

ARTÍCULO CIENTÍFICO
SCIENTIFIC ARTICLE

**LOGROS Y PERSPECTIVAS DE
LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA
MARINA DE CUBA**

**THE MARINE GEOLOGICAL CARTOGRAPHY
OF CUBA, ACHIEVEMENTS AND
PERSPECTIVES**

Betsy Vázquez Gainza
Miguel Cabrera Castellano
Ramón O. Pérez Aragón

REVISTA GEOINFORMATIVA
No.2. 2021

Betsy Vázquez Gainza

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.

betsy@igp.minem.cu

Orcid: 0000-0001-7158-1066

Miguel Cabrera Castellano

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.

miguel@igp.minem.cu

Orcid: 0009-0001-2951-1395

Ramón O. Pérez Aragón

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.

ramon@igp.minem.cu

Orcid: 0000-0002-4619-6235

RESUMEN

Cuba, ha alcanzado significativos resultados en la cartografía geológica de su territorio marino-costero. Desde la segunda mitad del pasado siglo se inició el levantamiento geológico del territorio marino-costero del país a escala 1: 1 000 000 por los institutos oceanográficos de Cuba y la URSS. En 1985, el Centro de Investigaciones Geológicas del MINBAS, actualmente Ministerio de Energía y Minas (MINEM), publicó el Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 500 000, que abarcó hasta el talud insular. En 2016, el Instituto de Geología y Paleontología-Servicio Geológico de Cuba (IGP-SGC) terminó un nuevo mapa geológico con igual extensión territorial, pero a escala 1: 100 000. El IGP-SGC ha iniciado un Subprograma de la Cartografía Geológica de Cuba a escala 1: 50 000 (CARTAGEOL 50K), enmarcado en el Programa de Desarrollo de la Geología hasta 2030, para elevar el conocimiento geológico del país, estandarizando, incrementando y completando su cartografía geológica. Consta de 420 hojas, 287 de ellas ubicadas total o parcialmente en territorio marino. Este trabajo se ejecuta por la Empresa de GeoCuba Estudios Marinos (GEOEM) y por el IGP-SGC. Su objetivo principal es exponer el nivel de conocimiento cartográfico sobre la geología del territorio marino-costero de Cuba y cómo se ha ido desarrollando con los años, específicamente dentro del CARTEGEOL 50K, que ya cuenta con la Instrucción Metodológica requerida y la ejecución de 13 hojas y sus respectivas memorias explicativas, correspondientes al tramo bahía de Santa Lucía, Pinar del Río-Santa Fe, La Habana (9 hojas); Nueva Gerona, Isla de la Juventud; Siboney, Santiago de Cuba y Buena Vista, Villa Clara, una en cada caso. .

Palabras clave: cartografía; geología marino-costera; mapa geológico; talud insular

ABSTRACT

Cuba has achieved significant results in the geological mapping of its marine-coastal territory. Since the second half of the last century, the oceanographic institutes of Cuba and the USSR began the geological survey of the country's marine-coastal territory at a scale of 1: 1,000,000. In 1985, the Geological Research Center of MINBAS, currently the Ministry of Energy and Mines (MINEM), published the Geological Map of Cuba at scale 1: 500 000, which covered up to the insular slope. In 2016, the Institute of Geology and Paleontology-Cuban Geological Service (IGP-SGC) completed a new geological map with the same territorial extension, but at a scale of 1: 100 000. The IGP-SGC has initiated a Subprogram of the Geological Cartography of Cuba at scale 1: 50 000 (CARTAGEOL 50K), framed in the Geology Development Program until 2030, to raise the geological knowledge of the country, standardizing, increasing and completing its geological cartography. It consists of 420 sheets, 287 of them located totally or partially in marine territory. This work is carried out by the GeoCuba Empresa de GeoCuba Estudios Marinos (GEOEM) and the IGP-SGC. Its main objective is to expose the level of cartographic knowledge on the geology of the marine-coastal territory of Cuba and how it has been developing over the years, specifically within the CARTEGEOL 50K, which already has the required Methodological Instruction and the execution of 13 sheets and their respective explanatory memories, corresponding to the Santa Lucia Bay section, Pinar del Rio-Santa Fe, Havana (9 sheets); Nueva Gerona, Isle of Youth; Siboney, Santiago de Cuba and Buena Vista, Villa Clara, one in each case.

Key words: cartography; marine-coastal geology; geological map; insular slope

Recibido: 6 del 6, 2021

Aprobado: 4 del 9, 2021

INTRODUCCIÓN

Aunque el objetivo principal de este trabajo es exponer el nivel de conocimiento existente sobre la cartografía geológica en el territorio marino-costero de Cuba y cómo se ha ido desarrollando con el decursar de los años y en específico, su inclusión en el Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 50 000, parece conveniente referirse inicialmente a la cartografía geológica como ciencia y la necesidad de su conocimiento; así como a su aplicación en el territorio emergido de Cuba, que data desde el tiempo de la colonia española y su extensión al territorio marino con posterioridad al triunfo revolucionario..

La cartografía geológica es la ciencia aplicada que se encarga de reunir, realizar y analizar medidas y datos de regiones de la Tierra, para representarlas gráficamente con diferentes dimensiones lineales. Es la técnica de representar en forma convencional, parte o toda la superficie terrestre sobre un plano, utilizando un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (escala) entre terreno y mapa. El mapa geológico de un territorio, es el reflejo del grado de conocimiento que se posee sobre los tipos de rocas y sedimentos; así como las principales estructuras tectónicas (pliegues y fallas) que componen el mismo. Es la base que permite la óptima utilización y aprovechamiento de un territorio, garantizando el buen desarrollo de actividades esenciales como la minería de materias primas minerales y extracción de combustibles fósiles; el manejo de las aguas superficiales y subterráneas; la construcción de obras civiles; la preservación del medio ambiente; la prevención de catástrofes naturales relacionadas con los peligros geológicos y los efectos del cambio climático; la agricultura; la planificación física y el ordenamiento territorial, entre otras (Pérez-Aragón, 2018).

