

Bogotá, marzo 13, 2009

Nota para los lectores e interesados en el artículo titulado

**“Geología y Vocación Minera del Oriente del País”
por el Geólogo Alberto Lobo-Guerrero Uscátegui, M.Sc.
Presidente de LOGEMIN S.A.**

El documento que sigue presenta una compilación de información pública disponible a comienzos del 2005. Parte de la información allí descrita se encuentra desactualizada.

Ahora sabemos que las rocas del Macizo de Garzón, el Macizo de Quetame, la Serranía de la Macarena y las rocas descritas como “Sienita nefelínica de San José del Guaviare” constituyen un mismo cuerpo de tamaño batolítico.

También conocemos bastante mejor el potencial metalogénico del oriente colombiano.

En los próximos meses publicaremos un artículo sobre esos temas.

Pedimos a los interesados que nos escriban un correo electrónico con sus datos para enviarles el artículo una vez que se publique.

Atentamente,

Alberto Lobo-Guerrero Sanz
Geólogo, M.Sc., Min.Ex., Ph.D.

Vice-Presidente de Operaciones
LOGEMIN S.A.

ageo@logemin.com

GEOLOGÍA Y VOCACIÓN MINERA DEL ORIENTE DEL PAÍS

Alberto Lobo-Guerrero Uscátegui, Geólogo, M.Sc.
Presidente LOGEMIN S.A.

Contenido

1. Introducción
2. Geología
 - 2.1. Geotectónica
 - 2.2. Unidades Geológicas
 - 2.3. Macizo de Garzón
 - Morfología
 - Litoestratigrafía
 - Estructura
 - 2.4. Macizo de Quetame
 - Morfología
 - Litoestratigrafía
 - Estructuras
 - Geotécnica
 - 2.5. Cundinamarca y Boyacá Oriental
 - Morfología y minerales
 - Litoestratigrafía
 - Estructuras
 - 2.6. Escudo de Guayana – Saliente del Vaupés – Serranía de la Macarena
 - Morfología y minerales
 - Litoestratigrafía
 - Estructuras
 - 2.7. Cuenca de los Llanos Orientales
 - Morfología y minerales
 - Litoestratigrafía
 - Estructura
 - 2.8. Cuenca del Putumayo
 - Morfología y minerales
 - Litoestratigrafía
 - Estructuras
 - 2.9. Cuenca del Amazonas
 - Morfología
 - Litoestratigrafía
 - Estructuras
3. Yacimientos Minerales
 - 3.1. Oro de Naquén, Caranacoa y Taraira
 - 3.2. Hierro de Mitú y Piraparaná
 - 3.3. Aluminio del Orinoco
 - 3.4. Otros Minerales
4. Futura Minería en el Oriente
5. Referencias

1. INTRODUCCIÓN

Observando el mapa de nuestra nación desde Villavicencio y pensando en el futuro del país, se da uno cuenta que media Colombia al oriente de la Cordillera Andina sigue siendo tierra prácticamente desconocida para muchos compatriotas. Son los terrenos de “*La Vorágine*” conocidos, descritos y recreados magistralmente por el poeta y novelista José Eustacio Rivera alrededor de 1920 (Rivera, 1924). En este momento de nuestra historia, cuando tantas gentes buscan nuevos horizontes, es conveniente fijar nuestra mirada en el mapa geológico y en los minerales del oriente colombiano como posibles fuentes de nuevos empleos estables que contribuyan al desarrollo de estos inmensos territorios.

El progreso de la humanidad se mide por el uso de los minerales y en el desarrollo de una economía industrial moderna, los minerales son cada vez más importantes; son la base de la industria y el motor de la economía. Las edificaciones, carreteras y máquinas se construyen con minerales; la energía es en buena parte de origen mineral; la fertilidad en el campo se mantiene con abonos minerales y con agua... - otro mineral - .

Como aporte al 2º Seminario de Ingeniería de la Orinoquia y el Piedemonte Llanero, en buena hora propuesto por el Ministerio de Transporte y la Sociedad de Ingenieros del Meta, tengo el gusto de presentarles algunas ideas sobre la geología y la vocación minera de varias partes del oriente de Colombia.

