

# **Diseño y desarrollo de un sistema de información geográfica para la gestión de la información geológica y geofísica de Cuba nororiental**

José A. Batista-Rodríguez / [jabatista@ismm.edu.cu](mailto:jabatista@ismm.edu.cu)

Beatriz Riverón Zaldívar / [briveron@ismm.edu.cu](mailto:briveron@ismm.edu.cu)

Jesús A. Blanco Moreno / [jblanco@ismm.edu.cu](mailto:jblanco@ismm.edu.cu)

Alina Rodríguez Infante / [rinfante@ismm.edu.cu](mailto:rinfante@ismm.edu.cu)

## **RESUMEN**

La información geológica y geofísica generada por el Departamento de Geología durante más de 25 años se encontraba dispersa en formato analógico, en diversos informes de investigación, tesis doctorales, de maestría y de diploma, fundamentalmente. Esta situación hacía muy trabajoso el manejo y utilización de esta información durante el desarrollo de las investigaciones que se llevan a cabo en el territorio nororiental de Cuba. En este trabajo se exponen los resultados del diseño y desarrollo de un SIG en la región nororiental de Cuba, en el cual se almacenan los principales datos geológicos y geofísicos de esta región. Con el mismo se logra generalizar e interpretar dicha información, obteniéndose nuevas regularidades geológicas, que enriquecen el conocimiento geológico

## **PALABRAS CLAVE**

SIG, geología, geofísica, Cuba nororiental.

---

Recibido: mayo 2007 / Aceptado: junio 2007

1 Instituto Superior Minero Metalúrgico. Las Coloradas s/n, Moa, Cuba.

# **Design and development of a geographical information system to manage geological and geophysical information in northern Cuba**

## **ABSTRACT**

Geological and geophysical information obtained by the ISMM Geology Department during more than 25 years was dispersed in analogical format and several documents (reports and thesis mainly). Handling and using such information become difficult during the development of new researches, so it was designed and developed a GIS in which the main geological and geophysical data of north-eastern territory of Cuba is stored. In this way it is possible to generalize and to interpret the information in order to obtain new geological regularities to enhance the geological knowledge of the region and to guide works of mineral prospecting.

## **KEY WORDS**

GIS, geology, geophysics, north-eastern Cuba.

## INTRODUCCIÓN

El Departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa ha realizado un gran número de investigaciones geológicas y geofísicas en la parte nororiental de Cuba. En la actualidad, el Instituto está inmerso en la informatización del patrimonio informativo del quehacer geológico y geofísico, utilizando las técnicas más novedosas en el tratamiento de la información georeferenciada y la edición cartográfica temática, con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los resultados de investigaciones realizadas durante más 25 años, se encuentran dispersos en varias tesis doctorales, de maestría y de diploma, así como diversos informes de investigación, prácticas docentes y laborales, y publicaciones científicas en revistas y libros. Esto dificulta la utilización de ese conglomerado de información en las investigaciones que se desarrollan actualmente, dirigidas a ahondar en el conocimiento geológico del extremo nororiental de Cuba.

En la profundización del conocimiento geológico de una región, juega un papel muy importante la generalización de la información geológica y geofísica y su combinación durante la etapa de interpretación. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta apropiada para la generalización de la información geológica y geofísica y su posterior interpretación combinada. Esta investigación tiene como objetivo diseñar y desarrollar un SIG que permita la generalización e interpretación de la información geofísica de Cuba nororiental.

Una vez diseñado e implementado el SIG se ponen a disposición de los usuarios la mayor parte del quehacer geofísico en este extremo de Cuba, a través de bases de datos puntuales, mapas geofísicos y temáticos en formato digital, lo cuál ayudará en mayor medida el desempeño de la docencia y la investigación.

