2009), Weber *et al.* (2009), Cardona *et al.* (2010), Horton *et al.* (2010), Parra *et al.* (2010), Weber *et al.* (2010), Villagómez *et al.* (2011), Leal Mejía (2011), Restrepo *et al.* (2011), Ibáñez Mejía *et al.* (2011), Bayona *et al.* (2012), Saylor *et al.* (2012) y Martens *et al.* (2014).

Se vienen realizando las planchas NA.-19, NB.-19 y SA.-19 por parte del Servicio Geológico de Brasil (CPRM), el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET) y el SGC, en el marco de la realización del Mapa Geológico de Suramérica y de Recursos Minerales de Sur América a escala 1:1 M, bajo la coordinación del Dr. Carlos SCHOBENHAUS del CPRM y el geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS del SGC, y que viene realizando la Subcomisión para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) con el auspicio del Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanas (ASGMI). Este trabajo, ha permitido realizar la armonización de los mapas geológicos de Brasil, Colombia y Perú con la ayuda de imágenes Geocover de la NASA y mapas aeromagnetométricos y aerogamaspectrométricos durante tres talleres interdisciplinarios realizados en la Universidad de Tabatinga en Brasil el 1 y 2 de octubre de 2009, el 10 y 11 de agosto de 2010 y el 30 de noviembre, y el 1 de diciembre de 2011. (vi) Dicha información y retroalimentación con los equipos de Perú y Brasil fue incluida en la edición del MGC 2015.

McLelland (2006) en *The Nature of Science and the Scientific Method* señala que “Las explicaciones científicas siempre deben hacerse públicas, ya sea en forma impresa o presentadas en reuniones

científicas” indicando que la **evaluación** por parte de la comunidad científica es la parte final del método científico. De acuerdo con esta recomendación, el MGC ha tenido una amplia divulgación, siendo presentado en más de 30 eventos formales e informales, como en universidades y en congresos nacionales (p. ej. Gómez *et al.*, 2005c; Gómez *et al.*, 2009; y Gómez & Montes, 2011) e internacionales de geología (p. ej. Gómez *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2008; y Gómez *et al.*, 2012).

Durante esta divulgación han surgido importantes discusiones y valiosos aportes que han permitido detectar edades mal asignadas a algunas unidades e interpretaciones erróneas. (vii) Estos valiosos aportes, en los que los autores del MGC han estado de acuerdo debido a la contundencia de los datos (p. ej. edad triásica de las rocas metamórficas de la cordillera Central, considerada como pre-Ordovícico en el MGC 2007), se corrigieron en la versión que se entrega en el 2015.

Finalmente, cuando se ha encontrado dificultad en tomar una decisión debido a la ambigüedad y antagonismo de los datos compilados se han realizado, a octubre de 2014, **370 días de campo** a diversas partes del país que han permitido resolver algunos de estos problemas geológicos y han contribuido a tomar decisiones, muestras para geocronología y encontrar localidades fosilíferas nuevas que han aportado valiosos datos. Se espera publicar estas contribuciones en los próximos años. En ese mismo sentido, durante el XIV Congreso Latinoamericano de Geología y el XIII Congreso Colombiano de Geología, se realizó la excursión geológica denominada **Corte geológico de los Andes colombianos a los 4° de latitud norte (Villavicencio-Buenaventura)** realizada del 22 al 27 de agosto de 2011, con la colaboración del Dr. Darío BARRERO LOZANO geólogo consultor senior y el Dr. Eduardo LÓPEZ RAMOS de Ecopetrol.

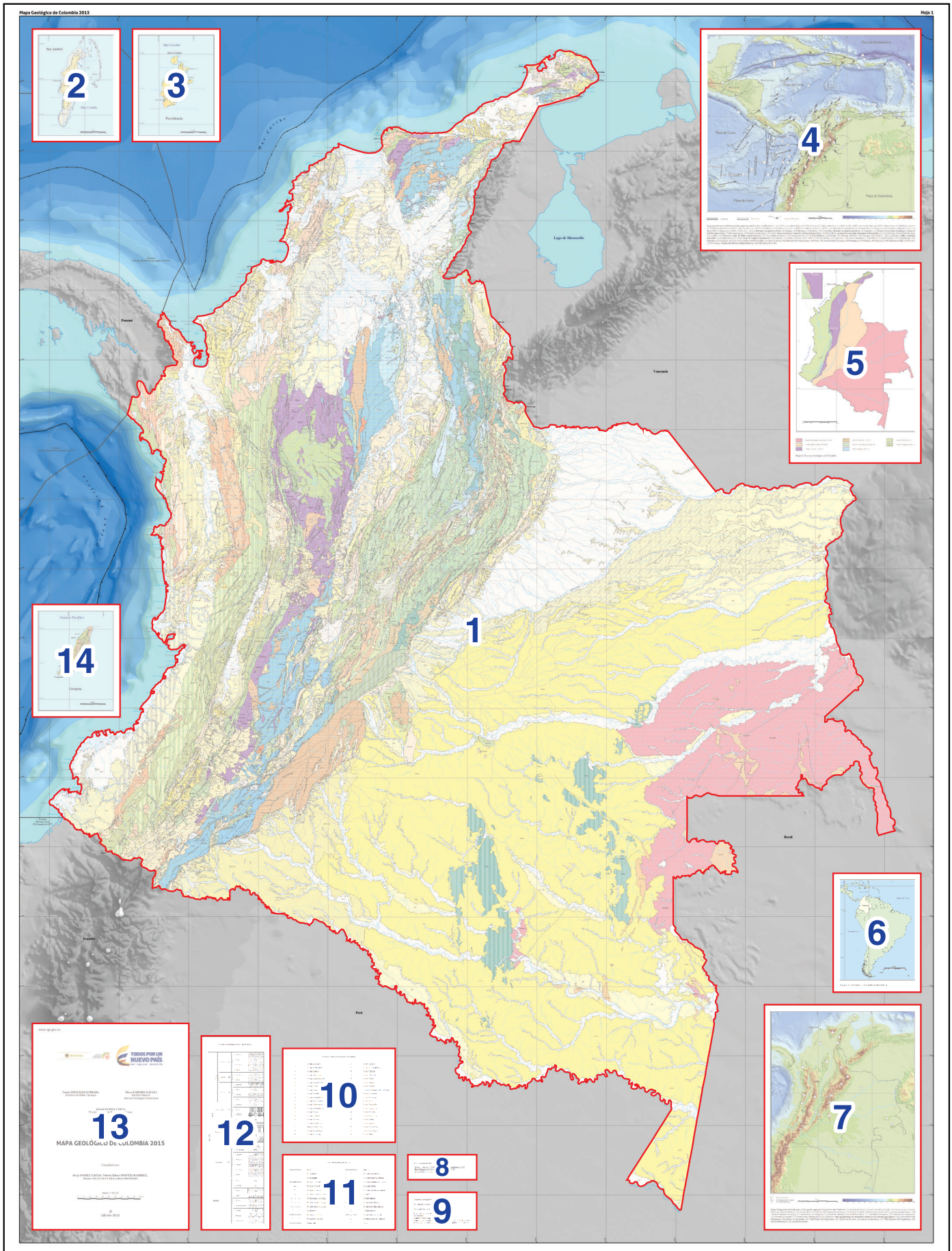
Filosofía y diseño del MGC

Para la elaboración del MGC se ha desarrollado una metodología propia que refleja las características y la historia de la cartografía de Colombia, y que se ha complementado con elementos de otros servicios geológicos del mundo.

El MGC consiste en dos hojas: la hoja 1 es el mapa y la hoja 2 corresponde a la leyenda. La primera contiene como elemento principal el mapa geológico en sí mismo, con los territorios insulares que obedeciendo a la distancia que los separa de la parte continental y a su pequeña extensión, se incluyen en recuadros a escala 1:100 000 (Figura 1). Además, en esta hoja se incluye el formato en el que se indican los autores corporativos e intelectuales, el recuadro del Mapa de Localización de Colombia en Suramérica y otros recuadros que facilitan la lectura del mapa. Estos recuadros son: el Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe; el Mapa Fisiográfico de Colombia, que muestra los rasgos fisiográficos principales y la localización de sitios geográficos de referencia común en los estudios geológicos, y el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, propuesta realizada con base en la información geológica compilada para el MGC y la valoración de los datos geocronológicos



Figura 1. Recuadros diseñados para el *template* de la hoja 1 del Mapa Geológico de Colombia. (1) Mapa Geológico de Colombia, (2) Mapa Geológico de San Andrés, (3) Mapa Geológico de Providencia, (4) Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe, (5) Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, (6) Mapa de Localización de Colombia en Suramérica, (7) Mapa Fisiográfico de Colombia, (8) cita recomendada, (9) fuentes cartográficas del mapa base, (10) volcanes cuaternarios de Colombia, (11) convenciones geológicas, (12) criterios litológicos de codificación, (13) formato y (14) Mapa Geológico de Gorgona.



realizada con el “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth”. Finalmente, como información adicional se incluyen recuadros donde se indican las convenciones geológicas utilizadas en la descripción de las estructuras geológicas y los volcanes cuaternarios de Colombia (Figura 1).

El Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe a escala 1:5 000 000 se realizó usando un MDE en el que se localizaron los principales rasgos tectónicos del área del Caribe, y para Colombia se incluyeron las principales fallas representadas en el MGC. Entre los trabajos que se compilaron para la realización de este esquema, los más relevantes fueron: Hey (1977), Lonsdale & Klitgord (1978), Case *et al.* (1984), Adamek *et al.* (1988), Hardy (1991), Zamora & Litherland (1993), Meschede *et al.* (1998), Gutscher *et al.* (1999), Audemard *et al.* (2000), Barckhausen *et al.* (2001), MacMillan *et al.* (2004), Giunta *et al.* (2006) y Escuder Viruete *et al.* (2006). Los valores de los vectores de movimiento relativo de las placas del mapa se tomaron a partir de los datos GPS suministrados por el Proyecto Geored del SGC (<http://geored.sgc.gov.co/>) y Protti *et al.* (2012). (viii) Los vectores de GPS, actualizados a diciembre de 2014, se graficaron teniendo en cuenta la magnitud y el azimut, a partir de los datos de 57 estaciones que fueron adaptadas al Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF de 2005.

La hoja 2 contiene una descripción de las unidades cronoestratigráficas (UC), acompañada de una corta descripción de las rocas o depósitos inconsolidados que componen estas unidades (Figura 2). Los elementos que contienen estas descripciones están organizados de acuerdo a la edad de formación de los materiales, de tal forma que los más recientes se encuentran en la parte superior de la hoja. Para ilustrar mejor la organización, se reprodujo en la margen izquierda de la hoja la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) realizada por el Comité Estratigráfico Internacional (Cohen *et al.*, 2013) y que es reproducida en la Figura 3. Para una explicación detallada de la TCI ver Gradstein *et al.* (2012).

Las unidades representadas en el mapa se definieron siguiendo un esquema clasificatorio mixto cronoestratigráfico-litoestratigráfico para el cual se han utilizado 3 criterios: edad, litología y terreno geológico.

En este esquema de clasificación se separaron las rocas de los depósitos no consolidados como diferentes tipos de materiales. Estos últimos se dividieron de acuerdo al tipo de depósito en: aluvión, de terraza, de abanico, paludal, morrénico, de caída de cenizas, de dunas, de costas y volcánoclastico. Por su parte, las rocas fueron representadas según la clasificación principal en: ígneas, metamórficas y sedimentarias, y se consideraron las rocas volcánoclasticas como un tipo adicional.

Las rocas ígneas se separaron de acuerdo a su composición (ultramáficas, máficas, intermedias y félsicas) y ambiente de formación (plutónicas, hipoabisales y volcánicas). En tanto que las rocas metamórficas se dividieron de acuerdo al grado de metamorfismo en muy bajo, bajo, medio y alto grado (*sensu* el Mapa Geológico de Suramérica de Schobbenhaus & Bellizia, 2001; el Mapa Internacional de Europa y Mapa Geológico de las Áreas Adyacentes de Europa de Asch, 2005), y alta presión. Una excepción fue realizada con los mármoles que fueron diferenciados porque ocurren en varios grados de metamorfismo y por su importancia económica.

Para las rocas sedimentarias y volcánoclasticas se indicó si el ambiente principal de acumulación fue marino, transicional y continental. Como ambiente transicional se consideran las llanuras deltaicas, pantanos costeros, llanuras intermareales y abanicos costeros. Por motivos de la extensión del afloramiento y de

la escala a la que se presenta la información, se tomaron algunos intervalos estratigráficos que abarcan ambientes diversos, por eso fue necesario crear divisiones dentro del esquema de clasificación que considerara la unión de varios ambientes (continental-transicional, continental-transicional-marino y transicional-marino).

(ix) Con respecto a los colores con los que se muestra la edad de las unidades, en el MGC se empleó la clasificación y los valores (Red Green Blue, RGB) establecidos por la *Commission for the Geological Map of the World* (Pellé, 2008). Para facilitar la identificación de las UC y así la lectura del mapa se diseñó un tramado para cada tipo de roca y ambiente principal de formación de rocas y depósitos (Figura 4). La mitad de los tramados fueron tomados de FGDC (2006) y vienen por defecto en ArcGIS, y la otra mitad fueron creados por el equipo compilador del SGC. Los tramados del MGC y el AGC son los mismos, la diferencia real de los mismos es el tamaño de los tramados. Así, cada unidad está representada por un color que corresponde a su edad, un tramado que representa su litología y por extensión su ámbito de formación.

(x) Para una mejor visualización, los tramados fueron creados en Corel Draw 14 y exportados a una fuente denominada Tramado_MGC.TTF (*True Type Font*) que se carga en ArcGIS para generar los tramados. Esta metodología fue adaptada del Mapa Geológico de Norteamérica (Reed *et al.*, 2005a) y tiene la ventaja de que el despliegue del mapa en ArcGIS es más rápido, se reduce el tiempo de impresión en un 80 % y el mapa tiene una salida gráfica más nítida, tanto en papel como el formato PDF.

Adicionalmente, para ayudar a identificar las UC se les asignó un código que se forma por la notación (Remane, 2000 y Figura 3): edad geocronológica separada por un guión de un acrónimo que indica el tipo de roca y su ambiente de formación. El tipo de roca principal se indica con una letra mayúscula (V: volcánica, H: hipoabisal, P: plutónica, VC: volcánoclastica, S: sedimentaria y M: metamórfica) seguido de una letra minúscula que representa su composición, grado de metamorfismo o ambiente de acumulación según se trate de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias respectivamente (p. ej. u: ultramáfica, bg: bajo grado de metamorfismo, ct: continental-transicional). El siguiente es un ejemplo donde se ilustra esta forma de notación:

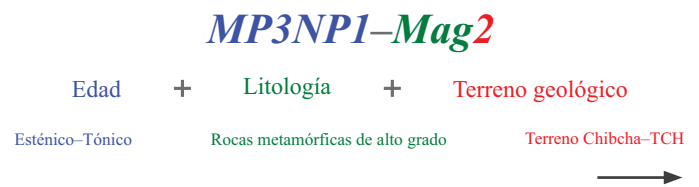


Figura 2. Diseño de la hoja 2 —leyenda del MGC 2015—. A la izquierda se reprodujo la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) 2013. La hipótesis de trabajo, que considera la formación de la corteza en Colombia como consecuencia de varios eventos de acreción sucesivos, se usó para diseñar la leyenda en fondo gris sobre la que se distribuyeron las unidades cronoestratigráficas (UC), de acuerdo a su edad y a la relación que tuvieron durante los eventos tectónicos. Como ejemplo, se ampliaron 4 UC con la respectiva descripción de las rocas o los depósitos que las componen. Destáquense los mapas de localización en el extremo inferior izquierdo de cada terreno, del que se ampliaron 3 como ejemplo. (PRNJ) Provincia Río Negro–Jurueña, (TCH) Terreno Chibcha, (TT) Terreno Tahamí, (TA) Terreno Anacona, (TQ) Terreno Quebradagrande, (TAR) Terreno Arquía, (TC) Terreno Caribe y (TLG) Terreno La Guajira.

