

## Prospección geoquímica regional de la cuenca del río Hato Sucio, municipio Heres, estado Bolívar, Venezuela

Yalimay Jiménez\*, INGEOMIN - Instituto Nacional de Geología y Minería, e-mail: [yalimayjimenez@gmail.com](mailto:yalimayjimenez@gmail.com)  
Jean Pasquali, ICT - Instituto de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. UCV, e-mail: [38jcaj@gmail.com](mailto:38jcaj@gmail.com)

**Palabras clave:** Prospección geoquímica, anomalías, río Hato Sucio, estado Bolívar, Elementos Tierras Raras (ETR), Elements Rare Earth (REE).

### Abstract

The present work consists of a prospective study, through fine stream sediments and heavy mineral concentrates samples of the Hato Sucio river basin. The Hato Sucio river is a tributary of the Carapo river, which in turn is a tributary of the Aro river, Bolivar State, Venezuela. The results of the geochemical exploration of the Hato Sucio river basin have allowed the delineation of six areas possibly related to Mn mineralization, enrichment in sulfides, Au-quartz veins low in sulfur, and rare earth element (REE) anomalies.

### Resumen

El presente trabajo consistió en la realización de un estudio de prospección, a través de sedimentos finos depositados, concentrados de minerales pesados y muestras de rocas en la cuenca del río Hato Sucio, tributario del río Carapo, afluente del río Aro, estado Bolívar, Venezuela. Los resultados obtenidos de la exploración geoquímica de la cuenca del río Hato Sucio, han permitido la delimitación de seis zonas anómalas relacionadas posiblemente con mineralizaciones de Mn, segregaciones de sulfuros, vetas de cuarzo aurífero bajas en sulfuros y enriquecimientos de elementos Tierras Raras.

### Introducción

El Escudo Guayanés, constituido por los estados Bolívar, Delta Amacuro y Amazonas, cuyo territorio abarca alrededor de un 45% de Venezuela, es una región conocida por ser rica en yacimientos minerales de diversas clases y en la cual se encuentran rocas del Arqueano. Este hecho le ha valido ser objeto de múltiples estudios de carácter académico y económico, llevados a cabo por universidades venezolanas y extranjeras, institutos de investigación y entes públicos y privados, en relación a la ubicación de prospectos mineros, caracterización y delimitación de depósitos minerales (Figueredo, 1984; Torres et al., 1985; Frass, et al., 1989; Menéndez, 1992; Sidder et al., 1991; Sidder y Mendoza, 1995; Jacotte, 1996; Moreno, 1996; Marrero, 1997; Garbán, 1998; Pasquali et al., 2000; Herrera, 2004; Jiménez, 2004).

Un ejemplo de los numerosos trabajos de investigación realizados en el Escudo de Guayana es el proyecto multidisciplinario llamado *Río Aro: Diagnóstico de la cuenca* (G-2000001199), financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Innovación y Tecnología (FONACIT) adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. Este proyecto ha incluido estudios geológicos, geoquímicos, hidrológicos, botánicos e ictiológicos dentro de la cuenca del río Aro, ubicada en el centro-norte del estado Bolívar (Fig. 1). Dicho proyecto representó un trabajo en conjunto entre el Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT) y el Instituto de Zoología Tropical y Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

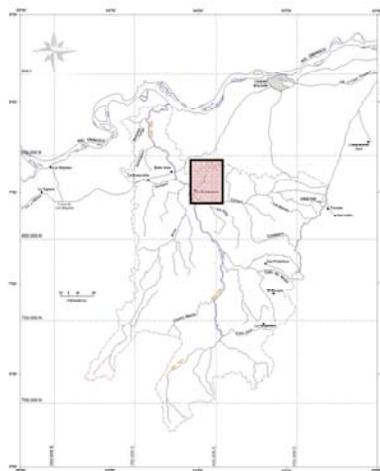


Fig. 1. Vista regional de la cuenca del río Aro. El área rosada señala la posición de la cuenca del río Hato Sucio.

El objetivo general del proyecto *Río Aro: Diagnóstico de una cuenca* ha sido el de recolectar, producir y evaluar información científica básica de la cuenca del río Aro que permita detectar las oportunidades económicas que puedan desarrollarse en la cuenca, así como, los ambientes que, por su naturaleza, requieran de protección temporal o indefinida y los cuidados recomendables en el caso de que se haga uso de algunas oportunidades de uso detectadas.

