



# NUEVO MAPA GEOLÓGICO DE CUBA A ESCALA 1:1 000 000

**Kenya E. Núñez Cambra**

*Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca No. 1002, Virgen del Camino. San Miguel del Padrón. La Habana*

## INTRODUCCIÓN

Como parte de una iniciativa promovida por los Servicios Geológicos Nacionales en el marco del Año Internacional del Planeta Tierra (2008), surgió el proyecto Internacional titulado OneGeology. Dicho proyecto como principal objetivo perseguía, que los países participantes facilitaran el acceso público, vía Internet, a los mejores datos disponibles de mapas geológicos en todo el mundo. Inicialmente la escala acordada sería 1:1 millón.

El Instituto de Geología y Paleontología, fue quien abrazó la idea de aportar a esta propuesta, dado que es la Institución en Cuba que desde su fundación en 1967, ha tenido como misión incrementar el conocimiento geológico básico del territorio y la cartografía geológica nacional. Aunque Cuba en sus inicios no formó parte de esta iniciativa, sí comenzó a estudiar las posibles variantes de poder aportar información geológica regional a este proyecto, como una vía de divulgación de los resultados en todos los años de trabajo en la cartografía geológica del territorio nacional y en especial los proyectos de generalización geológica. De vital importancia para este empeño resultó la existencia de un mapa geológico a escala 1:100 000 en formato digital.

## ANTECEDENTES

Cuba cuenta con la existencia de Mapas Geológicos a escala 1:1000 000, en formato analógico de 1946 y 1962. Estos mapas aunque están a la escala requerida para el objetivo que se buscaba de contribuir con el mapa del mundo, los mismos no incluían la información originada de las investigaciones de los últimos años.

El Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100 000 fruto de los trabajos de generalización geológica de los años 1994-2006, contiene datos e interpretaciones más avanzadas de la Geología Nacional. Los mismos recogen toda la información geológica existente de los trabajos de levantamiento geológico 1:250 000 y 1: 50 000, realizados en el territorio nacional con la ayuda del campo socialista, así como los diferentes trabajos de más detalle incluidos en este último.

De dicho mapa del territorio nacional en formato digital, se realizó una versión unificada en el 2010, la cual se encuentra implementada en un soporte de Sistema de Información Geográfica (SIGEOL), con la base de datos de las unidades geológicas asociadas al mismo. La información asociada referente a las unidades litoestratigráficas procedente en gran medida del Léxico Estratigráfico de Cuba (versión digital del 2000).

Durante el año 2009 se elaboró y probó un procedimiento para el tratamiento de la información geológica digital en el proceso de generalización a escalas regionales. La misma concibe una generalización de la información geológica pasando por dos etapas fundamentales, por un lado el tratamiento de la información alfanumérica y la información espacial por otro lado.



## METODOLOGÍA

La metodología empleada concibe un esquema general del procedimiento a seguir, donde las bases de datos, geométrica y alfanumérica reciben un tratamiento, de acuerdo al propósito y escala del mapa (Fig.1)

### ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

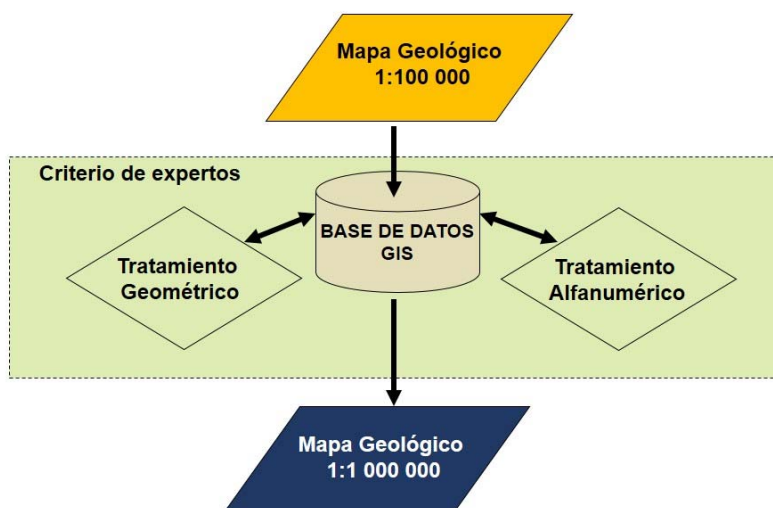


Figura 1. Esquema general del procedimiento para el tratamiento de la información geológica en el proceso de generalización a escalas regionales.

En el proceso de generalización se controló desde el comienzo de la tarea con el fin de minimizar los errores. La metodología incluye aspectos básicos de la generalización tales como, la pérdida de información a consecuencia de la eliminación de elementos geométricos (polígonos), definición de los parámetros de tolerancia, operaciones SIG a realizar (reclasificación, disolución, entre otras), fundamentales en el manejo de los datos espaciales (Fig. 2). La información alfanumérica fue organizada bajo las nuevas condiciones de la generalización, se incorporan nuevas nomenclaturas y se reclasificaron los datos, entre otros (Fig. 3).

Fue vital el criterio del especialista en la temática, tanto para el tratamiento espacial como en el no espacial de los datos, la metodología requiere de la opinión del experto, como clave fundamental para salvar los errores propios de la automatización del proceso.

Se consideró que la automatización completa de algunos de los pasos, en el proceso de generalización, presentó limitaciones técnicas, para ello según nuestros propósitos se combinaron los manuales y semiautomatizados, a partir de las herramientas del sistema.



Antes de comenzar los trabajos de generalización fue necesario una etapa preparatoria para ordenar y arreglar la información (espacial y de atributos), hacer los arreglos a la parte espacial del mapa (aspectos generales), arreglos a la parte de atributos (completamiento de la información de las unidades). Se trabajó con el mapa unificado, no por hojas (las partes mar se eliminaron).