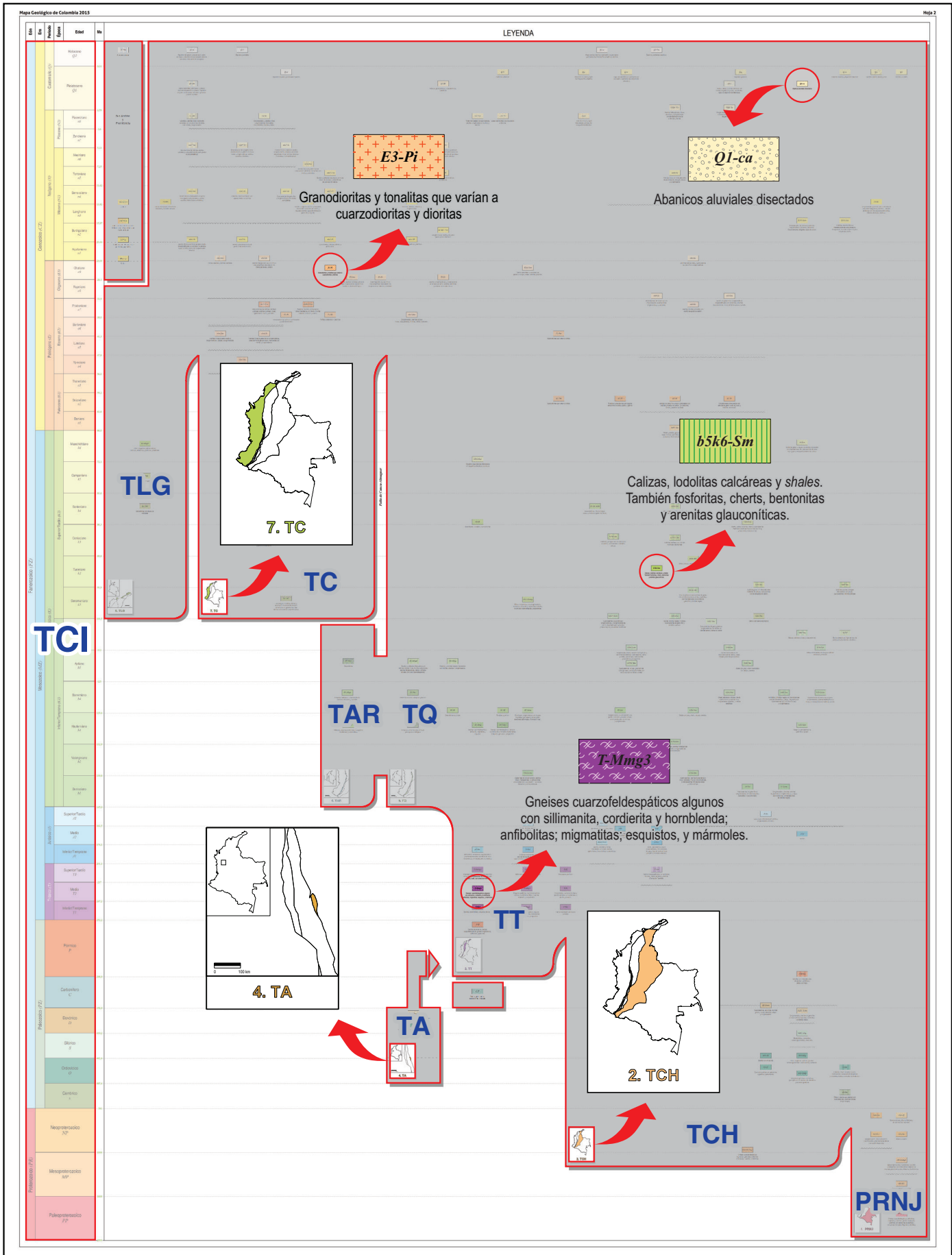


Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2013 Comisión Estratigráfica Internacional

Enotema Eón	Eratema/Era	Sistema Período	Serie Época	Piso Edad	Edad Ma	GSSP	Notación Piso	Notación Serie	Notación Sistema				
Fanerozoico FZ	Cretácico	Cretácico	Superior/Tardío	Turoniano	93.9	↘	K1	K					
				Campaniano	83.6±0.2	↘	K2						
				Santoniano	86.3±0.5	↘	K3						
				Coniaciano	89.8±0.3	↘	K4						
				Maastrichtiano	72.1±0.2	↘	K5						
				Daniano	66.0	↘	K6						
				Rupeliano	28.1	↘	K7						
				Priaboniano	33.9	↘	K8						
				Bartolomiano	38.0	↘	K9						
				Lutetiano	41.3	↘	K10						
				Ypresiano	47.8	↘	K11						
	Paleógeno	Paleógeno	Eoceno	Thanetiano	56.0	↘	E3	E					
				Selandiano	59.2	↘	E2						
				Ypresiano	51.6	↘	E1						
				Daniano	66.0	↘	E0						
				Chattiano	23.03	↘	E4						
				Aquitano	20.44	↘	E5						
				Burdigaliano	20.44	↘	E6						
				Langhiano	13.82	↘	E7						
				Serravaliano	11.62	↘	E8						
				Tortoniano	7.246	↘	E9						
Cenozoico CZ	Cenozoico CZ	Neógeno	Mesiniense	5.333	↘	N2	N						
			Zandariano	3.600	↘	N1							
			Plioceno	2.588	↘	N0							
			Gasaliano	1.806	↘	N3							
			Calabriano	0.781	↘	N4							
			Medio	0.126	↘	N5							
			Superior/Tardío	0.0117	↘	N6							
			Mesozoico MZ	Mesozoico MZ	Jurásico	Turoniano			93.9	↘	J7	J	
						Titoniano			~145.0	↘	J8		
						Kimeriense			152.1±0.9	↘	J9		
Oxfordiano	157.3±1.0	↘				J10							
Caloviense	163.5±1.0	↘				J11							
Batoniense	166.1±1.2	↘				J12							
Bajociano	168.3±1.3	↘				J13							
Aaleniano	170.3±1.4	↘				J14							
Toarciano	174.1±1.0	↘				J15							
Pliensbachiense	182.7±0.7	↘				J16							
Triásico	Triásico	Superior/Tardío	Sinemuriense	199.3±0.3	↘	T1	T						
			Heracliano	190.8±1.0	↘	T2							
			Rettiano	201.3±0.2	↘	T3							
			Norianense	~208.5	↘	T4							
			Carniense	~227	↘	T5							
			Ladiniano	~237	↘	T6							
			Anisiano	~242	↘	T7							
			Oberiano	247.2	↘	T8							
			Indriano	251.2	↘	T9							
			Indriano	252.17±0.06	↘	T10							

Enotema Eón	Eratema/Era	Sistema Período	Serie Época	Piso Edad	Edad Ma	GSSP	Notación Piso	Notación Serie	Notación Sistema						
Fanerozoico FZ	Paleozoico PZ	Paleozoico PZ	Cambrio	Fortuniano	~529	↘	F1	S							
				Piso/Etad 2	~521	↘	F2								
				Piso/Etad 3	~514	↘	F3								
				Serie/Epoca 2	~509	↘	F4								
				Serie/Epoca 3	~500.5	↘	F5								
				Guangiano	~494	↘	F6								
				Palbano	~489.5	↘	F7								
				Jiangshaniense	~494	↘	F8								
				Piso/Etad 5	~509	↘	F9								
				Piso/Etad 4	~514	↘	F10								
				Piso/Etad 3	~521	↘	F11								
				Piso/Etad 2	~529	↘	F12								
				Fortuniano	~529	↘	F13								
				Ordovícico	Ordovícico	Superior/Tardío	Medio			Interior/Temporano	477.7±1.4	↘	O1	O	
				470.0±1.4	↘	O2									
				467.3±1.1	↘	O3									
				458.4±0.9	↘	O4									
				453.0±0.7	↘	O5									
				445.2±1.4	↘	O6									
				443.4±1.5	↘	O7									
				438.5±1.1	↘	O8									
				434.4±0.8	↘	O9									
				430.5±0.7	↘	O10									
				427.4±0.5	↘	O11									
				423.0±0.3	↘	O12									
				Silurico	Silurico	Ludlow	Wenlock			423.0±0.3	↘	S1	S		
				419.2±3.2	↘	S2									
				418.8±2.8	↘	S3									
				417.2±1.6	↘	S4									
				382.7±1.6	↘	S5									
				387.7±0.8	↘	S6									
				393.3±1.2	↘	S7									
				407.6±2.6	↘	S8									
				410.8±2.8	↘	S9									
				419.2±3.2	↘	S10									
				423.0±0.3	↘	S11									
425.6±0.9	↘	S12													
427.4±0.5	↘	S13													
430.5±0.7	↘	S14													
434.4±0.8	↘	S15													
438.5±1.1	↘	S16													
440.8±1.2	↘	S17													
443.4±1.5	↘	S18													
445.2±1.4	↘	S19													
453.0±0.7	↘	S20													
458.4±0.9	↘	S21													
467.3±1.1	↘	S22													
470.0±1.4	↘	S23													
477.7±1.4	↘	S24													
485.4±1.9	↘	S25													
489.5	↘	S26													
494	↘	S27													
500.5	↘	S28													
509.5	↘	S29													
514	↘	S30													
521	↘	S31													
529	↘	S32													
541.0±1.0	↘	S33													

Enotema Eón	Eratema Era	Sistema Período	Edad Ma	GSSP	Notación Era	Notación Eón
Precámbrico Pe	Eoarcano	Eoarcano	4000	↘	HA	HA
			3600	↘	EA	
			3200	↘	PA	
			2800	↘	MA	
			2500	↘	NA	
			2300	↘	PP1	
			2150	↘	PP2	
			1800	↘	PP3	
			1600	↘	MP1	
			1400	↘	MP2	
			1200	↘	MP3	
			850	↘	NP1	
635	↘	NP3				

La definición del Estratipo Global de Límite (GSSP-Global Boundary Stratotype Section and Point) para la base de los diversos pisos, series, sistemas y eratemas, es un proceso que aún no ha sido completado. Tampoco para los estratopos de límite de las unidades del Arcaico y Proterozoico, cuya división inicial se fundamentó en una convención de edades absolutas (GSSA-Global Standard Stratigraphic Ages). Los GSSP oficiales se marcan con el símbolo del Clavo Dorado (Golden Spike), que también los materializa en el terreno.

La datación absoluta en millones de años (Ma) para la base del Ediacárico y del resto de unidades del Fanerozoico, es sólo orientativa, en especial para aquellos límites sin GSSP formal (-Ma). Los valores de edades usados para todos los sistemas excepto el Triásico, Cretácico y Precámbrico se tomaron de *A Geologic Time Scale 2012* de Gradstein et al. (2012); exceptuando las dataciones del Pérmico, Triásico y Cretácico, aportadas por las subcomisiones respectivas de la ICS-IUGS.

Los colores y notaciones son las definidas por la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (www.cgmw.org).

La carta e información detallada de los GSSP ratificados están disponibles en el website <http://www.stratigraphy.org>.

La tabla fue diseñada por K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard © International Commission on Stratigraphy, versión de enero de 2013.





Figura 3. Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2013. Esta versión fue realizada usando el diseño y las notaciones de la Tabla Estratigráfica Internacional de Remane (2000); los colores de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (Pellé, 2008), y las unidades cronoestratigráficas y sus respectivos límites (los *Global Boundary Stratotype Section and Points* [GSSP], las *Global Standard Stratigraphic Ages* [GSSA] y las edades absolutas de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional de Cohen *et al.*, 2013). Adaptada de la traducción realizada por Etayo Serna *et al.* (1983), de uso común en todas las publicaciones científicas de Colombia, y complementada con la de Gutiérrez Marco *et al.* (2013).

La asignación de este código de edad dependió del conocimiento geocronológico de cada unidad, por esto en aquellas donde el estado actual del conocimiento es muy pobre se asignó el código para su era de formación (p. ej. *PZ-Sm* corresponde a rocas sedimentarias marinas del Paleozoico). Cuando los datos geocronológicos permiten establecer de manera precisa la edad de las rocas su notación se especificó a nivel de edades (p. ej. *b2-Vf* para rocas volcánicas félsicas del Valanginiano). Cuando estos datos geocronológicos muestran un intervalo de edades se indicaron sus límites (p. ej. *k5E1-Stm* indica rocas sedimentarias de ambientes transicionales y marinos, y edad campaniana a paleocena) y cuando las edades no se habían establecido correctamente o eran dudosos la incertidumbre se indicó con signos de interrogación (p. ej. *b5?k6-Sctm* indica rocas sedimentarias acumuladas en ambientes continentales, transicionales y marinos entre posiblemente el Aptiano y el Maastrichtiano; *nI?n5?-VCc* se aplicó a rocas volcanoclásticas acumuladas en ambientes continentales posiblemente entre el Aquitaniano y el Tortoniano).

Cuando el acrónimo está acompañado por un dígito este representa el terreno geológico (p. ej., *K2-Vm7* se asignó a las rocas volcánicas de composición máfica del Terreno Caribe). Por terreno geológico se acepta la definición tomada de Neuendorf *et al.* (2005): “Un cuerpo de roca limitado por fallas de extensión regional, caracterizado por tener una historia geológica diferente a los terrenos contiguos. Un terreno geológico es generalmente considerado como un fragmento alóctono discreto distinto de corteza continental u oceánica adicionada a un cratón en una margen activa por acreción”.

La propuesta del Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia (Figura 5) se realizó con base en la información geológica compilada para el MGC y el “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth” (Gómez *et al.*, 2015). En este, 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–Jurruena *sensu* Tassinari & Macambira (1999). Esta hipótesis de trabajo, que considera la formación de la corteza en Colombia como consecuencia de varios eventos de acreción sucesivos, se usó para diseñar un fondo gris en la hoja 2 de la leyenda sobre el que se distribuyeron los elementos que contienen las descripciones de las unidades, de acuerdo a la relación que tuvieron durante los eventos tectónicos (Figura 2).

Finalmente, cuando se usa la letra ρ (ro) indica que la unidad cronoestratigráfica se puede asignar a cualquier período de tiempo posterior a esta edad (p. ej., $\rho T-Sm$ se asignó a las rocas sedimentarias marinas con una edad postríasica).

Desarrollo del proyecto

El proceso de compilación del MGC por cuadrángulos y planchas geológicas se completó en el 2007, y en diciembre de 2014 se fina-

lizó la edición que se entrega en el 2015. Durante este tiempo, el grupo de trabajo tuvo de 3 a 5 participantes. El proyecto ha sido coordinado por el geólogo MPhil. Álvaro NIVIA GUEVARA del 2002 al 2003 y por el geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS del 2004 al presente.