## **METODOLOGÍA**

Siguiendo la estructura metodológica de investigaciones anteriores (Marble, 1994, Huxhold, 1995, Heywood, 1998, Valero, 2004), el diseño y desarrollo del SIG se realizó en dos etapas:

1. Diseño del SIG
2. Montaje del SIG

En la primera etapa se concibió la aplicación a desarrollar y todos los factores que intervienen en la ejecución de la misma, mediante la creación de tres modelos: conceptual, lógico y físico (Primelles et al, 2002). Durante el diseño del modelo conceptual se planteó el problema, así como la identificación de los objetos y atributos, con sus respectivas clasificaciones y las fuentes que los suministran. Se definió además los metadatos y el modelo de decisión. Es decir, que este modelo contiene los elementos esenciales del análisis posterior. Con esto se logra una primera aproximación al SIG (Maskrey, 1998).

En el diseño del modelo lógico se define la estructura de datos, el modelo lógico de datos y se describen los procesos de análisis a que serán sometidos los mismos (Primelles et al., 2002).

En el diseño del modelo físico se diseñan y estructuran las bases de datos según los requerimientos del sistema seleccionado de gestión de bases de datos y se definen las características del hardware y software a utilizar (Primelles et al., 2002).

El SIG integra información geofísica, tanto aérea como terrestre, de diferentes métodos (magnetometría, radiometría, gravimetría y geoelectricidad), que inicialmente se aplicaron con el objetivo de apoyar la prospección de cromitas, lateritas Fe+Ni+Co y asbestos crisotílico. La información geológica abarca mapas geológicos confeccionados a diferentes escalas dentro del área investigada. Para cada tipo de información se definieron los objetos y atributos que los caracterizan, así como

sus tipos y fuentes de suministro. La información del SIG se recoge en diferentes sub-proyectos y capas, las que a su vez incluyen información de tipo puntual, lineal y areal.

En la etapa de montaje del SIG, una vez concebida la aplicación que se desarrollará, se procede a su implementación, utilizando para ello algunas de las herramientas disponibles. Esto implica que se debe disponer de algunos de los SIG existentes en el Mercado, además de toda la información espacial y los atributos que describen los objetos presentes en alguno de los formatos digitales permitidos por el software base, así como los recursos humanos y técnicos para desarrollar la aplicación (Huxhold y Levinson, 1995).

La investigación culmina con el montaje del SIG, el cual queda disponible para las futuras consultas que permitan interpretar de forma más eficiente y rápida la información geológica y geofísica de Cuba nororiental, tanto de forma independiente como combinada, esto último muy importante en las investigaciones geólogo-geofísicas. El análisis de la información se lleva a cabo teniendo en cuenta el criterio de expertos en la temática geológica y geofísica. El SIG se desarrolla sobre el Mapinfo Professional versión 6.5 (MapInfo Corporation, 1999)

### **DISEÑO Y DESARROLLO DEL SIG**

Algunos de los elementos del diseño y desarrollo del SIG se muestra en las tablas 1 y 2 (a y b) tomando como base el problema planteado que es generalizar e interpretar la información geológica y geofísica del extremo nororiental de Cuba a partir de bases de datos en formato digital sustentadas en un SIG.

Como se aprecia en la tabla 1, la información geofísica contiene cinco sub-proyectos que abarcan los sectores SW de Moa (Zamashikov y Tabachkov, 1971), Majayara (Bronnikov y Budnitsky, 1969), Rancho Yagua (Bronnikov y Budnitsky, 1969), Cayo Guam (Prolov et al., 1980) y todo el extremo nororiental

de Cuba (Chang et al., 1990,1991), todos conformados por datos geofísicos terrestres exceptuando el último mencionado. Tales datos se tomaron a diferentes escalas. Para la información geofísica, primero se definió un objeto areal denominado *Levantamientos geofísicos*, conformado por los atributos: *levantamiento* (tipo: descriptivo), *tipo de trabajo* (tipo: descriptivo), *autor* (tipo: descriptivo), *año* (tipo: fecha), *métodos geofísicos* (tipo: descriptivo) y *carácter trabajo* (tipo: descriptivo). Este objeto permite ubicar espacialmente todos los levantamientos geofísicos realizados en esta región del país y recuperar sus respectivas características según los atributos que los caracterizan y las necesidades de los usuarios.

