

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EVALUACION METALOGENICA DE RECURSOS MINERALES (GEOSEM).

Autores: Ariadna Suárez Rojas⁽²⁾, Jorge L. Torres Zafra⁽¹⁾, Jesús Moreira Martínez⁽³⁾, Dalia J. Carrillo Pérez⁽⁴⁾.

(1), (2), (3), (4), Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Línea del Ferrocarril, San M. Del Padrón, Ciudad de La Habana, Cuba. Email: igpcnig@ceniai.inf.cu

RESUMEN

El **GEOSEM** es un sistema de evaluación metalogénica diseñado por los autores para ser aplicado mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) CARIS, en el procesamiento automatizado de información georreferenciada. El mismo utiliza como información de entrada la suministrada en forma de bases de datos y de mapas digitalizados, ofreciendo como resultado mapas especializados autoexplicativos en formato digital, con posibilidades interactivas, y bases de atributos no espaciales.

En el presente trabajo se exponen los principales pasos de la metodología de aplicación de este sistema de información geográfica y las características de los diferentes productos gráficos y textuales que se obtienen a través de su implementación. Para ello, se pone de ejemplo la evaluación del potencial metalogénico del territorio oriental de Cuba para Au, Ag y metales bases realizada por los autores de este sistema.

Los resultados principales obtenidos son la determinación de nuevas áreas perspectivas para la prospección de oro y plata y de metales bases; la determinación del orden de prioridad para la prospección de las diferentes zonas con recursos potenciales de estos metales útiles mediante la confección de un nuevo tipo de mapa especializado (Mapa de Prioridad Prospectiva) y la confección de los mapas de resultados propios de las investigaciones metalogénicas en menor tiempo, lo cual permitió profundizar más en otros aspectos de la investigación con la consiguiente ganancia en calidad.

SUMMARY

The GEOSEM is a system of metallogenic evaluation designed by the authors to be applied by means of the Geographic Information System (GIS) CARIS, in the automated processing of geocoded information. This one uses as input information the one given in form of databases and of digitized maps, offering as a result self-explanatory specialized maps in digital format, with interactive possibilities, and bases of non spatial attributes.

In this work the main steps of the methodology of application of this geographic information system and the characteristics of the different graphic and textual products that are obtained through their implementation are shown. For this the evaluation of the metallogenic potential of the eastern territory of Cuba for Au, Ag and base metals carried out by the authors using this system, is given as a example..

The main results that are obtained are the determination of new perspective areas for the prospecting of gold, silver and of base metals; the determination of the order of priority for the prospecting of the different areas with potential resources of these metals by means of the making of a new type of specialized map (Mapa of Prospective Priority) and the making of the maps of results characteristic of the metallogenic investigations in less time, which allowed to deepen more into other aspects of the investigation with the due profit in quality.

INTRODUCCION.

Este trabajo presenta la implementación del sistema automatizado de evaluación metalogénica **GEOSEM**. El presente trabajo abarca dos aspectos esenciales:

1. Automatización del proceso de evaluación del potencial metalogénico de recursos minerales metálicos mediante el empleo de un sistema de información geográfica y obtención de todos los resultados en formato digital..
2. Obtención, por primera vez en Cuba, del **mapa de prioridad prospectiva**, mapa especializado de gran importancia para la planificación acertada de los nuevos trabajos de prospección geológica a ejecutar en las diferentes zonas perspectivas identificadas, así como para el establecimiento de un orden correcto de prioridad para la realización de los mismos.

Como resultado de la aplicación del **GEOSEM** se obtiene un aumento en la precisión y fiabilidad en el pronóstico de la distribución espacial de los recursos minerales no descubiertos. Este sistema posee **integralidad y universalidad**, por cuanto puede ser aplicado, con igual efectividad, tanto al estudio de recursos minerales metálicos como de rocas y minerales industriales, siendo sus principios generales igualmente válidos en ambos casos.