Para la compilación de la información del MGC, el país se dividió en 7 regiones y, para cada una de ellas, se integraron en archivos independientes las UC, las fallas y los pliegues que posteriormente se editaron y generalizaron. Por ejemplo, en el caso de las UC que al final de la etapa de compilación contenía 471 UC, fue necesario editar y simplificar hasta alcanzar las 169 UC en el MGC 2007, y las 187 UC que se encuentran en la edición 2015 del MGC.

En el piedemonte llanero, donde la información publicada es pobre, se buscó mejorar la información estructural con interpretación adicional de fotografías aéreas e imágenes Landsat TM (bandas 457).

Después de la entrega del MGC en su edición de 2007, el proceso de actualización del mapa ha sido continuo y para la edición de 2015 se han integrado 120 mapas geológicos nuevos a escala 1:100 000 publicados desde inicios de 2006 a diciembre de 2013.

Teniendo en cuenta la gran extensión que presentan las rocas cretácicas y su importancia como rocas fuente de hidrocarburos, se realizó un trabajo especial enfocado a mejorar los nombres de los códigos de las UC del mapa. Éste trabajo consistió en la revisión de las edades asignadas a las unidades litoestratigráficas reportadas en cada uno de los mapas incluidos en el MGC y cuál había sido su método de datación (Gaona Narváez, 2005). Además, se verificaron los intervalos de edad a los que correspondían los fósiles de amonitas en éstas unidades, y se actualizó la correlación bioestratigráfica entre unidades litoestratigráficas. Con esta información se establecieron 20 UC dentro de la secuencia de rocas cretácicas que permiten observar el carácter diacrónico de estas unidades, la variación espacio-temporal de las facies sedimentarias y, en consecuencia interpretar los movimientos de avance o retroceso del mar durante el Cretácico. Este trabajo puede ser consultado en este volumen en “El Cretácico sedimentario al este de la Falla San Jerónimo: Compilación para el Mapa Geológico de Colombia” (Gaona Narváez, 2015).

Una vez integrada la información, y con la ayuda de impresiones de borradores del mapa, se procedió a la edición digital final necesaria para convertir las innumerables líneas sinuosas o zigzagantes que resultaron de reducir 10 veces la información original, en los límites suavizados y legibles, controlados siempre con imágenes Landsat T. M. e imágenes de relieve sombreado.

Finalmente, para la lectura del mapa no son suficientes los colores y tramados utilizados en la representación de las UC, por lo que se adicionaron las anotaciones que contienen los códigos que facilitan su identificación, así como también los nombres de las principales estructuras geológicas. Estas anotaciones se ubicaron sobre el mapa, de tal forma que permitieran la identificación de cada uno de los polígonos contenidos en el mapa, pero de tal manera que no interfirieran con aquellas del mapa base, que hubo que corregir o modificar en algunas ocasiones.

El SIG del MGC

En la estructuración de la base de datos digital del MGC se diseñó un modelo de datos que además de sus características como SIG independiente para *File Geodatabase* (base de datos

Litología	Roca	Tipo de roca ígnea	Volcánica (V)	Composición	Ultramáfica	(u)
				Máfica	(m)	
				Intermedia	(i)	
				Félsica	(f)	
			Hipoabisal (H)	Composición	Intermedia	(i)
				Félsica	(f)	
			Plutónica (P)	Composición	Ultramáfica	(u)
				Máfica	(m)	
				Intermedia	(i)	
				Félsica	(f)	
			Volcanoclástica (VC)	Ambiente	Continental	(c)
					Marino	(m)
	Continental-transicional	(ct)				
	Sedimentaria (S)	Ambiente			Continental	(c)
					Transicional	(t)
					Marino	(m)
	Continental-transicional		(ct)			
	Continental-transicional-marino		(ctm)			
	Transicional-marino		(tm)			
	Metamórfica (M)	Grado de metamorfismo	Muy bajo grado	(mbg)		
Bajo grado			(bg)			
Medio grado			(mg)			
Alto grado			(ag)			
Alta presión			(ap)			
Mármol			(m)			
Depósito	Tipo de depósito	Aluvión	(al)			
		De terraza	(t)			
		De abanico	(ca)			
		Paludal	(l)			
		Morrénico	(g)			

Litología	Depósito	Tipo de depósito	De caída de cenizas	(p)
			De dunas	(e)
			De costas	(m)
			Volcanoclástico	(vc)

Figura 4. Criterios litológicos de codificación

geográfica) de ArcMap–ArcGIS, se pudiese implementar en una *Geodatabase* corporativa integrada al SIG del SGC. El SIG del MGC está soportado por una plataforma tecnológica que gestiona los datos con el motor de base de datos Oracle 10g, motor de datos espaciales ArcSDE 9.1 y ArcGIS 9.3.1 para el despliegue de la información.

Para el AGC 2007 se creó una extensión en la barra de herramientas llamada SIGER 500 dentro de ArcGIS 9.3.1, denominada SIGER 500K, que fue desarrollada en VisualBasic.Net y que debe ser instalada y conectada con la base de datos de Oracle. Este aplicativo fue desarrollado por la ingeniera de sistemas Berenice GALÁN CADENA, el geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS y el programador Guillermo MUÑOZ DUPUY. Las funcionalidades que fueron desarrolladas se muestran en la Figura 6 y se describen a continuación.

La primera función es la **Seguridad y acceso**, donde se requiere un usuario y una clave. La segunda es **Objetos espaciales**, que permite descargar información de la *Geodatabase* corporativa. La tercera es la **Administración y versionamiento**, que permite la administración y el manejo de diferentes versiones de la información contribuyendo así con las reglas y políticas de seguridad del sistema, que garantiza la integridad de los datos. La gestión de versiones facilita la creación de diferentes versiones del AGC y deja abierta la posibilidad de hacer diferentes interpretaciones geológicas o crear diferentes mapas temáticos, por ejemplo, un mapa hidrológico o un mapa de fallas cuaternarias. La cuarta es el **Despliegue**, que permite la ubicación o la visualización de un mapa como una hoja específica, también posibilita hacer un proyecto de mapa con las capas que se muestran en diferentes tamaños de papel. La quinta son los **Productos finales** que permite el despliegue, impresión de mapas finales y la exportación de los mismos. La sexta son los **Metadatos**, la séptima la **Consulta**, la octava la **Ayuda** y la novena es la **Leyenda Dinámica**.

Para explicar la funcionalidad de la Leyenda Dinámica es necesario mencionar que el AGC consiste en 26 planchas de 68 × 131 cm de ancho, de acuerdo a la división oficial de planchas establecida por el IGAC a escala 1:500 000 para Colombia (Figura 7). El *template* diseñado para el AGC 2015 tiene los siguientes elementos que también se muestran en la Figura 8.

Como el AGC 2007 es almacenado como un solo mapa y no como planchas independientes, la funcionalidad de Leyenda Dinámica permite crear la leyenda de forma dinámica y con programación de las hojas del AGC de dos formas. La primera opción permite crear las planchas de forma dinámica de acuerdo a la grilla oficial establecida por el IGAC. La segunda opción se hizo para que los usuarios pudieran crear un mapa personalizado que abarque una determinada área de interés con las coordenadas planas que requiera el usuario, pero con la limitación del tamaño del mapa de 47 × 68 cm. Los recuadros que funcionan

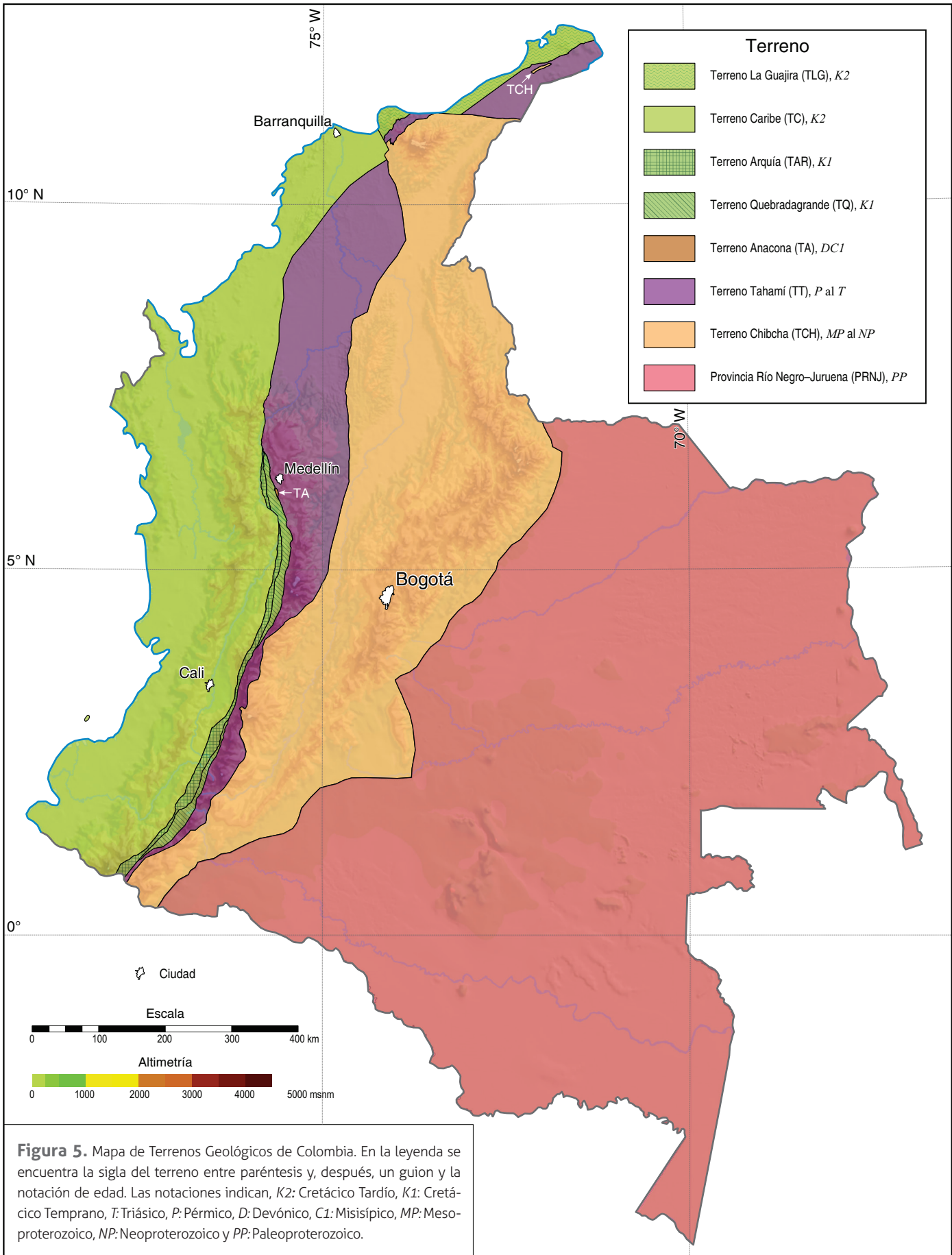




Figura 6. Funcionalidades de la Extensión Siger 500K. (1) Seguridad y acceso, (2) Objetos espaciales, (3) Versionamiento, (4) Despliegue, (5) Productos finales, (6) Metadatos, (7) Consulta, (8) Ayuda y (9) Leyenda dinámica.

de forma dinámica son el mapa, la leyenda, la descripción de las UC, el mapa índice de plancha y las fuentes de información. Por el momento, la extensión Siger 500 está disponible solo para los usuarios internos del SGC y para la versión del AGC 2007.

Para los usuarios externos se ha implementado la versión *Web* del AGC 2015 y MGC 2015 y que puede ser consultada en la página del SGC en: http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Atlas_Geologico_Colombia_2015/ y http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Geologico_Colombia_2015/.

(xi) Finalmente, para los usuarios que no disponen de ArcGIS se implementaron el AGC 2015 and MGC 2015 como un mosaico de imágenes sobrepuestas en Google Earth. Los atributos de la capa de UC se pueden desplegar debido a que esta capa está sobrepuesta a las imágenes de los mapas con un 99 % de transparencia (Figura 9). Asimismo, los volcanes de Colombia se incluyen como capas en los archivos KMZ. El AGC 2015 y el MGC 2015 en Google Earth pueden ser descargados de: http://www.sgc.gov.co/images/mapgeo/03_agc2015/KMZ/agc2015_kmz.zip y http://www.sgc.gov.co/images/mapgeo/01_mgc2015/KMZ/mgc2015_kmz.zip.

Futuras revisiones y adiciones

La nueva versión 2015 del MGC que se dio a conocer el 20 de agosto de 2015, al cumplirse los 99 años de la fundación de la Comisión Científica Nacional, ordenada por la Ley 83 de 1916 para que hiciera el estudio geológico del país. El MGC resume las labores de exploración e investigaciones geológicas realizadas desde entonces. Sin embargo, nunca antes la información fue tan accesible como hoy en día, que se encuentra implementada en un SIG. Hoy se dispone de un sistema que además de permitir su consulta, facilita de manera rápida su actualización. Nos apropiamos de las palabras de Reed *et al.* (2005b) quienes refiriéndose a las futuras revisiones y adiciones al Mapa Geológico de Norteamérica (Reed *et al.*, 2005a) enfatizan que cualquier mapa geológico se debe considerar como un trabajo en ejecución, sujeto a correcciones, así como a la revisión y adición de nueva información. 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. **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.

Consideraciones finales

✦ El MGC 2015 (SIG, PDF, TIFF y KMZ), las 26 planchas de AGC 2015 (SIG, PDF, TIFF y KMZ), el GMC 2015 (SIG, PDF y TIFF) y el Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia (SIG, KMZ y su bibliografía en ENL) se pueden descargar de forma gratuita en la siguiente URL: <http://www.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>.

- ✦ El MGC tiene una UC denominada *NP3-Sm* no diferenciada en la cartografía geológica del SGC, pero que es incluida en la hoja 2 en la Leyenda del MGC. Esta unidad incluye las rocas sedimentarias, que de acuerdo con Cáceres *et al.* (2003), contienen algas y esferomorfo de acritarcos del Ediacárico en los pozos Chigüiro 1 y Pato 1, en el departamento de Arauca.
- ✦ Debido a la edad incierta del último metamorfismo y su importancia evolutiva a la UC denominada *O-Pf4*, se le asignó la edad de cristalización ígnea de los ortogneises.
- ✦ El *Geological Map of Colombia* tiene estructurado el SIG y las anotaciones en inglés.
- ✦ Para citar el Mapa Geológico de Colombia de 2007 a escala 1:1 000 000 se sugiere:

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. 2007. Mapa Geológico de Colombia 2007. Escala 1:1 000 000. INGEOMINAS, 2 hojas. Bogotá.

- ✦ *Citation of the Geological Map of Colombia 2007 at a scale of 1:1 000 000 is suggested as:*

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, 2007. *Geological Map of Colombia 2007. Scale 1:1 000 000. INGEOMINAS, 2 sheets. Bogotá.*

- ✦ Para citar el Atlas Geológico de Colombia 2007 a escala 1:500 000 se sugiere:

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. 2007. Atlas Geológico de Colombia 2007. Escala 1:500 000. INGEOMINAS, 26 planchas. Bogotá.

- ✦ Para citar el Mapa Geológico de Colombia de 2015 a escala 1:1 000 000 se sugiere:

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.