Como parte de este proyecto, en el área de geoquímica, se ha llevado a cabo un estudio de prospección geoquímica en

la cuenca del río Hato Sucio, un afluente del río Carapo, a su vez, uno de los principales tributarios del río Aro, cuyos límites se extienden entre los paralelos 65° 05' y 64° 50' Oeste, y los meridianos 7° 25' y 7° 40' Norte, abarcando una superficie de aproximadamente 250 km<sup>2</sup> (Fig. 2). El acceso a la zona se realiza a través de vías de comunicación terrestre; desde Ciudad Bolívar se puede llegar, a través de carretera asfaltada, a la parte norte de la cuenca del río Aro y a partir de allí, conectarse con otros ramales hacia las poblaciones de Los Hicoteos, La Flor y La Esperanza.

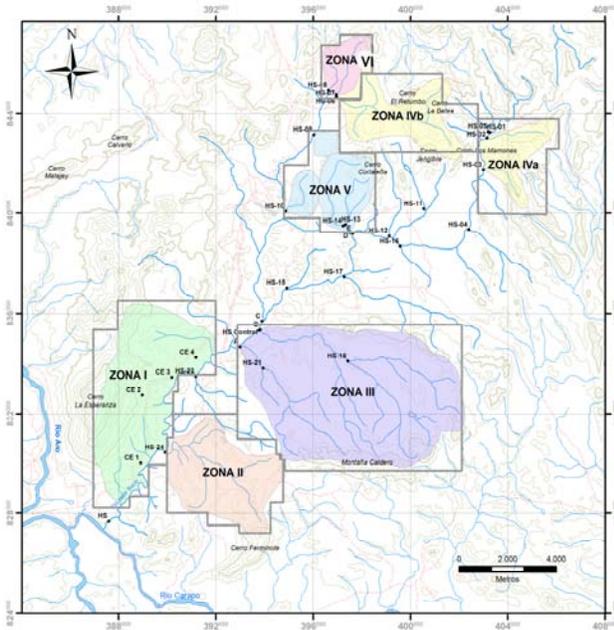


Fig. 2. Cuenca del río Hato Sucio indicando los puntos de recolección de muestras y las zonas anómalas delimitadas en la cuenca del río Hato Sucio.

La selección de ésta cuenca para la prosecución de un estudio de prospección geoquímica está basada en la coexistencia de anomalías en distintos de tipos de muestras recolectadas en estudios preliminares regionales realizados en la cuenca del río Aro.

En los sedimentos finos recolectados el cauce del río Hato Sucio, cercano a su desembocadura en el río Carapo se detectaron altas concentraciones en Cu, Ni, Co, Mo con respecto al total de las muestras (Jiménez, 2004). Mientras que muestras de concentrados de minerales pesados (fracción 250-177 µm), provenientes de la misma cuenca se señalaron anomalías en Au, Co, Cr, Sb, U, Eu, Tb, Yb, Lu, Ba (Pasquali, 2003). Incluso, durante el análisis visual de las muestras fueron observados algunos granos de oro y, mediante el estudio por difracción de rayos X (DRX), fue detectada la presencia de ilmenita, circón y casiterita como los minerales dominantes (Herrera, 2004). También, en muestras de aguas superficiales y subterráneas, se

detectaron altas concentraciones en los sólidos totales disueltos (STD), sílice disuelta, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, fluoruro, manganeso y hierro; y altos valores de los parámetros fisicoquímicos como conductividad y pH (Pérez, 2004).

De acuerdo a éstas anomalías detectadas a escala regional, se decidió realizar la presente investigación, cuyo propósito general fue la de localizar las principales zonas asociadas a posibles mineralizaciones en la cuenca del río Hato Sucio, a través de la determinación de la distribución de las anomalías en las concentraciones de elementos traza, tanto en los sedimentos finos depositados, como en los minerales pesados asociados. Adicionalmente, se planteó la caracterización de una de las anomalías, a través del seguimiento con minerales pesados y muestras de rocas, con la finalidad de delimitarla con mayor precisión y determinar la fuente del tal enriquecimiento. Los resultados de esta caracterización serán objeto de una próxima publicación.

### Geología regional

De acuerdo al marco regional, la cuenca del río Hato Sucio se encuentra ubicada en una de las cinco provincias litotectónicas del escudo guayanés venezolano, denominada Provincia de Imataca (González et al., 1980) o Terreno Arqueano (Sidder y Mendoza, 1995). Esta área corresponde al Complejo de Imataca cuyas rocas afloran al Noreste del estado Bolívar, extendiéndose unos 550 km en dirección OSO-ENE desde las proximidades del río Caura hasta el delta del río Orinoco y alrededor de 80 km en dirección NO-SE, desde el curso principal del río Orinoco, hasta la falla de Guri.