El resto de los objetos se corresponden con los sectores de estudio antes mencionados. Son objetos puntuales caracterizados por diversos atributos en correspondencia con las variables geofísicas obtenidas o calculadas en cada punto de medición. La combinación de toda esta información permite obtener nuevos mapas temáticos según los criterios fijados por los expertos en las investigaciones geofísicas. Tales criterios se declaran en dependencia de los objetivos que se persiguen en la etapa de investigación que se desarrolla.

La información geológica (Tablas 2a y 2b), abarca 6 sub-proyectos que identifican los mapas geológicos confeccionados en 6 sectores de estudio a diferentes escalas: Sagua-Moa (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990), Moa (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990), Mayarí (Adamovich y Chejovich, 1963), Mayara (Bronnikov y Budnitsky, 1969), Rancho Yagua (Bronnikov y Budnitsky, 1969) y extremo nororiental de Cuba (Albear et al., 1988). Aquí, igual que para los datos geofísicos, primero se definió un objeto que representa la ubicación espacial de los diferentes mapas geológicos en la región investigada, caracterizado por los atributos: *autor* (tipo: descriptivo), *año* (tipo: fecha) y *escala* (tipo: descriptivo). Luego se representan otros objetos, tales como, *formaciones geológicas y niveles de la asociación ofiolítica* (tipo: areal), *tectónica* (tipo: lineal),

*puntos de documentación* (tipo: puntual), *itinerarios geológicos* (tipo: lineal), *localidades* (tipo: puntual), *ríos* (tipo: lineal) y *vías de comunicación* (tipo: lineal). Dichos objetos se caracterizan por diversos atributos que permiten, ya sea de forma simple o combinada, recuperar la información contenida en esta base de datos espaciales, mostrando de igual manera que los datos geofísicos, diversos mapas temáticos en función de los objetivos que se persiguen.

### **EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN DEL SIG**

A continuación se exponen algunos ejemplos de la utilización del SIG durante la gestión de la información geológica y geofísica del extremo nororiental de Cuba, tanto de forma independiente como combinada.

En ocasiones es necesaria la rápida confección de mapas geológicos a partir de los ya existentes, siguiendo determinados patrones. En la figura 1 se muestra un mapa de unidades litológicas según los diferentes tipos de rocas que se localizan en la región de estudio. Esto se logra utilizando el objeto *Formaciones geológicas y niveles de la asociación ofiolítica* y su atributo *Tipos de rocas*.

Combinando la información tectónica y geofísica se obtiene un nuevo esquema donde representan las zonas de fallas que tienen relación con el comportamiento del campo magnético (figura 2). Para lograr esto se combinó el objeto *tectónico* y los mapas geofísicos de gradientes horizontales generados a partir de los objetos que caracterizan los datos de cada levantamiento geofísico.

La combinación de la información geológica, tectónica, geoquímica y geofísica permite identificar las áreas de desarrollo de alteraciones de carácter hidrotermal, con las cuales se vinculan mineralizaciones de metales preciosos (figura 3). De la misma manera se obtienen mapas de zonas de desarrollo de cortezas de meteorización y de lateritas Fe+Ni+Co

(figura 4), combinando el objeto *Formaciones geológicas y niveles de la asociación ofiolítica con Geofísica Cuba nororiental* y su atributo eTh.

### **CONCLUSIONES**

Se diseñó y desarrolló un SIG que permite mayor eficiencia y rapidez en la gestión de la información geológica y geofísica del extremo nororiental de Cuba, facilitando la generalización e interpretación de dicha información. Con ayuda del SIG se han obtenido nuevos mapas temáticos durante el proceso de interpretación, de acuerdo a los intereses de los investigadores. Tales mapas han aportado nuevos elementos que enriquecen el conocimiento geológico de la región investigada y orientan en mayor medida los trabajos de prospección.

