

Respuesta aero gammaespectrométrica de las Provincias Geológicas de Roraima y Cuchivero en el sector Icabarú, del estado Bolívar, Venezuela.

Guevara, Mónica^{1*}, Chirinos Fuentes, Zaida², Rodríguez Beatriz³, Nesim Benaim Chocrón⁴

^{1,2,4}Procesamiento de Datos Geofísicos, Ingeomin, Caracas. 0212-5970826 maguevarag@gmail.com

³Departamento de Geofísica, IGP, Cdad. De la Habana, Cuba.

Resumen

El Instituto Nacional de Geología y Minería de Venezuela (INGEOMIN) realiza un proyecto denominado "Levantamiento aerogeofísico en sectores del sur del estado Bolívar". Este proyecto incluye el estudio helitransportado de tres sectores de investigación, utilizando los métodos geofísicos magnético, electromagnético de frecuencia y gammaespectrométrico.

En este trabajo se presenta la metodología aplicada y los resultados preliminares obtenidos con el método gammaespectrométrico, en parte del sector Icabarú.

Mediante los mapas de imágenes de los tres radioelementos uranio, torio y potasio (U, Th y K) y el mapa ternario, se cartografían las diferentes variedades litológicas de la zona. Esto permitió caracterizar los grupos geológicos de Roraima y Cuchivero por la distribución superficial de las concentraciones de estos elementos, así como identificar algunas diferencias con el mapa geológico vigente para la región.

Abstract

The National Institute of Geology and Mining of Venezuela (INGEOMIN) is carrying out a project called "Airborne Geophysical Survey over the southern area of Bolivar State". This project includes three areas of investigation using Helicopter-borne frequency domain Electromagnetics, Gamma-ray Spectrometry and Magnetics systems.

In this paper we will present the applied methodology and the preliminary results of the Gamma-ray Spectrometric method, over the Icabarú area.

The three radioelements maps (U, Th y K) and the ternary map improves the mapping of different lithological variations in the zone. This allows the characterization of the Roraima and Cuchivero geological groups according to the shallow distribution of the concentrations of these elements, as well as identifies differences in the current geological map of the area.

Palabras claves: correlación geológica, gammaespectrometría, levantamiento aerotransportado, procesamiento.

Introducción

A finales del año 2007, el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) comienza una primera fase del Levantamiento Aerogeofísico, con el objetivo de generar mapas temáticos que incrementen el conocimiento geológico de la región. Esto permite caracterizar las zonas con más alta potencialidad para la ocurrencia de mineralización diamantífera y de oro al sur del estado Bolívar.

En este levantamiento helitransportado fueron aplicados los siguientes métodos geofísicos: magnético, electromagnético de frecuencia y gammaespectrométrico; siendo éste último el que será discutido en este trabajo.

Este tipo de estudio, en zonas selváticas, es el más apropiado para obtener información de grandes extensiones de área en menos tiempo y a menor costo, ya que el acceso para levantamientos terrestres se hace difícil de realizar.

La aero gammaespectrometría consiste en medir la radiación gamma que emiten los radioelementos presentes en la litología del área en estudio. Es una técnica superficial muy usada para la cartografía geológica, estudios geomorfológicos, estudios medio ambientales y exploración mineral (Balía, 2003).

La primera fase del levantamiento abarcó al bloque Icabarú con un total de 11.147 Km. lineales, con líneas

de vuelos orientadas norte-sur y separadas 500 metros entre sí. La altura de vuelo promedio sobre el terreno fue de 80 metros.

Localización.

El área de estudio se ubica al sur del estado Bolívar, frontera con la República Federativa de Brasil. (Figura

Respuesta aero gammaespectrométrica

1) Hojas topográficas 1:100000 7728, 7828, 7829 y 7929.

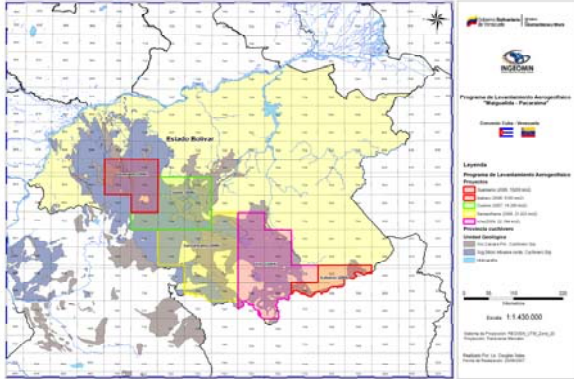


Figura 1. Ubicación de los sectores del Levantamiento aerogeofísico

Marco geológico.