La litología dominante en la Provincia de Imataca en un 85 a 90% son granulitas félsicas, gneises graníticos migmatíticos y gneises graníticos no-migmatíticos con índices de color inferior a 30. En orden de abundancia le siguen los gneises máficos: gneises feldespáticos pobres en cuarzo, que incluyen anfíbolitas y granulitas máficas con índices de color superior a 30, los cuales se encuentran intercalados con los gneises félsicos en delgadas bandas. En general, estos gneises félsicos y máficos son considerados como rocas meta-ígneas de composición variable desde basalto hasta riolitas (Dougan, 1972).

También se pueden encontrar Formaciones Bandeadas de Hierro, conformadas por gneises cuarzo-magnetíticos laminados, cuyos espesores varían desde pocos centímetros hasta más de 5 m. También se han observado otros gneises, como por ejemplo: cuarcitas diopsídicas macizas, gneises cuarcíticos calcosilicatados y gneises escapolíticos (Dougan, 1972, Martín, 1979). Según Dougan (1972) las evidencias petrográficas sugieren que los ortogneises de la Provincia de Imataca pueden ser, en gran parte, conjuntos

magmáticos antiguos, modificados en grado variable por metamorfismo.

### Metodología

El estudio regional consistió en la recolección de sedimentos fluviales: 33 muestras de sedimentos finos depositados y 32 concentrados de minerales pesados en las principales quebradas de la cuenca del río Hato Sucio. Cada una de ellas fue tratada físicamente: secado a temperatura ambiente, disgregadas y homogenizadas, cuarteadas y tamizadas para su respectivo envío a análisis químico. En el caso de las muestras de sedimentos finos fueron tamizadas en la fracción de inferior a 63  $\mu\text{m}$  o 230 mallas, mientras que para los concentrados de minerales pesados se tomó la fracción comprendida entre los 250 y 177  $\mu\text{m}$  o 60-80 mallas y, posteriormente, fueron separados los minerales pesados mediante un sistema hidrodinámico.

Ambos tipos de muestras fueron analizadas químicamente en ActLabs de Canadá, bajo una combinación de técnicas analíticas, entre Activación Neutrónica e ICP-OES usando una digestión total ácida (HF, HClO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> y HCl). Entre los elementos analizados se encuentran: Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Hf, Hg, Ir, K, La, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, W, Y, Yb y Zn.

### Resultados y discusión

De acuerdo a la localización de las muestras y las correlaciones geoquímicas encontradas entre diversos elementos químicos se delimitaron un total de 6 zonas anómalas:

**Zona I:** La Zona I corresponde geográficamente con el cerro La Esperanza y presenta anomalías, en relación al fondo geoquímico de la cuenca, en los elementos As, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Cs, Fe, Mg, Mn, Ni, Sb, Sc, V y Zn en los sedimentos finos, y en Cr, Co, Fe, Sb, Sc, Ta y Zn en los concentrados de minerales pesados (Fig 2). De este conjunto de anomalías y altas concentraciones se puede deducir una alta influencia de rocas máficas y en una menor proporción de rocas félsicas, graníticas o pegmatíticas, lo cual ha sido propuesto como la litología dominante en el mapa geológico regional de Martín (1979). Esta área localizada al Suroeste de la cuenca del río Hato Sucio ya ha sido objeto de estudio más detallados en otras oportunidades: Kallioskoski (1965), Simoza (1989) y Lowry y Simosa (1992), quienes detectaron en las faldas del cerro, mineralizaciones de Mn con sílice en forma de bandas discontinuas que varían lateral y verticalmente, pero además encontraron anomalías de Co-Pb-Ni-Cu-Pt, las cuales asocian al complejo máfico-ultramáfico que existe en la zona. Por otra parte, aunque el Au no fue detectado, la presencia de anomalías de As y Sb con un coeficiente de correlación de 0,72 podría indicar la posibilidad de

mineralizaciones o pequeños enriquecimientos de sulfuros masivos o vetas de cuarzo-oro bajas en sulfuros.

**Zona II:** Esta zona está relacionada con la muestra recolectada proveniente de la quebrada Caldero (HS-24) (Fig. 2), la cual drena una pequeña área al Suroeste de la montaña Caldero y parte de la falda Oeste del cerro Ferminote y Piedra Caldero, cuya litología dominante ha sido indicada como de cuarcitas ferruginosas por Martín (1974) y Lowry y Simoza (1992). Sin embargo, de acuerdo a la matriz de correlación construida, se presume más bien la existencia de dos fuentes minerales distintas, de naturaleza félsica, en las muestras de concentrados de minerales pesados, una relacionada con las anomalías de ETRL (Elementos Tierras Raras Ligeras): La, Ce, Nd, Sm y Eu, más Zn y Hf, y otra asociada a las altas concentraciones de ETRP (Elementos Tierras Raras Ligeras) como Tb, Yb y Lu además de U.

