

# EL MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA-MGC

## HISTORIA, EXPLICACIÓN Y PERSPECTIVAS

**Por:** Jorge Gómez Tapias<sup>1</sup>, Álvaro Nivia Guevara, Nohora Emma Montes Ramírez y María Lucía Tejada Avella.

<sup>1</sup> INGEOMINAS-Servicio Geológico

Área de Geología Básica, Proyecto Mapa Geológico de Colombia, e-mail: [mapageo@ingeominas.gov.co](mailto:mapageo@ingeominas.gov.co).

---

### Resumen

El conocimiento geológico de un país se plasma en el Mapa Geológico, un documento en permanente perfeccionamiento y ampliación, que muestra la distribución de los diferentes tipos de rocas y otros materiales que conforman el paisaje nacional. Esta información es esencial para la prospección de minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas; para la definición y planificación de la infraestructura de obras civiles y usos del terreno, así como para diagnósticos relacionados con la prevención de desastres volcánicos y sísmicos.

Con ocasión de la conmemoración de los 90 años de la expedición de la Ley 83 de 1916, que ordenó la organización de una Comisión Científica Nacional para que hiciese el estudio geológico del país, el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, entregará al país las nuevas versiones del Mapa Geológico de Colombia (MGC) a escalas 1:2'800.000 y 1:1'000.000, y las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia (AGC) que cubren el país a escala 1:500.000.

Para la realización del AGC y MGC se integró y generalizó de forma digital la información de las planchas geológicas, a escala 1:100.000, del INGEOMINAS, de tal forma que los mapas resultantes tuviesen una salida de presentación a escalas 1:500.000 y 1:1'000.000. Como soporte para el empalme de la información geológica fuente se utilizaron imágenes de radar, LandSat TM y el modelo DEM NASA SRTM (2003) con una resolución de 30 m.

El AGC se implementó en la plataforma SIG institucional denominada SIGER (Sistema de Información Georreferenciada del INGEOMINAS) desarrollado sobre *software* SIG ArcGIS 9.1 y ArcSDE 9.1 con un motor de base de datos Oracle 10.x. Para el manejo de la información georreferenciada del mapa, se desarrolló una aplicación que permite la edición gráfica, y un sistema automatizado para la producción de las salidas gráficas con el cual se generan los mapas de forma dinámica con la información almacenada en la base de datos. Igualmente, el soporte tecnológico sobre el que se implementó el mapa y la metodología diseñada para su realización, permiten que en este se pueda actualizar con información geológica nueva, permitiendo así obtener versiones periódicas del Mapa Geológico de Colombia a estas escalas.

Como producto del análisis de la información compilada y el trabajo de análisis realizado en el Mapa Geológico de Colombia se plantea un modelo evolutivo de Colombia que postula que el territorio colombiano se formó por la acreción de cuatro bloques o provincias litosféricas –tres de ellos de carácter oceánico– al borde noroccidental de Suramérica o provincia autóctona. Dichos episodios de acreción sucedieron los dos más antiguos posiblemente en el Neoproterozoico(?) y los dos últimos durante el Paleógeno.

---

Un mapa geológico es un documento de referencia a la vez científico y pedagógico donde se muestra sobre un mapa la distribución de las rocas y materiales superficiales no consolidados, y las estructuras que los afectan. En la representación de estos rasgos se utilizan colores y tramas para indicar la edad y la composición de los materiales y se adicionan símbolos para mostrar la distribución espacial de las estructuras (fallas y pliegues). Además del conocimiento del terreno en un punto preciso, el mapa geológico permite deducir la distribución de los materiales profundos a partir de la información superficial. En otras palabras, el mapa geológico es una representación de la geología de un área y ésta tiene un profundo efecto sobre muchos aspectos, desde la forma como evoluciona el paisaje hasta el tipo de