### **AGRADECIMIENTOS**

Al Departamento de Geología del ISMM de Moa por facilitar los materiales. Al Departamento de Geofísica del Instituto de Geología y Paleontología por facilitar los datos geofísicos aéreos.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADAMOVICH A. Y V.D. CHEJOVICH. 1963. Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente. Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- ALBEAR, J.; BOYANOV, I.; BREZSNYANSZKY, K.; CABRERA, R.; CHEJOVICH, V.; ECHEVARRÍA, B.; FLORES, R.; FORMELL, F.; FRANCO, G.; HAYDUTOV, I.; ITURRALDE-VINENT, M.; KANTCHEV, I.; KARTASHOV, I.; KOSTADINOV, V.; MILLÁN, G.; MYCZYNSKI, R.; NAGY, E.; ORO, J.; PEÑALVER, L.; PIOTROWSKA, K.; PSZCZOLKOWSKI, A.; RADOZJ, J.; RUDNICKI, J.; SOMIN, M.L. 1988. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000.
- BRONNIKOV, A.; BUDNITSKY, V. 1969. Informe sobre trabajos de búsqueda y exploración orientativa para Asbestos-Crisotilo en la región del yacimiento Majayara y Rancho Yagua. Oficina Nacional de Recursos Minerales.



- GYARMATI, P. Y J. LEYÉ O'CONOR. 1990. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- HEYWOOD, I. 1998. *An introduction to Geographic Information Systems*. Congmon, New York. 227 p.
- HUXHOLD W., LEVISON A. 1995. *Managing GIS Project*. Oxford University Press. New York. 247 p.
- MAPINFO CORPORATION. 1999. MapInfo professional. User's Guide. Version 5.5. 634 p.
- MARBLE D. 1994. *An introduction to the structure design of G/S*. USA.
- MASKREY, A. 1998. Navegando entre Brumas: La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica análisis de riesgo de América Latina. 15p. Disponible en: [http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb\\_cap10-MAP\\_nov-09-2002.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb_cap10-MAP_nov-09-2002.pdf).
- PRIMELLES, J., JUNCO, N., REYES, G. 2002. SIG para asistir la estrategia de conservación de las áreas protegidas de la provincia de Camaguey, Cuba. *Cuba medio ambiente y desarrollo*. 3.
- PROLOV, V.; GLIKOV, V.; REBOLIDO, J.; SHEDROLIUBOV, S. 1980. Proyecto para la realización de búsqueda de cromitas Cayo Guan. (No publicado). Oficina Nacional de Recursos Minerales. 199 p.
- VALERO, J.A. 2005. Modelo SIG para la situación de ruido en la localidad de Puente Aranda. Disponible en: <http://www.goethe.de/hn/bog/ruido/Valero.pdf> . 27-12-2005.
- ZAMASHIKOV, M.E.; TOBACHKOV, V. 1971. Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda a escala 1:50 000 en la parte suroeste del macizo hiperbasáltico Moa - Baracoa. Oficina Nacional de Recursos Minerales. 243 p.

Tabla 1. Ejemplos de elementos que conforman el diseño de la información geofísica del SIG.