Cuba cuenta, con el mapa más antiguo de Iberoamérica: el Croquis Geológico de Cuba a escala 1: 2 000 000 (1883), confeccionado, por los ingenieros españoles de minas, Manuel Fernández de Castro y Suero y Pedro Salterain Legarra, el cual constituye un logro trascendental de la cartografía geológica en el siglo XIX.

En la primera mitad del siglo XX, se realizaron numerosos trabajos, fundamentalmente por geólogos extranjeros (norteamericanos, holandeses, alemanes, suizos, italianos y otros), con sus correspondientes mapas de diferentes sectores y a disímiles escalas, pero el único mapa general de la Isla, fue el Croquis Geológico de Cuba a escala 1: 1 000 000 (Brödermann, 1946), editado y publicado por la Comisión Técnica de Montes y Minas del Ministerio de Agricultura de la época. A partir del triunfo de la Revolución Cubana, el 1ro de enero de 1959, el país se destacó por un inusitado desarrollo de la actividad geológica en general y de la cartografía geológica en particular, llegando a estar a la cabeza de los estados de la región. En 1962 se publicó el primer Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 1 000 000, elaborado en el Instituto Cubano de Recursos Minerales (ICRM) del entonces Ministerio de Industrias, por un equipo de científicos cubanos y soviéticos. Se puede decir que constituye el primer Mapa Geológico de Cuba, los anteriores eran prácticamente esquemas (croquis), elaborados con una metodología científica, de acuerdo con las normas soviéticas de cartografía geológica. Si se le compara con sus predecesores, el salto cualitativo es evidente y sustancial.

El país, como pocos otros, ha alcanzado significativos resultados en la cartografía geológica de su territorio marino-costero, a pesar que las investigaciones geológicas son recientes como en el resto del mundo. La geología marina es una rama geológica relativamente joven y comenzó a tomar su mayor auge después de la Segunda Guerra Mundial. Surgió por la necesidad de conocer la composición, constitución e historia geológica de la parte de la Tierra cubierta por las aguas de los mares y océanos (72 % de su total). Su objetivo práctico y fundamental, es el estudio de la composición, distribución y condiciones de formación y manifestación de los

recursos minerales en el interior de la misma (hidrocarburos, carbón, azufre, hierro y otros), y los relacionados con las rocas y sedimentos del fondo marino (fosforita, placeres minerales, arenas glauconíticas, silíceas y carbonatadas, concreciones ferro-mangánicas, lodos carbonatadas, etc.). Las investigaciones geológicas marinas sirven de complemento a las disciplinas de las investigaciones geológicas en las tierras emergidas, para que tengan conectividad con el fondo marino.

Las investigaciones geológicas en el mar son cada vez más necesarias en los estudios hidrotécnicos del fondo marino, las construcciones de diferentes tipos, en la pesca, la navegación, la defensa nacional, la protección de la biodiversidad marina, la clasificación y protección de las áreas protegidas, la vulnerabilidad y riesgos de desastres ante el peligro de penetraciones del mar por eventos meteorológicos extraordinarios, las inundaciones por fuertes lluvias, tsunamis y la elevación del nivel medio del mar, entre otras aplicaciones (Cabrera et al., 2009).

Desde la segunda mitad del pasado siglo comenzaron las investigaciones sobre la cartografía geológica del territorio marino de Cuba por los institutos de oceanología de la antigua Unión Soviética y Cuba, que comprendieron el siguiente complejo de métodos: sismoacústica, muestreo y observación directa del fondo marino y las costas, análisis geoquímico, perforaciones con profundidad de penetración en los depósitos hasta 5 m y observaciones geomorfológicas. Los resultados sirvieron para cartografiar los depósitos del fondo marino según su composición mineralógica a escala 1: 1 000 000, detallados en una serie de cortes geológicos, que aparecen en una monografía sobre la geología de la plataforma marina de Cuba (Ionin et al., 1977).

La continuidad de las investigaciones de los mencionados institutos y el inicio de estudios más detallados por parte del MINBAS, actualmente MINEM, a través de una brigada geólogo-geofísica especializada (GEOMAR); así como el aporte de las cartas batimétricas sobre la composición litológica del fondo marino, sirvieron de base para cartografiar los depósitos del fondo marino y los principales cayos como parte del Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 500 000 (Linares et al., 1985).

La continuación de las investigaciones, así como la sistematización y generalización de la información obtenida en el territorio marino-costero del país, permitieron confeccionar el Mapa Geológico de los Mares Neríticos del Archipiélago Cubano a escala 1: 100 000 (Cabrera et al., 2004) (Fig.1), el cual pasó a formar parte del Mapa Geológico de la República de Cuba a esa misma escala (IGP, 2016). También sirvió como base para publicaciones sobre el avance del conocimiento geológico del territorio marino del país, entre las que se destacan las monografías sobre la geología del Cuaternario del territorio marino-costero de Cuba (Cabrera, 2006; Cabrera y Batista, 2009)

