

## Estudio preliminar de los depósitos de tantalita, columbita y casiterita, en el Fundo La Fortuna, al SW del Cerro Boquerones, en el área metalogénica El Burro – Agua Mena, al Suroeste del municipio Cedeño, estado Bolívar, Venezuela.

Asdomary Bolívar, Adriana Manrique\* y Edixon Salazar, Universidad de Oriente; Sebastián Grande, Universidad Central de Venezuela y Luis Guzmán, Noel Mariño, CVG Bauxilum.

### Resumen

La columbita  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$  y la tantalita  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$  están asociados a las pegmatitas complejas del Granito *rapakivi* del Parguaza. El área de estudio se encuentra al SW del cerro Boquerones, en el fundo La Fortuna, a 100 km de la localidad de Los Pijiguaos, municipio Cedeño del estado Bolívar. La metodología empleada incluyó: una revisión bibliográfica; una evaluación cartográfica, que permitió generar los mapas geológicos y de unidades homogéneas de vegetación, a través de las herramientas de digitalización Autocad y Global Mapper; una etapa de campo para recolectar muestras; y una etapa de laboratorio, para analizarlas a nivel mineralógico y químico. Con este trabajo se busca establecer un modelo de ocurrencia de estas menas y determinar las paragénesis mineralógicas. Según la respuesta espectral generada por las imágenes satelitales Spot, se subdividió el área en dos unidades homogéneas A y B. La asociación de columbita y tantalita se denomina coltán, es de origen primario en las pegmatitas complejas, y residual cuando es producto de la intensa meteorización que han sufrido éstas. Los resultados de difracción de rayos X (DRX), distinguieron las fases: coltán, pirocloro, kernita, sulfuros de Cu-Fe, Pb-Te-Hg-As-Sb y leucita-harmotoma, siendo éstas las más interesantes debido a que algunas pudieran provenir, aparte de las pegmatitas complejas, de rocas volcánicas alcalinas jóvenes, kimberlitas o carbonatitas.

### Introducción

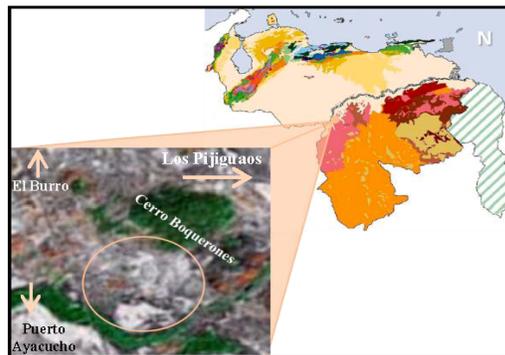
La asociación de los minerales columbita  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$  y tantalita  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$  se denomina comúnmente coltán, una compleja solución sólida con cuatro miembros extremos, de origen pegmatítico asociada al Granito del Parguaza y posibles depósitos coluviales, eluviales y aluviales derivados de éstas, hallados en el SW del municipio Cedeño del estado Bolívar, 100 km al SW de la localidad de Los Pijiguaos. Debido a la poca accesibilidad del área de estudio, la fotointerpretación de imágenes constituyó la herramienta principal para el desarrollo del modelo geológico de este depósito, tomando en cuenta la litología, la vegetación y los rasgos morfológicos presentes.

El levantamiento geológico de superficie, realizado al SW del cerro Boquerones incluyó una toma de muestras sistemática al norte y aleatoria al sur, tanto de muestras de suelos y como de los minerales presentes en la zona de estudio, para posteriormente realizar los análisis mineralógicos y químicos de dichas muestras.

### Área de estudio

Los minerales columbita y tantalita -coltán- asociados a las pegmatitas complejas que intrusionan al Granito *rapakivi* del Parguaza y motivo del presente estudio, han sido estudiados en el fundo La Fortuna, en el SW del municipio Cedeño del estado Bolívar.

El área es de aproximadamente 1,21 km<sup>2</sup> y se accede por vía terrestre, a través de la carretera nacional Caicara - Puerto Ayacucho. (Figura 1).