vegetación que mejor crece allí, desde la disponibilidad de aguas subterráneas en pozos hasta la presencia de minerales útiles o deseables, desde la cantidad de movimiento sufrido durante un terremoto hasta la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Desde el punto de vista académico, es un documento fundamental pues a partir de la información del mapa geológico se puede interpretar la evolución de la Tierra. Este documento es por lo tanto, 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 Mapa Geológico de Colombia-MGC (2007) se elaboró por 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 INGEOMINAS, aunque 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 lo heterogéneo del paisaje colombiano, con sitios inaccesibles de relieve pronunciado o cubiertos de selvas, existen aún vacíos en la información geológica que fue necesario llenar a partir de interpretación de imágenes de sensores remotos. Estas circunstancias y los cambios en las políticas con que se ha enfocado la cartografía geológica inciden en la calidad y exactitud de la información compilada. Así, el MGC representa el estado actual del conocimiento acerca de la distribución, en Colombia, de las diferentes rocas y depósitos superficiales y de las estructuras de deformación que los afectan.

### La concepción del MGC

El proyecto para la elaboración del MGC fue concebido en los primeros meses de 2002, por iniciativa de la Subdirección de Exploración Geológica del INGEOMINAS, como una revisión y actualización del Atlas Geológico Digital de Colombia Versión 1.0 (cf. Forero *et al.*, 1997). Para esta tarea se estimó un tiempo de ejecución de ocho 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 de la cartografía digital –con su opción casi ilimitada de ampliación y la posibilidad de georreferenciación al decímetro de mapas e imágenes de sensores remotos– era inexacta. A esta base se habían ajustado, los rasgos de la cartografía geológica publicada a escalas mayores, resultando en pérdida de su exactitud. Esto hizo que fuese inútil cualquier intento de actualización de la versión 1.0 del Atlas Geológico Digital de Colombia para producir un mapa del país que aprovechara los avances tecnológicos que ofrecen hoy los Sistemas de Información Geográfica (*Geographical Information System-GIS* por sus siglas en inglés) para optimizar la calidad de la información.

Ante la imposibilidad de actualizar el Atlas Geológico Digital de Colombia Versión 1.0 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 incluidas en planchas y cuadrángulos tenían la exactitud necesaria para la elaboración de un producto GIS bien georreferenciado. Ante esta nueva perspectiva, fue imposible ajustarse a los cálculos

optimistas de tiempo de preparación del MGC que aumentó en forma exponencial pues a las tareas de compilación y síntesis de la información geológica, por planchas y cuadrángulos, que necesitó la revisión de la literatura geológica actualizada para resolver problemas que se fueron haciendo evidentes durante la compilación, se sumó la mencionada interpretación de los sectores sin información y la digitalización, por parte de los integrantes del proyecto, de los mapas que solo existían en formato análogo.

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 1.0 – 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. A pesar de que esta base no tenía, en general, un buen ajuste con la información correspondiente en las planchas y cuadrángulos, y estaba inconclusa en el momento de iniciar la compilación del MGC, se comenzó a utilizar para plasmar mapas publicados, como los del Proyecto Radargramétrico del Amazonas y el de la Guajira, cuyas bases topográficas presentaban las mayores diferencias con productos georreferenciados como el Modelo de Elevación Digital (*Digital Elevation Model-DEM*) elaborado a partir de imágenes de radar, de buena exactitud, *Shuttle Radar Topography Mission-SRTM* de la *Nacional Aeronautics and Space Administration-NASA* (2003) con resolución de 90 m. En octubre de 2006 el IGAC suministró al INGEOMINAS un mapa base a escala 1:500.000 elaborado a partir de las imágenes radar SRTM de la NASA (2006) con resolución de 30 m, que se adaptó como mapa base para el MGC. En esta adaptación se tuvo en cuenta el carácter temático del MGC, donde debía primar la información geológica, por lo que se redujo la densidad de información y se cambiaron los estilos (*styles*) del mapa base. Sin embargo, los mapas que se georreferenciaron con respecto al MDI, como los del Proyecto Radargramétrico y de la Guajira, requerían de un tiempo adicional para volverlos a ajustar a esta nueva base y por eso el MGC se entrega con algunos sectores donde el mapa base corresponde al MDI tal como se indica el recuadro de la parte inferior derecha de la Hoja 1.