MATERIALES Y METODOS

El **GEOSEM** es un sistema diseñado para la evaluación automatizada del potencial metalogénico de recursos minerales, el cual utiliza como plataforma de trabajo el Sistema de Información Geográfica CARIS de fabricación canadiense. Su diseño está inspirado en la metodología de la Geología Cuantitativa (Fariña y Matos, 1994; 1996; Matos y Fariña, 1998) y utiliza como información de entrada la suministrada en forma de bases de datos y de mapas digitalizados (Ver Fig 1). Dicha información es la siguiente:

1. Mapa geoquímico de aureolas de flujo.
2. Mapa geoquímico de aureolas primarias y secundarias.
3. Mapa geofísico estructural.
4. Mapa geofísico de prospectividad.
5. Mapa geológico regional.
6. Grado de estudio geológico hasta 1993.
7. Mapa de grado de estudio geológico de las AEI con Geominera S.A.
8. Mapa de grado de estudio geoquímico regional.
9. Base de datos sobre ocurrencias minerales metálicas.

La Base de datos gráfica contempla las ocurrencias de Au, Ag y metales base (Cu, Pb, Zn, Mo), así como de Fe, Ba, Cr, Ti, S, Ga, Ta, Ge y Tierras Raras (TR) existentes en el área de estudio. También

suministra la información geológica, geoquímica y geofísica regionales necesaria para el cumplimiento de los objetivos a alcanzar con la implementación del sistema, que son:

1. Obtener y procesar información detallada y sistematizada sobre todas las ocurrencias de minerales metálicos relacionada con Au, Ag y metales bases.
2. Elaborar los mapas de perspectiva, prioridad prospectiva y de zonación metalífera, así como otros mapas especializados derivados.
3. Definir las zonas de mayor perspectiva para la localización de nuevos yacimientos minerales metálicos y el grado de prioridad para la prospección de las diferentes zonas de perspectivas localizadas.
4. Revelar las regularidades que controlan la distribución espacial de las ocurrencias minerales en las áreas estudiadas.
5. Propiciar la rápida elaboración de reportes especializados sobre el potencial de recursos minerales metálicos para zonas específicas que resulten de interés para los clientes, de acuerdo con las solicitudes y necesidades de estos.
6. Disponer de información gráfica y descriptiva estandarizada sobre depósitos minerales y su metalogenia.
7. Permitir la modificación y actualización de la información contenida dentro del sistema.

Toda esta información inicial, cargada en bases de datos en ACCESS y digitalizada en AUTOCAD, se obtiene de los trabajos de levantamiento geológicos y geofísicos regionales, prospecciones para yacimientos metálicos realizados con anterioridad, así como de las de las investigaciones temáticas realizadas por el Instituto de Geología y Paleontología, cuyos informes y mapas fueron consultados.

RESULTADOS

La aplicación de el GEOSEM en la reevaluación del potencial metalogénico de recursos minerales de oro, plata y metales bases permitió obtener los mapas de potencial de recursos correspondientes a los metales preciosos y metales bases respectivamente (Figs 2 y 3), así como sus respectivos mapas de prioridad prospectiva (Figs 4 y 5). Los mapas de potencial de recursos muestran que las áreas con mayor potencial (señaladas en rojo) se encuentran en las zonas metalogénicas Arco Insular Cretácico (Subzona Manicaragua – Puriales), San José – Nuevo Potosí y Sierra Maestra (Subzona Bayamita – Gran Piedra y Subzona Turquino – Santiago). Esto puede ser apreciado en la figura 1 (Mapa de potencial de recursos de oro y plata).

Los mapas de prioridad prospectiva muestran por su parte cuales son las áreas (señaladas en rojo) en las cuales, por la relación existente entre su potencial de recursos no descubiertos y su grado de estudio actual, deben ejecutarse prioritariamente nuevos trabajos de prospección geológica. Como puede observarse en la figura 3 (Mapa de prioridad prospectiva para oro y plata), estas áreas se localizan en las zonas metalogénicas ya mencionadas, notándose claramente las diferencias existentes entre este mapa y el anterior. Así, puede constatar que el Campo Mineral Hierro Santiago, aunque aparece en el mapa

de potencial de recursos como una zona de alto potencial, en el de prioridad prospectiva aparece solo como de prioridad media.