Objetos	Clasificación de los objetos	Fuente de suministro	Atributos	Tipo de campo	Fuente de suministro
Levantamientos geofísicos	Areales	Dpto. Geología	Levantamiento	Descriptivo	Informes y publicaciones
			Tipo de trabajo	Descriptivo	
			Autor	Descriptivo	
			Año	Fecha	
			Métodos geofísicos	Descriptivo	
			Carácter trabajo	Descriptivo	
			Escala	Descriptivo	
Geofísica Cuba Nororiental	Puntuales	Dpto Geología	X	Entero	Base de datos
			Y	Entero	
			$\Delta T$	Decimal	
			It	Decimal	
			eU	Decimal	
			eTh	Decimal	
			K	Decimal	
			eU/eTh	Decimal	
			eU/K	Decimal	
			eTh/K	Decimal	
			$K * eU / eTh$	Decimal	
Geofísica SW Moa	Puntuales	Dpto Geología	X	Entero	Base de datos
			Y	Entero	
			$\Delta Z$	Decimal	
Geofísica Cayo Guam	Puntuales	Dpto Geología	X	Entero	Base de datos
			Y	Entero	
			$\Delta Z$	Decimal	
			$\Delta g$	Decimal	
Geofísica Majayara-Rancho Yagua	Puntuales	Dpto Geología	X	Entero	Base de datos
			Y	Entero	
			$\Delta Z$	Decimal	
			$\Delta a$	Decimal	

Tabla 2a. Ejemplos de elementos que conforman el diseño de la información geológica del SIG.

Objetos	Clasificación de los objetos	Fuente de suministro	Atributos	Tipos de campo	Fuente de suministro
Mapas geológicos	Areales	Dpto. Geología	Autor	Descriptivo	Mapas geológicos
			Año	Fecha	
			Escala	Descriptivo	
Formaciones geológicas y niveles de la asociación ofiolítica	Areales	Dpto. Geología, CICT.	Nombre	Carácter	Mapas geológicos
			Sinonimias	Carácter	Léxico estratigráfico y mapas geológicos
			Edad N.	Decimal	Mapas geológicos
			Edad D.	Descriptivo	Mapas geológicos
			Tipos de rocas	Descriptivo	Mapas geológicos
			Ofiolitas	Lógico	Mapas geológicos
			Mineralización	Lógico	Trabajos de campo, informes y publicaciones
			Tipo de mineralización	Descriptivo	Trabajos de campo, informes y publicaciones
			Fósiles	Lógico	Trabajos de campo, léxico estratigráfico, informes y publicaciones
			Tipos de fósiles	Descriptivo	Trabajos de campo, léxico estratigráfico, informes y publicaciones
			Espesor promedio	Decimal	Trabajos de campo, informes y publicaciones
			Descripción	Descriptivo	Mapas geológico y léxico estratigráfico

Tabla 2b. Ejemplos de elementos que conforman el diseño de la información geológica del SIG.

Objetos	Clasificación de los objetos	Fuente de suministro	Atributos	Tipos de campo	Fuente de suministro
Tectónica	Lineales	Dpto Geología, CICT.	Tipo de tectónica	Descriptivo	Mapas geológicos, tectónicos, informes y publicaciones
			Nombre	Descriptivo	
			Dirección	Descriptivo	
			Estado	Descriptivo	
			Mineralización	Lógico	
			Tipo de mineralización	Descriptivo	
			Carácter	Descriptivo	
			Tipo de estructura	Descriptivo	
			Edad N.	Decimal	
			Edad D.	Descriptivo	
			Criterios de identificación	Descriptivo	
			Descripción	Descriptivo	
Trabajos de referencias	Descriptivo				
Puntos de documentación	Puntuales	Dpto. Geología	Nombre	Descriptivo	Trabajos de campo e informes
			Documentador	Descriptivo	
			Fecha	Descriptivo	
			Rocas	Descriptivo	
			Formaciones	Descriptivo	
			Mineralización	Lógico	
			Tipo de mineralización	Descriptivo	
			Estructuras	Descriptivo	
			Nombre Muestra	Descriptivo	
			Tipo de muestreo	Descriptivo	
Itinerarios geológicos	Lineales	Dpto Geología	Fecha	Fecha	Trabajos de campo e informes
			Documentador	Descriptivo	
			Tipo de trabajo	Descriptivo	
			Dirección	Descriptivo	
Localidades	Puntuales	Dpto. Geología	Nombre	Descriptivo	Mapas topográficos
			Tipo	Descriptivo	Mapas topográficos
Ríos	Lineales	Dpto. Geología	Nombre	Descriptivo	Mapas topográficos
			Dirección	Descriptivo	Mapas topográficos
			Dirección corriente	Descriptivo	Mapas topográficos
Vías de comunicación	Lineales	Dpto Geología	Tipos	Descriptivo	Mapas topográficos