2. GEOLOGÍA

2.1 GEOTECTÓNICA

Al mirar un mapa en relieve del país (Fig.1) una de las primeras cosas que sorprenden es la diferencia fundamental entre la parte oriental, con muy escaso relieve, el Escudo de Guayana, y la parte occidental con las imponentes Cordilleras Andinas (Fig.2) (INGEOMINAS, 1988). Al examinar las rocas de ambas regiones encontramos que hay también grandes diferencias en la edad y en el tipo petrográfico de las mismas (Fig.3) (Lobo-Guerrero, 1994). El modelo tectónico actual (Fig.4) y un corte geológico, la Transecta Colombiana N° 2 (Corte A-B) entre el Océano Pacífico y la región de Florencia (Caquetá) (Fig.5) permiten ilustrar esta gran diversidad y los principales rasgos estructurales de Colombia (Lobo-Guerrero, 1994). Básicamente hay dos grandes placas tectónicas interactuando, la Microplaca de Macondo al occidente y la Placa Suramericana al oriente, separadas por el Sistema de Fallas de Guacarámó. Si a esto le agregamos la dimensión del tiempo, ...por ejemplo los últimos 200 millones de años (Fig.6) y pensamos en la evolución del territorio colombiano durante el mesozoico y el cenozoico, tendremos una idea de la complejidad de la geología de nuestro territorio (Lobo-Guerrero, 1994).

2.2. UNIDADES GEOLÓGICAS

La región del Piedemonte Llanero y el Oriente de Colombia puede dividirse en las siguientes siete unidades geológicas (Fig.7) : Macizo de Garzón, Macizo de Quetame, Cundinamarca y Boyacá Oriental, Escudo de Guayana - Saliente del Vaupés – Serranía de La Macarena , Cuenca de Los Llanos Orientales, Cuenca del Putumayo y Cuenca del Amazonas (INGEOMINAS, 1988).

2.3 MACIZO DE GARZÓN

2.3.1 Morfología

El Macizo de Garzón (Fig.8) es un conjunto montañoso de 430 km de largo por 60 km de ancho, en el sur de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, con morfología escarpada hasta relativamente suave y con una altura máxima de 3,800 m (Cuchilla Los Picachos, Cerro Leiva, Alto de Las Oseras)

2.3.2 Litoestratigrafía

Basaltos de Acevedo (TQv) [Plioceno-Pleistoceno]

Lavas basálticas, piroclastos (200 m)

Plutones de Suaza, Altamira y Acevedo (Mpi) [Cretáceo] Sienitas

Plutones de Garzón y Hobo-Algeciras (Mpi) [Cretáceo] Granitos

Formación Saldaña (Jsv) [Triásico-Jurásico]

Limolitas, areniscas tobáceas, calizas, tobas (2,000 m)

Formación Payandé (Trs) [Triásico]

Calizas al W de Belén de Los Andaquíes

Neises Granulíticos de Guapatón y Mancagua (pEmg) [Precámbrico]

Grupo Garzón (pEm) [Precámbrico, Proterozoico 1,100 ma]

Rocas metamórficas de alto grado con protolito sedimentario: neises cuarzófeldespáticos, neises micáceos, migmatitas.

2.3.3. Estructura

El Macizo de Garzón es un bloque elevado del basamento entre la Fosa del Alto Magdalena al occidente y la Cuenca del Putumayo al oriente. Al occidente viene limitado por la Falla de Afiladores-Suaza y al oriente por el Sistema de Fallas de Florencia-Orteguaza-Puerto Rico.

2.4. MACIZO DE QUETAME

Morfología

El Macizo de Quetame (Fig.9) es una serranía escarpada de 300 km de larga por 40 km de ancha, con una altura máxima de 4,560 m en el Cerro Nevado al NW de Guamal.