Los mapas obtenidos (Figs 2 y 3) reflejan las áreas de elevado potencial de recursos ya conocidas (stock Guáimaro, por ejemplo), así como otras nuevas (por ejemplo, al W de la provincia Las Tunas). Los mapas de prioridad prospectiva, por su parte, demostraron que la metodología utilizada para su obtención es efectiva y brinda los resultados esperados, dependiendo la calidad y confiabilidad de los mismos del grado de exquisteza con que la información sea procesada.

DISCUSION

Este sistema fue aplicado en la reevaluación metalogénica de las regiones Guáimaro – Las Tunas, NW de Holguín y Sierra Maestra. Como parte del procesamiento de la información inicial, se obtuvieron, a partir de la base de datos de ocurrencias minerales, el mapa de densidad cuantitativa de ocurrencias, el cual refleja la abundancia física de las ocurrencias en las diferentes partes del territorio estudiado; el de densidad cualitativa de ocurrencias minerales, el cual refleja la distribución espacial de las mismas considerando su categoría (yacimientos, prospectos, manifestaciones y puntos de mineralización); el mapa de asociaciones metálicas, el cual refleja la distribución de las ocurrencias de acuerdo a las asociaciones de componentes útiles que portan, clasificadas de acuerdo con su afinidad con el tipo de mineralización útil investigada.

A partir del mapa geológico se obtuvieron los mapas de formaciones productivas (uno para metales preciosos y otro para metales bases), el mapa de fallas someras, el mapa de estructuras volcanotectónicas (en el que también se incluyeron estructuras volcanotectónicas detectadas por geofísica) y el mapa de alteraciones, que contiene las zonas de alteraciones hidrotermales mapeadas a escala regional. Del mapa geofísico estructural se obtuvo el mapa de fallas profundas (fallas mapeadas por geofísica a escala regional).

Partiendo de estos mapas, después de corregir sus errores de edición, se procedió a la confección de los mapas de zonas (mapas de criterios) contenedores de las clases para cada uno de los criterios de evaluación. Estas clases fueron previamente definidas para cada uno de los criterios de evaluación del grado de prospectividad para la mineralización preciosa y de metales base, definiéndose sus pesos correspondientes. En el caso del trabajo de reevaluación metalogénica tomado como ejemplo, estos mapas de zonas son 11 y reúnen a 36 clases.

El mapa de prospectividad geoquímica se estableció atendiendo a la presencia de anomalías geoquímicas complejas primarias y secundarias y de anomalías de flujo para las zonas respectivas. En ambos casos, la determinación del grado de prospectividad asignado a cada una de las áreas anómalas se hizo casuísticamente, a partir del análisis especializado del potencial ofrecido por cada uno de los complejos anómalos presentes.

El mapa de perspectividad geofísica fue elaborada de modo similar, mediante la interpretación del posible grado de relación entre un complejo de anomalías geofísicas determinado, dado por diferentes métodos, y la presencia de mineralización en el área considerada.

Para la ejecución del procesamiento automatizado de toda la información georreferenciada preparada, se procedió al montaje de todas los mapas de zona arriba explicados (representados en la Figura 1) y al pesado de las mismas, siguiendo las indicaciones de la tabla elaborada de antemano. Hecho esto, se corrió la ecuación de zonas, consistente en la obtención de una sumatoria de todas las clases pertenecientes a los diferentes mapas de zonas en forma de un mapa resultado de polígonos, para el cual el programa propone de oficio una reclasificación en diez rangos de valores. Esta operación se completa con la reclasificación (que realiza el usuario del sistema) de dicho mapa resultante. De esta forma, se obtiene el mapa de perspectividad (MPERP). Este mapa divide el territorio estudiado en cuatro categorías atendiendo a su grado de perspectividad. Esta división es la siguiente (tablas 1 y 2):

Tabla No 1. Clasificación del mapa de perspectividad para metales preciosos (oro y plata)

CLASES	RANGOS
Perspectividad desconocida	1.00 – 89.99
Perspectividad baja	90.00 – 199.99
Perspectividad moderada	200.00 – 319.99
Perspectividad alta	320.00 – 460.00

Tabla No 2. Clasificación del mapa de perspectividad para metales bases (Cu, Zn, Pb, Mo).