La zona de estudio desde el punto de vista geológico se caracteriza por las Provincias geológicas de Roraima y Cuchivero, ver Figura 2.

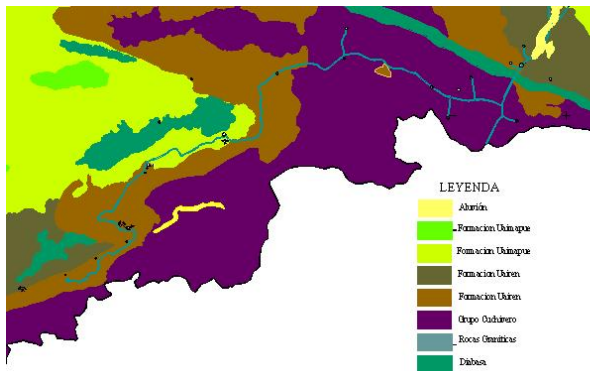


Figura 2. Geología del sector Icabarú digitalizada de NB-2015 y NB-2016 (CVG-TECMIN)

La Provincia geológica de Roraima está conformada por rocas sedimentarias de ambientes continentales (Réid,

1972), identificadas como areniscas, limolitas, arcillas, conglomerados, tobas ácidas recristalizadas, algunos diques y pequeños cuerpos de diabasas, que han intrusado en las secuencias sedimentarias. Esta representado en el sector Icabarú por las Formaciones Uairén y Uaimapue.

Formación Uairén (850 m de espesor): conglomerados y areniscas con estratificación cruzada, algunas lutitas y una capa superior delgada (2-4 m) de laterita hematítica. La base de la secuencia descansa discordantemente sobre rocas de la provincia Geológica de Cuchivero.

Formación Uaimapue (250 m): secuencia de areniscas cuarzosas, conglomerados intraformacionales, arcosas con intercalaciones de tobas ácidas.

La Provincia Geológica de Cuchivero tiene una litología característica que consiste en rocas ígneas volcánicas plutónicas de composición predominantemente ácida (Léxico estratigráfico de Venezuela, 2008), con rocas sedimentarias metamorizadas, tobas, ignibritas, esquistos cuarzo sericiticos u cuarzitas micáceas. En el sector Icabarú, predomina la Formación Caicara (Grupo Pakaraima).

Formación Caicara tiene rocas extrusivas ácidas, rocas volcánicas predominantemente ácidas: riolíticas, riolíticas porfídicas y porfiriticas, radiodacitas y dacitas (media) porfídicos, ignibritas, tobas cristalinas salificadas, cuarzo-30-60%, feldspatos 25-60%: microclino(feldespato potásico), y plagioclasa (albita andesita) (feldespato sódico-calcio),biotita porfídicas, y Granito biotítico.

Método aero gammaespectrométrico

La radiactividad se define como la propiedad que presentan los núcleos de algunas especies atómicas de desintegrarse espontáneamente, con emisión de partículas (α y β) y radiación electromagnética (rayos γ)(Ford, 2001).

La radiación gamma es la más utilizada en la prospección radiométrica por su poder de penetración (IAEA, 2003). La espectrometría de rayos gamma es una técnica superficial que detecta las emanaciones radiactivas naturales de rocas y suelos, los elementos radiactivos más usados son: uranio, torio y potasio.

También permite obtener información de la roca parental en dependencia del tipo de suelo (si es residual o transportado). La información proporcionada es usualmente una combinación compleja producto de la composición radioactiva de

Respuesta aero gammaespectrométrica

las rocas frescas, meteorizadas y el material transportado.

Existen diversos factores (IAEA, 2003) que modifican la medición del conteo de los rayos gamma, entre ellos se tienen: cantidad de material radiactivo presente en los componentes de la superficie terrestre; si el material está aflorando o cubierto de suelo, lodo, vegetación o agua; la topografía del área de estudio; las condiciones meteorológicas; la influencia del ambiente cósmico; la altura del sensor sobre la tierra y la velocidad de la nave.