- ✦ *Citation of the Geological Map of Colombia 2015 at a scale of 1:1 000 000 is suggested as:*

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compilers. 2015. *Geological Map of Colombia 2015. Scale 1:1 000 000. Colombian Geological Survey, 2 sheets. Bogotá.*

- ✦ Para citar el Atlas Geológico de Colombia 2015 a escala 1:500 000 se sugiere:

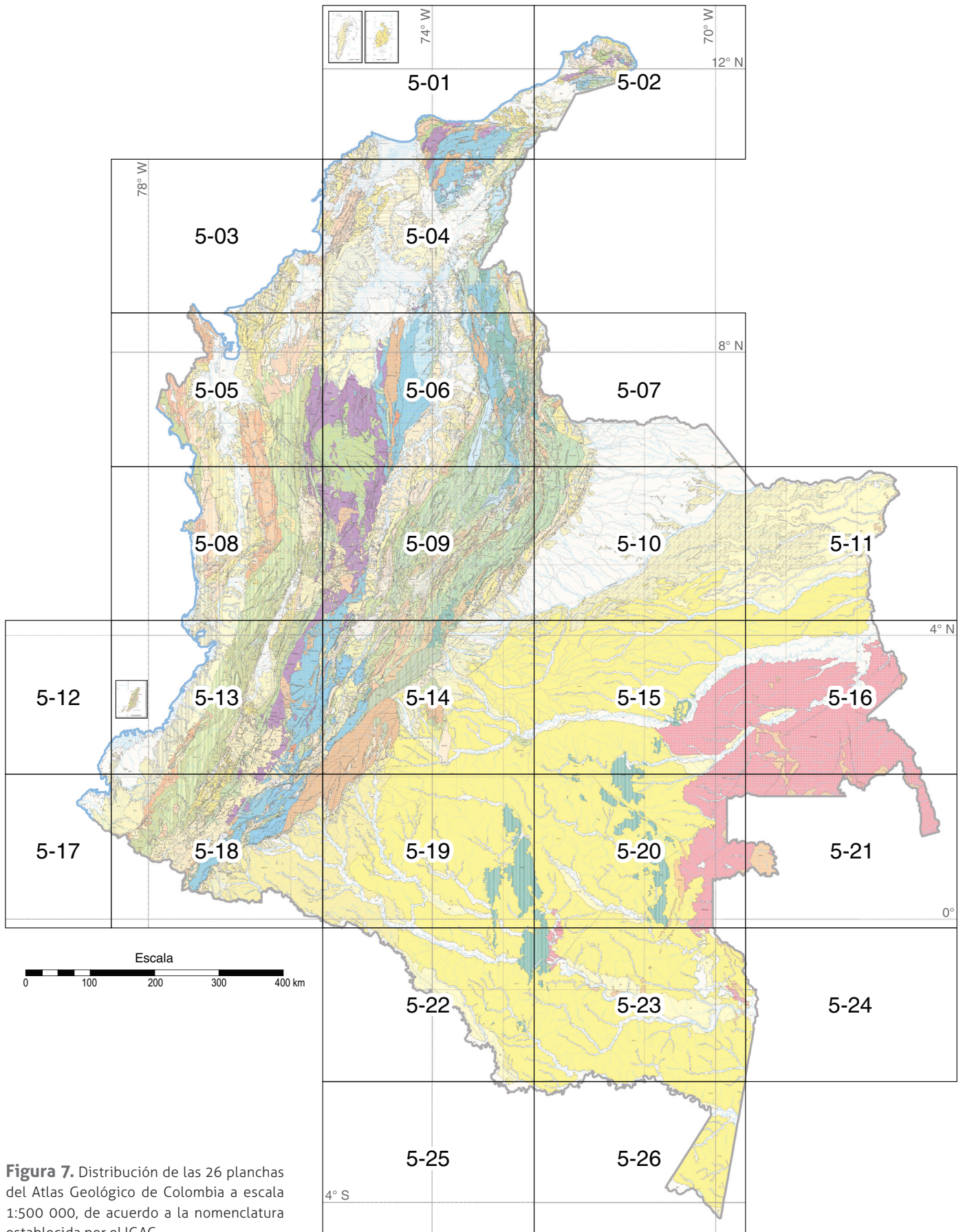


Figura 7. Distribución de las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia a escala 1:500 000, de acuerdo a la nomenclatura establecida por el IGAC.

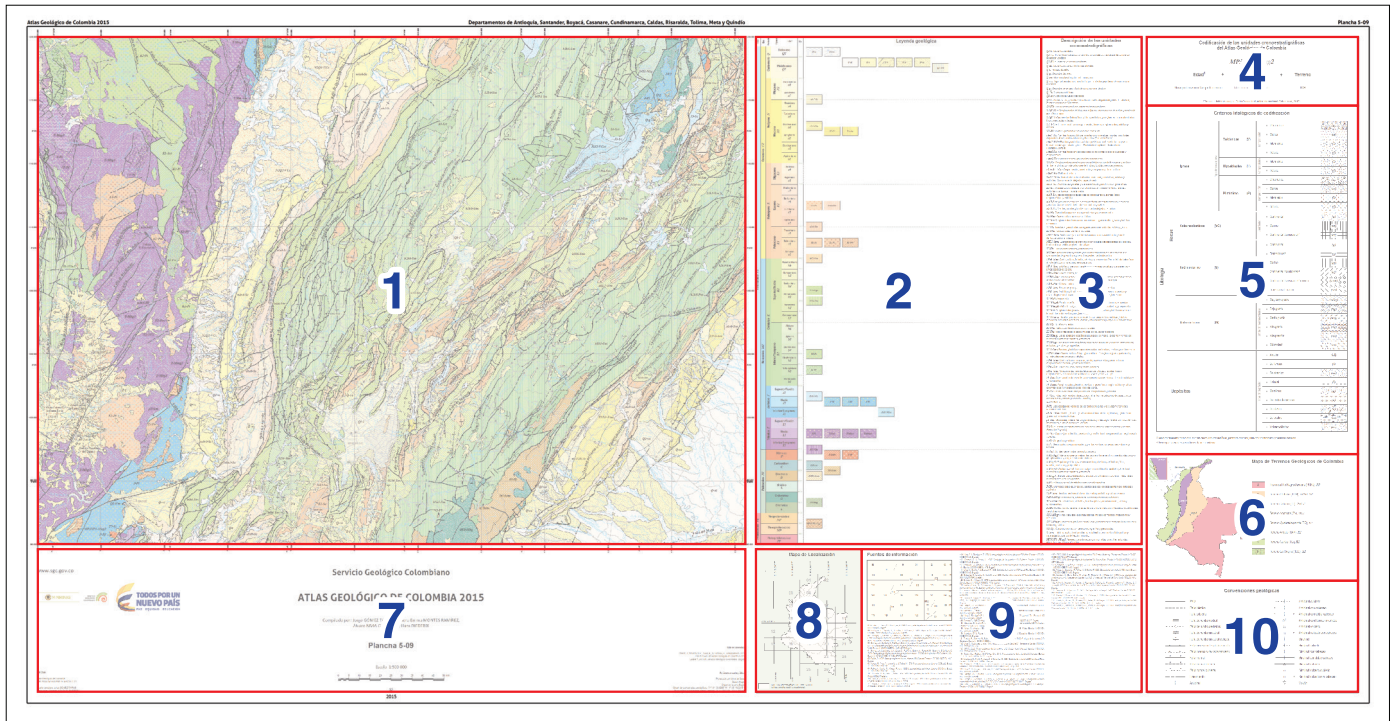


Figura 8. Recuadros diseñados para el *template* del Atlas Geológico de Colombia 2015. (1) Atlas Geológico de Colombia, (2) leyenda geológica, (3) descripción de las unidades cronoestratigráficas, (4) codificación de las unidades cronoestratigráficas del Atlas Geológico de Colombia, (5) criterios litológicos de codificación, (6) Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, (7) formato, (8) mapa índice, (9) fuentes de información y (10) convenciones geológicas.

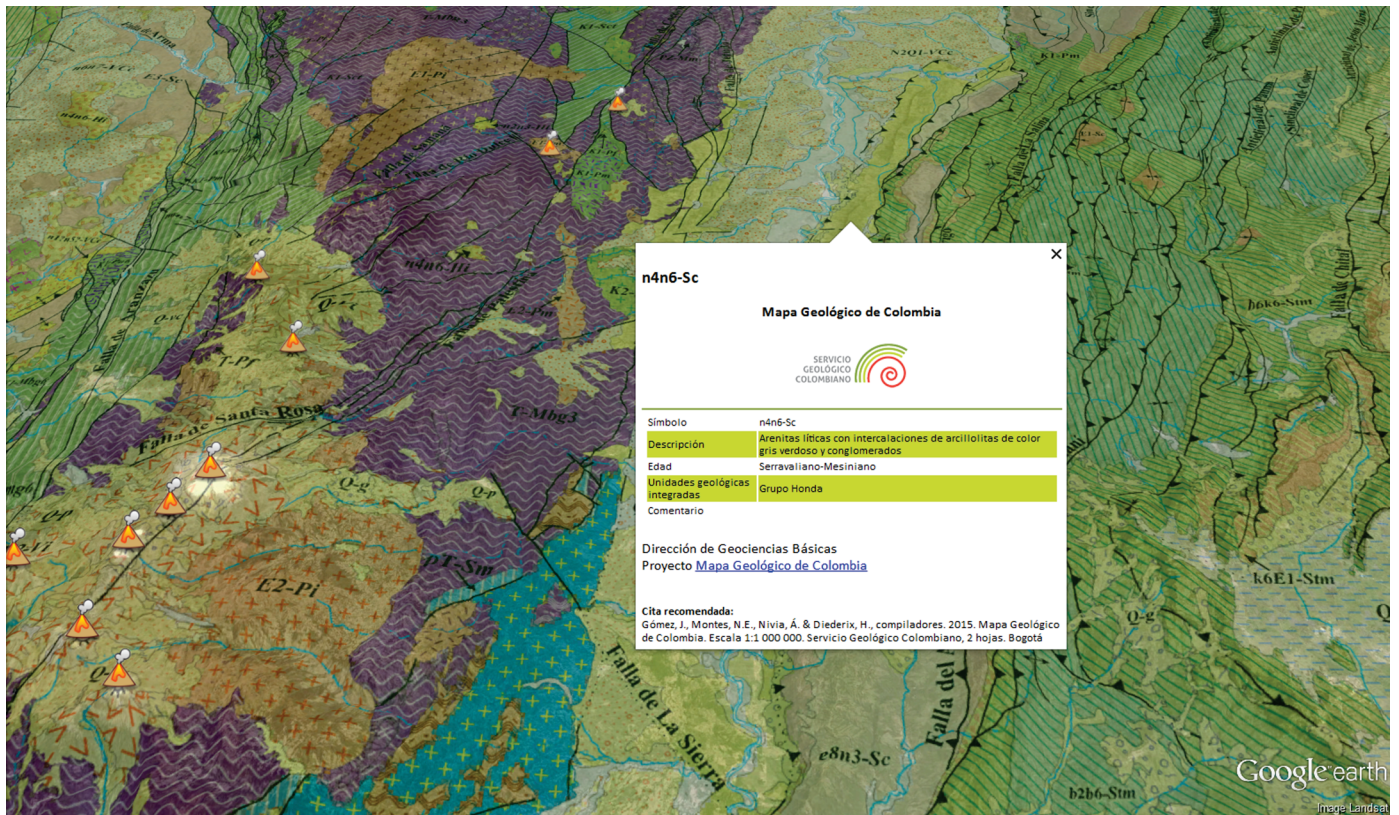



Figura 9. Visualización del Mapa Geológico de Colombia 2015 en Google Earth. Destáquese el despliegue de los atributos de las unidades cronoestratigráficas. En la izquierda de la figura se aprecian los volcanes con una simbología que ayuda a su rápida localización.

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Atlas Geológico de Colombia 2015. Escala 1:500 000. Servicio Geológico Colombiano, 26 planchas. Bogotá.

⇄ Para hacer cualquier observación que permita mejorar el Mapa Geológico de Colombia, se puede comunicar con el geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS, coordinador del Mapa Geológico de Colombia al siguiente correo electrónico: mapageo@sgc.gov.co. 

Referencias

- Adamek, S., Frohlich, C. & Pennington, W. 1988. Seismicity of the Caribbean–Nazca Boundary: Constraints on microplate tectonics of the Panamá Region. *Journal of Geophysical Research*, 93(B3): 2053–2075.
- Álvarez, J., Rico, H., Vásquez, H., Hall, R. & Blade, L. 1975. Geological map of the Yarumal quadrangle (H–8) and part of the Ituango quadrangle (H–7), Colombia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Angiolini, L., Racheboeuf, P.R., Villarroel, C.A. & Concha, A.E. 2003. Stratigraphy and brachiopod fauna of the Carboniferous El Imán Formation, Colombia. *Revista Española de Paleontología*, 18(2): 151–158.
- Arango, M.I., Nivia, Á., Zapata, G., Giraldo, M.I., Bermúdez, J.G. & Albarracín, H.A. 2011. Geología y geoquímica de la plancha 350 San José del Guaviare. INGEOMINAS. 156 p. Medellín.
- Asch, K. 2005. The 1:5 million international geological map of Europe and adjacent areas–IGME 5000. Escala 1:5 000 000. CGMW & BGR. Hannover, Alemania.
- Audemard, F.A., Machette, M.N., Cox, J.W., Dart, R.L. & Haller, K.M. 2000. Map and database of Quaternary faults in Venezuela and its offshore regions. Escala 1:2 000 000. USGS. Denver, USA.
- Barckhausen, U., Ranero, C.R., von Huene, R., Cande, S.C. & Roeser, H.A. 2001. Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate of Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models. *Journal of Geophysical Research*, 106(B9): 19207–19220.
- Barrero, D., Cáceres, C. & Cediél, F. 1998. Seismic atlas of Colombia: Seismic expression of structural styles in the basins of Colombia. Ecopetrol, Geotec Ltda. & Robertson Research International Ltd., unpublished. Bogotá.
- Bayona, G., Cardona, A., Jaramillo, C., Mora, A., Montes, C., Valencia, V.A., Ayala, R.C., Montenegro, O.C. & Ibáñez Mejía, M. 2012. Early Paleogene magmatism in the northern Andes: Insights on the effects of Oceanic Plateau–continent convergence. *Earth and Planetary Science Letters*, 331–332(0): 97–111.
- Cáceres, C., Cediél, F. & Etayo Serna, F. 2003. Mapas de distribución de facies sedimentarias y armazón tectónico de Colombia a través del Proterozoico y del Fanerozoico. INGEOMINAS, 45 p. Bogotá.
- Cardona, A., Valencia, V.A., Garzón, A., Montes, C., Ojeda, G., Ruiz, J. & Weber, M. 2010. Permian to Triassic I to S–type magmatic switch in the northeast Sierra Nevada de Santa Marta and adjacent regions, Colombian Caribbean: Tectonic setting and implications within Pangea paleogeography. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4): 772–783.
- Case, J.E., Holcombe, T.L. & Martin, R.G. 1984. Map of geologic provinces in the Caribbean region. Escala 1:5 000 000. Geological Society of America, *Memoir* 162, p. 1–30.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.–X. 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36(3): 199–204.
- Cordani, U.G., Cardona, A., Jiménez, D., Liu, D. & Nutman, A.P. 2005. Geochronology of Proterozoic basement inliers from the Colombian Andes: Tectonic history of remnants from a fragmented grenville belt. En: Vaughan, A.P.M., Leat, P.T. & Pankhurst, R.J. (Editores), *Terrane processes at the margins of Gondwana*. Geological Society of London, *Special Publication* 246, p. 329–346.
- Cortés, M. 2004. Evolution structurale du front centre–occidental de la Cordillère Orientale de Colombie. Tesis de doctorado, Université Pierre et Marie Curie, 331 p. París.
- Dueñas, H. & Césari, S.N. 2005. Palynological evidence of early Carboniferous sedimentation in the Llanos Orientales basin, Colombia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138(1): 31–42.
- Escuder Viruete, J., Díaz de Neira, A., Hernáiz Huerta, P.P., Monthel, J., García Senz, J., Joubert, M., Lopera, E., Ullrich, T., Friedman, R., Mortensen, J. & Pérez Estaún, A. 2006. Magmatic relationships and ages of Caribbean Island arc tholeiites, boninites and related felsic rocks, Dominican Republic. *Lithos*, 90(3–4): 161–186.
- Etayo Serna, F., Renzoni, G. & Barrero, D. 1969. Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia. I Congreso Colombiano Geológico. *Memorias*, p. 217–252. Bogotá.
- Etayo Serna, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Ballesteros, I., Forero, H., Ramírez, C., Zambrano Ortiz, F., Duque Caro, H., Vargas, R., Núñez, A., Álvarez, J., Ropaín, C., Cardozo, E., Galvis, N., Sarmiento, L., Alberts, J.P., Case, J.E., Singer, D.A., Bowen, R.W., Berger, B.R., Cox, D.P. & Hodges, C.A. 1985. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. INGEOMINAS. *Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS*, 14(1): 1–135. Bogotá.
- 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.
- Feininger, T., Barrero, D., Castro, N., Ramírez, O., Lozano, H. & Vesga, J. 1975. Geologic map of Eastern Antioquia Department, Colombia, quadrangle I–9, and parts of quadrangles H–9, H–10, I–10, J–9, and J–10. Escala 1:100 000. INGEOMINAS–USGS, 2 sheets. Bogotá.
- Forero, A. 1990. The basement of the Eastern Cordillera, Colombia: And allochthonous terrane in north western South America. *Journal of South American Sciences*, 3(2–3): 141–151.
- Forero, G., Ferreira, P., Maya, M., García, E., Martínez, J.O., Núñez, A., Cardozo, E., Nivia, Á., González, H., Cepeda, H. & Clavijo, J. 1997. Atlas geológico digital de Colombia versión 1.1. Escala 1:500 000. INGEOMINAS, 26 planchas. Bogotá.
- Galvis, J., Huguett, A., Ruge, P. & de Boorder, H. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos: Geología, Tomo II Mapa de Geología. En: Diazgranados, D.A., *Proyecto Radargramétrico del Amazonas*. Escala 1:500 000. IGAC, 11 planchas. Bogotá.
- Gaona Narváez, T. 2005. El Cretácico sedimentario al este de la falla de San Jerónimo. Servicio Geológico Colombiano, informe interno, 150 p. Bogotá.
- Gaona Narváez, T. 2015. El Cretácico sedimentario al este de la falla de San Jerónimo. Servicio Geológico Colombiano. En: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), *Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015*. Servicio Geológico Colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales* 33, 421–429. Bogotá.