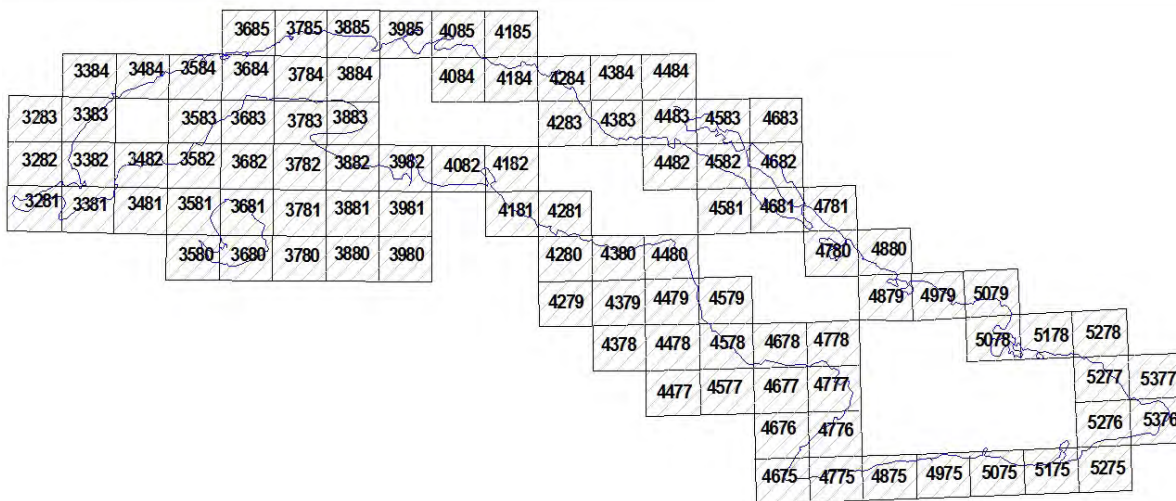


FIGURA 1. Cartograma del Mapa Geológico de los Mares Neríticos del Archipiélago Cubano. Escala 1: 100 000 (Cabrera et al., 2004)

Actualmente, el IGP-SGC ha iniciado el Subprograma de la Cartografía Geológica de Cuba a escala 1: 50 000 (CARTAGEOL 50K), enmarcado en el Programa de Desarrollo de la Geología hasta 2030, para elevar el conocimiento geológico del país, estandarizando, incrementando y completando su cartografía geológica. Consta de 420 hojas, de las cuales 287 están ubicadas total o parcialmente en el territorio marino (Fig.2). Dicho trabajo está siendo ejecutado por la Empresa de GeoCuba Estudios Marinos (GEOEM) y el IGP-SGC. Para apoyar la precisión que requiere la cartografía en el mar a esta escala se ha contado con la ejecución de dos proyectos de apoyo: uno para precisar la ubicación del borde superior del talud insular (Álvarez et al., 2019) y otro para la confección del modelo digital batimétrico de Cuba (Domingo et al., 2021).

Otra importante fuente información de gran apoyo a la cartografía 1: 50 000 del territorio marino-costero han sido los proyectos que desde 2013-2018 se realizan para cartografiar los tipos de costas de acuerdo con lo establecido en el Decreto-Ley 212.

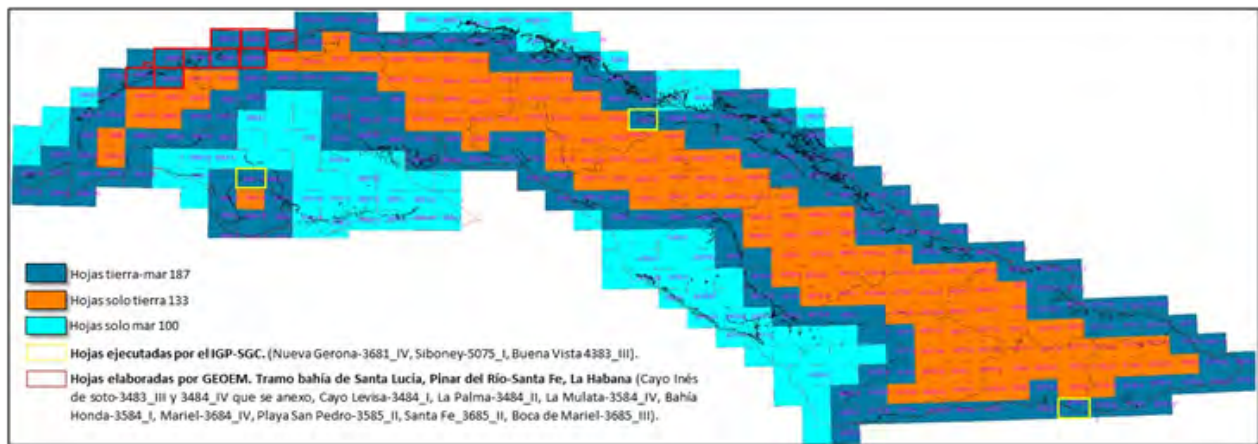


FIGURA 2. Mapa con la representación de las hojas tierra-mar, tierra y mar, a escala 1: 50 000. (GEOEM) con cambios

MATERIALES Y MÉTODOS

La confección del artículo se fundamentó en la compilación y revisión de los materiales cartográficos antes relacionados, de los documentos explicativos que los acompañan, así como en la Instrucción Metodológica para el Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1: 50 000 (Pérez-Aragón et al., 2020) y los resultados de las hojas ya realizadas. Hasta el momento, en el territorio marino-costero de Cuba se han ejecutado 13 hojas con sus respectivas memorias explicativas, las cuales han servido para perfeccionar y validar la Instrucción Metodológica. Otros resultados, aunque aún muy modestos y que en este caso sirvieron de referencia, son las publicaciones sobre el tema: Cartografía geológica marina de Cuba (Vázquez et al., 2018); Estado de la cartografía geológica del territorio marino de Cuba a escala 1: 50 000 (Vázquez, 2021) y Desarrollo de la cartografía geológica a escala 1: 50 000 del territorio marino de Cuba (Álvarez et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mapa de los tipos de fondo marino, según el contenido mineralógico obtenido por Ionin y sus colaboradores (1977), se puede considerar el primer mapa geológico del territorio marino de Cuba, más bien del fondo marino, por cuanto no incluye los cayos. Sin embargo, debido a la concepción de la elaboración, su contribución sobre la litología y estratigrafía es limitada, la mayor información la aportan los cortes geólogo-geofísicos y las columnas de pozos de hasta 5 m de profundidad solo en sedimentos. Un alcance similar tiene el mapa publicado en el Nuevo Atlas Nacional (1989), confeccionado atendiendo al ambiente de sedimentación de los diferentes depósitos del fondo marino.