CLASES	RANGOS
Perspectividad desconocida	1.00 - 79.99
Perspectividad baja	80.00 -179.99
Perspectividad moderada	180.00 - 299.99
Perspectividad alta	300.00 - 460.00

Como parte del trabajo, se elaboraron tres mapas de grado de estudio (Grado de estudio geológico cubano, Grado de estudio geológico de las AEI con Geominera S.A. y Grado de estudio geoquímico regional). En el grado de estudio geológico cubano, los trabajos realizados hasta el momento fueron clasificados en las siguientes categorías:

1. Levantamiento 1:250 000.
2. Levantamiento 1:100 000.
3. Levantamiento 1:50 000 y 1:25 000.
4. Reconocimiento geológico.
5. Prospección geológica.
6. Exploración geológica.

En el grado de estudio geológico de las asociaciones económicas internacionales (AEI), los trabajos realizados hasta ahora se dividen en:

1. Levantamiento (generalmente aerogeofísicos a escalas medias).
2. Reconocimiento geológico.
3. Prospección geológica.
4. Exploración geológica.

El mapa de grado de estudio geoquímico contiene, por su parte, los levantamientos geoquímicos ejecutados a escalas 1:100 000 y 1:50 000.

Los dos primeros mapas de grado de estudio fueron unificados para crear, un mapa de zona único, que es el que se emplea en el procesamiento automatizado ulterior.

El procesamiento contempla aquí la superposición de los mapas de zonas de grado de estudio geológico y geoquímico, a las cuales se les asignaron sus pesos correspondientes. Luego de realizada esta asignación de pesos, se corre la ecuación, consistente en la sumatoria de todas las clases presentes en ambos mapas de zonas, para obtener el Mapa Índice de Grado de Estudio (MIGE). Este mapa se reclasifica en los siguientes rangos (tabla No 3), obteniéndose el **mapa reclasificado de índice de grado de estudio** (MRIGE):

Tabla No 3. Rangos de reclasificación del mapa índice de grado de estudio.

CLASES	RANGOS
Area con levantamiento a escala 1:250 000	1.00 – 9.99
Area con levantamiento a escala 1:100 000	10.00 – 30.99
Area con levantamiento a escala 1:50 000	31.00 – 95.99
Area con trabajos de reconocimiento geológico	96.00 – 129.99
Area con trabajos de prospección y exploración geológica	130.00 – 310.00

Para obtener el **mapa de prioridad prospectiva** (MPP), se utilizan los mapas reclasificados de perspectiva (MPERP) e índice de grado de estudio (MRIGE), a partir de los cuales se definen nuevas clases mediante la intersección de cada clase de perspectiva con las de índice de grado de estudio. De este modo se crea un juego de mapas compuestos que, luego de valorados de acuerdo a una tabla de pesaje, se superponen, corriéndose la ecuación y dando lugar al **mapa reclasificado de prioridad prospectiva** (MPP). Este último mapa divide todo el territorio estudiado del siguiente modo:

Tabla No 4. Rangos de reclasificación del mapa de prioridad prospectiva.

CLASES	RANGOS
Areas no clasificadas	1.00 – 19.99
Areas de tercera prioridad para la prospección	20.00 – 49.99
Areas de segunda prioridad para la prospección	50.00 – 64.99
Areas de primera prioridad para la prospección	65.00 – 102.00

Para la confección de la carga menífera del **mapa de zonación metalífera** (MZM), se emplea una base de datos resumen creada a partir de la base de datos madre, la cual abarca 679 ocurrencias minerales metálicas conocidas en la región investigada. La misma contiene el nombre, número y coordenadas de las ocurrencias, contenido de componentes útiles presentes, modelo descriptivo al que pertenece, estadio

de prospección más alto alcanzado, clasificación de la ocurrencia según su tamaño e importancia, rasgos distintivos que la caracterizan y rocas portadoras y encajantes de la mineralización. Esta base de datos es incorporada como base de atributos no espaciales del mapa de yacimientos minerales (dándole un carácter interactivo), el cual sirve a su vez de base para la confección del mapa de zonación metalífera. Para la elaboración de este último mapa también se emplea el mapa estructuro – formacional, que se obtiene a través de la generalización del mapa geológico regional introducido en el sistema.