- Geophoto Services, Inc. 1969. Geologic map of llanos area. Escala 1:50 000. Ecopetrol, inédito. Bogotá.
- Geotec. 1971a. Mapa fotogeológico de la plancha 284. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971b. Mapa fotogeológico de la plancha 285. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971c. Mapa fotogeológico de la plancha 304. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971d. Mapa fotogeológico de la plancha 325. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971e. Mapa fotogeológico de la plancha 326. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971f. Mapa fotogeológico de la plancha 346. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Geotec. 1971g. Mapa fotogeológico de la plancha 347. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
- Giunta, G., Beccaluva, L. & Siena, F. 2006. Caribbean Plate margin evolution: Constraints and current problems. *Geologica Acta*, 4(1-2): 265-277.
- Gómez, E., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W. & Cardozo, N. 2005a. Development of the Colombian foreland-basin system as a consequence of diachronous exhumation of the northern Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 117(9-10): 1272-1292.
- Gómez, E., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Hegarty, K. & Kelley, S. 2005b. Syntectonic Cenozoic sedimentation in the northern Middle Magdalena Valley basin of Colombia and implications for exhumation of the northern Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 117(5-6): 547-569.
- Gómez, E., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Hegarty, K., Kelley, S. & Heizler, M. 2003. Controls on architecture of the Late Cretaceous to Cenozoic southern Middle Magdalena Valley basin, Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 115(2): 131-147.
- Gómez, J. & Montes, N.E. 2011. Geological Map of Colombia, 2nd edition. XIV Congreso Latinoamericano de Geología y XIII Congreso Colombiano de Geología. Memorias, p. 258-259. Medellín.
- Gómez, J., Galán, B. & Muñoz, G. 2012. Geological Atlas of Colombia. En: Proceedings of the 34th International Geological Congress 2012. Memorias CD ROM, p. 790. Brisbane, Australia.
- Gómez, J., Nivia, Á. & Montes, N.E. 2009. Geological Map of Colombia. X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuenas Subandinas. Resúmenes, p. 48. Cartagena.
- Gómez, J., Montes, N.E., Alcárcel, F.A. & Ceballos, J.A. 2015. 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.
- Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N.E. & Tejada, M.L. 2008. Geological Map of Colombia 2007 as a contribution to the OneGeology Project. En: Proceedings of the 33th International Geological Congress. Memorias CD ROM, 1 p. Oslo, Norway.
- Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N.E., Tejada, M.L., Uribe, H. & Gaona Narváez, T. 2007. El Mapa Geológico de Colombia 2007: Historia, explicación y perspectivas. En: Memorias IX Congreso Geológico Venezolano. *Revista Geos*, (39): 15. Caracas.
- Gómez, J., Nivia, Á., Jiménez, D.M., Mora, M., Sepúlveda, J., Gaona, T., Velásquez, M.E. & Montes, N.E. 2005. Mapa Geológico de Colombia a escala 1:1 000 000 versión 2005. X Congreso Colombiano de Geología. Resúmenes, p. 121. Bogotá.
- González, H. 2010. Geoquímica, geocronología de las unidades litológicas asociadas al Sistema de Fallas Cauca-Romeral, sector centro-sur, Tomo I. INGEOMINAS, informe interno, 412 p. Medellín.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. & Ogg, G.M. 2012. The geologic time scale 2012, 2-Volume Set. Elsevier, 1176 p. Boston, USA.
- Grosse, E. 1926. El Terciario carbonífero de Antioquia. Dietrich Reimer (Editor), 361 p. Berlín.
- Grösser, J.R. & Prössl, K.F. 1991. First evidence of the Silurian in Colombia: Palynostratigraphic data from the Quetame Massif, Cordillera Oriental. *Journal of South American Earth Sciences*, 4(3): 231-238.
- Gutiérrez Marco, J.C., Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto de Geociencias (CSIC-UCM) & Real Academia de Ciencias. 2013. Traducción al castellano de la International Chronostratigraphic Chart 2013. En: Cohen, K.M., Finney, S. & Gibbard, P.L., *Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2013*: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01Spanish.pdf> (consultado en enero de 2013).
- Gutscher, M., Malavieille, J., Lallemand, S. & Collet, J. 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: Impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 168(3-4): 255-270.
- Hardy, N.C. 1991. Tectonic evolution of the easternmost Panamá basin: Some new data and inferences. *Journal of South American Earth Sciences*, 4(3): 261-269.
- Hey, R. 1977. Tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center. *Geological Society of America Bulletin*, 88(10): 1404-1420.
- Horton, B.K., Saylor, J.E., Nie, J., Mora, A., Parra, M., Reyes Harker, A. & Stockli, D.F. 2010. 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(9-10): 1423-1442.
- Ibáñez Mejía, M., Ruiz, J., Valencia, V.A., Cardona, A., Gehrels, G.E. & Mora, A.R. 2011. The Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions: New U-Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America. *Precambrian Research*, 191(1-2): 58-77.
- IGAC. 2004. Adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 33 p. URL: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/4b831c00469f7616afeebf923ecdf8fe/adopcion.pdf?MOD=AJPERES> (consultado en diciembre de 2005). Bogotá.
- Kerr, A.C., Marriner, G.F., Tarney, J., Nivia, Á., Saunders, A.D., Thirlwall, M.F. & Sinton, C.W. 1997. Cretaceous basaltic terranes in western Colombia: Elemental, chronological and Sr-Nd isotopic constraints on petrogenesis. *Journal of Petrology*, 38(6): 677-702.
- Kerr, A.C., Tarney, J., Kempton, P.D., Spadea, P., Nivia, Á., Marriner, G.F. & Duncan, R.A. 2002. Pervasive mantle plume head heterogeneity: Evidence from the late Cretaceous Caribbean-Colombian oceanic plateau. *Journal of Geophysical Research*, 107(B7): 1-13.

- Kroonenberg, S.B. 1982. A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relation to the Guiana Shield. *Geologie in Mijnbouw*, 61(4): 325–333.
- Latrubesse, E.M., Cozzuol, M., da Silva Caminha, S.A.F., Rigsby, C.A., Absy, M.L. & Jaramillo, C. 2010. The late Miocene paleogeography of the Amazon basin and the evolution of the Amazon River system. *Earth–Science Reviews*, 99(3–4): 99–124.
- Leal Mejía, H. 2011. Phanerozoic gold metallogeny in the Colombian Andes: A tectono–magmatic approach. Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona, 989 p. Barcelona.
- Lonsdale, P. & Klitgord, K.D. 1978. Structure and tectonic history of the eastern Panamá basin. *Geological Society of America Bulletin*, 89(7): 981–999.
- López, E. & Barrero, D. 2003. Transectas regionales de la corteza superior de Colombia. VIII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las cuencas subandinas. Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Memorias, II, p. 279–289.
- MacMillan, I., Gans, P.B. & Alvarado, G. 2004. Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. *Tectonophysics*, 392(1–4): 325–348.
- Maya, M. & González, H. 1995. Unidades litodémicas en la cordillera Central de Colombia. *INGEOMINAS. Boletín Geológico*, 35(2–3): 43–57. Bogotá.
- Martens, U., Restrepo, J.J., Ordóñez Carmona, O. & Correa Martínez, A.M. 2014. The Tahamí and Anaconda terranes of the Colombian Andes: Missing links between the South American and Mexican Gondwana margins. *The Journal of Geology*, 122(5): 507–530.
- McLelland, C.V. 2006. The nature of science and the scientific method. *The Geological Society of America*, 9 p. URL: <http://www.geosociety.org/educate/NatureScience.pdf> (consultado en junio de 2010).
- Meschede, M. & Frisch, W. 1998. A plate–tectonic model for the Mesozoic and early Cenozoic history of the Caribbean plate. *Tectonophysics*, 296(3–4): 269–291.
- Mora, A., Gaona Narváez, 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): 91–109.
- Neuendorf, K.K.E., Mehl Jr, J.P. & Jackson, J.A. 2005. *Glossary of Geology*, 5th edition. American Geological Institute, 800 p. Alexandria, USA.
- Nivia, Á. 1987. Geochemistry and origin of the Amaimé and Volcanic Sequences, Southwestern Colombia. Tesis master of philosophy, University of Leicester, 163 p. Leicester, UK.
- Ordóñez Carmona, O. 1997. O Pré–cambriano na parte norte da Cordilheira Central dos Andes colombianos. Tesis de maestría, Universidad de Brasília, 90 p. Brasília.
- Ordóñez Carmona, O. 2001. Caracterização isotópica Rb–Sr e Sm–Nd dos principais eventos magmáticos nos Andes Colombianos. Tesis de doctorado, Universidad de Brasília, 176 p. Brasília.
- 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.
- Pellé, J.M. 2008. Color codes according to the Commission for the Geological Map of the World (CGMW), side 2. En: Ogg, G., *Geological time scale 2008*, 2 sided sheet. International Commission on Stratigraphy and Commission for the Geological Map of the World. París.
- Priem, H.N.A., Kroonenberg, S.B., Boelrijk, N.A.I.M. & Hebeda, E.H. 1989. Rb–Sr and K–Ar evidence for the presence of a 1.6 Ga basement underlying the 1.2 Ga Garzón–Santa Marta granulite belt in the Colombian Andes. *Precambrian Research*, 42(3–4): 315–324.
- Prössl, K.F. & Grösser, J.R. 1995. The age of the Formación Amoyá, Upper Magdalena Valley: Another piece in the Paleozoic stratigraphic puzzle of Colombia. *Newsletters on Stratigraphy*, 32(2): 91–101.
- Protti M., González, V., Freymueller, J. & Doelger, S. 2012. Isla del Coco, on Cocos Plate, converges with Isla de San Andrés, on the Caribbean Plate, at 78 mm/yr. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 60(3): 33–41.
- Reed, J.C. Jr., Wheeler, J.O. & Tucholke, B.E. 2005a. Geologic Map of North America. Escala 1:5 000 000. The Geological Society of America, Decade of North American Geology, 3 sheets. Boulder, USA.
- Reed, J.C. Jr., Wheeler, J.O. & Tucholke, B.E. 2005b. Geologic Map of North America–Perspectives and explanation. The Geological Society of America, Decade of North American Geology, 28 p. Boulder, USA.
- Remane, J., compiler. 2000. Explanatory note to the international stratigraphic chart. International Union of Geological Sciences, 1 plate, 17 p. Trondheim, Norway.
- 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.
- Restrepo Pace, P.A., Ruiz, J., Gehrels, G.E. & Cosca, M. 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville–age rocks in the Colombian Andes: New constraints for late Proterozoic–early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Science Letters*, 150(3–4): 427–441.
- Restrepo Pace, P.A., Colmenares, F., Higuera, C. & Mayorga, M. 2004. A fold–and–thrust belt along the western flank of the Eastern Cordillera of Colombia. Style, kinematics, and timing constraints derived from seismic data and detailed surface mapping. En: McClay, K.R. (Editor), *Thrust tectonics and hydrocarbon systems*. American Association of Petroleum Geologists, Memorias 82, p. 598–613. Tulsa, USA.
- Sarmiento, L.F. 2001. Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models. Tesis de doctorado, Vrije Universiteit, 295 p. Amsterdam.
- Saylor, J.E., Horton, B.K., Stockli, D.F., Mora, A. & Corredor, J. 2012. Structural and thermochronological evidence for Paleogene basement–involved shortening in the axial Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 39(0): 202–215.
- Schobbenhaus, C. & Bellizia, A., compiladores. 2001. Mapa geológico de América del Sur. Escala 1:5 000 000. CPRM, CGMW, DNPM & UNESCO. Brasília.
- Tassinari, C.C.G. & Macambira, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3): 174–182.
- Toussaint, J.F. 1993. Evolución geológica de Colombia: Precámbrico–Paleozoico. Universidad Nacional de Colombia, 1, 229 p. Medellín.
- Tschanz, C., Jimeno, A., Cruz, J. *et al.* 1969. Mapa geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta. Escala 1:200 000. INGEOMINAS. Bogotá.