La cartografía geológica del territorio marino incluida en el Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1: 500 000 se fundamentó en la clasificación granulométrica de los sedimentos y de las rocas por su composición, incluyendo los principales cayos, con algunas representaciones en columnas de pozos de las primeras decenas de metros en sedimentos y rocas.

Mediante un proyecto del IGP-SGC para la compilación, generalización y estandarización de la información geológica marino-costera a nivel nacional fue posible la confección del mapa geológico a escala 1: 100 000 de los mares neríticos del archipiélago cubano (Fig. 2), que abarca más de cinco mil cayos que lo pueblan, un área de 67831 km² (61 % del total del territorio nacional). Se corresponde de manera total o parcial con 96 de las 120 hojas del Mapa Geológico de la República de Cuba a esta propia escala. El resultado demuestra que las investigaciones geológicas y oceanográficas, realizadas en esta parte del territorio cubano durante varias décadas han permitido aumentar el grado de detalle de la cartografía geológica de su fondo y la superficie de sus miles de cayos. Fue elaborado en CARIS, siguiendo los estándares aprobados en el propio instituto para el diseño de colores y símbolos (SIGEOL, Castellanos et al., 2003), además los mapas están disponibles en SHAPE, GEOTIFF, JPG y DXF, AUTOCAD y otros.

El mapa cuenta con una memoria explicativa, en la cual se ofrece la valoración crítica de los estudios realizados con anterioridad y la inclusión mediante citas bibliográficas de más de 100 informes y publicaciones; la descripción geólogo-geomorfológica detallada de cada sector de plataforma y sectores sin plataforma marina; la definición de los procesos y factores que rigen la génesis del relieve y los depósitos; la hipótesis de la evolución geológica del territorio, fundamentada en el análisis de los eventos paleoclimáticos y los procesos litomorfogenéticos asociados y por último, la valoración de los recursos minerales fundamentada en los indicios, premisas y recursos evaluados, la cual apunta a una potencialidad mayor en los depósitos carbonatados friables, que en los depósitos terrígenos.

El resultado constituye la línea base para los diferentes usos que pueda tener la información de los depósitos que afloran y de los que subyacen inmediatamente a éstos, tanto en los cayos como en el fondo marino (medioambiental, prospección de recursos minerales, construcción de obras de diferentes tipos, actividad de la defensa, material didáctico, etc.), con posibilidad de actualización permanente.

El mapa a escala 1: 100 000 es el más actualizado y detallado que cubre todo el territorio nacional. Sin embargo, la cartografía geológica del territorio marino, como la del resto de la República de Cuba, requiere pasar a una etapa superior que permita la recopilación y actualización de toda la información dispersa a escalas mayores, para proceder a la sistematización y el completamiento de la cartografía geológica del territorio nacional a escala 1: 50 000. Sobre la base de lo anteriormente planteado, el IGP-SGC, con el apoyo de la Dirección de Geología del MINEM, implementó, como parte del Programa de Desarrollo de la Geología hasta 2030, el Subprograma Cartageol 50K, que establece la política de estandarizar y completar la cartografía geológica del país a dicha escala, cumplimentando así una de las tareas fundamentales del IGP-SGC, que es el incremento constante del grado de estudio geológico del territorio nacional. El mismo constituye un paso superior en la elevación del conocimiento geológico del territorio de la República de Cuba y persigue los objetivos prácticos de incrementar la precisión científica y el aumento del detalle de la base geológica del país.

Como una parte importante del CARTAGEOL 50K y a través de la Instrucción Metodológica establecida por el mismo, se encuentra en ejecución el mapa geológico a escala 1: 50 000 del territorio marino, teniendo como principal entidad ejecutora a GEOEM, con la participación del IGP-SGC en la supervisión y también en la ejecución de algunas hojas.

La Instrucción Metodológica dicta las pautas a seguir para la ejecución del Subprograma Cartageol 50K. La misma consta de dos partes fundamentales: Parte I –Metodología-, que establece los aspectos generales, los objetivos a alcanzar, la fundamentación del modelo o formato escogido, las normas a emplear, la estructura organizativa y otras; la Parte II –Procedimientos-, que establece los pasos y las tareas a desarrollar para el logro de los objetivos planteados.

En resumen, se determinan los criterios principales para la organización de la cartografía geológica, las bases y principios de la metodología de su realización, que establece los requisitos principales del contenido de los trabajos y de los Procedimientos para la elaboración del nuevo mapa geológico y de su memoria explicativa. Esta Instrucción constituye el documento rector para todas las entidades que realizarán los trabajos de Cartografía Geológica a escala 1: 50 000 en el territorio de la República de Cuba. La misma tiene diseñada una plantilla (Fig.3) para el contenido de cada una de las hojas del Mapa Geológico, el cual se esboza de forma resumida en la siguiente forma:

1. Mapa geológico sensu estricto.
2. Leyendas: Cronoestratigráfica de tierra firme, Cronoestratigráfica del fondo y subfondo marino, Símbolos convencionales; Depósitos minerales y Geositios.
3. Cortes geológicos transversales.
4. Columnas estratigráficas de pozos.
5. Ilustraciones anexas: Esquema geológico regional, Esquema tectónico regional y Esquema regional de recursos minerales.
6. Información marginal: Escudo de la República de Cuba, Logotipo del IGP-SGC, Logotipos de las Entidades Ejecutoras, Cajetín con relación de ejecutores, asesores, autores y datos de la Hoja, Escala gráfica y Esquema de ubicación de la Hoja.
7. Resumen textual.