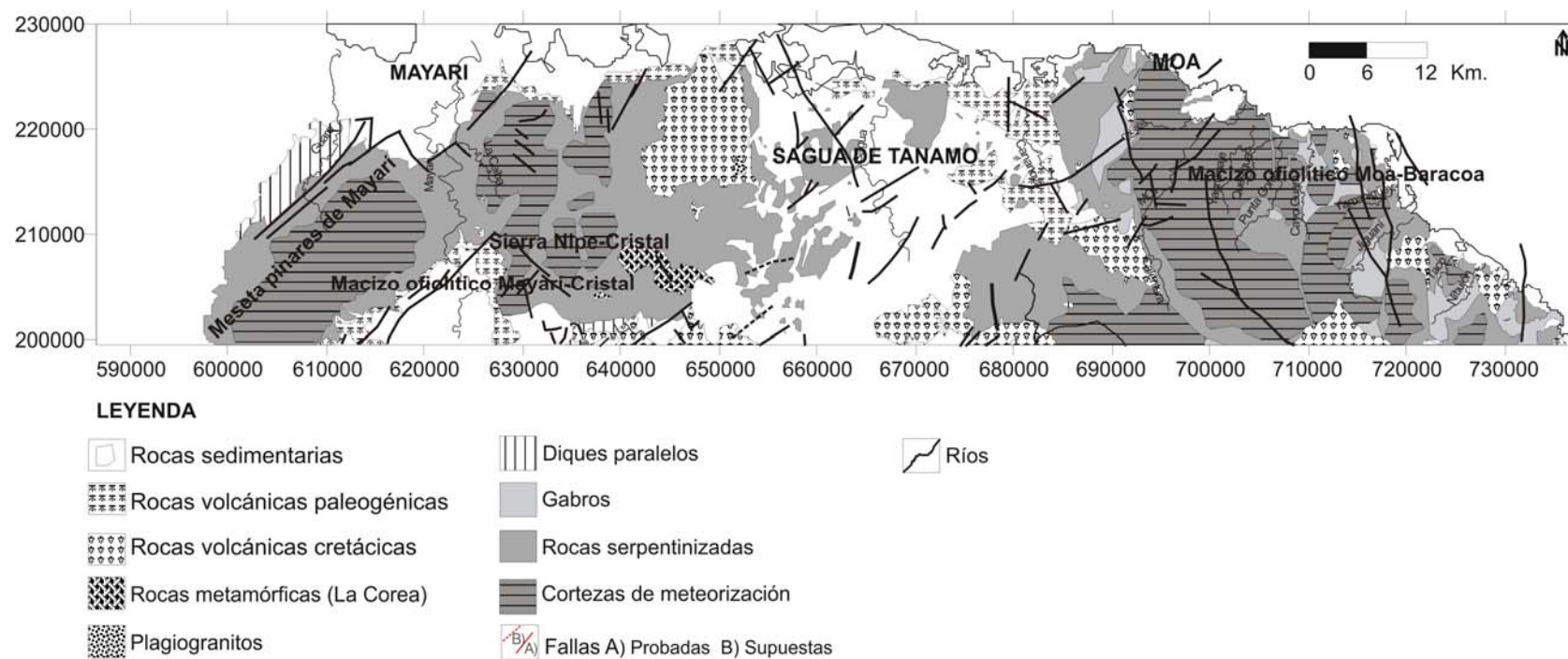


Figura 1. Mapa de unidades litológicas.