**Zona III:** Esta área drena las quebradas Pirital y Los Morrocayos (o La Carolina), las cuales nacen en Montaña Caldero, cuya litología dominante ha sido indicada por Martín (1979) y Lowry y Simoza (1992) como de cuarcitas ferruginosas. La importancia de ésta zona responde a las anomalías y altas concentraciones detectadas en ambos tipos de muestras. En los sedimentos finos se encontraron anomalías en Ir y Au, y altas concentraciones en Al, Mo, Na, y Sr, otros valores importantes fueron los encontrados para el Br, Mn y Ta en muestras río abajo. Mientras que en los concentrados de minerales pesados presentan anomalías en Au, As y Cr, y altas concentraciones en Co, Cr, Fe, Hf, Sb, Sc, Ta y Zn. En este caso, con los valores detectados, solo se puede inferir que, parte de las concentraciones de Mn y Fe, estén posiblemente relacionadas con los afloramientos de cuarcitas ferruginosas, incluso el Au, aunque existen otras posibilidades como venas de Au bajas en sulfuros. En cambio las anomalías de Cr y Co apuntan a la presencia de rocas máficas, mientras que el Sc, Hf y Ta generalmente están asociados a rocas félsicas. Finalmente, la anomalía de Ir requiere de estudios más detallados ya que su origen puede ser diverso, desde errores analíticos, interferencias espectrales, hasta asociaciones con mineralizaciones de Pd y Pt.

**Zonas IV, V y VI:** Estas zonas conforman un gran bloque ubicado en las cabeceras del río Hato Sucio, incluyendo la quebrada Portachuelo, el más importante de sus tributarios. De forma general presentan un notorio enriquecimiento en elementos Tierras Raras (TR) tanto en las ligeras como las pesadas, señalando la posibilidad de que existan dos fuentes de minerales según sus coeficientes de correlación (Kanazawa y Kamitani, 2006). Así mismo se pudieron detectar asociaciones con otros elementos como el P, Th, Hf, W, U entre otros, cuyos valores y relaciones varían en cada una de las zonas. En un examen mineralógico preliminar a una de las muestras (HS-02-CMP / fracción 60-80 mallas) se pudo observar la presencia de minerales como ilmenita (88% - valores en muestras concentradas),

apatito (5%), esfena (2%), rutilo (0,5%), circón (0,01%), entre otros. Sin embargo, no se descarta la presencia de monacita, dado los altos valores de Ce y La que en algunas muestras estuvieron cerca o llegaron a superar las 10.000 ppm.

### Conclusiones

- El análisis geoquímico realizado sobre la base de las muestras de los sedimentos finos depositados y concentrados de minerales pesados permitió concluir que, la cuenca del río Hato Sucio posee potencial para albergar diversos tipos de depósitos minerales, cuya localización y posible naturaleza han sido delineadas.

- En la cuenca del río Hato Sucio han sido delimitadas seis áreas anómalas: La Zona I ubicada en la falda este del Cerro La Esperanza posee anomalías en Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, V y Zn, posiblemente asociadas a mineralizaciones de Mn y vetas de cuarzo-oro bajas en sulfuros. La Zona II que abarca el área drenada por la quebrada Caldero, la cual presenta enriquecimientos de ETRL en los concentrados de minerales pesados, cuya fuente no ha sido posible determinar con el trabajo. La Zona III localizada al Sureste de la cuenca del río Hato Sucio presenta valores anómalos en Au y otros elementos asociados con rocas máficas, lo cual indica una relación con vetas de cuarzo-oro bajo en sulfuros u oro asociados con cuarcitas ferruginosas. Las zonas IV, V y VI, ubicadas hacia las cabeceras del río Hato Sucio y la quebrada Portachuelo poseen altos enriquecimientos en los ETR, ya sea en sus especies livianas (Ce, La, Nd, Sm), como en las pesadas (Yb, Tb y Lu). Así como también en Th y algunas zonas en U.

### Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al FONACIT por financiar económicamente este estudio y a INGEOMIN por sus apoyos logísticos en campo e informáticos para la realización de ésta investigación.