- 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.
- USGS. 2004. Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second–República de Colombia, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility. University of Maryland, February 2000. Maryland, USA.
- 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.
- Vinasco, C.J., Cordani, U.G., González, H., Weber, M. & Peláez, C. 2006. Geochronological, isotopic, and geochemical data from Permo–Triassic granitic gneisses and granitoids of the Colombian Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(4): 355–371.
- Ward, D.E., Goldsmith, R., Cruz, J., Jaramillo, L. & Vargas, R. 1977a. Mapa geológico del cuadrángulo H–13 Pamplona, Colombia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. & Gómez, E. 1977b. Mapa geológico del cuadrángulo H–12 Bucaramanga. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Weber, M.B., Cardona, A., Paniagua, F., Cordani, U.G., Sepúlveda, L. & Wilson, R. 2009. The Cabo de La Vela Mafic–Ultramafic Complex, northeastern Colombian Caribbean region: A record of multistage evolution of a Late Cretaceous intra–oceanic arc. En: James, K.H., Lorente, M.A. & Pindell, J.L. (Editors), *The origin and evolution of the Caribbean Plate*. Geological Society of London, Special Publication 328, p. 547–566.
- Weber, M.B., Cardona, A., Valencia, V.A., García Casco, A., Tobón, M. & Zapata, S. 2010. U/Pb detrital zircon provenance from late cretaceous metamorphic units of the Guajira Peninsula, Colombia: Tectonic implications on the collision between the Caribbean arc and the South American margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4): 805–816.
- Wesselingh, F.P., Hoorn, M.C., Guerrero, J., Räsänen, M.E., Romero Pittman, L. & Salo, J. 2006. The stratigraphy and regional structure of Miocene deposits in western Amazonia (Peru, Colombia and Brazil), with implications for late Neogene landscape evolution. *Scripta Geologica*, 133: 291–322.
- Zamora, A. & Litherland, M. 1993. Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1 000 000. Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico–Minero Metalúrgica (CODIGEM)–British Geological Survey. Keyworth, Reino Unido.



Jorge GÓMEZ TAPIAS es el coordinador del Proyecto Mapa Geológico de Colombia en el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Es el primer autor de las ediciones 2007 y 2015 del Mapa Geológico de Colombia a escala 1:1 M y del Atlas Geológico de Colombia a escala 1:500 K. Desde el 2010 es Secretario General para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) donde es uno de los dos coordinadores del Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5 M y el Mapa Geológico y de Recursos Minerales de Suramérica a escala 1:1 M. Sus especialidades son la geología de Colombia, mapeo geológico, estándares cartográficos y SIG.



Álvaro NIVIA GUEVARA es geólogo senior del SGC en Cali. Sus actividades de investigación están relacionadas con la evolución geodinámica del occidente Colombiano, como resultado de la acreción a la margen continental de un *plateau* oceánico del Cretácico Superior y sus consecuencias, tanto sobre esta última como sobre los terrenos geológicos acrecidos (formación de un prisma de acreción y la deformación y el metamorfismo de bajo grado consecuentes). Su interés actual es tratar de entender el origen y los mecanismos de emplazamiento del cinturón de granitoides del Cretácico Superior asociados a la margen de acreción.



Nohora Emma MONTES RAMÍREZ es geóloga especializada en Geomática. Trabaja en el SGC desde 1997, donde ha desarrollado estudios en neotectónica, cartografía geológica y geología regional en los que 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 el Atlas Geológico de Colombia. Paralelamente, es coautora del Mapa Geológico de Suramérica y el Mapa Geológico y de Recursos Minerales de América del Sur (en preparación).



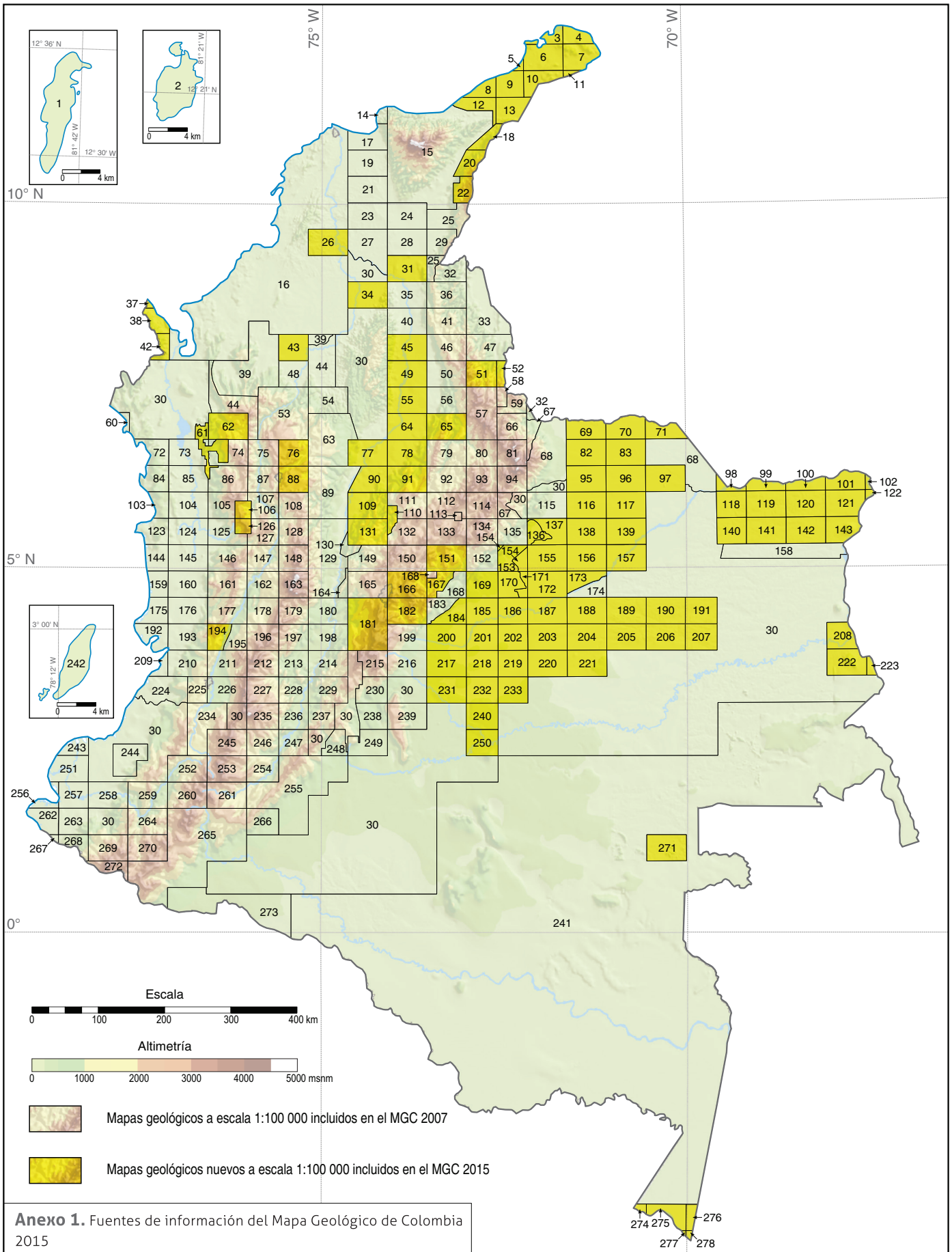
María Fernanda ALMANZA MELÉNDEZ trabaja desde el 2013 en el Proyecto Mapa Geológico de Colombia del SGC. Es la autora principal del “Manual de publicaciones del SGC” y ha trabajado en edición de textos y traducción inglés–español. Es geóloga y candidata a la Maestría en Geología con la beca Grado de Honor de la Universidad Nacional de Colombia–Bogotá, en donde fue asistente editorial de la Revista Geología Colombiana en 2012. Tiene interés en la investigación en petrología, cartografía geológica y publicaciones de ciencias de la Tierra.



Fernando Alirio ALCÁRCEL GUTIÉRREZ es geólogo vinculado al Proyecto Mapa Geológico de Colombia desde el año 2012, en el que apoya labores investigativas. Elaboró e implementó la versión en Google Earth del “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth” y el Mapa Geológico de Colombia 2015. Cuenta con experiencia en cartografía geológica y posee habilidades y destrezas en SIG.



César Augusto MADRID MONTOYA es geólogo, trabajó en el Proyecto Mapa Geológico de Colombia en el periodo 2008–2009 donde apoyó la finalización del Mapa Geológico de Colombia edición 2007. Posteriormente, ha hecho varios trabajos de cartografía geológica como la compilación del Mapa Geológico del Perú 1:100 000 para Ecopetrol y la cartografía geológica y de alteraciones hidrotermales para exploración de cobre en la cordillera Occidental. Desde 2014 está vinculado de nuevo al Proyecto Mapa Geológico de Colombia del SGC donde hace el Mapa Geológico del Túnel de La Línea.



Fuentes de Información del MGC

1. Geister, J. 2002. Mapa geológico de Providencia y Santa Catalina. Escala 1:10 000. INGEOMINAS. Bogotá.
2. Geister, J. 2002. Mapa geológico de San Andrés. Escala 1:20 000. INGEOMINAS. Bogotá.
3. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 2 Puerto Bolívar. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
4. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 3 Puerto Estrella. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
5. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 4 Cardón. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
6. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 5 Bahía Portete. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
7. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 6 Castilletes. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
8. Buchelly, F., Melo, L.F., Ríos, P.A. & Ochoa, A. 2009. Geología de las planchas 7 Ranchería–8 Riohacha. Escala 1:100 000. INGEOMINAS, Alma Mater & GRP Ltda. Bogotá.
9. Romero, O., Melo, L.F., Ríos, P.A. & Ochoa, A. 2009. Geología de la plancha 9 Uribia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS, Alma Mater & GRP Ltda. Bogotá.
10. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 10 Rancho Grande. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
11. Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Dorado, C.E., Guerrero, N.M., Martínez, A.M., Medina, P.A., Ocampo, E.F., Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P., Salazar, E.A. & Zapata, V.L. 2008. Geología de la plancha 10 bis Rancho Grande. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
12. Rodríguez, G. & Londoño, A.C. 2002. Geología del departamento de La Guajira. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Medellín.
13. Castillo, H., Patiño, A., Dávila, C.F., Romero, O., Melo, L.F., Ríos, P.A. & Ochoa, A. 2009. Geología de la plancha 15–15 bis Maicao. Escala 1:100 000. INGEOMINAS, Alma Mater & GRP Ltda. Bogotá.
14. Hernández, M. & Clavijo, J. 1998. Geología de la plancha 11 Santa Marta. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
15. Tschanz, C.M., Jimeno, A., Cruz, J. *et al.* 1969. Mapa geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta. Escala 1:200 000. INGEOMINAS. Bogotá.
16. Guzmán, G. 2003. Mapa geológico de Sinú–San Jacinto y borde oeste Valle Inferior Magdalena. Escala 1:300 000. INGEOMINAS. Bogotá.
17. Hernández, M. & Maldonado, I. 1999. Geología de la plancha 18 Ciénaga. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
18. Dávila, C., Lancheros, J.A., López, C. & Romero, O. 2010. Geología de las planchas 21 y 22 Fonseca y Los Remedios. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
19. Maldonado, I., Hernández, M., Clavijo, J. & Reyes, G. 1998. Geología de la plancha 25 Fundación. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
20. Dávila, C., Lancheros, J.A., López, C. & Romero, O. 2010. Geología de las planchas 27 Valledupar y 28 Villanueva. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
21. Reyes, G. & Clavijo, J. 1998. Geología de la plancha 32 Monterrubio. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
22. Dávila, C., Lancheros, J.A. & López, C. 2010. Geología de las planchas 34 Agustín Codazzi y 35 Río Espíritu Santo. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
23. Clavijo, J., Reyes, G., Hernández, M. & Royero, J.M. 2000. Geología de la plancha 39 El Difícil. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
24. González, J., Hernández, M. & Clavijo, J. 2002. Geología de la plancha 40 Bosconia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
25. Arias, A. & Morales, C.J. 1999. Geología del departamento del Cesar. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Bogotá.
26. Valencia, Y.T., Gómez, J., Diederix, H. & Ceballos, J.A. 2014. Mapa geológico de la plancha 45 San Pedro. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
27. Clavijo, J., Garnica, M.A. & Royero, J.M. 2002. Geología del departamento de Magdalena. Escala 1:300 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
28. Martínez, H., Hernández, M. & Clavijo, J. 2001. Geología de la plancha 47 Chiriguana. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
29. Hernández, M. & Clavijo, J. 2002. Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
30. Interpretación geológica realizada por el Mapa Geológico de Colombia a partir de imágenes radar INTERA y Landsat TM 4R 5G 7B, y de los DEM con resolución de 30 m elaborados con la información de la SRTM de la NASA.
31. Bernal, L., Clavijo, J., Osorio, J.A., Duarte, R., Mantilla, L.C., Pinto, J., Colegial, J., Prada, D., Cuellar, M., Pérez, A., Páez, L., Nava, G. & Martínez, A. 2006. Geología de la plancha 55 El Banco. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
32. Clavijo, J. 1997. Mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
33. Servicio Geológico Nacional & COLPET. 1967. Geología del cuadrángulo F–13 Tibú. Escala 1:200 000. Servicio Geológico Nacional. Bogotá.
34. Bernal, L., Ibáñez, D., Castro, E., López, E., Mantilla, L.C., Jiménez, G., Calderón, H., Quintero, I. & Franco, R. 2006. Geología de la plancha 64 Barranco de Loba. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
35. Royero, J., Clavijo, J., Bernal, L.E. & Barbosa, G. 1994. Geología de la plancha 65 Tamalameque. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
36. Daconte, R. & Salinas, R. 1980. Geología de la plancha 66 Miraflores. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
37. Rodríguez, G., Zapata, G., Sierra, M.I., Peláez, J.R. & Correa, T. 2010. Geología de la plancha 58 Sapzurro. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
38. Rodríguez, G., Zapata, G., Nivia, Á., Sierra, M.I., Peláez, J.R. & Correa, T. 2010. Geología de la plancha 68 Acandí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
39. Londoño, C. & González, H. 1997. Geología del departamento de Córdoba. Escala 1:300 000. INGEOMINAS. Medellín.
40. Clavijo, J., Barbosa, G., Bernal, L.E. *et al.* 1992. Geología de la plancha 75 Aguachica. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
41. Daconte, R. & Salinas, R. 1980. Geología de la plancha 76 Ocaña. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.