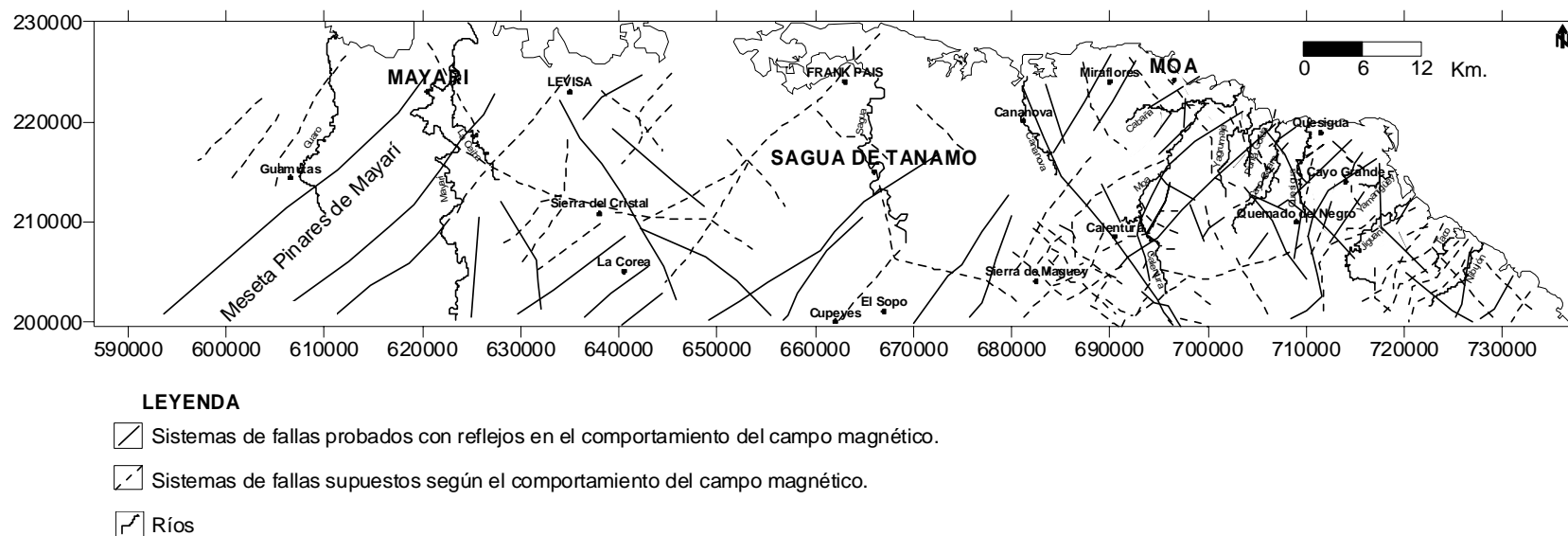


Figura 2. Zonas de fallas relacionadas con el comportamiento del campo magnético.