La espectrometría de rayos gamma exige una calibración rigurosa y corrección de los datos a causa de los falsos efectos producidos por dichos factores y los inherentes al sistema de medición

Metodología del Levantamiento Aerogeofísico

Los parámetros empleados en el levantamiento fueron: las líneas de vuelo orientadas norte-sur y separadas 500 metros entre si, las líneas de amarre orientadas este-oeste y espaciadas a 5000 metros, altura sobre el terreno del levantamiento 80 metros y velocidad promedio de la aeronave de 100 Km/h.

La medición de los datos gammaespectrométricos fue realizada con un espectrómetro de rayos gamma Pico-Envirotec GRS-10 de 256 canales con detectores de NaI(Tl) de 16,8 litros orientado hacia abajo y de 4,2 litros orientado hacia arriba, con una tasa de muestreo de 1 seg.

Las ventanas usadas para el uranio (U), torio (Th), potasio (K), conteo total (TC) se presentan en la tabla 1.

Elemento	Umbral inferior (MeV)	Umbral superior (MeV)
Campo Total	0,41	2,81
Potasio	1,37	1,57
Uranio	1,66	1,86
Torio	2,41	2,81
Cósmico	3,00	∞

Tabla 1. Las ventanas usadas para el uranio (U), torio (Th), potasio (K), conteo total (TC)

La forma e intensidad del espectro multicanal de las mediciones aero gammaespectrométricas están afectadas por los factores, ya antes mencionados.

El propósito del pre-procesamiento es corregir los datos por aquellas influencias no relacionadas con la geología y transformar los mismos de conteos por segundo a unidades de concentración aparente.

La corrección de los datos primarios incluyó los pasos siguientes:

- Extracción de los datos para las ventanas estándar de K, U y Th. Registro del TC y del canal cósmico.
- Corrección de los datos por el tiempo muerto del instrumento.
- Aplicación de filtros para promediar los datos, minimizando los ruidos estadísticos (filtro pasa bajo).
- Calculo de la altitud del levantamiento a la presión y temperatura Standard (STP). Corrección de la atenuación por altura.
- Remoción de las contribuciones de la radiactividad de la nave, radiación cósmica y radón atmosférico (corrección de fondo).
- Corrección de los datos por el solapamiento espectral (stripping).
- Conversión de los conteos por segundos a unidades de concentración aparente de radioelementos (K - %, eU, eTh- ppm).

Una vez obtenidos estos valores se procedió al procesamiento de los datos con el fin de obtener los mapas necesarios para el análisis e interpretación de la información.

Mediante el uso del software Oasis Montaj se confeccionaron las bases de datos importando los ficheros en formato xyz, que contenían toda la información gammaespectrométrica del levantamiento. Los datos ya corregidos, fueron regularizados en una red de 100 x 100 m generando los grid de los diferentes elementos radioactivos y con ellos sus mapas de imágenes a color. El mapa de imagen ternaria del sector fue elaborado en el sistema RGB,

Respuesta aero gammaespectrométrica

adjudicándole el color rojo al K, verde al Th y azul al U.

Análisis de la información.

La utilidad de la aero gammaespectrometría como herramienta eficaz en la cartografía geológica es conocida internacionalmente (Sánchez, Marcos, 2004). Un análisis adecuado de la información, permite identificar su correlación con las diferentes unidades geológicas presentes en el área de estudio y las fronteras entre litologías contrastantes.

Para hacer la correcta correlación de los datos con la geología, primeramente se distinguieron las unidades litológicas presentes en el sector para luego poder realizar una descripción en función de su respuesta aero gammaespectrométrica y caracterizar así las unidades litológicas posibles y existentes en la zona.

El procedimiento de interpretación utilizado consistió en superponer los límites de las unidades geológicas a las imágenes de cada uno de los radioelementos y del mapa ternario, de modo que pudieran destacarse las áreas de coincidencia y diferencias entre ambas informaciones.

En los mapas de uranio, torio y potasio del sector (Figuras 3, 4, 5) se discriminan 4 grandes zonas bien diferenciadas.