## TRATAMIENTO GEOMÉTRICO

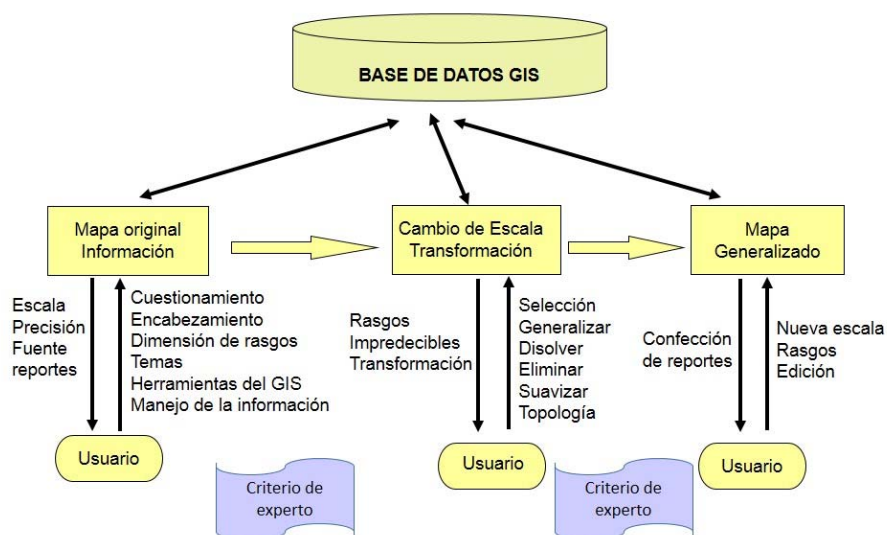


Figura 2. Esquema del tratamiento de la información geométrica o espacial del mapa

## TRATAMIENTO ALFANUMÉRICO

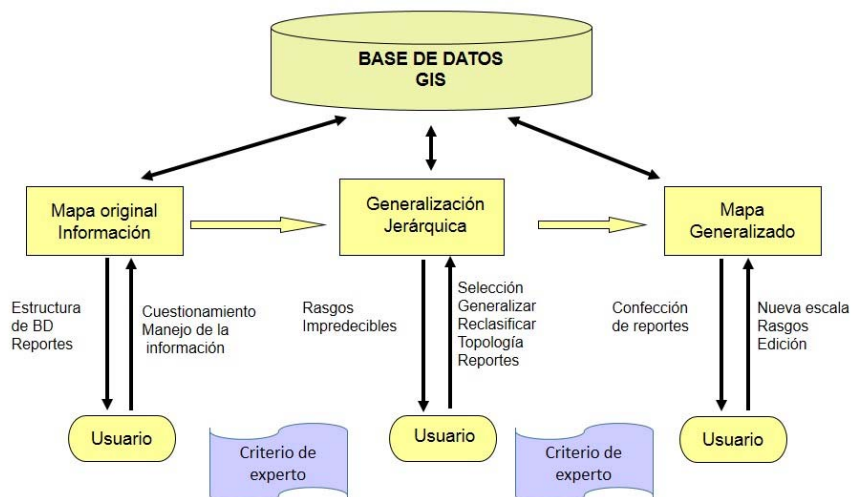


Figura 3. Esquema del tratamiento de la información alfanumérica o no espacial del mapa

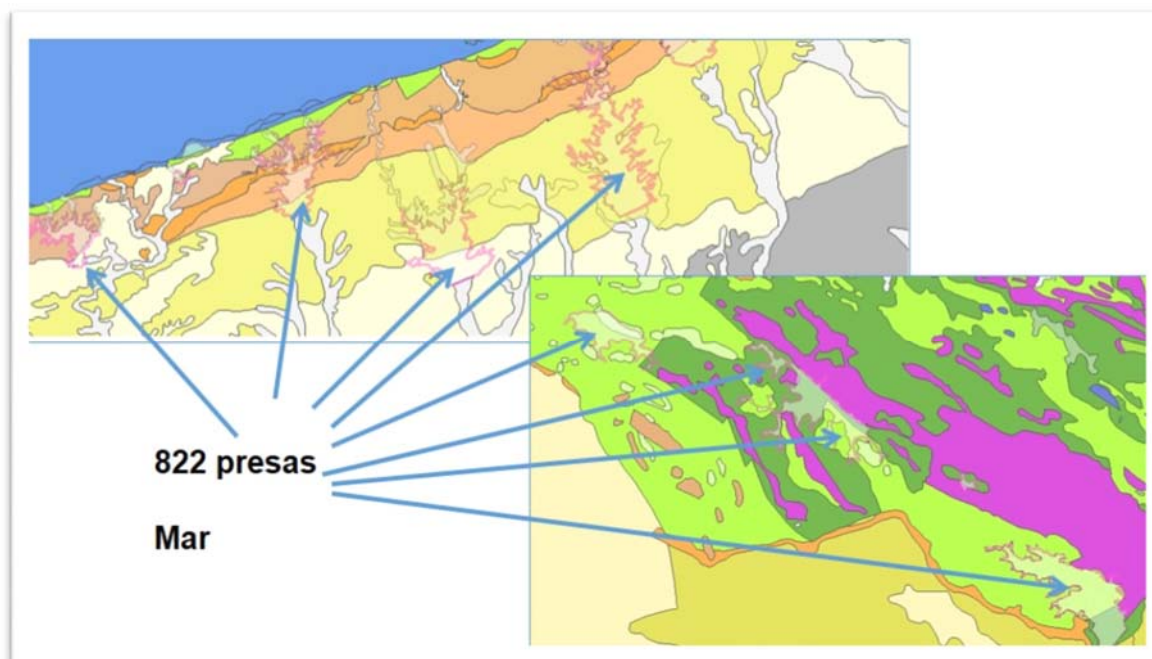
Es imposible ver este procedimiento como un proceso mecánico. Fue necesario la consulta y estudio de la información geológica existente en la literatura para poder llevar al mapa final la información de manera coherente, que los conceptos e interpretaciones geológicas actuales no se perdieran en el transcurso.



## GENERALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Como tarea primaria se realizaron arreglos a la parte espacial del mapa. Se eliminaron por tanto las no unidades geológicas, como las presas y el mar, que aparecían en el mapa original (Fig. 4). En el caso de los polígonos como presas, se recompuso la geología ausente en esos espacios. Se eliminaron del mapa 822 presas innecesarias. Algunos polígonos del mapa pertenecientes a presas, se mantuvieron por su tamaño y falta de información posible para ser retirados.

Figura 4. Vista del tratamiento con las no unidades geológicas presentes en el mapa presas y mar.



Para comenzar el tratamiento de la información de atributos, fue necesario revisar la base de datos asociada, para evitar arrastrar posibles errores en la misma. Se completó la información de las unidades geológicas, considerada importante para los objetivos trazados. Se rectificó la edad. Durante el tratamiento específico con las unidades litoestratigráficas se reclasificaron las unidades según su jerarquía. En la generalización por jerarquía los Miembros se llevaron a Formación y las Formaciones a Grupos. Para ello se hicieron cuestionamientos a la Base de datos del Léxico Estratigráfico y se renombraron las unidades (Fig. 5). Hay que aclarar que en algunos casos por la importancia de la presencia de una edad determinada no se tuvieron en cuenta esta jerarquización y se mantuvo la Formación.

Se llevó a cabo la selección desde la fuente de los datos necesarios para la identificación y caracterización de los objetos, en este caso unidades geológicas en el mapa. La misma incluye las unidades litoestratigráficas y otras como las rocas magmáticas, unidades informales, etc. Fue creada una tabla única con la información necesaria para ser adjuntada al mapa, como la información de atributos asociada al mismo (Fig. 6).



Figura 5. Tratamiento alfanumérico. Reclasificación de las unidades litoestratigráficas por jerarquía

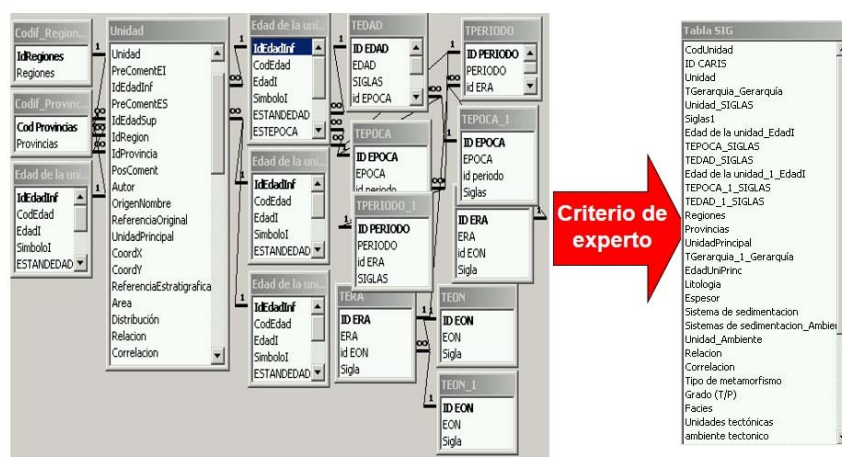


Figura 6. Tratamiento alfanumérico. Se muestra el esquema relacional de la base asociada y la interface para el mapa, los datos necesarios para la toma de decisiones sobre las unidades del mapa.

Otro tipo de generalización aplicada fue por contenido. La misma combina el tratamiento de atributos con el espacial. En este caso los polígonos de rocas dentro de las unidades con descripción de contenido de las mismas, se reclasificaron como la formación en sí (Fig. 7). El mismo procedimiento se siguió con la ocurrencia abundante de unidades cuaternarias encima del mapa. Algunos de esos polígonos se reclasificaron a las formaciones circundantes. De esta forma se realizó el cambio de llave o identificador de unidad que lo requería.

Determinadas unidades del mapa se cambiaron resultado de nuevas concepciones o interpretaciones, en este caso están las rocas ultramáficas y máficas, los sedimentos de la plataforma. Así como arreglos de las últimas versiones del mapa 1:100 000.

Dado que el resultado final, el mapa geológico a esta escala 1:1000 000, se concibe como un mapa de edades, no se unidades litoestratigráficas, se pasa seleccionar y reclasificar las unidad del mapa por su edad o el tipo de roca en el caso de las rocas magmáticas. Como parte del tratamiento a la información espacial se agruparon las unidades con la misma edad (Fig.8).