### Compilación de información para el MGC

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 INGEOMINAS ha cambiado dependiendo del formato de las bases topográficas publicadas por el IGAC. Los primeros mapas se

publicaron en cuadrángulos (60 km de ancho x 80 km de largo) a escala 1:200.000 y la escala de estos cuadrángulos se cambió a 1:100.000 a finales de los años 60. A partir de 1976 se adoptaron las planchas (60 x 40 km) que contienen, representada a escala 1:100.000, la mitad del área de los cuadrángulos.

Para reducir la deformación de área de estos mapas, elaborados utilizando la proyección conforme transversa de Mercator, el país está dividido en franjas de un ancho 3° de longitud, centradas en los meridianos 68°04'51,30"W, 71°04'51,30"W, 74°04'51,30"W, y 77°04'51,30"W al occidente de Greenwich. Para asignación de las coordenadas planas de los mapas se utiliza la intersección de estos meridianos con el paralelo 4°35'56,57"N puntos a los que se 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 exactas entre estos husos, a lado y lado de sus límites existen franjas de planchas que tienen 47 km de ancho x 40 km de largo.

Los mapas geológicos compilados para el MGC representan en la mayoría de los casos la única información disponible e incluye trabajos pioneros y compilaciones de la información cartográfica de las compañías petroleras que fueron publicados en cuadrángulos a escala 1:200.000. Como resultado del Convenio No. 514-L-030 de la Agencia Internacional para el Desarrollo-AID, entre el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras y el *United States Geological Survey* se publicaron varios cuadrángulos a escala 1:100.000 (Tschanz *et al.*, 1969; Ward *et al.*, 1977a; 1977b; Feininger *et al.*, 1975 y Álvarez *et al.*, 1975) que 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 con que se ha ido cubriendo la región andina. Es necesario aclarar que algunas de éstas se elaboraron usando y ajustando a bases escala 1:100.000 la cartografía geológica de trabajos pioneros que como el de Grosse (1926), había sido publicado sobre bases topográficas elaboradas durante los levantamientos geológicos.

Para la mitad oriental poco accesible del 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 por su parte, la información que se incluye en el MGC se interpretó, a partir de imágenes de sensores remotos, por los participantes del proyecto MGC. Esta tarea de interpretación directa se realizó también en varias regiones que presentan vacíos de información, tales como el Urabá chocono y la vertiente occidental de la Cordillera Occidental en los departamentos de Cauca y

Nariño. En algunos sectores como la Serranía de San Lucas, la única información consiste en mapas publicados a escalas pequeñas con información planimétrica difícil de ajustar a la base del MGC, por lo que se prefirió utilizar la información geológica de estos mapas como referencia general, pero interpretar la localización de los límites entre unidades y las estructuras directamente de imágenes de sensores remotos. Para otros sectores de difícil acceso, como el piedemonte llanero y la Serranía de la Macarena, se incluyó información fotogeológica inédita a escala 1:50.000 (GEOPHOTO SERVICES INC., 1969; GEOTEC, 1971a, 1971b, 1971c, 1971d, 1971e, 1971f, 1971g).

### Método de trabajo

La herramienta principal de elaboración del MGC fue el *software* ArcMap-ArcGIS 8.3 de ESRI™. Con éste se integraron –previa conversión al formato shapefile que usa ArcMap-ArcGIS– los archivos de mapas digitalizados en *software* de tipo CAD (*Computer Assisted Drawing*) y los archivos con extensión \*.e00 (extensión de intercambio del *software* ArcInfo), suministrados por la Subdirección de Información del INGEOMINAS.