**Fig. 1** Ubicación del área de estudio observada desde Google Maps.

La geomorfología del área se caracteriza por planicies de gran extensión, constituidas por sabanas, y por lomas suaves, con alturas que varían de 62-70 m.s.n.m., aproximadamente, a excepción del cerro Boquerones que se encuentra en las adyacencias, con alturas que varían entre 180 - 200 m.s.n.m.

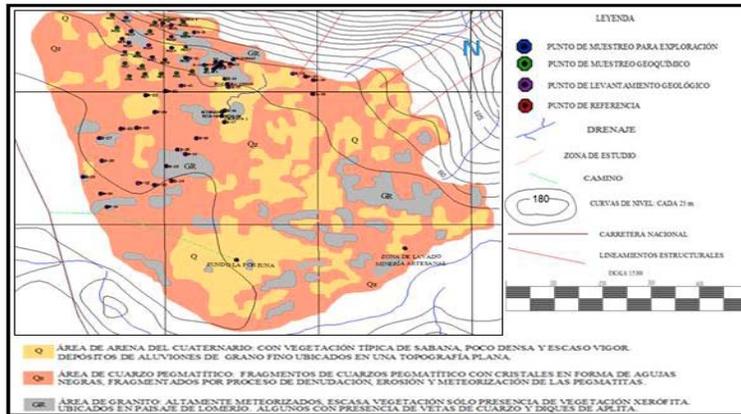
La topografía es producto de los procesos de erosión, meteorización y transporte que actúan sobre los cerros y lomas. Se observó un comportamiento irregular, donde se detectan franjas de arenas de aproximadamente 50 m de ancho en planicies, intercaladas con lomas, o pequeños montículos de cuarzo pegmatítico de diferentes tamaños, con cristales de forma angular a subredondeada.

El batolito del Parguaza ocupa una superficie en Bolívar occidental superior a los 10.000 km<sup>2</sup> y conforma una de las principales unidades del Precámbrico venezolano, debido a los depósitos residuales de bauxita y caolín, así como aluvionales de Ta, Nb, Sn y Ti. (Teemin, 1994).

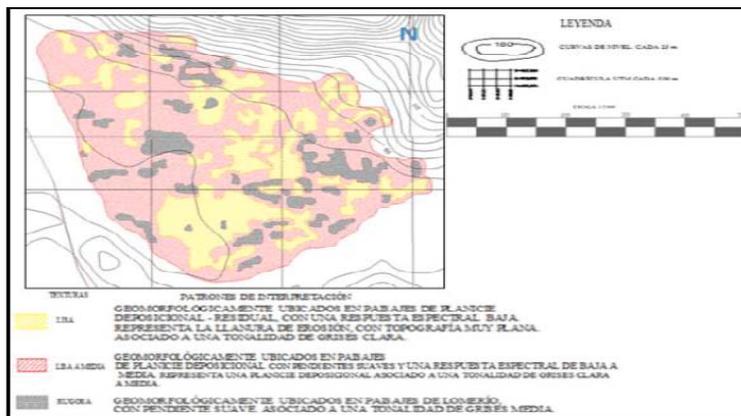
**Selección cartográfica del área de interés**

La cartografía utilizada para realizar este proyecto, es del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), específicamente en la hoja 6734, comprendida en la imagen NB-19-8. Las imágenes satelitales Spot y de Google Maps permitieron delimitar la zona

mineralizada, de acuerdo a la interpretación visual de la respuesta espectral generada por la vegetación y los dominios geomorfológicos, correlacionándolos a lo observado en las salidas de campo, permitiendo la elaboración del mapa geológico (Figura 2) y el mapa de unidades homogéneas de vegetación. (Figura 3).



**Fig. 2. Mapa geológico de la zona de estudio.**



**Fig. 3. Mapa de unidades homogéneas de vegetación.**

En las imágenes satelitales Spot, la zona fue conformada en dos unidades homogéneas, que representan en conjunto el 100% del área evaluada:

**Unidad A:** áreas con vegetación, de respuesta espectral débil, dividida a su vez en unidades A1, de textura lisa, de tonalidad muy clara a clara; y A2, de textura lisa a media, de tonalidad clara.

**Unidad B:** áreas con vegetación de respuesta espectral moderada, de textura rugosa, con tonalidad media.

En las imágenes satelitales de Google Maps, la zona se delimitó en 3 áreas, según los colores expresados:

Área de arenas del cuaternario: se observa en esta zona tonos que van del blanco al gris claro. Según Gutiérrez (2005), es la tonalidad típica de ciertas arenas y gravas. La expresión topográfica es plana, con textura lisa.