Toda la información se está procesando en el Sistema de Información Geográfica QGIS, software de procesamiento libre, que está en constante desarrollo, a partir del cual se pueden llevar a cabo diferentes procesos, análisis y visualización de datos en formato Raster y Vectorial. Para la representación cartográfica de la geología de la superficie en el fondo marino se utilizó la simbología del SIGEOL, confeccionada para el Mapa Geológico a escala 1: 100 00 por el IGP (2003).

Cada hoja cartografiada, además del mapa geológico y toda su información marginal, contará con un texto (Memoria Explicativa) en forma de libro de hasta 180 - 200 páginas, el cual contendrá una descripción lo más exacta y concreta del sector estudiado. Dicho texto, estructurado en capítulos, brindará una explicación de la geología del sector, desarrollando temas fundamentales, tales como la estratigrafía, la tectónica, la geomorfología, la evolución geológica y la geología económica. La misma comprenderá los siguientes capítulos para el territorio marino:

1. Resumen.
- Introducción: Ubicación y características geográficas, Marco geológico, Antecedentes.
2. Metodología.
3. Estratigrafía.
4. Tectónica.
5. Geomorfología.
6. Evolución geológica.
7. Geología económica.
8. Principales resultados obtenidos y recomendaciones para futuras investigaciones.
9. Bibliografía.

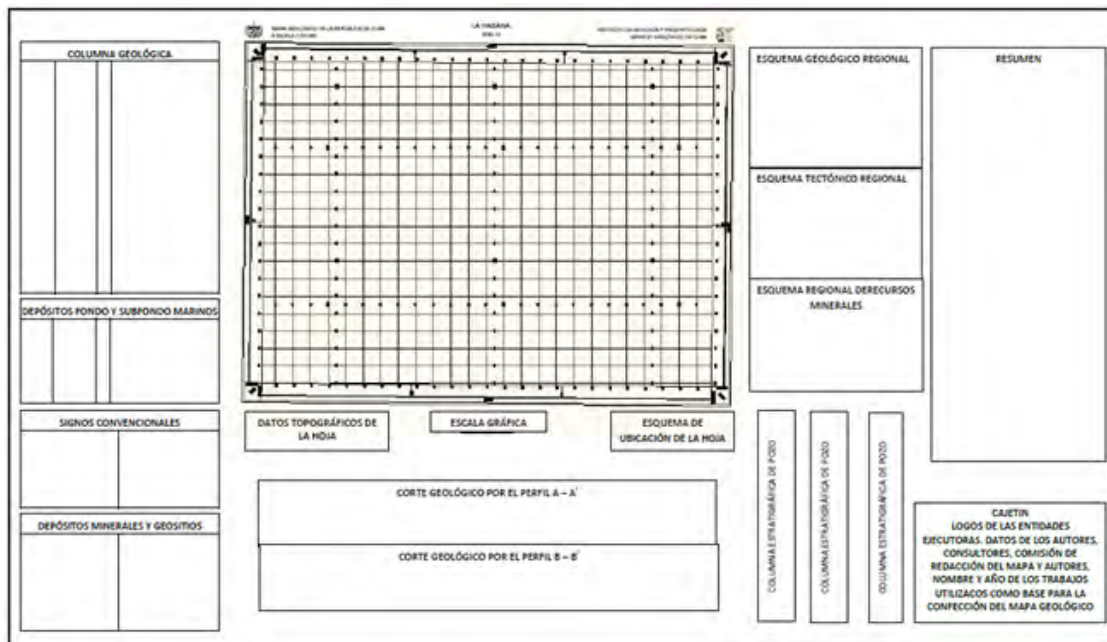


FIGURA 3. Esquema general simplificado (plantilla) de la hoja del mapa (Pérez-Aragón et al., 2020)

Sobre la base del detalle de los trabajos realizados en el territorio marino se definieron dos grupos de proyectos de investigación. El grupo I, donde existe un alto grado de estudio a las escalas 1: 50 000 y 1: 100 000 (Fig.4); así como los sectores sin plataforma marina, por lo tanto, los estudios son fundamentalmente de gabinete, estableciéndose para ello dos etapas de investigación: Métodos preliminares de gabinete y Métodos finales de gabinete y el grupo II, donde el grado de estudio es limitado a escala menor de 100 000 y a objetivos muy específicos, por lo que los estudios abarcan desde trabajos de gabinete hasta estudios de campo y laboratorios, estableciéndose para ello tres etapas de investigación: Métodos preliminares de gabinete, Métodos de campo y laboratorio y Métodos finales de gabinete (Fig.5).

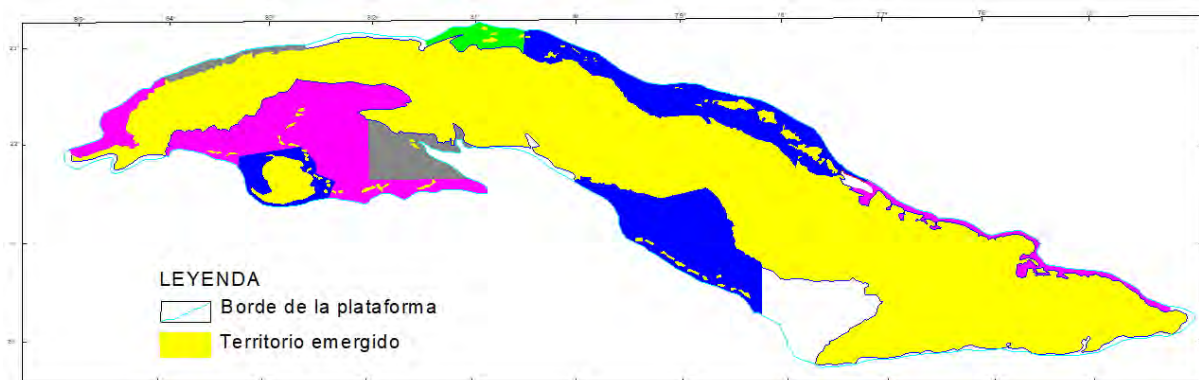


FIGURA 4. Mapa que muestra las diferentes áreas de estudios realizados, en el territorio marino-costero de Cuba por el MINBAS y ACC, en 1981-1997