Litoestratigrafía

Aluviones Cuaternarios (Qa)

Coluviones (Qc)

Capas Rojas del Valle del Clarín (Pzc) [Carboniano]

Calizas, dolomitas, areniscas (>300 m)

Capas Rojas del Guatiquía (Pzc) [Carboniano]

Arcillolita, limolita, arenisca, conglomerados (3,500 m)

Formación Pipiral (Pzc) [Devónico]

Lutitas negras, calizas (600 m)

Formación Areniscas de Gutiérrez (Pzc) [Devónico]

Areniscas cuarcíticas, lutitas silíceas, conglomerado cuarcítico (1,000 m)

Plutón del Ariari (Pzpb) [Paleozoico] Gabro, diorita

Granodiorita La Mina (Pzpb) [Silúrico-Devónico] Granodiorita

Farallones de Medina

Grupo Quetame (Pzm) [Cámbrico-Silúrico]

Cuarcitas, metaconglomerados, filitas, mármoles (6,500 m)

Estructuras

El Macizo de Quetame es un bloque elevado en el borde oriental de la Cordillera Oriental entre el Sistema de Fallas de Altamira-Quetame-Farallones de Medina al occidente y el Sistema de Fallas del Borde Llanero-Santa María al oriente. Las gruesas sucesiones de rocas sedimentarias paleozoicas contienen amplios pliegues; el Macizo es atravesado por grandes fallas normales y de rumbo (Fig. 10).

Geotecnia

El Túnel de Buenavista, el último escollo grande de la Autopista Bogotá-Villavicencio, el más largo actualmente en Suramérica, y el último tapón de la Autopista Bogotá-Villavicencio, se construyó con grandes dificultades en el Piedemonte Llanero (Fig. 11). La autopista baja por el valle del Río Guayuriba, por sobre la segunda terraza del mismo río. El valle del Guayuriba es determinado por la Falla de Servitá, una falla activa, con una tasa de actividad alta, de 1 a 10 mm/año. Se pasa por el corto Túnel de Bijagual, a través de las Lutitas de Macanal. Luego hay un puente sobre la Quebrada Bijagual, amenazado ahora por la enorme cantidad de derrubios que vienen de un deslizamiento activo en la cabecera de la Quebrada Alejandrina. Dicho deslizamiento está sobre la falla activa de Buenavista. Enseguida está el

Túnel de Buenavista o Misael Pastrana Borrero, de 4,544 m de longitud. El túnel atraviesa la Cuchilla de Buenavista, cortando el Sistema de Fallas de Guaicarámo, hasta llegar a la Falla de Colepato (0.1 – 1 mm/año). El alineamiento cruza las Lutitas de Macanal, la Falla de Buenavista, la Formación Brechas de Buenavista, el Grupo Quetame, varias fallas de rumbo, el Grupo Farallones, nuevamente las Brechas de Buenavista, el Grupo Quetame, la Falla de Mirador (1-10 mm/año) y la Falla Maizaro bajo los aluviones del Caño Maizazo, y luego, la Formación Une, para salir al Cono de Villavicencio en el portal Trapiche. En la Fig. 12 se pueden apreciar bien las terrazas de relleno y en roca del valle del Río Guayuriba. Hay innumerables fallas menores y mayores relacionadas con el plegamiento y la tectónica antigua y reciente. Hubo muchísimas dificultades en los estudios del túnel y luego en la excavación y sostenimiento de las Lutitas de Macanal en esta parte del túnel. Una vez que el túnel llegó a las rocas competentes de las Brechas de Buenavista y del Grupo Quetame (Fig. 13) la construcción avanzó rápidamente. La parte SE del túnel se avanzó por el Portal Trapiche simultáneamente a la del portal Rionegro en el lado occidental. Hubo una larga parálisis de las obras en la Arenisca de Une, un importante acuífero, con problemas de avalanchas de arena y gran cantidad de agua subterránea. Con esta geología, tan compleja, uno se explica los enormes costos, las dificultades que tuvieron los ingenieros y los obreros que construyeron esta magna obra, y los consecuentes pleitos entre todos los involucrados. Sin embargo, se culminó, .. como una de las más grandes obras del pasado en el avance del país hacia el oriente. Fué, junto con el Ferrocarril del Pacífico, una de las dos más grandes obras de ingeniería de los colombianos del siglo pasado.