Una tarea que requiere especial atención durante el proceso de integración digital de la información es la unión o continuación de rasgos geológicos en los límites entre los mapas compilados, donde es común que estos rasgos presentasen desfases. Las herramientas del ArcMap-ArcGIS que permiten desplegar, superponer y así comparar simultáneamente, la información cartográfica compilada con las imágenes de sensores remotos y los DEMs facilitaron la localización apropiada de estructuras y unidades cartográficas en los empalmes. En el control de estos empalmes se utilizaron imágenes ortocorregidas *Synthetic Aperture Radar-SAR-1* (INTERA, 1992), imágenes *LandSat Thematic Mapper-TM* y los modelos DEM NASA SRTM (2003) con resolución de 90 m y DEM NASA SRTM (2006) con resolución de 30 m. Estos DEMs, que son representaciones seudo-estereoscópicas del terreno, 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. 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 los DEMs o imágenes. 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 del Atlas Geológico de Colombia-AGC, respectivamente.

## Filosofía y diseño del MGC

El Mapa Geológico de Colombia consiste en dos hojas: la Hoja 1 el mapa y la Hoja 2 la leyenda explicativa. La primera contiene como elemento principal el mapa geológico en sí mismo. En éste, los territorios insulares, obedeciendo a la distancia que separa de la parte continental y a su pequeña área de extensión, estos se incluyen en recuadros, a escala 1:100.000. En la Hoja 1 además del formato donde se indican los autores corporativos e intelectuales y del recuadro del Mapa de Localización de Colombia en Suramérica, se incluyen otros recuadros que facilitan al lector el entendimiento de la geología de Colombia. Estos son el Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe, el Mapa de Anomalías Gravimétricas de Bouguer Total (Quintero, 2004), el Mapa Índice de Fuentes Cartográficas, y el Mapa Fisiográfico de Colombia (IGAC, 1992), que muestra los rasgos fisiográficos principales y la localización de sitios geográficos de referencia común en los estudios geológicos. 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.

La Hoja 2 contiene una descripción de los colores, tramas y símbolos que se utilizaron en la representación de las unidades cronoestratigráficas-UCRs, acompañados de una corta descripción de las rocas o depósitos que incluyen estas unidades. Los elementos que contienen estas descripciones están organizados de acuerdo a la edad de formación de los materiales con los más recientes en la parte superior de la hoja. Para mostrar esta organización se reprodujo en la margen izquierda de la hoja la Carta Estratigráfica Internacional (*International Union of Geological Sciences-IUGS*, 2000).

Las unidades representadas en el mapa se definieron siguiendo un esquema clasificatorio mixto cronoestratigráfico-litoestratigráfico en el que se tuvo en cuenta la edad y el tipo de materiales (litología). Las tramas y acrónimos que se diseñaron para representarlos se muestran en el Figura 1. En este esquema de clasificación se separaron como diferentes tipos de materiales, las rocas de los depósitos no consolidados. Estos últimos se dividieron de acuerdo con sus ambientes de acumulación en: aluviones, morrenas, abanicos, dunas, etc. Las rocas, por su parte, se representaron según los tipos principales ígneas, metamórficas y sedimentarias, y se consideraron las rocas vulcanoclásticas 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 las rocas metamórficas se consideró si el metamorfismo era de tipo regional o dinámico. En el primer caso se incluyó el grado de

Figura 1. Criterios litológicos de codificación.

Litología	Rocas	Ígneas Tipo de roca ígnea	Composición	Volcánicas (V)	■ Ultramáfica	(u)
				■ Máfica	(m)	
				■ Intermedia	(i)	
				■ Félsica	(f)	
			Hipoabisales (H)	■ Intermedia	(i)	
				■ Félsica	(f)	
		Plutónicas (P)	Composición	■ Ultramáfica	(u)	
				■ Máfica	(m)	
				■ Intermedia	(i)	
				■ Félsica	(f)	
		Vulcanoclásticas (VC)	Ambiente	■ Continental	(c)	
				■ Marino	(m)	
	■ Continental-Transicional			(ct)		
	Sedimentarias (S)			Ambiente	■ Continental	(c)
					■ Transicional	(t)
					■ Marino	(m)
	■ Continental-Transicional	(ct)				
	■ Continental-Transicional-Marino	(ctm)				
	■ Transicional-Marino	(tm)				
	Metamórficas (M) Tipo de metamorfismo	Regional	Escala metamórfica	■ Facies subesquisto verde	(sev)	
■ Facies esquisto verde				(ev)		
■ Facies anfibolita				(a)		
■ Facies granulita				(g)		
■ Facies eclogita				(ecl)		
■ Facies esquisto azul				(ea)		
■ Mármoles				(m)		
Dinámico (d)				Protección	■ Sedimentario	(s)
Depósitos				Tipo de depósito	■ Aluvión	(al)
		■ De terraza	(t)			
	■ De abanico	(ca)				
	■ Paludal	(l)				
	■ Morrénico	(g)				
	■ De caída de cenizas	(p)				
	■ De dunas	(e)				
	■ De costas	(m)				
	■ Vulcanoclástico	(vc)				