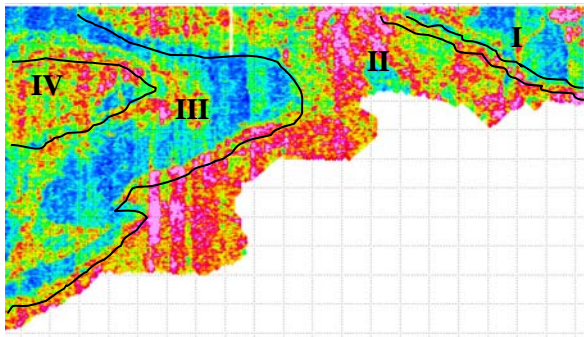


Figura 3. Mapa de uranio del sector Icabarú

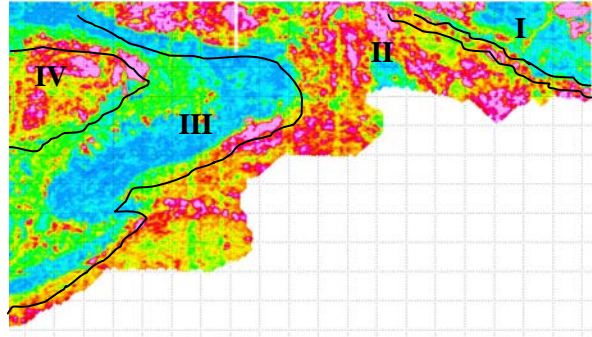


Figura 4. Mapa torio del sector Icabarú

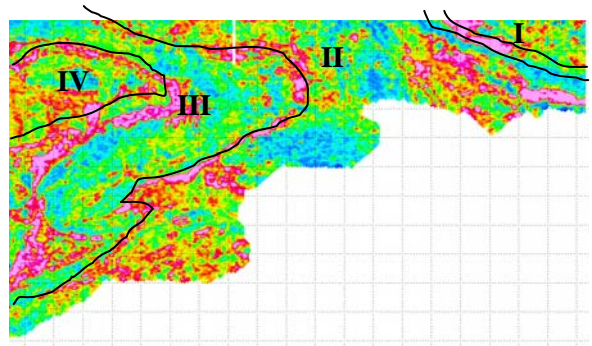


Figura 5 Mapa potasio del sector Icabarú

Los resultados son de carácter preliminar por la falta de algunas correcciones. La no corrección de la influencia del radón se hace más evidente en el mapa de uranio (Figura 3), en donde se observan unas franjas azules en dirección de las líneas de vuelo (N-S) que no están relacionadas con la geología del área.

En la zona I: Se tiene un contenido de bajo a ausente de uranio, torio y potasio.

En la zona II: En toda la zona se observa alto contenido de uranio y torio y de bajo a intermedio de potasio.

En la zona III: Se aprecian dos sectores bien diferenciados en el mapa de torio, uno con bajo contenido y el otro con contenido intermedio. En el mapa de uranio se observa el mismo comportamiento. En el mapa de potasio se observa contenido de intermedio a alto.

En la zona IV: Contenido intermedio a alto de torio, de intermedio a bajo en uranio y potasio.

Respuesta aero gammaespectrométrica

Por lo general, las respuestas bajas están asociadas a rocas básicas y ultrabásicas (máficas y ultramáficas), a diferencia de las respuestas altas que se asocian a rocas ácidas (félsicas). Las rocas félsicas (por ejemplo, el granito y la riolita) se forman a partir de los últimos minerales que cristalizan (feldespato potásico y cuarzo) y son de colores claros. Las rocas de composición intermedia (andesita y diorita) están formadas por plagioclasas y anfíbol. Las rocas máficas (basalto y gabro) se forman con los primeros minerales que cristalizan (olivino, piroxeno y plagioclasas cálcicas) y son de colores oscuros.

Para correlacionar los datos geofísicos con la geología se enumeraron las unidades litológicas en el mapa geológico (Figura 2) en función de las relaciones de los elementos, observados en el mapa ternario (Figura 6).

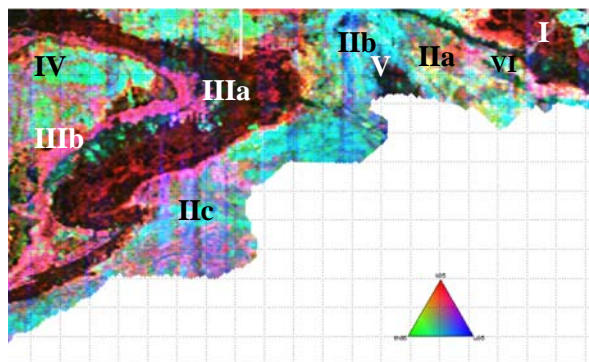


Figura 6. Mapa ternario del sector Icabarú

En la zona I, se observa el dique de diabasas, ubicado al este del sector, por la franja oscura (I) con dirección NO-SE. Su respuesta aero gammaespectrométrica es baja, los valores promedios para cada elemento son: 0,25 ppm. de uranio (U), 2,6 ppm de torio (Th) y 0,12% de potasio (K). Méndez (2006), refiere las concentraciones típicas de elementos radiactivos en rocas ígneas, donde las concentraciones para rocas máficas son: 0,8 ppm de u, 2,7 ppm de th y 0,85% de k, esto nos permite inferir que las concentraciones encontradas corresponden a rocas máficas.