2.5. CUNDINAMARCA Y BOYACA ORIENTAL

Morfología y minerales

El flanco oriental de la Cordillera Oriental de los Andes en Cundinamarca y Boyacá (Fig.10 y 14) comprende la sucesión de los profundos cañones de los ríos Negro, Guatiquía, Guavio, Upía, Cusiana, Cravo Sur y Pauto, y sus angostas divisorias, al descender de los páramos a más de 3,000 m de elevación hacia los Llanos Orientales. Tiene prominentes escarpes estructurales con rumbo NE-SW. En su parte más oriental comprende el Piedemonte Llanero. Contiene yacimientos de esmeraldas, calizas y yeso.

Litoestratigrafía

Cuaternario Aluvial (Qa)

Coluviones (Qc)

Intrusivo de Ficalito [Plioceno] Riodacita porfírica

Formación Chipaque (Ki) [Cenomaniano-Coniaciano]

Lutitas negras, calizas, areniscas (600 m)

Formación Une (Ki) [Albiano-Cenomaniano]

Areniscas cuarzosas, arcillolitas, conglomerados (360 a 1,500 m)

Formación Fómeque (Ki) [Barremiano-Aptiano]

Arcillolitas, calizas, margas, areniscas (100-800 m)

Formación Cáqueza (Ki) [Hauteriviano]

Areniscas, conglomerados, arcillolitas, calizas (250-500 m)

Formación Areniscas de Las Juntas (Ki) [Hauteriviano]

Ígneo de Pajarito (Kiip) [Valanginiano] Lamprófire

Formación Lutitas de Macanal (Ki) [Titoniano-Valanginiano]

Lutitas, calizas, areniscas, yeso (2,935 m)

Formación Calizas del Guavio (Ki) [Titoniano-Berriasiano]

Conglomerados, lutitas, limolitas, areniscas, calizas (1,400 m)

Formación Brechas de Buenavista (Jb) [Jurásico, Titoniano] Conglomerados (50 m – 300 m)

Formación Batá (Jb) [Jurásico] Conglomerados, limolitas, arcillolitas, areniscas (1,160 m)

Grupo Farallones (Pzs) [Devónico Medio a Carboniano]

Areniscas, limolitas, arcillolitas, conglomerados, calizas (2,480 m)

Estructuras

La Cordillera Oriental de los Andes tiene en esta zona una columna estratigráfica de rocas marinas sedimentarias con un espesor de 12,275 m. Está fuertemente plegada en angostas y largas estructuras anticlinales y sinclinales. Su límite oriental en el Piedemonte Llanero es el Sistema de Fallas de Guaicarámo, un complejo de fallas entrelazadas escalonadas con

movimiento lateral derecho e inverso, con inclinación al occidente, y orientación NNE-SSW, de 400 km de longitud: las Fallas de Villavicencio, Mirador, Servitá, Santa María, Chámeza, Pajarito, Guaicarámo, Cusiana, Yopal, Borde Llanero y Guachiría. Estas son fallas activas con tasas de desplazamiento altas. (Figs. 10, 11, 12 y 13).

2.6. ESCUDO DE GUAYANA – SALIENTE DEL VAUPÉS – SERRANÍA DE LA MACARENA

Morfología y minerales

La región del Escudo de Guayana, Saliente del Vaupés y Serranía de La Macarena tiene un paisaje de mesas, tepuyes, y serranías que sobresalen 200 hasta 900 m sobre una extensa peneplanicie atravesada por enormes ríos, con montes islas en la parte oriental y nororiental (Figs. 15, 16 y 17). Los niveles altimétricos varían entre 50 m y 1,000 m de elevación. La Serranía de la Macarena es una estructura aislada, el tepuy más grande de Suramérica, que alcanza los 2,500 m de elevación. Parece haberse desprendido del borde norte del Macizo de Garzón y del borde oriental del Macizo de Quetame (Fig.8). Hay yacimientos de oro en el Guainía y Amazonas, uranio y diamantes en el Guainía, hierro en el Vaupés y aluminio en el Vichada (Figs. 20 y 22).

Litoestratigrafía

Aluviones Cuaternarios (Qa)

Coluviones (Qc)

Sienita Nefelínica de San José del Guaviare (Pzpa) [Ordovícico] Sienita nefelínica

Formación Araracuara (Pzs) [Ordovícico]

Conglomerados, areniscas, arcillolitas micáceas, limolitas rojizas y verdes (> 330 m)

Serranía de Chiribiquete, Sierra Tunahí (Figs. 18, 19 y 21).