metamorfismo según la facies metamórfica reportada en el mapa fuente, previa revisión de sus descripciones que se trataron de ajustar a las facies metamórficas –simplificadas para el MGC– propuestas por Smulikowski *et al.* (2007) y aceptadas por la IUGS *Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks-SCMR*. En el caso de las rocas con metamorfismo de tipo dinámico se destacó el tipo de protolito. Para las rocas sedimentarias y vulcanoclásticas se indicó el ambiente principal de acumulación: marino, transicional y continental. Por motivos de la extensión del afloramiento y de la escala a 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).

Con respecto a los colores con que se muestran la edad de las unidades en el MGC se empleó la clasificación y los valores (*Red Green Blue- RGB*) recomendados en la Carta Estratigráfica Internacional (IUGS, 2000) y disponibles en la página WEB de la *Commission for the Geological Map of the World* ([http://ccgm.free.fr/index\\_gb.html](http://ccgm.free.fr/index_gb.html)). Para facilitar la identificación de las UCRs y así la lectura del mapa, se diseñó una trama para cada tipo y ambiente principal de formación de rocas y depósitos (Figura 1). Así, cada unidad está representada por un color que corresponde a su edad, una trama que representa su litología y por extensión su ámbito de formación. Además, se les asignó un código que se forma por la notación recomendada por la IUGS (2000) para su edad geocronológica (los códigos se incluyen en el esquema de la Carta Estratigráfica Internacional que sirve de eje vertical a la Leyenda), 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 (M: metamórfica, VC: vulcanoclástica, etc.) seguido de una letra minúscula que representa su composición, facies metamórfica o ambiente de acumulación según se trate de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias respectivamente (u: ultramáfica, ev: facies subesquistosa verde, ct: continental-transicional). El siguiente es un ejemplo donde se ilustra esta forma de notación:

**MP3NPI-Mg2**

Edad	+	Litología	+	Provincia
Mesoproterozoico-Neoproterozoico		Metamórfica en facies granulita		PLCMG

La asignación de este código de edad dependió del conocimiento geocronológico de cada unidad. 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 los datos 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 el Maastrichtiano y posiblemente el Aptiano; *n1?n5?-VCC* se aplicó a rocas vulcanoclásticas acumuladas en ambientes continentales posiblemente entre el Aquitaniano y el Tortoniano). Cuando el acrónimo está acompañado por un dígito este representa la provincia litosférica de acuerdo con la hipótesis de trabajo que se expone, en la Breve Evolución Geológica de Colombia (p.ej. *K2-Vm4* se asignó a las rocas volcánicas de composición máfica del Cretácico Superior de la Provincia Litosférica Oceánica Cretácica Occidental-PLOCO). Esta hipótesis, que considera la formación de la corteza en Colombia como consecuencia de varios eventos de acreción sucesivos, se utilizó para diseñar un fondo en la hoja de la leyenda, sobre el que se distribuyeron los elementos que contienen las descripciones de las unidades de acuerdo a la relación que tuvieron dentro de estos eventos.