La hoja de datos es portadora de la siguiente información sobre todas las ocurrencias minerales que aparecen en el mapa:

El mapa de zonación metalífera se elabora a través de la interpretación de los mapas previamente preparados, entre los que se encuentran el mapa litoestratigráfico, los tectónicos y el de formaciones productivas. Con esto concluye el trabajo básico del **GEOSEM**, el cual también permite obtener otros resultados, crear nuevos escenarios e incorporar otras fuentes de información de acuerdo con las necesidades de las investigaciones geológicas fundamentales y aplicadas.

CONCLUSIONES

El GEOSEM, aplicado en la región oriental de Cuba para la evaluación del potencial metalogénico de oro, plata y metales base, ha demostrado su efectividad para la evaluación de cualquier recurso mineral metálico, así como su utilidad como herramienta para la planificación y trazado de estrategias para la búsqueda de diferentes tipos de recursos minerales metálicos en nuestro país.

EL GEOSEM es un sistema de amplio espectro de aplicación, pues permite realizar, con ligeras modificaciones, la evaluación del potencial de materias prima no metálicas en la región que se desee.

Este es un sistema de carácter abierto, por cuanto permite la actualización constante de la información existente, así como la incorporación de nuevos criterios de evaluación de recursos minerales no incluidas originalmente. Estos criterios nuevos pueden ser tantos como el aumento del grado de conocimiento geológico y el perfeccionamiento de las metodologías de evaluación de recursos minerales requieran y hagan posible incluir. También permite la creación de mapas de yacimientos minerales interactivos, así como la creación de nuevos escenarios y mapas, de acuerdo con los requerimientos del usuario.

La metodología utilizada para la obtención de mapas de potencial de recursos minerales y de prioridad prospectiva mediante el procesamiento automatizado de información georreferenciada es altamente eficiente y eficaz, por lo que se recomienda su empleo sistemático en la evaluación de potencial de recursos minerales no descubiertos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Fariña, M. & Matos, G.M., 1994, Programa Nacional de Prospección de Oro - Una nueva sistematica metodológica basada en la Geología Cuantitativa: Mineración y Metalurgia, No 531, p. 6-12.

Fariña, M. & Matos G.M., 1996, *Gold prospecting national program - sistematics and presentation of maps: IX international gold symposium. August. Río de Janeiro.*

Matos, G.M., & Fariña, M., 1998, *National gold prospecting program Quantitative Gitology as a new tool in the gold prospecting: III Congreso Cubano de Geología y Minería, Programa/Resumenes, Cuba, p. 218.*