Grupo Guéjar (Pz) [Ordovícico]

Calizas, lutitas, areniscas, limolitas, grauvacas (500 m)

Serranía de La Macarena

Unidad Guape (Pz) [Cámbrico]

Areniscas, grauvacas, basaltos, diabasas y gabros

Serranía de La Macarena

Unidad Duda (Pz) [Cámbrico] Areniscas

Serranía de La Macarena

Caliza del Ariari (Pz) [Cámbrico]

Calizas, dolomitas

Formación Piraparaná (pEvi) [Precámbrico, Proterozoico, 1200 ma]

Lavas riolíticas y riodacíticas, piroclastos, aglomerados, diques y silos de doleritas, gabros, areniscas arcósicas, itabiritas. (80 m) Río Apaporis, Río Piraparaná

Formación La Pedrera (pE) [Precámbrico, Proterozoico, 1300 ma]

Cuarcitas micáceas, ortocuarcitas intercaladas con metaconglomerados y esquistos cuarzosos (120 m) La Pedrera

Batolito de Paragua (pEpa) [Precámbrico, Proterozoico, 1545 ma] Monzonita

Vichada oriental; Río Guainía, Río Negro, San Felipe

Grupo Tunuí (pEm) [Precámbrico, Proterozoico, 1800 a 2200 ma]

Metaconglomerados, cuarcitas, metalodolitas y filitas, facies de esquistos verdes (2030 m)

Serranías de Naquén, Caranacoa y Taraira

Unidad de Metalodolitas Verdosas (pEmv) [Precámbrico, Proterozoico]

Complejo de Mitú (pEmv) [Precámbrico, Proterozoico, 2200 a 2500 ma]

Neises migmatíticos, neises graníticos, monzogranitos, esquistos micáceos, cuarcitas y anfibolitas. Vaupés, Mitú, Guainía, Puerto Inírida

2.6.3 Estructuras

Paleosutura del Río Atabapo-Río Negro (NNW-SSE, 280 km). Pliegues anticlinales y sinclinales de la Serranía de Naquén: Anticlinal de Rapobelao N40E. Anticlinal de Centro Minas E-W y N60E. Anticlinal de Cachirri N50E. Falla de Maimachi, falla lateral izquierda cabalgante N20W de 15 km de longitud. Falla de Mitú N-SW, 180 km; Falla de Quairi, NE-SW, 220 km; Falla de Caño Garza, NE-SW, 30 km; Falla de Caño Chiquita, NE-SW, 200 km; Falla Agua Azul, NE-SW, 100 km; Lineamiento Caño Yaunas, NE-SW, 130 km; Lineamiento del Cahuinari, N55E, 125 km; Lineamiento La Trampa N20E, 150 km; Lineamiento Tunia,

WNW-ESE, 450 km; Lineamiento de Carurú, WNW-ESE, 325 km, levantamiento del bloque sur (Fig.23); Lineamiento del Guainía Centro, WNW-ESE, 190 km.

2.7. CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES

2.7.1 Morfología y minerales

La Cuenca de los Llanos Orientales tiene extensas planicies entre 300 m y 50 m de elevación, con abanicos aluviales y terrazas en el piedemonte de la Cordillera Oriental, y numerosos ríos que confluyen hacia el río Meta (Figs. 9, 10, 14 y 24). Tiene campos petroleros, carbón, arcillas, oro, agregados pétreos. Es conveniente resaltar que en 1905 el señor Higinio Bunch logró refinar petróleo de un rezumadero en Guaicarámo, Meta. (Moran, 1977).

2.7.2 Litoestratigrafía

Abanicos Aluviales y Aluviones (Qc y Qa) [Cuaternario, Pleistoceno-Holoceno]

Agregados pétreos, placeres auríferos

Formación Necesidad = Formación La Corneta (Qtlc) [Cuaternario, Pleistoceno Superior]

Gravas, arcillas (800 m)

Formación Caja = Formación Guayabo + Formación León (Tc) [Mioceno Medio a Pleistoceno]

Arcillolitas, limolitas rojizas, areniscas arcillosas rojizas, conglomerados (1,600 a 2,500 m). Arcillas.