Detrás de los elementos mencionados de la Hoja 2 se muestra el Mapa de Fuentes de Información de los mapas geológicos compilados y en la parte inferior de esta se incluyen las referencias bibliográficas correspondientes.

### Desarrollo del proyecto y personal participante

El proceso de compilación del MGC por cuadrángulos y planchas geológicas exigió más tiempo que la actualización del Atlas Geológico Digital Versión 1.0 y se completó en el 2007, cinco años después de su concepción original. Durante este tiempo el grupo de trabajo, compuesto exclusivamente por personal de INGEOMINAS, consistió de 3 a 5 participantes. El proyecto estuvo coordinado por el geólogo MPhil. Álvaro Nivia Guevara del 2002-2003 y por el geólogo Jorge Gómez Tapias del 2004-2008.

Para la compilación de la información del MGC, el país se dividió en 7 regiones que se designaron con los nombres de los archivos digitales. Durante esta etapa se integró también, para cada una de las regiones, la información estructural en archivos independientes para fallas y pliegues que al igual que en el caso de las unidades cronoestratigráficas, fue necesario editar y sintetizar en archivos integrados. Al final de la etapa de

compilación el archivo integrado de todas las regiones, contenía 471 UCRs que fue necesario editar y sintetizar hasta alcanzar las 169 UCRs que distinguen el MGC. Una tarea de síntesis similar se realizó en la edición de los elementos estructurales. 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).

Teniendo en cuenta la gran extensión que presentan las rocas cretácicas y su importancia como rocas fuente de hidrocarburos se realizó para éstas un trabajo especial enfocado a mejorar la definición en su codificación. Éste consistió en la revisión de las edades asignadas a las unidades litoestratigráficas reportadas en cada uno de los mapas incluidos en la compilación del MGC y cual había sido su método de datación. Después se verificaron los intervalos de edad a que correspondían los fósiles de amonitas reportados en éstos, y se actualizó la correlación bioestratigráfica entre unidades litoestratigráficas. Con esta información se establecieron 20 UCRs dentro de la secuencia de rocas cretácicas. Esta separación permite observar el carácter diacrónico de estas unidades, la variación espacio-temporal de las facies sedimentarias, e interpretar, en consecuencia, los movimientos de avance o retroceso del mar durante el Cretácico.

Una vez integrada la información se procedió a la edición digital necesaria para convertir en límites suavizados y legibles –controlados siempre con imágenes y DEMs– las innumerables líneas sinuosas o zigzagueantes, que resultaron de reducir 10 veces la información original. Dado que para la lectura del mapa no son suficientes los colores y tramas utilizados en la representación de las unidades geocronológicas, 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 pusieron sobre el mapa de tal forma que permitiesen la identificación de cada uno de los polígonos contenidos en el mapa pero de tal manera que no interfiriesen con aquellas del mapa base, que hubo que corregir o modificar en algunas ocasiones.

### La base de datos GIS del MGC

En la estructuración de la base de datos digital del Mapa Geológico de Colombia (2007) se diseñó un modelo de datos que además de sus características como GIS independiente para ArcMap-ArGIS, se pudiese implementar en una *geodatabase* (base de datos geográfica) corporativa integrada al Sistema de Información Georreferenciada-SIGER del INGEOMINAS. El propósito del SIGER es el manejo de la información del Servicio Geológico del INGEOMINAS de manera centralizada, facilitando la consulta de los datos a múltiples usuarios de manera

concurrente. Este sistema facilita la visualización y consulta en línea de la información, y contiene las funcionalidades de edición, actualización y despliegue, necesarias para la generación y el manejo de versiones del mapa de acuerdo con las necesidades de los usuarios. El SIGER 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 9.1. El desarrollo e implementación de las funcionalidades de seguridad, versionamiento, pantallas de edición de datos descriptivos y consultas personalizadas del SIGER se hicieron en Visual Basic 6.0 y fueron integradas a ArcMap como una extensión en una barra de herramientas. El MGC puede ser visualizado vía INTERNET a través del sitio WEB de INGEOMINAS ([www.ingeominas.gov.co](http://www.ingeominas.gov.co)).