TABLA 1. Principales investigaciones realizadas en el territorio marino-costero de Cuba por el MINBAS y ACC, en 1981-1997

	Autor/año	Región de los trabajos	Tipo de trabajo	Escala
Magenta	Suyí et al. (1981)	Plataforma noroccidental	Reconocimiento pronóstico evaluativo	1: 100 000
	Hernández et al. (1985)	Plataforma suroccidental	Reconocimiento pronóstico-evaluativo	1: 500 000
	Estrada et al.(1987)	Nuevitas-Baracoa	Reconocimiento pronóstico-evaluativo	1: 50 000
Azul	Hernández et al. (1988)	Alrededor de la Isla de la Juventud	Levantamiento	1: 100 000
	Estrada et al. (1992)	Ensenada de Broa	Levantamiento	1: 100 000
		Este de la plataforma norcentral y W de la plataforma suroriental	Levantamiento	1: 250 000
	Cabrera et al. (1997)	Plataforma norcentral	Levantamiento	1: 50 000 y 1: 250 000
Gris	Montoya (1983)	Al E de la plataforma suroccidental	Prospección de Arenas	1: 100 000
	Estrada et al. (1989)	N de Pinar del Río-Habana	Prospección de Arenas	1: 50 000
	Nápoles et al. (1990)	Gibara-Río Seco	Prospección de Arenas	1: 50 000
Verde	González et al. (1981)	Alrededor de la península de Hicacos	Invest. morfolitodinámicas	1: 25 000

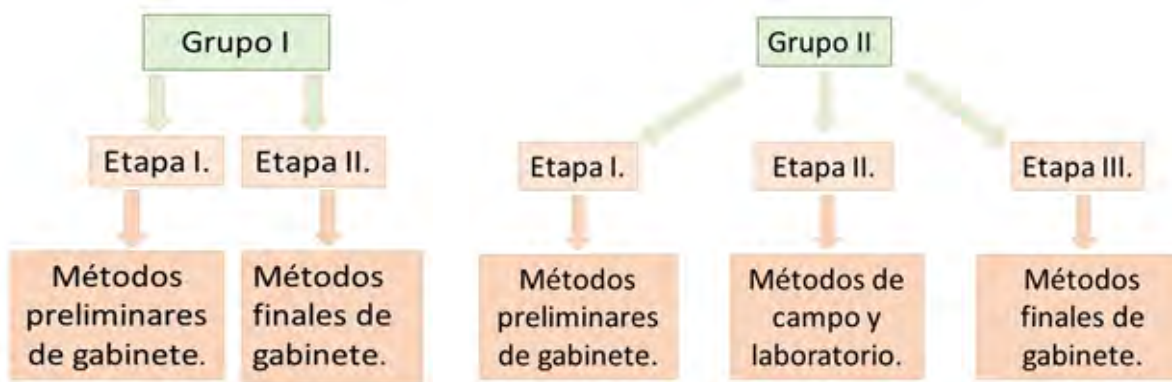


FIGURA 5. Flujograma del proyecto de investigación para la ejecución del Mapa Geológico 1: 50 000 para el Grupo I y Grupo II

Otros resultados que se pueden sumar al CARGEOL 50K son los obtenidos por los proyectos de apoyo a la cartografía geológica propiamente dicha. En el caso del borde superior del talud insular era preciso determinar su posición real, por cuanto es el límite natural del territorio marino de Cuba y, en consecuencia, también el de la cartografía geológica a escala 1: 50 000 (Fig. 6). Hasta el momento, era común ubicarlo a la profundidad de 200 m a una distancia muy próxima a las isobatas de 40 o 50 m (ley de costa, Nuevo Atlas Nacional de Cuba, (1989), Linares et al., 1985). Solo en algunos casos fueron estimados valores menores. En las investigaciones geólogo-geofísicas de lonin et al. (1977) se estableció de modo general a los 10 a 35 m y con menos frecuencia a los 40-55 m. Para el Mapa Geológico 1: 100 000 se adoptó la profundidad general de 50 m (Cabrera et al., 2004), mientras que en investigaciones posteriores se asumieron valores variables entre 10 y 50 m (Cabrera, 2006; Cabrera y Batista, 2009).