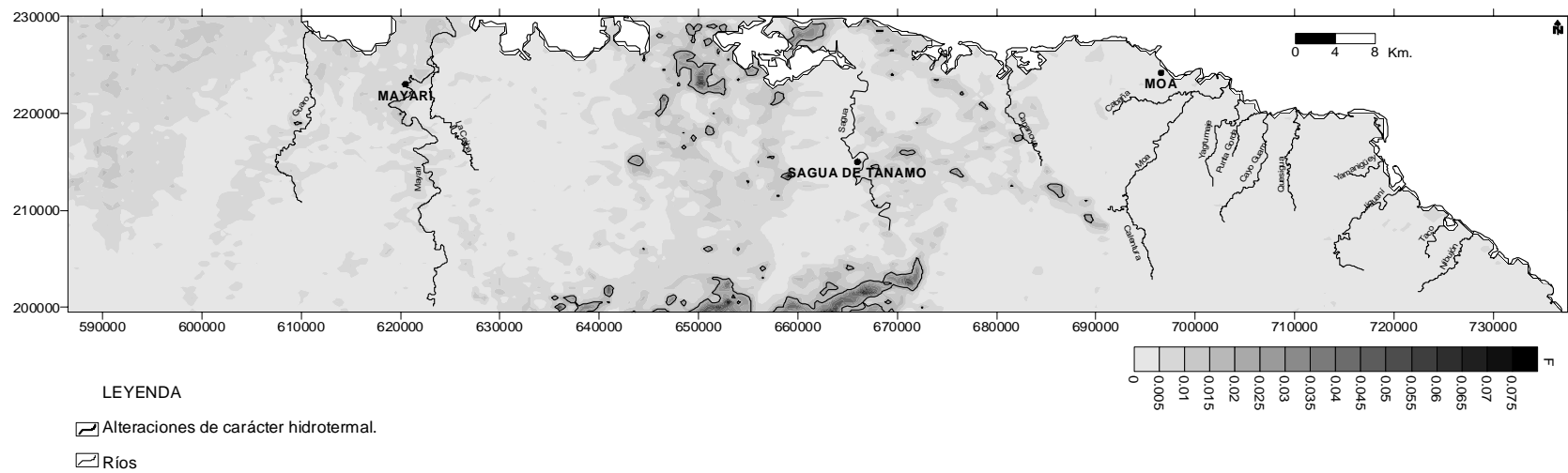


Figura 3. Áreas de alteraciones de carácter hidrotermal.

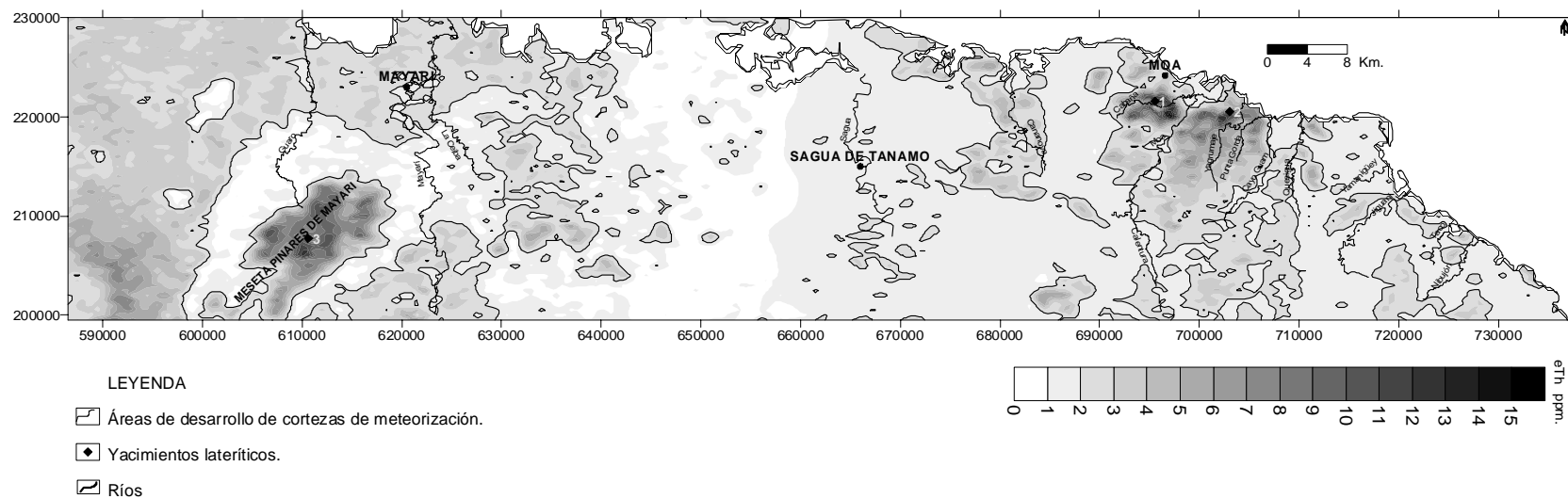


Figura 4. Áreas de desarrollo de cortezas de meteorización.