### Referencias

Dougan, 1972, Origen y metamorfismo de los gneises de Imataca y Los Indios, rocas Precámbricas de las región de Los Indios- El Pilar, estado Bolívar, Venezuela: Caracas, IV Congreso Geológico Venezolano, II, 1335-1548.

Figueredo, N., 1984, Caracterización geoquímica de sedimentos fluviales provenientes de la zona septentrional del estado Bolívar: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 104 p.

Frass, Escandón, y López, 1989, Caracterización y grado de asociación geoquímica de los sedimentos finos de fondo, aguas y sólidos suspendidos del río Orinoco en el tramo río Arauca-río Carona: Caracas, VII Congreso Geológico Venezolano, I, 674-697.

Garbán, G., 1998, Estudio de los sedimentos pesados en el área de Santa Bárbara – San Isidro, estado Bolívar, Venezuela: Trabajo de Ascenso, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 180 p.

González de Juana et al., 1980, Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas: Fominves, I, 31-89.

Herrera, M.A., 2004, Caracterización geoquímicas de los minerales pesados provenientes de la cuenca del río Aro, estado Bolívar, Venezuela: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 90 p.

Jacotte, M., 1996, Estudio granulométrico de los sedimentos de fondo de los ríos que drenan las rocas del Complejo Cuchivero. Estados Bolívar y Amazonas: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 92 p.

Jiménez, Y., 2004, Cartografía geoquímica de las cuencas de los ríos Caura y Aro, a través de sedimentos de corriente, con fines prospectivos: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 105 p.

Kallioskosky, 1965, Geología de la parte norte-central del Escudo de Guayana, Venezuela: Dirección de Geología, Boletín de Geología, 7, 29-104.

Kanazawa, Y., y Kamitani, M., 2006, Rare earth minerals and resources in the world: Journal of Alloys and Compounds, v. 408-412, 1339-1343.

Lowry, y Simoza, 1992, Informe geológico-geoquímico Zona de la Flor-Carapo: Informe interno CVG-Tecmin, 100-186.

Marrero, S., Pasquali, J., y Franco, N., 1997, Caracterización geoquímica de las provincias geológicas de Imataca y Pastora, estado Bolívar, Venezuela: VIII Congreso Geológico Venezolano, 2, 47-53.

Martín, C., 1979, Mapa geológico-tectónico y anomalías de Bouguer, Caroní-Aro-Paragua: Caracas, Ministerio de Energía y Minas, 1 lámina.

Menéndez, G., 1992, Uso de fracciones magnéticas y no magnéticas de minerales pesados de sedimentos de río para la prospección geoquímica del alto Paragua, estado Bolívar, Venezuela: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 87 p.

Moreno, R., 1996, Estudio geoquímico de los minerales pesados en los ríos que drenan las rocas del Complejo Cuchivero, estados Bolívar y Amazonas: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 102 p.

Pasquali, J., Gutiérrez, J.V., Lira, A., López, C.J., Marrero, S., Sifontes, R.S., Tapia, J. J., Tosiani, T., y Yanes, C., 2000, Cartografía geoquímica de Venezuela. Parte I. Elementos Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn y S en sedimentos fluviales finos: Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos, v. 25, 9-36.

Pasquali, J., 2003, Informe geoquímico del Proyecto FONACIT G-2000001199 primer año. Río Aro: diagnóstico de la cuenca: Informe no publicado, FONACIT - Universidad Central de Venezuela, 32 p.

Pérez, N., 2004, Estudio geoquímico de las aguas subterráneas de la cuenca del río Aro, estado Bolívar, Venezuela: Trabajo Especial de Grado, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 95 p.

Sidder, et al., 1991, Early to Middle Proterozoic supracrustal rocks and mineralization of the southern Guayana shield, Venezuela, en Good, E.E., Slack, J.F., and Kotra, R.K., eds., USGS research on mineral resources-1991 program and abstracts: U.S. Geological Survey, Circular 1062, 60-70.

Sidder, G.B., y Mendoza, V., 1995, Geology of the Venezuelan Guayana Shield and its relation to the geology of the entire Guayana Shield, en Sidder, G.B., García, A.E., y Stoesser, J.W., eds., Geology and mineral deposits of the Venezuelan Guayana shield: United States Geological Survey, Bulletin 2062, B1-B45.

Simoza, 1989, Informe geoquímico de la zona de La Flor-Carapo (sub-zona B): Informe interno, PPGZF C.V.G. Tecmin, 93 p.

Torres, J., y Pasquali, J., 1985, Resistatos pesados de la hoyita del río Paragua, estado Bolívar, Venezuela: Caracas, VI Congreso Geológico Venezolano, Tomo 4, 2226-2247.