42. Rodríguez, G., Zapata, G., Sierra, M.I., Peláez, J.R. & Correa, T. 2010. Geología de la plancha 79 bis Unguía. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
43. Rodríguez, G., Bermúdez, J., Zapata, G., Ramos, K., Ramírez, C., Arango, M.I. & Sepúlveda, M.J. 2012. Mapa geológico de la plancha 82 Montelibano. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
44. González, H. 1999. Geología del departamento de Antioquia. Escala 1:400 000. INGEOMINAS. Medellín.
45. Bernal, L., Clavijo, J., Osorio, J.A., Duarte, R., Mantilla, L.C., Pinto, J., Caballero, V., Quintero, I., Franco, R., Jiménez, G., Páez, L. & Nava, G. 2006. Geología de la plancha 85 Simití. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
46. Vargas, R. & Arias, A. 1981. Geología de la plancha 86 Ábrego. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
47. Servicio Geológico Nacional & COLPET. 1967. Geología del cuadrángulo G-13 Cúcuta. Escala 1:200 000. Servicio Geológico Nacional. Bogotá.
48. Zapata, G. & Cossio, U. 1999. Geología de la plancha 93 Cáceres. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
49. Bernal, L., Clavijo, J., Castro, E., Ibáñez, D., Celada, C., Gómez, E., Mantilla, L.C., Prada, D., Cuellar, M., Calderón, H., Pérez, A., Páez, L. & Martínez, A. 2006. Geología de la plancha 96 Bocas del Rosario. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
50. Vargas, R. & Arias, A. 1981. Geología de la plancha 97 Cáchira. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
51. Fuquen, J.A., Ceballos, L., Pedraza, A. & Marín, E. 2010. Geología de la plancha 98 Durania. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
52. Fuquen, J.A., Ceballos, L., Pedraza, A. & Marín, E. 2010. Geología de la plancha 99 Villa del Rosario. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
53. Álvarez, J., Rico, H., Vásquez, H., Hall, R. & Blade, L. 1975. Geological map of the Yarumal quadrangle (H-8) and part of the Ituango quadrangle (H-7), Colombia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
54. González, H. 1988. Geología de la plancha 106 Liberia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
55. Gavidia, O.A., Porras, J.J., Pacheco, S., Pérez, O.G., Mesa, L.D., Neita, C.A., Fuquen, J.A., Farfán, L.E. & Fonseca, H.A. 2012. Geología de la plancha 108 Puerto Wilches. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá.
56. Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. & Gómez, E. 1977. Mapa geológico del cuadrángulo H-12 Bucaramanga. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
57. Ward, D.E., Goldsmith, R., Cruz, J., Jaramillo, L. & Vargas, R. 1977. Mapa geológico del cuadrángulo H-13 Pamplona, Colombia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
58. Téllez, N. 1978. Geología del área de Labateca-Ragonvalia (cordillera Oriental de Colombia, S. A.). Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología, 11(26): 5-37. Bucaramanga.
59. Royero, J.M., Zambrano, J., Daconte, R., Mendoza, H. & Vargas, R. 1999. Geología de la plancha 111 Toledo. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
60. INGEOMINAS & IGAC. 2005. Geología de la plancha 112 bis Juradó. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
61. Dávila, C.F., Romero, O.A., Castillo, H., Patiño, A., Martínez, M. & García, D. 2008. Cartografía geológica y muestreo geoquímico en las planchas 113, 114, 128, 129, 144 y 145. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
62. Rodríguez, G., Zapata, G. & Gómez, J.F. 2010. Geología de la plancha 114 Dabeiba. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
63. Feininger, T., Barrero, D., Castro, N., Ramírez, O., Lozano, H. & Vesga, J. 1975. Geologic map of Eastern Antioquia Department, Colombia, quadrangle I-9, and parts of quadrangles H-9, H-10, I-10, J-9, and J-10, Sheet 1. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & USGS. Bogotá.
64. Gómez, L.A., Patiño, A., Renzoni, G., Beltrán, A., Quintero, C. & Manrique, M. 2008. Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100 000 de la plancha 119 Barrancabermeja VMM. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
65. Gómez, J., Montes, N.E., Ceballos, J.A., Hernández, J.S., Clavijo, J., Aldana, S. & León, K. 2014. Mapa Geológico de la plancha 120 Zapatoaca. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
66. Daconte, R. & Salinas, R. 1982. Geología de la plancha 122 Río Cubugón. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bucaramanga.
67. Acosta, J., Solano, O. & Rodríguez, A. 1999. Geología del departamento de Boyacá. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Bogotá.
68. Reyes, G. & Cardozo, A.M. 1999. Geología del departamento de Arauca. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Bogotá.
69. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Parra, E., Chaquea, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2010. Mapa geológico de la plancha 124 Arauquita. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
70. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Parra, E., Chaquea, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2010. Mapa geológico de la plancha 125 Arauca. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
71. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2010. Mapa geológico de la plancha 126-126 bis Feliciano. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
72. González, M. & Cossio, U. 2002. Geología de la plancha 127 Cupica. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
73. Cossio, U. & Zapata, G. 2002. Geología de la plancha 128 Murri. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
74. González, H. & Londoño, A. 2002. Geología de la plancha 129 Cañasgordas. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
75. Mejía, M., Álvarez, E., González, H. & Grosse, E. 1983. Mapa geológico preliminar, plancha 130 Santa Fe de Antioquia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
76. Albarracín, H.A., Nivia, Á., Salazar, G., Sepúlveda, M.J., Sepúlveda, L.P., Rodríguez, G. & Zapata, G. 2010. Geología de la plancha 131 Santa Rosa de Osos. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
77. Gavidia, O.A., Porras, J.J., Pérez, O.G., Pacheco, S., Mesa, L.D., Talero, C., Fuquen, J.A., Farfán, L.E. & Fonseca, H.A. 2012. Geología de la plancha 133 Puerto Berrío. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá.
78. Gómez, L.A., Patiño, A., Lancheros, J.A., Guerra, A., Renzoni, G., Beltrán, A., Quintero, C. & Manrique, M. 2009. Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100 000 de la plancha 134 Puerto Parra VMM. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP. Bogotá.
79. Pulido, O. 1979. Mapa geológico preliminar, plancha 135 San Gil. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
80. Vargas, R., Arias, A., Jaramillo, L. & Téllez, N. 1976. Mapa geológico preliminar, plancha 136 Málaga. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
81. Fabre, A., Osorio, M., Vargas, R. *et al.* 1982. Mapa geológico preliminar, plancha 137 El Cocuy. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
82. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2010. Mapa geológico de la plancha 139 Betoyes. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
83. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Quiñones, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2010. Mapa geológico de la plancha 140 Río Ele. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
84. González, M. 2002. Geología de la plancha 143 Bahía Solano. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
85. Cossio, U. 2002. Geología de la plancha 144 Río Tagachí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
86. González, H. 2002. Geología de la plancha 145 Urao. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.

87. Mejía, M., Álvarez, E., González, H. & Grosse, E. 1983. Mapa geológico preliminar, plancha 146 Medellín Occidental. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
88. Rodríguez, G., Zapata, G., González, H. & Cossio, U. 2005. Mapa geológico plancha 147 Medellín Oriental. Escala 1:50 000. INGEOMINAS. Bogotá.
89. Feininger, T., Barrero, D., Castro, N., Ramírez, O., Lozano, H. & Vesga, J. 1975. Geologic map of Eastern Antioquia Department, Colombia, quadrangle I-9, and parts of quadrangles H-9, H-10, I-10, J-9, and J-10, Sheet 2. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & USGS. Bogotá.
90. Gómez, L.A., Quintero, C., Patiño, A., Beltrán, A., López, C., Lancheros, J.A., Renzoni, G. & Manrique, M. 2009. Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100 000 de la plancha 149 Puerto Serviez VMM. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP. Bogotá.
91. Gómez, L.A., Lancheros, J.A., López, C., Patiño, A., Beltrán, A., Renzoni, G., Guerra, A. & Quintero, C. 2008. Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100 000 de la plancha 150 Cimitarra VMM. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP. Bogotá.
92. Pulido, O. 1985. Mapa geológico preliminar, plancha 151 Charalá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
93. Vargas, R., Arias, A., Jaramillo, L. & Téllez, N. 1976. Mapa geológico de la plancha 152 Soatá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
94. Fabre, A., Osorio, M., Vargas, R. *et al.* 1983. Mapa geológico preliminar, plancha 153 Chita. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
95. López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V., Ojeda, C., Lancheros, J.A. & Quiñones, C. 2011. Geología de la plancha 155 Puerto Rondón. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
96. López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V., Ojeda, C., Lancheros, J.A., Quiñones, C. & Gómez, L.A. 2011. Geología de la plancha 156 Río Casanare. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
97. López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V., Ojeda, C., Lancheros, J.A. & Quiñones, C. 2011. Geología de la plancha 157 Cravo Norte. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
98. Ochoa, A., Rincón, H.D., Melo, L.F., Giraldo, D. & Ríos, P.A. 2012. Geología de la plancha 159 La Culebra. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
99. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Zárate, A., Rincón, H.D., Giraldo, D., Melo, L.F., Parra, L.G. & Ríos, P.A. 2012. Geología de la plancha 160 La Venturosa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
100. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Zárate, A., Rincón, H.D., Giraldo, D., Melo, L.F., Parra, L.G. & Ríos, P.A. 2012. Geología de la plancha 161 Puerto Murillo. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
101. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Melo, L.F. & Zárate, A. 2009. Geología de la plancha 162 San Rafael. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
102. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Melo, L.F. & Zárate, A. 2009. Geología de la plancha 162 bis Puerto Carreño. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
103. Zapata, G. 2002. Geología de la plancha 163 Nuquí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
104. González, M. 2002. Geología de la plancha 164 Quibdó. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
105. Calle, B., Salinas, R. *et al.* 1984. Geología de la plancha 165 Carmen de Atrato. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
106. Arboleda, G., Celada, C., Forero, S., Padilla, J.C., Montealegre, V. & Carmona, J. 2008. Geología de la plancha 165 Carmen de Atrato. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UT AGS-GE. Bogotá.
107. Calle, B., González, H., De La Peña, R., Escorce, E., Durango, J. *et al.* 1980. Mapa geológico preliminar, plancha 166 Jericó. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
108. González, H., Agudelo, S., Calle, B. *et al.* 1980. Geología de la plancha 167 Sonsón. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
109. Pérez, A., Quintero, I., Ramírez, J.C., Páez, L. & Montoya, D. 2008. Geología de la plancha 169 Puerto Boyacá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
110. Reyes, G., Montoya, D., Terraza, R. & Mayorga, M. 2006. Geología del cinturón esmeraldífero occidental. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
111. Ulloa, C. & Rodríguez, E. 1978. Mapa geológico preliminar, plancha 170 Vélez. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
112. Renzoni, G. & Rosas, H. 1967. Geología de la plancha 171 Duitama. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
113. Velandia, F. & Cepeda, H. 2003. Geología sector sur del municipio de Paipa (Boyacá), planchas 171 y 191. Escala 1:25 000 INGEOMINAS. Bogotá.
114. Ulloa, C., Guerra, A. & Escovar, R. 1998. Geología de la plancha 172 Paz del Río. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
115. Suárez, M. 1985. Interpretación fotogeológica de la plancha 174 Paz de Ariporo. INGEOMINAS, Informe interno 1964, 49 p. Bogotá.
116. López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Espinel, V., Ojeda, C., Lancheros, J.A. & Quiñones, C. 2011. Geología de la plancha 175 Chapa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
117. Lancheros, J.A., López, C., Dávila, C., González, F., Chaquea, C., Quiñones, C., Espinel, V. & Ojeda, C. 2011. Geología de la plancha 176 El Morichal. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & GRP Ltda. Bogotá.
118. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Zárate, A., Rincón, H.D., Giraldo, D., Melo, L.F., Parra, L.G. & Ríos, P.A. 2012. Geología de la plancha 179 Río Bitá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
119. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Zárate, A., Rincón, H.D., Giraldo, D., Melo, L.F., Parra, L.G. & Ríos, P.A. 2011. Geología de la plancha 180 Río Bitá (sabanas de Carroquemado). Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
120. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Zárate, A., Rincón, H.D., Giraldo, D., Melo, L.F., Parra, L.G. & Ríos, P.A. 2011. Geología de la plancha 181 Río Bitá (sabanas de Carroquemado). Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
121. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Melo, L.F. & Zárate, A. 2009. Geología de la plancha 182 Casuarito. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
122. Ochoa, A., Cardozo, A.M., Cubides, J.V., Melo, L.F. & Zárate, A. 2009. Geología de la plancha 182 bis Isla del Pato. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
123. Zapata, G. 2002. Geología de la plancha 183 Coquí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
124. Zapata, G. 2002. Geología de la plancha 184 Lloró. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
125. Calle, B. & Salazar, G. 1999. Geología de la plancha 185 Bagadó. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
126. Arboleda, G., Celada, C., Forero, S., Padilla, J.C., Montealegre, V. & Carmona, J. 2008. Geología de la plancha 185 Bagadó. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UT AGS-GE. Bogotá.
127. Calle, B., González, H., De La Peña, R., Escorce, E., Durango, J. *et al.* 1980. Mapa geológico preliminar, plancha 186 Riosucio. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
128. González, H., Agudelo, S., Calle, B. *et al.* 1980. Geología de la plancha 187 Salamina. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
129. Barrero, D. & Vesga, C. 1976. Mapa geológico del cuadrángulo K-9 Armero y parte sur del J-9 La Dorada. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
130. Restrepo Pace, P.A., Colmenares, F., Higuera, C. & Mayorga, M. 2004. A fold-and-thrust belt along the western flank of the Eastern Cordillera