Área de cuarzo pegmatítico: es característico el tono gris claro, textura lisa a media, con escasa vegetación en planicies cercanas a las zonas de mayor elevación (lomas).

Área de granito: el terreno refleja tonos que van desde gris mediano a gris oscuro, con textura rugosa, en lomas que tienen 120 m de elevación, aproximadamente.

**Análisis e interpretación**

Se tomaron 39 muestras en campo que fueron analizadas por el método de difracción de rayos X (DRX), usando un equipo Xpert Pro, marca Phillips, con un goniómetro modelo 3050/60 y un detector modelo 3011/20, con radiación de cobalto, rango de barrido entre 5-90°, con una resolución de 0,01 °2θ/s, sin filtros, en condiciones operativas estándar de 40 kV y 20 mA, para identificar las fases cristalinas presentes en cada una. Entre las fases paragénesis o asociaciones minerales más interesantes se encontraron:

**Fase coltán:** se encuentra constituida por una serie de minerales compuestos principalmente por los elementos Nb y Ta, y en algunos casos acompañados por Mn, Fe, Th, Ti, Sn y tierras raras (TR), entre otros. De las 39 muestras analizadas, ocho presentaron minerales que forman parte de esta fase, tales como: struverita, qitiangilita, ferrowodginita, titan-wodginita, uran-policrasa y ferrocolumbita.

**Fase pirocloro:** es típica de rocas formadas por procesos magmáticos de diferenciación que generan líquidos inmiscibles ricos en carbonatos a temperaturas entre 700-500 °C y presiones moderadas: carbonatitas. Esta fase está compuesta por óxidos complejos de Nb, Ta y Ti, con Ca, Ba, U, entre otros cationes, formando minerales del grupo del pirocloro, incluyendo microlita y betafita. Del grupo de muestras analizadas en este estudio, una muestra presentó calcio-betafita, la cual está puede estar relacionada a esta asociación o a pegmatitas.

**Fase sulfuros de cobre-hierro (Cu-Fe):** puede tener un origen mesotermal o vulcanogénico-exhalativo. Están formados generalmente por azufre (S) junto con cobre (Cu) y hierro (Fe), generando minerales primarios como piritita, cubanita, y secundarios como la strighamita, que se presentaron en tres muestras de las 39 muestras analizadas.

**Fase plomo-teluro-mercurio-arsénico-antimonio (Pb-Te-Hg-As-Sb):** típica de ambientes hidrotermales de baja temperatura (epitermales), asociada a rocas volcánicas félsicas y a calderas de colapso. Está conformada por óxidos, teluratos, wolframatos y molibdatos secundarios como: cuzticitita, tellurita, montroydita, stolzita y wulfenita. De las 39 muestras analizadas cinco presentan los minerales mencionados anteriormente.

**Fase leucita – harmotoma:** se encuentra constituida por minerales compuestos por los elementos como K, Ba, Na, Al, formando la zeolita de bario conocida como harmotoma y el feldespatoide potásico leucita. Se presenta en dos muestras de las 39 tomadas en campo. Estos minerales tienden a formarse en rocas ígneas volcánicas. En las salidas de campo no se evidenció la presencia de un cuerpo basáltico pero los análisis indicaron la presencia de harmotoma, la cual es una fase secundaria típica de rocas volcánicas. Según Bangerter (1985), en algunas zonas del cerro Boquerones se observan inyecciones finas de una roca basáltica de color azul-verdoso, constituida esencialmente por olivino fayalítico (posiblemente tefrita/basanita leucítica).

**Fase flogopita – antigorita:** asociada posiblemente a kimberlita, debido a que la flogopita se presenta en las mismas junto con serpentina, la cual se encuentra en forma de antigorita en estas muestras. La kimberlita presente en la zona de quebrada Grande (Guaniamo) son las más cercanas al área de estudio.