Criterios

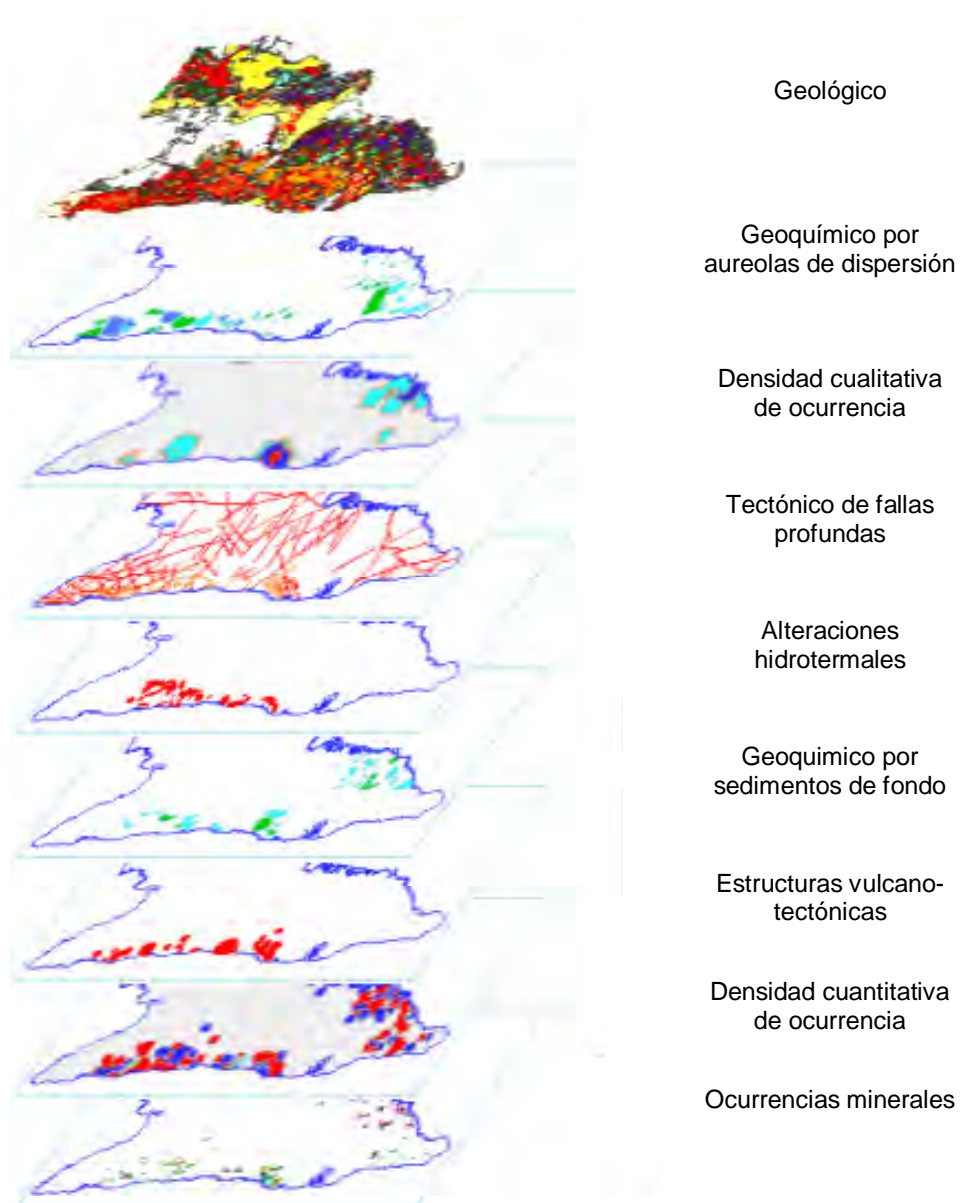


Fig 1. Criterios que intervienen en la determinación automatizada del potencial de recursos minerales.