La zona II, que es correspondiente al Grupo Cuchivero, se observan tres sectores. En II a, zona de coloración anaranjada, se tienen valores promedios de $U=1,87$ ppm, $Th=6,9$ ppm y $K=0,4\%$. En II b, zona de coloración azul, se tienen $U=2$ ppm, $Th=9,8$ ppm y

$K=0,18\%$. En II c, zona de colores azul y rosado, se tiene $U=1,5$ ppm, $Th=5$ ppm y $K=0,51\%$. Geolabs (2006), refiere las concentraciones típicas para estos elementos, donde las concentraciones para rocas de origen riolítico a andesíticos son: 2, 52 - 2,72 ppm de U, 7,49 - 14,3 ppm de Th y 1,7 - 3,6 % de K, esto nos permite inferir que las concentraciones encontradas pudiesen corresponden a rocas félsicas a máficas.

La zona III, que es correspondiente a la Formación Uairén, se diferencian dos sectores, Uairén inferior (III a-color rojo) $U=0,65$ ppm, $Th=1,6$ ppm y $K=0,33\%$ y Uairén superior (III b-color rosado) $U=1,5$ ppm, $Th=4,3$ ppm y $K=0,7\%$. Méndez (2006), refiere las concentraciones típicas de elementos radiactivos en rocas ígneas, donde las concentraciones para rocas máficas son: 0,8 ppm de u, 2,7 ppm de th y 0,85% de k, esto nos permite inferir que las concentraciones encontradas corresponden al producto de meteorización de rocas máficas.

La zona IV, que correspondiente a la formación Uaimapue, se tiene $U=1,6$ ppm, $Th=12,2$ ppm y $K=0,18\%$.

Hasta ahora, se ha correlacionado las semejanzas entre el mapa geológico y el mapa ternario. Aunque también se observan algunas diferencias, como se puede verificar en el mapa ternario, pues presenta unos sectores bien diferenciados que no se observan en el mapa geológico y que deben ser verificados a futuro. Sectores V y VI (Figura 6)

Conclusiones

El método aero gammaespectrométrico en conjunto con los otros métodos geofísicos son herramientas muy útiles para hacer estudios regionales de grandes zonas de difícil acceso. La información se obtiene sin generar un impacto ambiental apreciable, delimitando zonas de interés que serán exploradas luego y verificadas en campo.

Esto evidencia que existe una correlación entre la información geológica (figura 2) y el mapa ternario obtenido (figura 6) de la zona. sin embargo, también se encuentran sectores que no están diferenciados en el mapa geológico, lo que amerita un estudio más detallado del área. ver sectores V y VI en el mapa ternario.

Respuesta aero gammaespectrométrica

Una evaluación de los mapas de uranio, torio y potasio indican la presencia de los elementos radiactivos en la zona de estudio y su distribución relativa. Esto evidencia las respuestas esperadas en función de la litología característica de la zona.

Referencias

- [1] Balia , R., 2003, Geophysical approach to the environmental study of the coastal plain, Geophysics, Vol. 68, N 5 .
- [2] Ford, K.L., 2001, Reconnaissance gamma-ray spectrometry studies of the Paleoproterozoic Piling Group and adjacent Archean basement rocks, central Baffin Island, Nunavut.
- [3] Méndez B., José (2006). Petrología – Ambientes Sedimentarios, PDVSA – UCV, Primera Edición, 363 pp.
- [4] IAEA, 2003, Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data.
- [5] Lara, F.J., y Gaona M., 2004, Postulación del origen de los suelos en donde se encuentran emplazados los depósitos de Au de placer en el área de Trincheras, Sonora, México empleando magnetometría y radiometría aérea, Servicio Geológico Mexicano.
- [6] Reid, Allan R., 1972, Stratigraphy of the type area of the Roraima Group, Venezuela. Department of Chemistry, Colorado School of Mines, Golden, Colorado,U.S.A. 80401.