- of Colombia. Style, kinematics, and timing constraints derived from seismic data and detailed surface mapping. En: McClay, K.R. (Editor), Thrust tectonics and hydrocarbon systems. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 82, p. 598–613. Tulsa, Oklahoma.
131. Terraza, R., Reyes, G., Montoya, D., Pérez, A., Moreno, G., Fuquen, J.A., Quintero, I., Ramírez, J.C., Páez, L.A. & Mayorga, M. 2008. Geología de la plancha 189 La Palma. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 132. Fuquen, J.A. & Osorno, J.F. 2005. Geología de la plancha 190 Chiquinquirá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 133. Renzoni, G., Rosas, H., Etayo Serna, F. *et al.* 1967. Geología de la plancha 191 Tunja. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 134. Ulloa, C., Rodríguez, E. & Escovar, R. 1998. Geología de la plancha 192 Laguna de Tota. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 135. Renzoni, G. 1985. Geología de la plancha 193 Yopal. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 136. UPTC. 2008. Mapa geológico de la plancha 194 Sector Nunchía. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 137. Vargas, D.R., Zafra, C.J. & Rey, J.A. 2010. Mapa geológico de la plancha 194 San Luis de Palenque. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 138. Carrillo, E.J., Romero, F.A. & Bojacá, J.L. 2012. Geología de la plancha 195 Bélgica. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 139. Carrillo, E.J., Romero, F.A., Bojacá, J.L. & Torres, A.R. 2012. Geología de la plancha 196 Río Guachiría. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 140. Ochoa, A., Cubides, J.V., Cardozo, A.M., Ríos, P.A., Rodríguez, J., Oviedo, J.A. & García, G.D. 2012. Geología de la plancha 199 Caño Terecay. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 141. Ochoa, A., Cubides, J.V., Cardozo, A.M., Ríos, P.A., Rodríguez, J., Oviedo, J.A., Mayorga, S.A. & García, G.D. 2012. Geología de la plancha 200 Río Tomo. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 142. Ochoa, A., Cubides, J.V., Cardozo, A.M., Ríos, P.A., Rodríguez, J., Oviedo, J.A., Mayorga, S.A. & García, G.D. 2012. Geología de la plancha 201 Río Tomo. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 143. Ochoa, A., Cubides, J.V., Mayorga, S.A., Ríos, P.A., Rodríguez, J., Oviedo, J.A., García, G.D. & Cardozo, A.M. 2012. Geología de la plancha 201 bis Garcitas. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.
 144. Salazar, G. 2000. Geología de la plancha 202 Pilizá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 145. Cossio, U. 2002. Geología de la plancha 203 Istmina. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 146. Zapata, G. & Cossio, U. 1999. Geología de la plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 147. Estrada, J.J. & Viana, R. 1998. Geología de la plancha 205 Chinchiná. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 148. Mosquera, D., Marín, P., Vesga, C. & González, H. 1998. Geología de la plancha 206 Manizales. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 149. Ulloa, C., Acosta, J.E. *et al.* 1998. Geología de la plancha 208 Villeta. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 150. Montoya, D. & Reyes, G. 2003. Geología de la plancha 209 Zipaquirá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 151. Terraza, R., Moreno, G., Buitrago, J.A., Pérez, A. & Montoya, D. 2010. Geología de la plancha 210 Guateque. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 152. Ulloa, C., Rodríguez, E. *et al.* 1976. Mapa geológico de la plancha 211 Tauramena. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 153. UPTC. 2008. Mapa geológico de la plancha 212. Sector Yopal-Aguazul. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 154. Toloza, S.J., Reátiga, G. & Torres, D.A. 2010. Mapa geológico de la plancha 212 Aguazul. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 155. Zafra, C.J., Vargas, D.R., Rey, J.A. & Torres, D.A. 2010. Mapa geológico de la plancha 213 Río Cravo Sur. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 156. Zafra, C.J., Vargas, D.R., Rey, J.A. & Torres, D.A. 2010. Mapa geológico de la plancha 214 Río Pauto. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 157. Zafra, C.J., Vargas, D.R., Rey, J.A. & Torres, D.A. 2010. Mapa geológico de la plancha 215 Santa Rosalía. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 158. Mojica, P.E., Navas, O. & García, E. 1985. Interpretación de rasgos geológicos preliminar de imagen Landsat TM del área de Puerto Carreño-bajo Meta. Escala 1:300 000. INGEOMINAS, inédito. Bogotá.
 159. Salazar, G. 2002. Geología de la plancha 221 Pizarro. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 160. Cossio, U. 2002. Geología de la plancha 222 Sipí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 161. Parra, E. *et al.* 1983. Mapa geológico preliminar, plancha 223 El Cairo. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 162. Caballero, H., Zapata, G. *et al.* 1983. Mapa geológico preliminar, plancha 224 Pereira. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 163. Mosquera, D., Marín, P., Vesga, C. & González, H. 1998. Geología de la plancha 225 Nevado del Ruiz. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 164. Cortés, M. 2004. Evolution structurale du front centre-occidental de la Cordillère Orientale de Colombie. Tesis de doctorado, Université Pierre et Marie Curie, 331 p. Paris.
 165. Ulloa, C., Rodríguez, E. & Acosta, J.E. 1998. Geología de la plancha 227 La Mesa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 166. Buitrago, J.A. & Terraza, R. 2008. Geología de la plancha 228 Bogotá Noreste. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 167. Terraza, R., Montoya, D., Reyes, G., Moreno, G. & Fuquen, J.A. 2008. Geología del cinturón esmeraldífero oriental, planchas 210, 228 y 229. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 168. Ulloa, C., Camacho, G., Escovar, R. *et al.* 1975. Mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 169. UPTC. 2008. Mapa geológico de la plancha 230. Sector Monterrey-Tauramena. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 170. UPTC. 2008. Mapa geológico de la plancha 231. Sector Maní. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 171. Vargas, D.R. 2010. Mapa geológico de la plancha 231 Maní. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 172. Reátiga, G., Vargas, D.R., Torres, D.A. & Zafra, C.J. 2010. Mapa geológico de la plancha 232 Guafalpintado. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 173. Reátiga, G. & Tolosa, S.J. 2010. Mapa geológico de la plancha 233 Orocué. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UIS. Bogotá.
 174. Geophoto Services, Inc. 1969. Geologic map llanos area. Escala 1:50 000. Bogotá.
 175. Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 240 Pichimá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 176. Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 241 Cucurupí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 177. Nivia, Á., Galvis, N. & Maya, M. 1992. Geología de la plancha 242 Zarzal. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 178. McCourt, W.J., Mosquera, D., Nivia, Á. & Núñez, A. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 243 Armenia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 179. Mosquera, D., Núñez, A. & Vesga, C.J. 1982. Mapa geológico preliminar, plancha 244 Ibagué. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 180. Acosta, J., Guatame, R., Torres, O. & Solano, F. 1999. Geología de la plancha 245 Girardot. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 181. Cáceres, C., Etayo Serna, F., Llinás, R., Rubiano, M. & Pérez, L.J. 1973. Mapa geológico del cuadrángulo L-10 Fusagasugá. Escala 1:50 000.

- Universidad Nacional de Colombia & INGEOMINAS. Bogotá.
182. Patiño, A., Fuquen, J.A., Ramos, J., Pedraza, A., Ceballos, L., Pinzón, L., Jerónimo, Y., Álvarez, L. & Torres, A. 2011. Geología de la plancha 247 Bogotá Sur Este (Cáqueza). Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 183. Segovia, A. & Renzoni, G. 1965. Geología del cuadrángulo L-12 Medina. Escala 1:200 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 184. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J. & Villegas, H. 2010. Geología de la plancha 248 Cumaral. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 185. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J., Téllez, M. & Villegas, H. 2010. Geología de la plancha 249 Cabuyaro. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 186. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J., Téllez, M. & Villegas, H. 2010. Geología de la plancha 250 Chaviva. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 187. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J. & Téllez, M. 2010. Geología de la plancha 251 Puerto Gaitán. Escala 1:100 000. INGEOMINAS & UPTC. Bogotá.
 188. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J., Téllez, M., Alvarado, S., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 252 Cananea. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 189. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 253 Guacamayas. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 190. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 254 San José de Ocuté. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 191. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 255 Cumaribo. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 192. Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 259 Malagueta. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 193. Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 260 Aguas Claras. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 194. Rodríguez, G., Zapata, G. & Gómez, J.F. 2010. Geología de la plancha 261 Tuluá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
 195. De Armas, M. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 261 Tuluá. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 196. McCourt, W.J. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 262 Génova. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 197. Núñez, A., Mosquera, D. & Vesga, C.J. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 263 Ortega. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 198. Caicedo, J.C. & Terraza, R. 2000. Geología de la plancha 264 Espinal. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 199. Pulido, O., Gómez, L.S. & Marín, P. 1998. Geología de la plancha 266 Villavicencio. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 200. Duarte, R., Moreno, M., Morales, C.J., Villegas, H., Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 267 Pachiquiaro. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 201. Alvarado, I., Téllez, M., Pacheco, S., Rojas, N., Morales, C.J., Duarte, R., Moreno, M. & Villegas, H. 2010. Geología de la plancha 268 Puerto López. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 202. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S., Rojas, N., Morales, C.J., Duarte, R. & Moreno, M. 2010. Geología de la plancha 269 Río Yuca. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 203. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S., Rojas, N., Morales, C.J., Duarte, R. & Moreno, M. 2010. Geología de la plancha 270 Galilea. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 204. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 271 Botania. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 205. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 272 El Deba. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 206. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 273 Chupabe. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 207. Salazar, A., Vargas, M., Gómez, E., Ramírez, J.C., Quintero, I., Madero, H., Pelayo, Y., Bulla, M., Alzate, C., Másmela, O. & Espinel, V. 2012. Geología de la plancha 274 Caño El Boral. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano & Georesources Exploration S.A.S. Bogotá.
 208. Bernal, L., Mora, M., Jiménez, D.M., Khurama, S. & López, J. 2010. Geología de la plancha 277 bis Amanaven. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 209. Aspden, J. & Nivia, Á. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 278 Bahía de Buenaventura. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 210. Aspden, J., Nivia, Á. & Millward, D. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 279 Dagua. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 211. McCourt, W.J., Millward, D. & Espinosa, A. 1984. Mapa geológico preliminar, plancha 280 Palmira. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 212. Murillo, A., Esquivel, J. & Flores, D. 1982. Mapa geológico preliminar, plancha 281 Rioblanco. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 213. Carvajal, C.A., Fuquen, J.A. & Gómez, L.A. 1993. Geología de la plancha 282 Chaparral. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 214. Cossio, U., Rodríguez, G. & Rodríguez, M.A. 1991. Mapa geológico de la plancha 283 Purificación. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
 215. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 284. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
 216. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 285. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
 217. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S., Rojas, N. & Morales, C.J. 2010. Geología de la plancha 286 San Carlos de Guaroa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 218. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 287 Río Melúa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 219. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 288 Río Manacacías. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 220. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 289 Río Tillava. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 221. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 290 Saravia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 222. Bernal, L., Mora, M., Jiménez, D.M., Khurama, S., Marín, E., López, J., Páez, Y.I., Celada, C.M., Obando, G. & Carrillo, E. 2010. Geología de la plancha 297 Puerto Inírida. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 223. Bernal, L., Mora, M., Obando, G., Khurama, S. & López, J. 2010. Geología de la plancha 297 bis Mery. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
 224. Nivia, Á. 2001. Geología del departamento del Valle del Cauca. Escala 1:250 000. INGEOMINAS. Cali.
 225. Verdugo, G. & Aspden, J.A. 1985. Mapa geológico preliminar, plancha 299 Jamundí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 226. McCourt, W.J. & Verdugo, G. 1985. Mapa geológico preliminar, plancha 300 Cali. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
 227. Esquivel, J., Flores, D. & Núñez, A. 1985. Mapa geológico de la plancha 301 Planadas. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.

228. Fuquen, J.A., Rodríguez, G. & Cossio, U. 1993. Geología de la plancha 302 Aipe. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
229. Acosta, J., Caro, P.E., Fuquen, J.A. & Osorno, J.F. 2002. Geología de la plancha 303 Colombia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
230. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 304. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
231. Bermúdez, J.G., Arango, M.I., Ramírez, C., Zapata, G. & Rodríguez, G. 2011. Geología de la plancha 306 Puerto Lleras. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Medellín.
232. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 307 Río Manacacías. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
233. Alvarado, S., Téllez, M., Pacheco, S. & Rojas, N. 2010. Geología de la plancha 308 Río Manacacías. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
234. Orrego, A. & París, G. 1999. Mapa geológico del cuadrángulo N-6 Popayán. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
235. Gómez, J., Morales, C.J., Marquínez, G. & Velandia, F. 1999. Geología de la plancha 322 Santa María. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
236. Ferreira, P., Núñez, A. & Rodríguez, M.A. 1998. Geología de la plancha 323 Neiva. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
237. Acosta, J. & Osorno, J.F. 1999. Geología de la plancha 324 Tello. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
238. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 325. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
239. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 326. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
240. Ramos, K.G., Rodríguez, G. & Ortiz, F.H. 2011. Geología de la plancha 328 San Jorge (río Ariari). Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Medellín.
241. Galvis, J., Huguett, A., Ruge, P. & de Boorder, H. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos: Geología, Tomo II Mapa de Geología. En: Diazgranados, D.A., Proyecto Radargramétrico del Amazonas. Escala 1:500 000. IGAC, 11 planchas. Bogotá.
242. Echeverría, L.M. 1980. Tertiary or Mesozoic komatiites from Gorgona Island, Colombia: Field relations and geochemistry. Contributions to Mineralogy and Petrology, 73(3): 253–266.
243. Nivia, Á., Pérez, C. & Sepúlveda, M.J. 2003. Geología de la plancha 339 Mosquera. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
244. McCourt, W.J., Muñoz, C.A. & Villegas, H. 1990. Regional geology and gold potential of the Guapi-Napi drainage basin and upper Timbiquí river-Cauca Department, SW Colombia, Phase II. INGEOMINAS & British Geological Survey, informe interno, 62 p. Cali.
245. Ruiz, S. & Marquínez, G. 2002. Geología de la plancha 343 Silvia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
246. Marquínez, G., Morales, C.J. & Núñez, A. 1999. Geología de la plancha 344 Tesalia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
247. Velandia, F., Morales, C.J., Caicedo, J.C. & Núñez, A. 1999. Geología de la plancha 345 Campoalegre. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
248. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 346. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
249. Geotec. 1971. Mapa fotogeológico de la plancha 347. Escala 1:50 000. En: Ecopetrol, Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, inédito, 52 p. Bogotá.
250. Nivia, Á., Giraldo, M.I., Arango, M.I., Albarracín, H.A., Bermúdez, J.G. & Zapata, G. 2010. Geología de la plancha 350 San José del Guaviare. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
251. Pérez, C. & Nivia, Á. 2003. Geología de la plancha 361–361 bis San Juan de La Costa. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
252. Orrego, A., León, L.A., Padilla, L.E., Acevedo, A.P. & Marulanda, N. 1999. Geología de la plancha 364 Timbio. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Popayán.
253. Marquínez, G., Rodríguez, Y., Terraza, R. & Martínez, M. 2003. Geología de la plancha 365 Coconuco. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
254. Rodríguez, G., Ferreira, P., Velandia, F. & Núñez, A. 1998. Geología de la plancha 366 Garzón. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
255. INGEOMINAS & Geostudios. 2003. Geología de las planchas 367 Gigante, 368 San Vicente del Caguán, 389 Timaná, 390 Puerto Rico, 414 El Doncello y parte de la plancha 391 Lusitania. Escala 1:200 000. INGEOMINAS. Bogotá.
256. Nivia, Á. & Sepúlveda, M.J. 2003. Geología de la plancha 383 Tumaco. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
257. Pérez, C. & Nivia, Á. 2003. Geología de la plancha 384 Roberto Payán. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
258. INGEOMINAS & IGAC. 2005. Geología de la plancha 385 Ricaurte. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
259. Ruiz, S. 1999. Geología de la plancha 386 Mercaderes. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Popayán.
260. Orrego, A., París, G., Ibáñez, D. & Vásquez, E. 1999. Geología de la plancha 387 Bolívar. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Cali.
261. Cárdenas, J.I., Fuquen, J.A. & Núñez, A. 2002. Geología de la plancha 388 Pitalito. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Ibagué.
262. Muñoz, R., Cossio, U., Salazar, G. & Rodríguez, G. 2003. Geología de la plancha 407 Manglares. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
263. Cossio, U., Londoño, A.C., Muñoz, R. & Rodríguez, G. 2001. Geología de la plancha 408 Barbacoas. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
264. Murcia, A. & Cepeda, H. 1984. Geología de la plancha 410 La Unión. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Pasto.
265. INGEOMINAS & Geostudios. 2003. Geología de las planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
266. Velandia, F. & Jiménez, D.M. En preparación. Geología de la plancha 413 Florencia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
267. INGEOMINAS & IGAC. 2005. Geología de la plancha 427 bis Río Mataje. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
268. INGEOMINAS & IGAC. 2005. Geología de la plancha 427 La María. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
269. González, H. & Zapata, G. 2003. Geología de la plancha 428 Túquerres. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
270. Murcia, A. & Cepeda, H. 1984. Geología de la plancha 429 Pasto. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Pasto.
271. Rodríguez, G., Sepúlveda, M.J., Ortiz, F.H., Ramírez, C., Ramos, K., Bermúdez, J.G. & Sierra, M.I. 2011. Geología de la plancha 443 Mitú, Vaupeés. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
272. Parra, E. & Velásquez, M.E. 2003. Geología de las planchas 447 Ipiales, 447 bis Tallambí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Medellín.
273. Fuquen, J.A. & Núñez, A. 2003. Geología del departamento del Putumayo. Escala 1:400 000. INGEOMINAS. Bogotá.
274. Montoya, D., Alonso, D. & Pinilla, A. 2011. Geología de la plancha 567 San Juan de Atacuarí. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
275. Montoya, D., Alonso, D. & Pinilla, A. 2011. Geología de la plancha 568 Puerto Nariño. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
276. Montoya, D., Alonso, D. & Pinilla, A. 2011. Geología de la plancha 568 bis Parque Nacional Natural Amacayacú. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
277. Montoya, D., Alonso, D. & Pinilla, A. 2011. Geología de la plancha 569 Nazareth. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.
278. Montoya, D., Alonso, D. & Pinilla, A. 2011. Geología de la plancha 569 bis Leticia. Escala 1:100 000. INGEOMINAS. Bogotá.