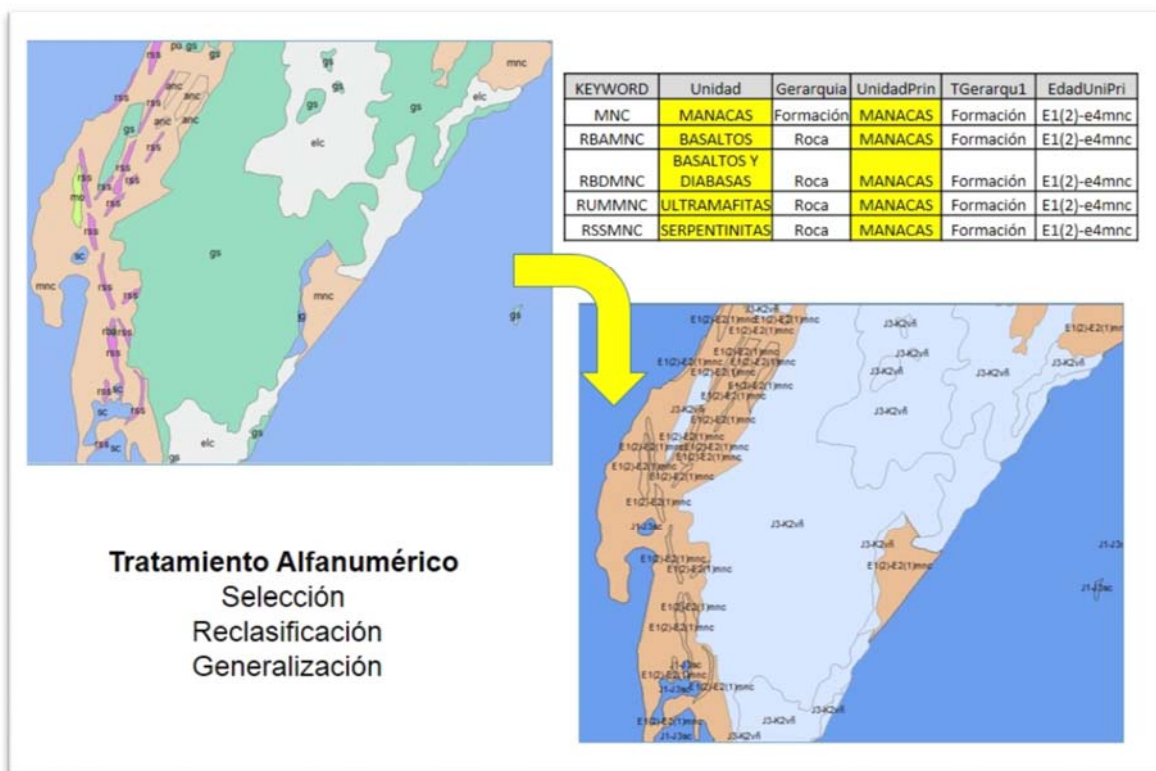


Figura 7. Tratamiento alfanumérico. Se observan como los polígonos dentro de las unidades litoestratigráficas cambian de llave y se reclasifican como la Formación a la cual pertenecen.

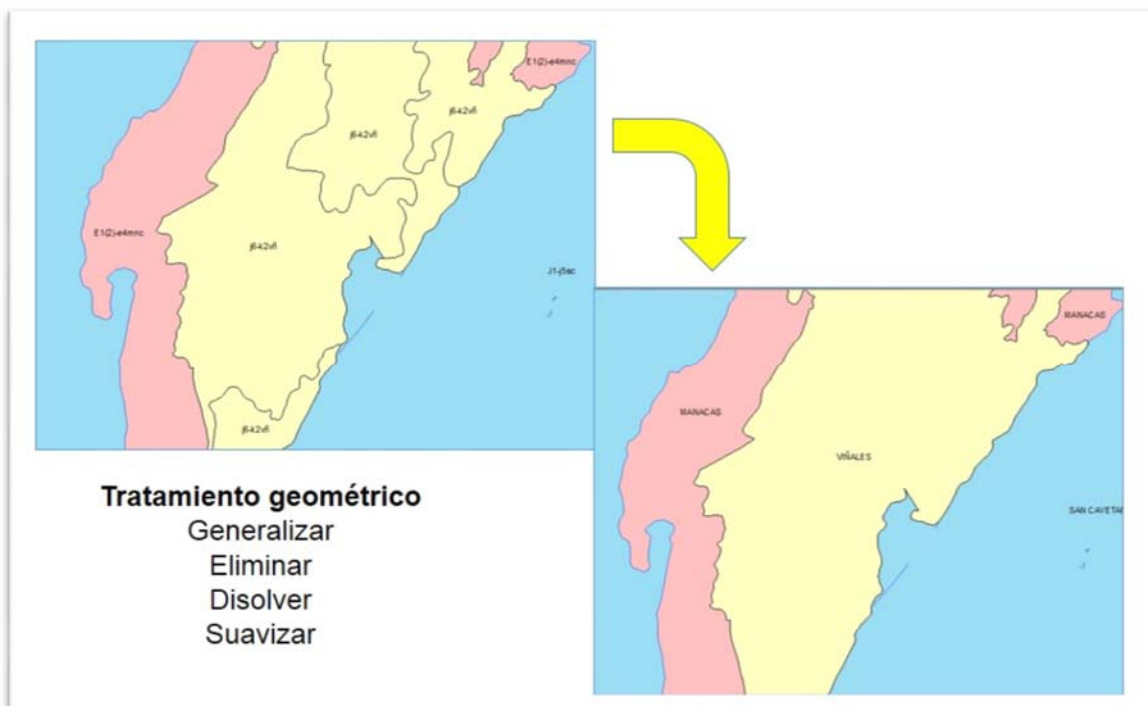


Figura 8. Tratamiento de la información espacial. Generalización de la información en las unidades con la misma edad.

Después de reclasificada y generalizada la información mediante la disolución de los polígonos, se utiliza la herramienta de suavizar las líneas, que no es más que eliminar puntos innecesarios con una tolerancia definida. Utilizando los instrumentos con la información previa, se calcula el área de cada polígono y se propone la eliminación de aquellas áreas menor de 1000 metros en el mapa. Es necesario aclarar que la intervención del especialista es fundamental, ya que se debe tener en



cuenta no eliminar del mapa las unidades geológicas que aunque son pequeñas en áreas son imprescindibles para la caracterización de la geología de nuestro territorio. Es decir la presencia de una unidad de importancia que en el mapa está en forma de varios polígonos pequeños se agregan los mismos para que no desaparezca del mapa esta unidad o se representa fuera de escala.