**Fase tierras raras (TR):** se encuentra constituida por minerales compuestos principalmente por elementos como Th, U y Ce, formando a un filosilicato de Th, Na y

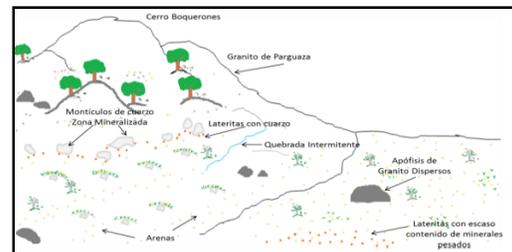
K conocido como thornasita y a un óxido múltiple formado por tierras raras conocido como uran-policrasa. Estos minerales son comunes en algunas pegmatitas y carbonatitas.

Según el análisis químico de absorción atómica (AA), realizado en un espectrofotómetro de marca Perkin Elmer “Ms 100” para determinar las concentraciones de los elementos químicos presentes en las 12 muestras más representativas de las 39 recolectadas, el SiO<sub>2</sub> es el componente mayoritario con más de 80 % e.p., seguido por Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, con más de 4% y 3% e.p., respectivamente. Esto se debe a que en su mayoría la roca de campo del área de estudio es granítica, que es una roca rica en feldespato alcalino, cuarzo y plagioclasa Na-Ca; además de los suelos residuales producto de la meteorización de la misma.

Este estudio permitió generar un modelo de ocurrencia de los minerales columbita, tantalita y casiterita, según su origen.

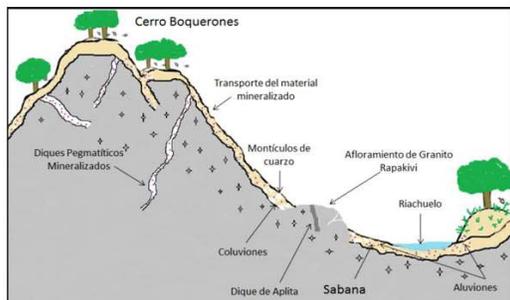
El modelo geológico de la Unidad A es de origen secundario, ya que los minerales de columbita, tantalita, casiterita han sido transportados por el agua o la gravedad desde su depósito primario, donde sufrieron una posible trituración por la alta meteorización de la zona, hasta formar coluviones y eluviones en las laderas de los cerros y en algunos casos, dispersos sobre la superficie del suelo en antiguos cauces de riachuelos intermitentes. Bolívar v Manrique (2011).

Se logra apreciar una sucesión de lateritas, producto de la meteorización del Granito *rapakivi* del Parguaza, debido a las altas temperaturas, y la alternancia monzónica de altas precipitaciones y épocas de sequía que lo afectan. (Figura 4). Este material laterítico ha sido removilizado y se deposita en forma de pequeñas colinas, hasta en tres horizontes sucesivos. Pérez et al. (1985).



**Fig. 4. Modelo geológico de la Unidad A.**

El modelo geológico de la Unidad B es de origen primario. El Granito *rapakivi* del Parguaza fue intrusionado por diques de pegmatita compleja o granítica, donde en campo se observó un filón y numerosos fragmentos de cuarzo de distintos tamaños que son típicos de yacimientos pegmatíticos y se localizaron pequeños bolsones eluviales y coluviales de columbita, tantalita, casiterita, chorlo o turmalina negra y moco de hierro. Bolívar y Manrique (2011). (Figura 5).



**Fig. 5. Modelo geológico de la Unidad B.**

Los minerales de Ti, Ta, Nb, Sn y Th son comunes en las pegmatitas complejas relacionadas al Granito *rapakivi* del Parguaza, debido a que ellas corresponden a los productos finales de la cristalización, donde tienden a generarse fases con estructuras menos compactas, que permiten que esos cationes incompatibles, puedan incorporarse en las redes cristalinas.

### Conclusiones

La zona de estudio se caracteriza por una geomorfología dominada por pendientes suaves, con diferencias de altitud de 30-200 m.s.n.m., con sabanas formadas, en su mayoría, por suelos maduros muy lixiviados.

La vegetación que crece sobre las llanuras de erosión y planicies depositacionales es poco densa, mientras que la que se observó en las laderas del cerro Boquerones es herbáceo-arbustiva. Los granitos que se encuentran en la sabana están prácticamente al descubierto.