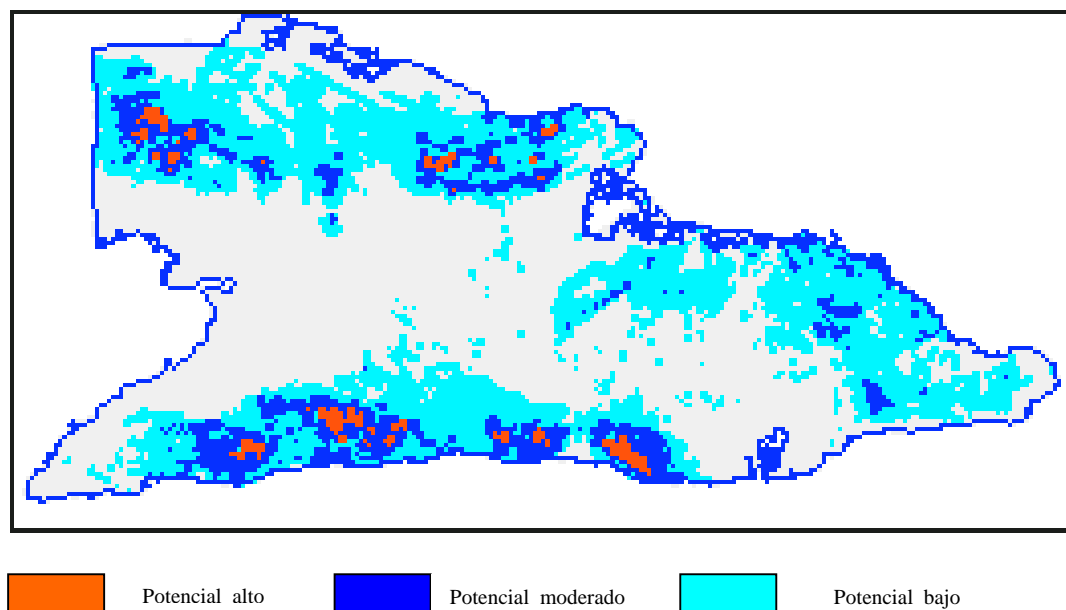


Fig2. Mapa de Potencial de Recursos Minerales de Oro y Plata.

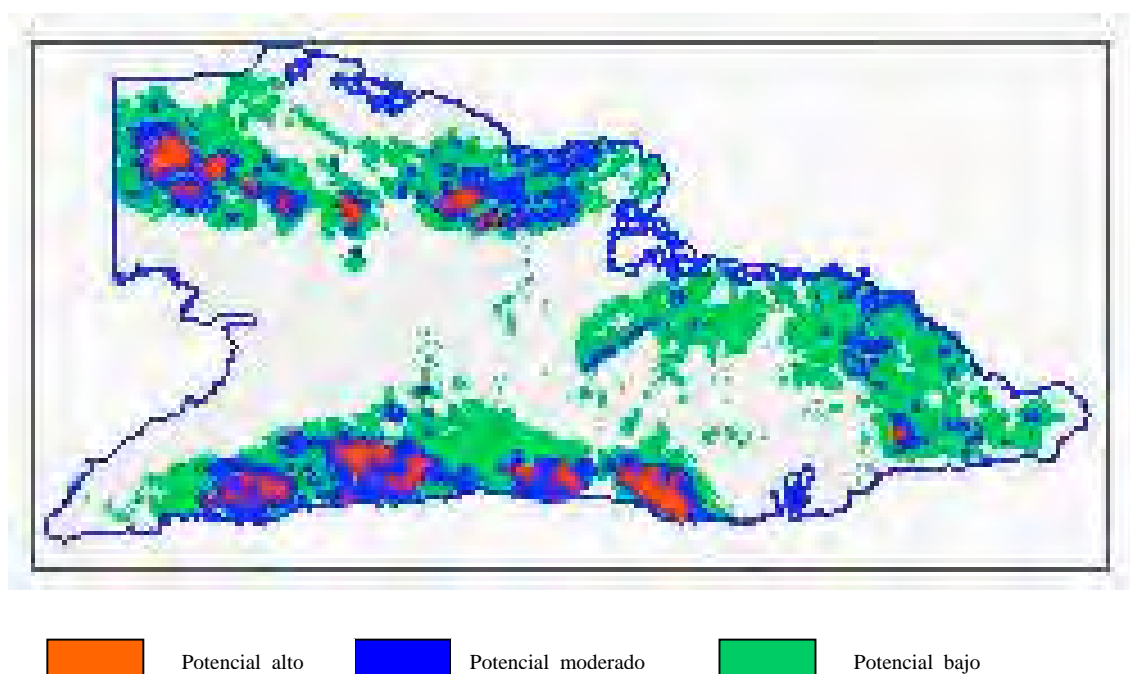


Fig3. Mapa de Potencial de Recursos Minerales de Metales Bases.