### Futuras revisiones y adiciones

El nuevo Mapa Geológico de Colombia que se da a conocer al cumplirse los 90 años de la fundación de la Comisión Científica Nacional, ordenada por la Ley 83 de 1916 para que hiciese el estudio geológico del país, resume las labores de exploración e investigaciones geológicas realizadas desde entonces. Sin embargo, nunca antes la información estuvo tan accesible como hoy que se encuentra implementada en un sistema de información georreferenciado. 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.* (2005a) quienes refiriéndose a las futuras revisiones y adiciones al Mapa Geológico de Norteamérica (Reed *et al.*, 2005b) enfatizan que cualquier mapa geológico se debe considerar como un trabajo en ejecución, sujeto a correcciones, revisión y adición de nueva información; como tal, el MGC no es un documento estático sino que está listo para su actualización y mejora a la luz de la nueva información y en la medida en que evolucione la forma de interpretar los rasgos geológicos. La producción periódica de este documento es la función principal del Servicio Geológico del Instituto Colombiano de Geología y Minería-INGEOMINAS.

### Referencias

- 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.
- 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, G., Ferreira, P., Maya, M., García, E., Martínez, J.O., Núñez, A., Cardozo, E., Nivia, A., González, H., Cepeda, H. & Clavijo, J. 2002. Atlas Geológico Digital de Colombia Versión 1.1 (26 planchas). Escala 1:500.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Galvis, J., Huguett, A., Ruge, P. & de Boorder, H. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos. Escala 1:500.000. IGAC. Proyecto Radargramétrico del Amazonas, Tomo II Mapa de Geología (11 planchas). IGAC. Bogotá.
- GEOPHOTO SERVICES, Inc. 1969. Geologic map llanos area. Escala 1:50.000. Bogotá.
- GEOTEC. 1971a. Mapa fotogeológico de la plancha 284. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971b. Mapa fotogeológico de la plancha 285. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971c. Mapa fotogeológico de la plancha 304. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971d. Mapa fotogeológico de la plancha 325. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971e. Mapa fotogeológico de la plancha 326. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971f. Mapa fotogeológico de la plancha 346. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- GEOTEC. 1971g. Mapa fotogeológico de la plancha 347. Escala 1:50.000. En: GEOTEC. Informe geológico preliminar Serranía de La Macarena, Informe Interno, 52 p. Bogotá.
- Grosse, E. 1926. El Terciario Carbonífero de Antioquia. Ed. Dietrich Reimer, 361 p. Berlín.
- IGAC. 1992. Atlas de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 321 p. Bogotá.
- IGAC. 2003. Mapa Digital Integrado de Colombia MDI. Escala 1:500.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- IGAC. 2006. Base cartográfica 500K. Escala 1:500.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- International Union of Geological Sciences, 2000. International Stratigraphic Chart. International Union of Geological Sciences UNESCO. París.
- Quintero, W. 2004. Mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer total Versión 2,0. Escala 1:2'000.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Reed, J.C., Jr, Wheeler, J.O. & Tucholke, B.E. 2005a. Geologic Map of North America-Perspectives and explanation. The Geological Society of America, Inc., Decade of North American Geology, 28 p. Boulder, Colorado, Estados Unidos.
- Reed, J.C., Jr, Wheeler, J.O. & Tucholke, B.E. 2005b. Geologic map of North America. Escala 1:5'000.000. The Geological Society of America, Inc., Decade of North American Geology, 3 sheets. Boulder, Colorado, Estados Unidos.
- Smulikowski, W., Desmons, J., Harte, B., Sassi, F.P. & Schmid, R. 2007. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 2. Types, grade and facies of metamorphism. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks ([http://www.bgs.ac.uk/SCMR/docs/papers/paper\\_2.pdf](http://www.bgs.ac.uk/SCMR/docs/papers/paper_2.pdf)).
- 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, College Park, Maryland, February 2000.
- USGS. 2004. Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second-República de Colombia, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.
- 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.