Con respecto a la generalización de la información de la tectónica, esta se dificulta bastante por no contar el mapa original con categorías de falla diferenciadas por su relevancia o su tamaño, como fallas locales o regionales. La tarea de simplificar el mapa de las fallas se tornó bastante difícil y trabajosa y la selección fue totalmente con la intervención del criterio del especialista (Fig 9).

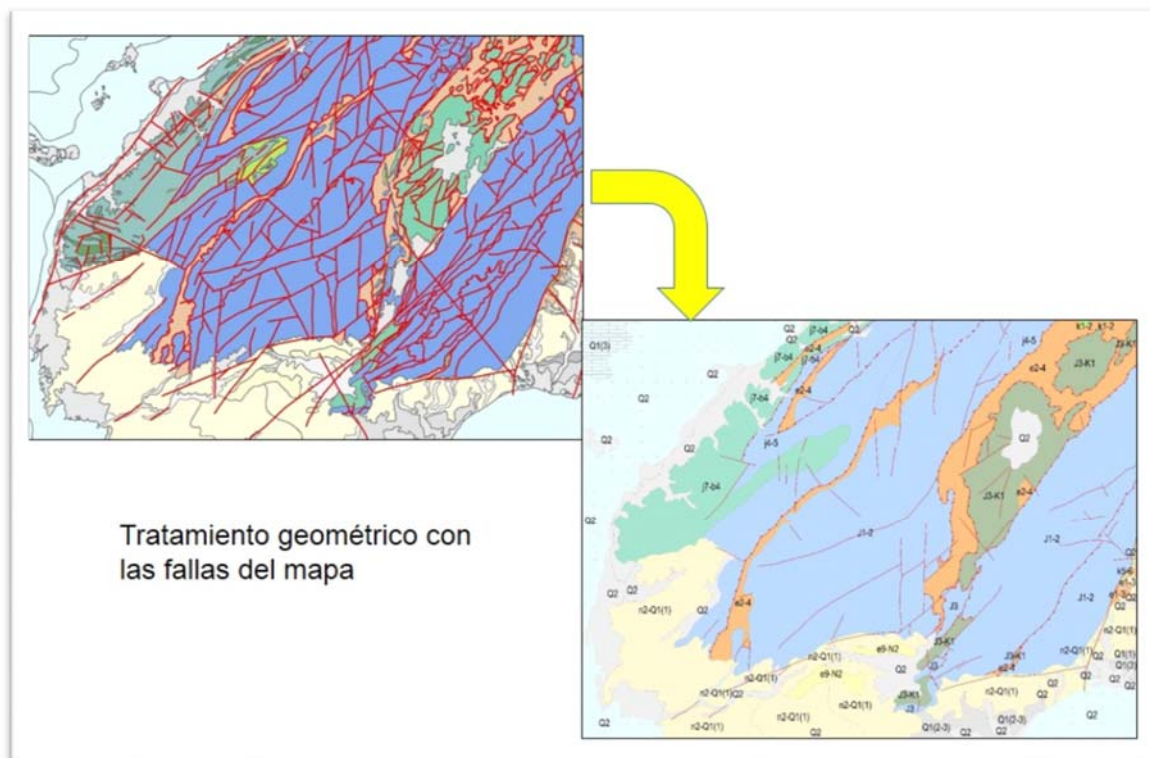


Figura 9. Tratamiento geométrico. Se observa la gran cantidad de fallas del mapa original y las que fueron dejadas en el mapa final.

Una vez terminado estos procesos semiautomáticos de generalización de la información geológica, se hace imprescindible la revisión exhaustiva de cada parte del mapa, con el objetivo de asegurarse de que la información o interpretación de la geología local y regional está clara y acorde con el conocimiento que se tiene de ella. Cerciorarse de que no se ha obviado ninguna edad presente en el territorio. Atestiguar que la dirección de las fallas de sobrecorrimiento está correcta en correspondencia con las unidades sobrecorridas.

Es en este momento que puede comenzar todo el proceso de nuevo. Te cercioras de que la automatización fue más allá de lo necesario o se quedó corta. Es necesario entonces revisar la literatura actualizada, la información de los diferentes mapas existentes con anterioridad, los artículos, columnas estratigráficas que se conocen de las determinadas localidades.



Con esta información se puede reclasificar alguna unidad que se obvió al inicio, y da la clave para la solución del problema. Ya habíamos mencionado que algunas unidades se llevan en el nivel jerárquico hasta el Grupo y otras se mantienen la Formación. De esta forma se puede observar en la figuras como el mapa después de la generalización semiautomática supervisada queda de una forma y cambia su aspecto en función del rescate de la información perdida en el proceso (Figs. 10,11,12). De ahí la importancia de la opinión y conocimiento del experto en el proceso de generalización y creación de un mapa.