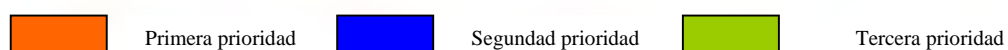
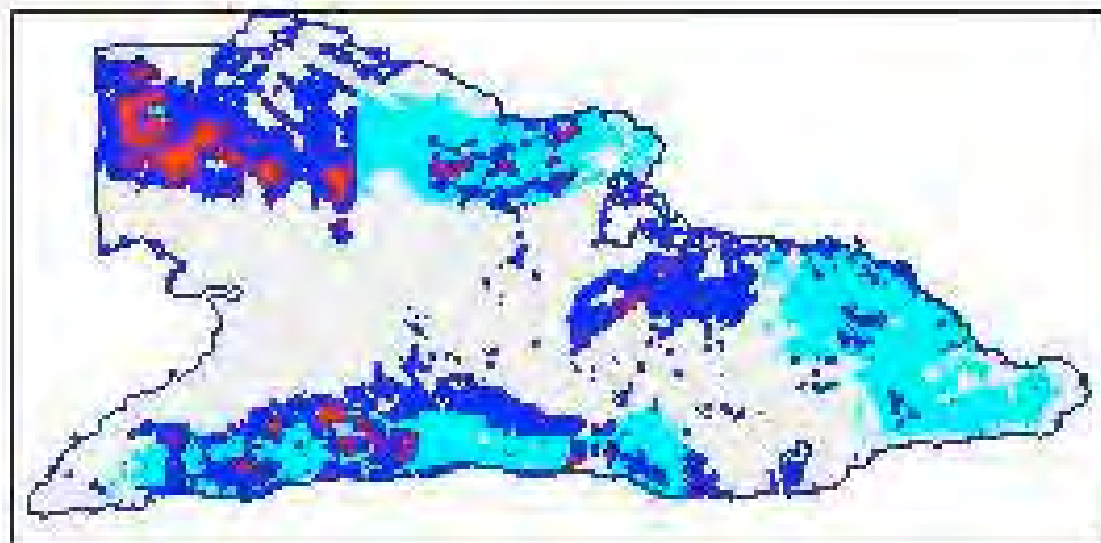


Fig4. Mapa de Prioridad Prospectiva para Oro y Plata.

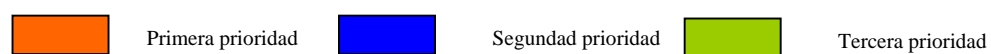
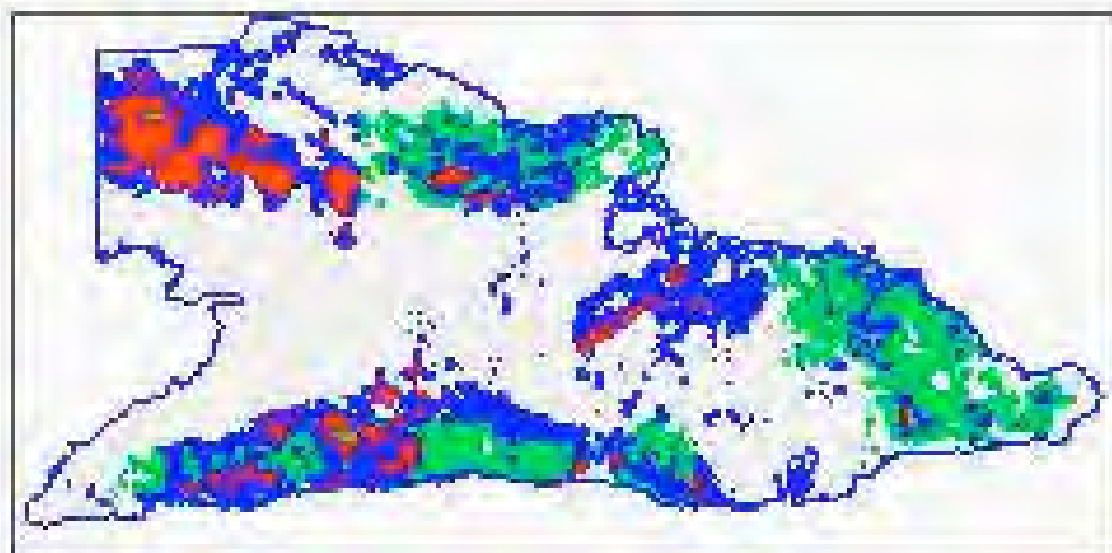


Fig5. Mapa de Prioridad Prospectiva para Metales Bases