Se determinaron dos unidades geobotánicas que se identificaron como: A y B, de acuerdo a la respuesta espectral de la vegetación, realizada por medio de la fotointerpretación de imágenes Spot y de Google Maps. Además se observaron dominios geomorfológicos, rasgos con distintas textura y tonalidad, cuyas características fueron corroboradas en visitas de campo. Sobre esta base, la unidad A corresponde a áreas con vegetación de respuesta espectral débil asociada a suelos arenosos y montículos de cuarzo pegmatítico; mientras que la unidad B corresponde a áreas con vegetación de respuesta espectral moderada, asociadas al granito.

El análisis mineralógico por medio de DRX permitió determinar las asociaciones minerales presentes en las 39 muestras analizadas, de las cuales entre las más resaltantes se encontraron: fase coltán en ocho muestras; fase pirocloro en una muestra; fase sulfuros de Cu-Fe en tres muestras; fase Pb-Te-Hg-As-Sb en cinco muestras; fase leucita-harmotoma en dos muestras; y fase kernita en una muestra; ésta última podría provenir de la alteración de boro-silicatos pegmatíticos, pues se descarta un origen evaporítico de la misma debido al clima tropical-húmedo que prevalece en la zona.

Mediante el análisis químico por AA a las muestras de suelo y mineral, se determinó la presencia de  $Fe_2O_3$ ,

$Nb_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $SnO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $MnO_2$  y  $CaO$ . Para la muestra de mineral denominada Fortuna, el elemento mayoritario es  $SnO_2$  (casiterita) y para las muestras de suelo, el mayoritario fue  $SiO_2$ .

Los minerales primarios presentes en las muestras pudiesen tener varios orígenes: origen pegmatítico, origen carbonatítico y origen hidrotermal de baja temperatura, de acuerdo a las secuencias detectadas. Sin embargo muchas paragénesis corresponden a minerales secundarios, oxidados o hidratados.

El Granito *rapakivi* del Parguaza puede estar asociado a vetas de pegmatita, *greisen* y/o complejos alcalinos anulares posiblemente con chimeneas centrales o diques anulares de carbonatita asociados, ya que se tiene evidencia de la presencia de minerales característicos de ese tipo de roca, la cual puede estar oculta por debajo de la sección de laterita suprayacente.

Los minerales flogopita y serpentina (antigorita) pudieran indicar la presencia de kimberlita en el área de estudio, por ser constituyentes comunes de ese tipo de roca.

Los minerales leucita y harmotoma pudieran estar relacionados a lavas alcalinas del tipo lamproita o tefrita/basanita leucítica, de edad desconocida, pero probablemente asociadas al mismo evento magmático intraplaca neoproterozoico donde fue intrusada la kimberlita en la región de Guaniamo.

**Agradecimientos:** A la Universidad de Oriente, Ingeomin y CVG Bauxilum Los Pijiguaos.

### Referencias

- Bangerter, G., 1985. Estudio sobre la petrogénesis de las mineralizaciones de niobio, tántalo y estaño en el Granito Rapakivi de El Parguaza y sus diferenciaciones: Memorias I Simposium Amazónico, Venezuela, Boletín de Geología, Publ. Esp. No. 10, p. 175-185.
- Bolívar, A. y Manrique, A., 2011. Estudio Preliminar de los depósitos de tantalita, columbita y casiterita, a través de las imágenes Spot de la hoja 6734 de Cartosur I y II, en la zona suroeste del municipio Cedeño, estado Bolívar, Venezuela. Universidad de Oriente. Doc. Inédito.
- CVG TECNICA MINERA (Tecmin), C.A., 1994. Informe de avance NB-19-4 y NB-19-8: Clima, geología, vegetación, geomorfología, suelos y vegetación. Tomo 1.
- Gutiérrez, J., 2005. Guía teórica de fotogeología. Universidad de los Andes, Venezuela, 38 p.
- Pérez, H., Salazar, R., Peñalosa, A., y Rodríguez, S., 1985. Evaluación geoeconómica de los aluviones que presentan minerales de Ti, Sn, Nb y Ta en el área de Boquerones y Aguamena, Distrito Cedeño del Estado Bolívar y Territorio Federal Amazonas: Memorias I Simposium Amazónico, Venezuela, Boletín de Geología, Publ. Esp. No. 10, p. 587-602.