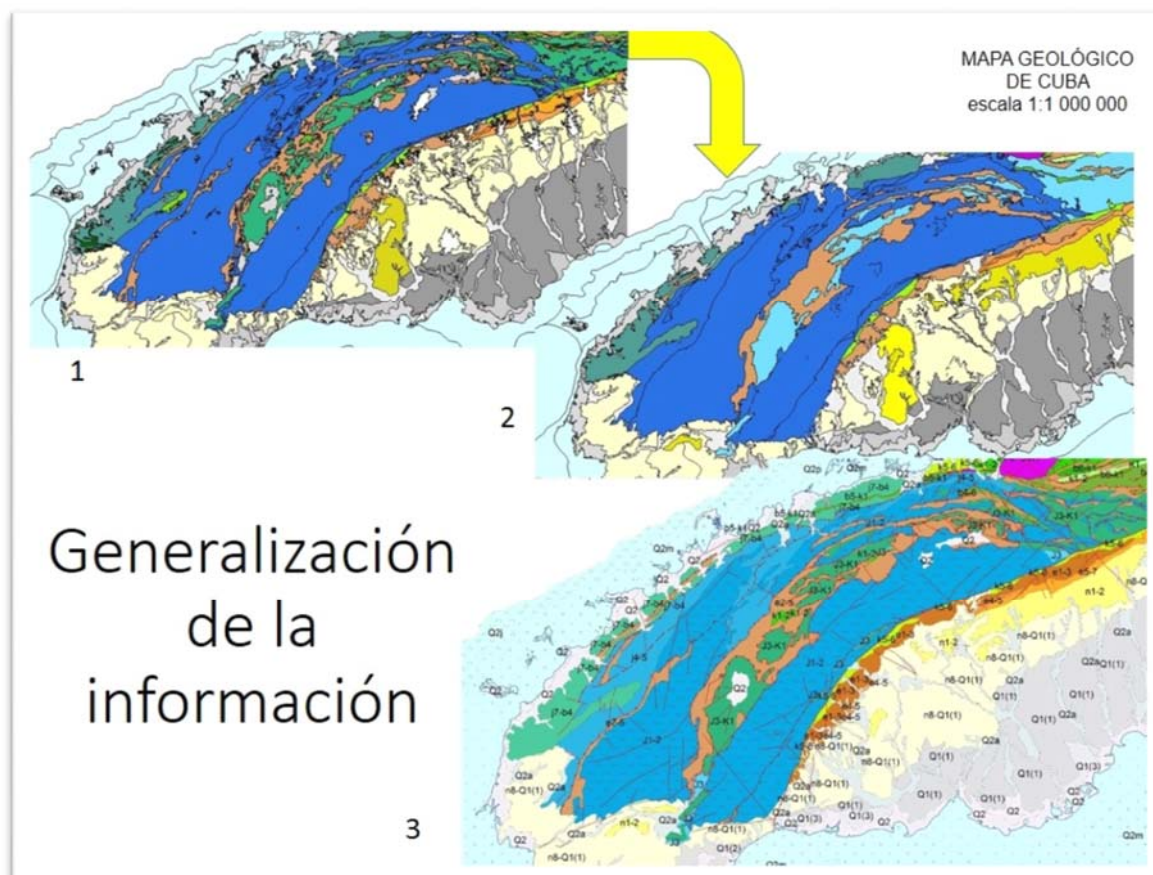


Figura 10. Fragmento del mapa en la región de Pinar del Río. Muestra de la diferencia entre el original (1), la generalización semiautomática (2) y la variante final después de rectificado y mejorado (3).

En el caso de Pinar del Río durante el proceso de generalización se eliminaron áreas que tuvieron que ser rescatadas como son: los frentes de sobrecorrimiento de edad Paleoceno medio-Eoceno medio, en la región Noroeste; las áreas de espesores importantes de eluvio-coluviales del Holoceno; la presencia de edades del Cretácico Superior Cenomaniano-Turoniano, entre otras (Fig. 10).



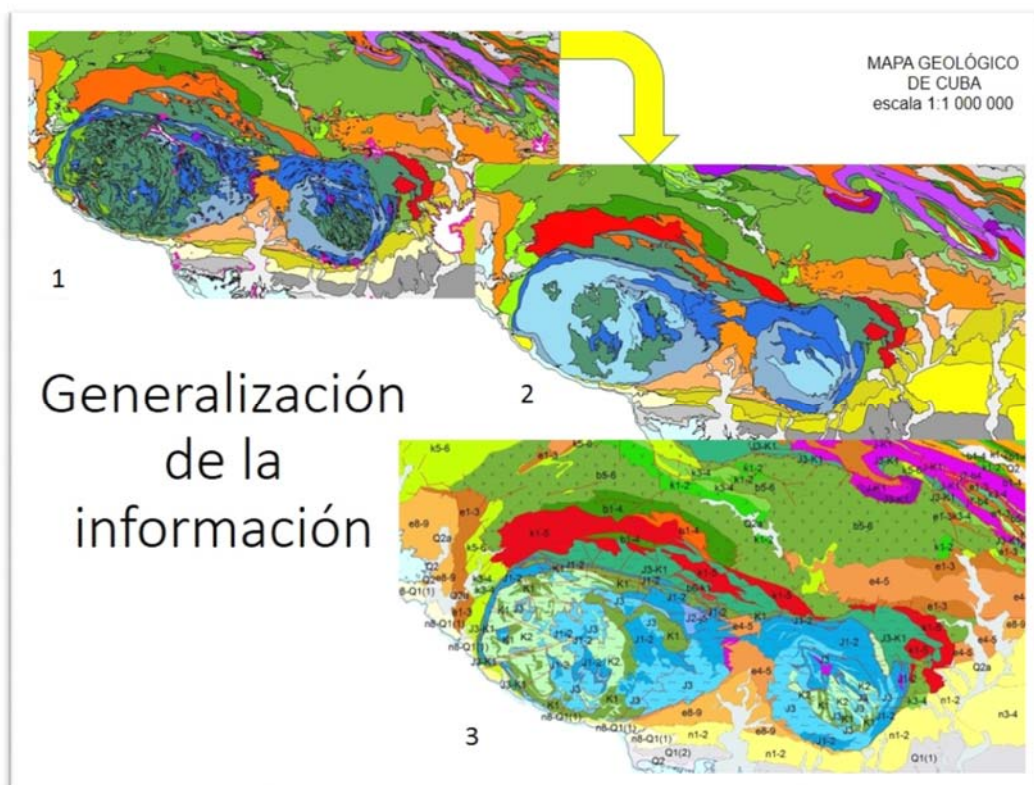


Figura 11. Fragmento del mapa en la región del Escambray. Muestra de la diferencia entre el original (1), la generalización semiautomática (2) y la variante final después de rectificado y mejorado (3).