La cartografía a escala 1: 50 000 del borde superior del talud más reciente (Perdomo et al., 2017; Álvarez y Estrada, 2017 y Álvarez et al., 2019), basada en una abundante cantidad de datos batimétricos muestra los siguientes resultados:

1. Plataforma noroccidental (golfo de Guanahacabibes). El borde superior del talud insular fue cartografiado entre las profundidades de 13.4 y 62.3 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 20.0 a 50.0 m.
2. Sin plataforma noroccidental (punta Gobernadora-Varadero). El borde superior del talud insular fue cartografiado entre las profundidades de 25.0 y 47.0 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 30.0 a 45.0 m.
3. Plataforma norcentral (Sabana-Camagüey). El borde superior del talud insular fue cartografiado entre las profundidades de 9.3 y 61.2 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 10.0 a 40.0 m.
4. Sector sin plataforma nororiental (Nuevitas-Baracoa). El borde superior del talud insular fue cartografiado entre las profundidades de 11.3 y 89.8 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 20.0 a 50.0 m.
5. Sector sin plataforma suroriental (punta de Maisí-Cabo Cruz). Se determinó que el borde superior del talud insular se ubica entre las profundidades de 17.0 y 95.2 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 10.0 a 40.0 m.
6. Plataforma suroriental (golfos de Ana María y Guacanayabo). Se determinó que el borde superior del talud insular se ubica entre las profundidades de 10.0 y 65.0 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 20.0 a 60.0 m.
7. Sector sin plataforma surcentral (Casilda-Cazones). Se determinó que borde superior del talud insular se encuentra entre las profundidades de 8.8 y 66.0 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 10.0 a 40.0 m.

8. Plataforma suroccidental (golfo de Batabanó) y sector sin plataforma sur de la Isla de la Juventud. Se determinó que borde superior del talud insular se sitúa entre las profundidades de 11.2 y 52.0 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 25.0 a 45.0 m.
9. Sector sin plataforma suroccidental (cabo Francés-cabo de San Antonio): El borde superior del talud insular fue cartografiado entre las profundidades de 11.0 y 38.9 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 15.0 a 20.0 m.
10. Sur isla de la juventud. Se determinó que borde superior del talud insular se sitúa entre las profundidades de 13.0 y 44.7 m, estimándose la mayor frecuencia de datos de 20.0 a 40.0 m.

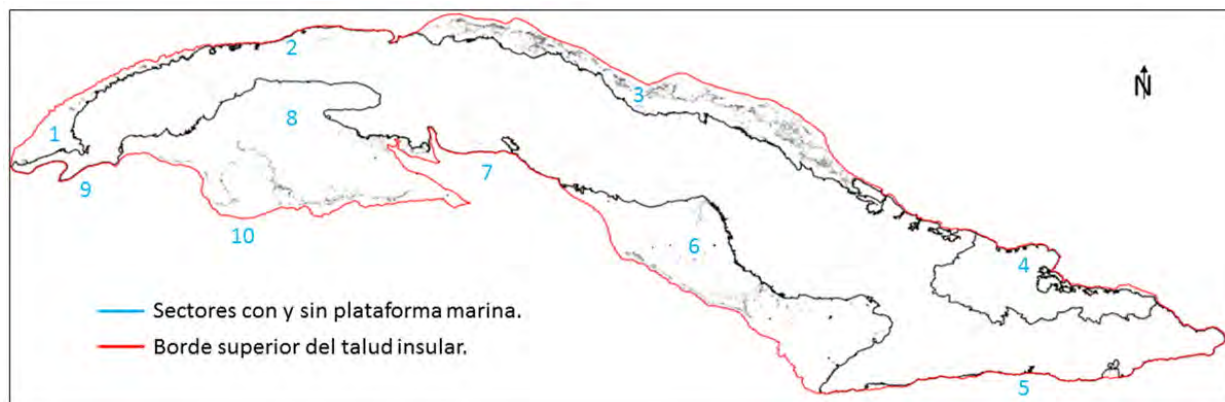


FIGURA 6. Representación del borde superior del talud insular de Cuba. (GEOEM) con cambios

En el caso del Modelo Digital Batimétrico, que es el conjunto de datos que representan las variaciones de profundidad de la superficie del fondo marino, permite realizar múltiples investigaciones para las cuales se requiere conocer el relieve del fondo marino, tanto de Cuba como sus alrededores. En el mismo están representadas las variaciones de profundidades en metros desde la línea de costa hasta la zona abisal. La resolución del modelo aún no revela toda la información necesaria para la cartografía 1: 50 000, por lo que se deben confeccionar modelos a mayor resolución donde la información batimétrica lo permita, particularmente, de las distintas plataformas marinas.

Y, por último, otro de los proyectos que tributa a la Cartografía 1: 50 000 del territorio marino-costero, es el proyecto Geología y Geomorfología marino-costera del archipiélago cubano y su vinculación con los movimientos recientes, el cual se ejecutó por el IGP-SGC insertado en el Macroproyecto "Escenarios de Peligro y Vulnerabilidad de la Zona Costera Cubana, asociado al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100" coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA. Sus principales resultados fueron:

1. Caracterización geólogo-geomorfológica y mapa a escala 1: 25 000 de los tipos y subtipos de costa según el Decreto Ley 212/2000, para la zona costera de la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud y los principales cayos del archipiélago Sabana-Camagüey.
2. Representación cartográfica, en 28 sectores o ventanas del movimiento neto de la línea de costa y de las zonas de mayores tasas de cambio, diferencias de acuerdo al proceso ocurrente de erosión o acreción; así como el cálculo de las áreas en cada caso.
3. Mapa de resistencia a la abrasión marina de la zona costera a escala 1:100 000 la isla de Cuba, Isla de la Juventud y principales cayos del archipiélago Sabana-Camagüey.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de la cartografía geológica en Cuba se ha caracterizado por el incremento constante y sostenido del grado de estudio y de detalle de la información geológica.
2. Con la ejecución de la cartografía a escala 1: 50 000 se logrará el completamiento de la cartografía geológica del territorio nacional, incrementando así el conocimiento geológico del territorio marino-costero y del país en general, el cual se realizará a través de la recopilación y actualización de toda la información existente y la ejecución de nuevas investigaciones.
3. En el territorio marino-costero de Cuba se han ejecutado 13 hojas y sus memorias explicativas, las cuales han servido para perfeccionar y validar la Instrucción Metodológica diseñada para el Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1: 50 000. Dentro de las que se encuentran: las hojas elaboradas por GEOEM. Tramo bahía de Santa Lucía, Pinar del Río-Santa Fe, La Habana (Cayo Inés de Soto-3483_III y 3484_IV, Cayo Levisa-3484_I, La Palma-3484_II, La Mulata-3584_IV, Bahía Honda-3584_I, Mariel-3684_IV, Playa San Pedro-3585_II, Santa Fe_3685_II, Boca de Mariel-3685_III) y las hojas ejecutadas por el IGP-SGC (Nueva Gerona-3681_IV, Siboney-5075_I y Buena Vista 4383_III).
4. El avance en la ejecución del CARTAGEOL 50K confirma la complejidad de la cartografía geológica, más aún cuando se trata de escalas medias, como la 1: 50 000 en el territorio marino, es por esta razón que para garantizar su realización de forma sustentable, la dirección técnica del Subprograma mantiene la política de la mejora continua a través del control técnico del proceso de proyección y ejecución de cada una de las hojas, la impartición de cursos de capacitación y la recuperación de toda la información existente por medio un compendio de los resultados de las investigaciones geológicas marinas someras de Cuba pretéritas, en desarrollo y futuras, contentivo de diferentes tipos de informes, publicaciones, mapas, cursos de capacitación, presentaciones y galería de fotos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a los investigadores de la Dirección de Investigaciones, Miguel Cabrera Castellanos y Ramón Omar Pérez Aragón, que realizaron un gran trabajo en cuanto a la revisión crítica del manuscrito, contribuyendo a la mejoría de su redacción y contenido; así como al investigador Roberto Alfonso Denis Valle, también de la Dirección de Investigaciones, que accedió a la revisión crítica del manuscrito y a los miembros de la Dirección de Gestión del Conocimiento Dinorah N. Karell Arrechea y Belkys Urrutia Roque, por su esmerado trabajo de edición y publicación. Todos pertenecientes al Instituto de Geología y Paleontología/Servicio Geológico de Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de Ciencias de Cuba. (1989): *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. La Habana. Cuba.
- Álvarez, M., Leyva, E., Salazar, C., Benítez, J G., Lluveras, G., Prieto, M. (2019): *Cartografía del borde superior del talud insular de Cuba*. GEOCUBA, Estudios Marinos. La Habana. Cuba.
- , Estrada, V., Leyva, E., Cabrera, M., Salazar, C., Vega, E. (2020): *Desarrollo de la cartografía geológica a escala 1: 50 000 del territorio marino de Cuba*. GEOCUBA, Estudios Marinos. La Habana. Cuba.
- Cabrera, M., Ugalde, C., Pantaleón, G. (2004): *Informe del Mapa Geológico de los mares neríticos del archipiélago cubano, a escala 1: 100 000*. Archivo IGP. La Habana. Cuba.
- , (2006): *Geología del territorio marino de Cuba*. [CD - ROOM]. ISBN: 978-959-7117-15-5. CNDIG. La Habana.
- , Batista, R. (2009): *Naturaleza geológica del territorio marino-costero de Cuba en el Cuaternario* [CD - ROOM]. ISBN: 978-959-7117-17-9 CNDIG. La Habana. Cuba.

- , (2016): *Grado de Estudio del Territorio Marino-Costero de Cuba*, IGP, La Habana, Cuba.
- Castellanos, E., Núñez, K., Carrillo, D., Pantaleón, G., Triff, J. (2003): *Símbolos y colores para el Sistema de la Geología-SIGEOL*, Archivo IGP. La Habana.
- Decreto-Ley No. 212. *Gestión de la Zona Costera*. Agosto de 2000. Gaceta Ordinaria 68 del 14 de agosto de 2000.
- Domingo, Y., Martínez, Pavel., Castellanos, Enrique A. (2021): *Modelo digital batimétrico de Cuba*. GEOCUBA, Estudios Marinos. La Habana. Cuba.
- Instituto de Geología y Paleontología (IGP)-Servicio Geológico de Cuba (SGC) (2004): *Mapa Geológico de la República de Cuba*, a escala 1: 100 000. La Habana. Cuba.
- Ionin, A. S., Pavlidis Y. A., Avello, O. (1977): *Geología de la plataforma marina de Cuba*. AC. URSS., Edit. Naúka. Moscú. 277 p.
- Linares, E., García, D., Zuazo, A., Furrázola, G., Brito, A., Gil, S., et al. (1985): *Mapa geológico de la República de Cuba a escala 1:500 000*. Cent. Invest. Geol. MINBAS. La Habana.
- Pérez - Aragón, R.O, Cabrera, M., Nuñez, K., Denis, R., Bernal, L., Núñez, A., et al. (2020): *Instrucción Metodológica para el Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1:50 000*. Subprograma CARTAGEOL-50K. 184 pp. IGP/SGC, MINEM. La Habana.
- , (2018): *La Cartografía Geológica en Cuba*. IGP-SGC. CNDIG. ISBN: 978-959-7117-66-X, La Habana.
- Vázquez, B., Cabrera, M., Pérez - Aragón, R.O. (2018): *Cartografía geológica marina de Cuba*. Resúmenes y Memorias del XI Congreso de Ciencias del Mar 2018. [CD - ROOM]. La Habana.
- , (2021): *Estado de la cartografía geológica del territorio marino de Cuba a escala 1: 50 000*. Resúmenes y Memorias de la IX Convención de Ciencias de la Tierra.GEOCIENCIAS 2021. La Habana.

Como citar:

Vázquez, B., Cabrera, M., Pérez, R. O. (2021): Logros y perspectivas de la cartografía geológica marina de Cuba. *Geoinformativa*. 14 (2). 53-64

Licencia:

Este artículo está protegido bajo una licencia Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA) la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), por lo que los autores, son libres de compartir su material en cualquier repositorio o sitio web.