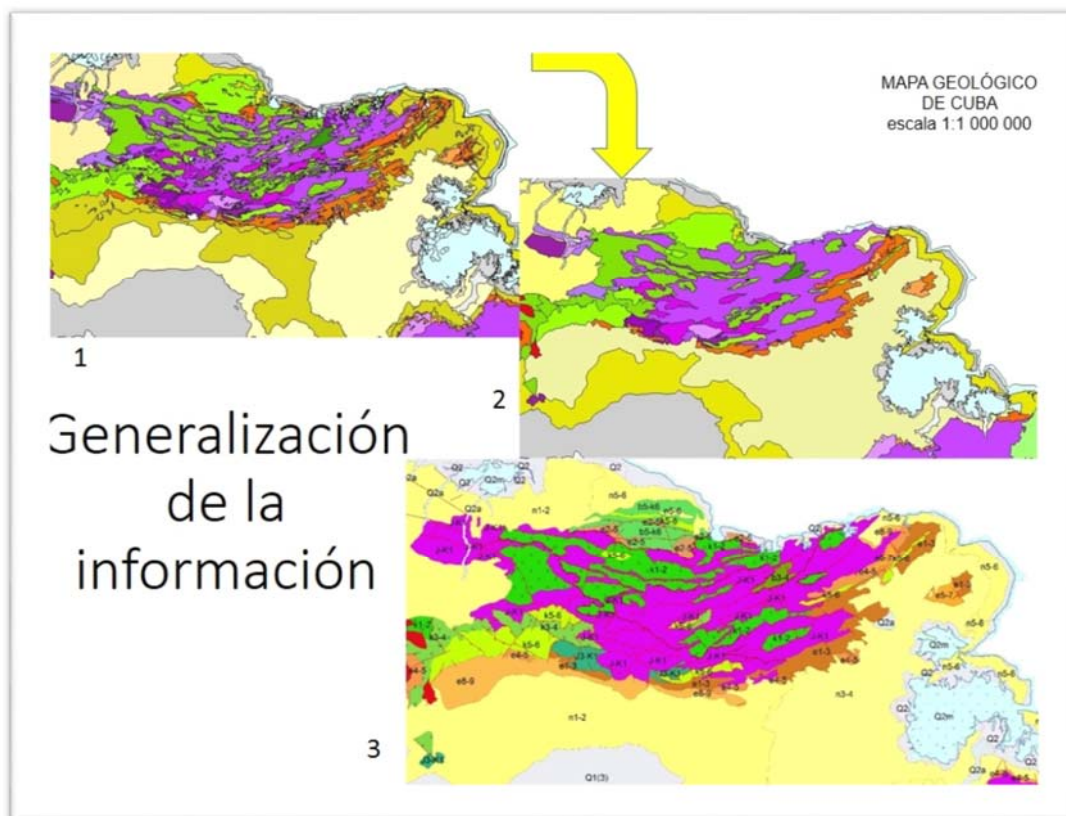


Figura 12. Fragmento del mapa en la región de Holguín. Muestra de la diferencia entre el original (1), la generalización semiautomática (2) y la variante final después de rectificado y mejorado (3).



Para la zona de Escambray durante el proceso de generalización se eliminaron áreas que tuvieron que ser rescatadas como son: la diferenciación de la distribución de las edades del Cretácico Inferior y el Superior en ambas cúpulas, lo cual le da forma a los cuerpos metamórficos presentes en las mismas; la ocurrencia de rocas ultramáficas dentro del Escambray; la distribución de rocas metamórficas de edad Jurásico Superior- Cretácico Inferior (tipo Mabujina) alrededor de la cúpula en el Suroeste; entre otras (Fig. 11).

Otro ejemplo es para la zona de Holguín, zona Auras, durante el proceso de generalización se eliminaron áreas que tuvieron que ser rescatadas como son: la presencia de edades del Cretácico Superior Campaniano-Maastrichtiano en la zona de Gibara; los frentes de sobrecorrimento de edad Paleoceno Medio- Eoceno Medio al norte; la diferenciación de tres mantos de sobrecorrimento; entre otros (Fig. 12).

En general se destacaron las áreas de edades del límite KT para hacerlas visibles a la escala de trabajo, al norte en la zona de Bahía Honda, Mariel y La Habana. Así mismo se delimitaron los tres mantos de sobrecorrimento al norte de Matanzas; Se muestran fuera de escala las rocas de edad Proterozoica al norte de Las Villas, y los Plagiogranitos oceánicos, entre otras.

Se identificaron los tipos de rocas intrusivas según la diferenciación en complejos magmáticos y se distinguieron por el color y el tramado característico de cada uno según su composición. Un tramado también indica la presencia de roca volcánica. Para el caso de las rocas metamórficas se resaltaron con un tramado sobreimpreso. De la misma forma se diferenciaron por medio de tramado las litologías presentes (granitos, dioritas, plagiogranitos, basaltos), los domos salinos y los sedimentos del fondo de la plataforma marina.

Antes del proceso de edición el mapa debe pasar por el procedimiento de la topología, para arreglar la consistencia del mismo. En el proceso de edición final del mapa, se utilizó el color de las edades según los estándares de color. Se realizó la colocación de las anotaciones del mapa, las cuales se hicieron según los estándares establecidos para ello, utilizando solo las necesarias e incorporando plecas en los casos necesarios.

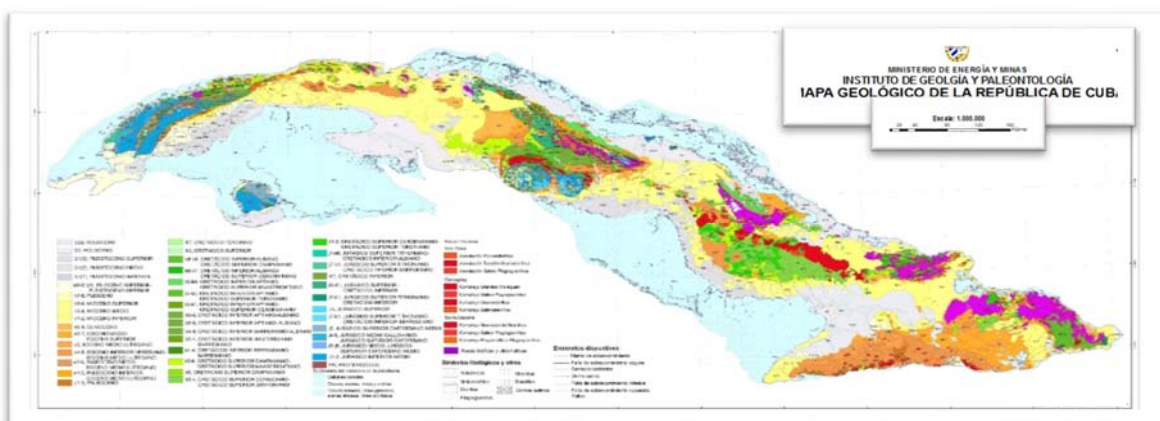
La leyenda muestra todas las edades presentes en el mapa y la información marginal se limita a titular el mapa, su autoría, colocar la escala gráfica, flecha de norte y coordenadas, en este caso latitud y longitud.

## RESULTADOS

Siguiendo la premisa de que la generalización de un mapa es la simplificación de las variaciones espaciales notables que permiten su representación en un mapa, el nuevo mapa 1:1000000 resultó una reducción de la complejidad, mantuvo la precisión espacial y de atributos, dio respuesta al propósito y la escala, así como proporcionó información y comunicación más eficiente.

Se logró un nuevo mapa que contiene los adelantos en el conocimiento geológico y la cartografía digital de Cuba y de los últimos 20 años. Por ende más actualizado.

El soporte digital del mismo ayuda a que se pueda actualizar en la medida del surgimiento de nuevos datos.



Por su escala y tamaño es factible para utilizarlo en representaciones de la geología del territorio que no necesiten de mucho detalle.



Figura 13. Mapa Geológico de Cuba a escala 1:1000 000

El resultado tiene un impacto económico que se traduce en la factibilidad de utilizarlo en representaciones de la geología del territorio nacional indispensables para esa escala y tamaño; La disponibilidad de la información para la toma de decisiones a todos los niveles; El ahorro en tiempo y fuerza de trabajo (actualización rápida y precisa de la información del mapa); El aumento de la eficiencia en la captura de información, lo cual proporciona un incremento de la productividad y reducción de los costos de producción.

La información pueda ser transferida a diferentes formatos de intercambio digital, para diferentes usos; Su introducción en formato digital o impreso, puede ser usado por otras entidades que lo requieran, así como colocar la información del mismo en línea. Es una obra de patrimonio nacional, para ser entregada gratuitamente a las instituciones nacionales que lo requieren, significa tener este mapa no sólo para el sector de la Geología y el manejo de los recursos naturales, sino para otros sectores de la economía de nuestro país. Tiene aplicación para la planificación física, estudios medio ambientales, defensa civil, agricultura, estudios de suelo, áreas protegidas, recursos hidráulicos, entre otros. Tiene uso para la educación media y superior, es la escala propicia, con la información necesaria y sin complejidad.

Con estos resultados la Institución y el País podrá enfrentar los retos que le imponen el desarrollo internacional actual y su inclusión en proyectos internacionales de cartografía geológica mundial.

El nuevo mapa 1:1000 000 en formato digital, constituye un salto tecnológico, resultó una reducción de la complejidad, manteniendo la precisión espacial y de atributos. Con el trabajo se estableció una metodología de generalización para la escala 1:1000 000. Se integran los adelantos en el conocimiento geológico y la cartografía digital de Cuba alcanzada en los últimos 20 años. Eleva el conocimiento geológico del territorio nacional, incluyendo la Geología de la Plataforma marina. Permite que la información pueda ser transferida a diferentes formatos de intercambio digital. Permite análisis utilizando tecnología SIG y aplicaciones diversas; contiene los datos estandarizados. Puede ser utilizada como base en la confección de mapas temáticos para trabajos de reconocimiento y exploración de yacimientos minerales metálicos, no metálicos, aguas y petróleo-gas. Es la base para estudios hidrogeológicos e hidrológicos regionales. Evaluaciones medioambientales o de contaminación, Análisis de riesgos geológicos, Evaluaciones para la producción agrícola, entre otros. Con este Mapa Cuba puede hacer su aporte al Mapa Geológico del Mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dalia Carrillo Pérez, Kenya Núñez Cambra, Bienvenido T Echevarría, William Alfonso San Jorge Arelis Núñez Labañino, Denyse Martín Izquierdo. Tratamiento de la información geológica digital en el proceso de generalización a escalas regionales. 2009
- Iturralde-Vinent, M. A. (Editor). Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba. 2012
- Instituto de Geología y Paleontología. Mapa Geológico Digital de la República de Cuba escala 1:100 000. Centro Nacional de Información Geológica. 2007
- Manuel A. Iturralde-Vinent y Yasmani Ceballos Izquierdo. Biblioteca Cubana de Geociencias. DVD-Rom. 2013