Formación Diablo = Formación Carbonera (Td) [Mioceno Inferior-Medio]

arcillolitas cuarzosas, arcillolitas grises, limolitas (1,190 m).

Formación San Fernando = Formación Carbonera (Tsf) [Oligoceno-Mioceno]

Arcillolitas, areniscas, lentes de carbón (1,010 m)

Formación Areniscas del Limbo = Formación Mirador (TI) [Oligoceno]

Conglomerados, arcillolitas, areniscas (100 m)

Formación Arcillas del Limbo = Formación Cuervos / Barco (TI) [Paleoceno]

Arcillolitas, areniscas, carbón (250 m). Arcillas.

Formación Guadalupe (TKp) [Coniaciano – Paleoceno Inferior]

Areniscas, limolitas silíceas (540 m)

Formación Chipaque (Ksc) [Cenomaniano – Coniaciano]

Lutitas negras, calizas, areniscas (500 m)

Formación Une (Kiu) [Albiano – Cenomaniano]

Areniscas, conglomerados, lutitas (360 m). Arena.

Formación Fómegue (Kif) [Barremiano – Aptiano]

Lutitas, margas, limolitas, calizas (500 – 800 m)

Formación Areniscas de Las Juntas (Kiaj) [Hauteriviano] Areniscas, lutitas (900 m)

Formación Lutitas de Macanal (Kilm) [Titoniano – Valanginiano]

Lutitas, calizas, areniscas, yeso (2,935 m)

Formación Calizas del Guavio (Kicg) [Titoniano – Berriasiano Superior]

Conglomerados, lutitas, limolitas, areniscas, calizas (1,400 m)

Formación Batá (Jb) [Jurásico Inferior]

Conglomerados, limolitas, arcillolitas, areniscas (1,160 m)

Grupo Farallones (Cdf) [Devónico Medio a Carboniano]

Areniscas, limolitas, arcillolitas, conglomerados, calizas (2,480 m)

Formación Negritos [Ordovícico]

Lodolitas micáceas, calizas, areniscas calcáreas, lodolitas (472 m).

2.7.3 Estructuras

La Cuenca de Los Llanos Orientales es un bloque hundido entre la Cordillera Oriental y el Escudo de Guayana, con un prisma sedimentario de 13 km de espesor, con rocas marinas y continentales del Cuaternario, Terciario, Cretáceo y Paleozoico, que se adelgaza hacia el oriente hasta desaparecer sobre el Escudo. Tiene pliegues y fallas de cabalgamiento en el piedemonte, y fallas normales hacia el oriente (Fig. 25).

2.8. CUENCA DEL PUTUMAYO

Morfología y Minerales

La Cuenca del Putumayo tiene una forma triangular equilátera de 300 km de altura y 300 km de base, con suaves colinas y extensas planicies entre 600 m y 100 m de elevación, entre el Macizo de Garzón – Cordillera Central y la Serranía de La Macarena - Saliente del Vaupés. Tiene campos petroleros (Fig. 8).

2.8.2 Litoestratigrafía

Cuaternario Aluvial [Holoceno]

Formación Caimán [Pleistoceno] Aluviones (200 m)

Formación Ospino [Mioceno]

Areniscas, arcillolitas y arcillolitas abigarradas (200 a 600 m)

Formación Orito-Belén [Oligoceno Superior]

Arcillolitas, areniscas, yeso, laminaciones carbonosas (1,400 m)

Formación Orteguaza (Oligoceno Inferior) Arcillolitas, limolitas, areniscas (200 m)

Formación Pepino [Eoceno] Conglomerados, areniscas, arcillolitas (1,300 m)

Formación Rumiyo [Paleoceno] Arcillolitas, areniscas (1,500 m)

Formación Villeta [Albiano – Santoniano] Lutita, caliza, arenisca (1,000 m)

Formación Caballos [Albiano] Arenisca conglomerática, arcillolita (130 m)

Formación Motema [Jurásico] Lutitas, arcillolitas

Basamento Cristalino Precámbrico Granitos, granodioritas, sienitas

2.8.3 Estructuras

La Cuenca del Putumayo tiene un prisma sedimentario marino y continental con un espesor de 3,800 m que se acuña hacia el oriente. Hay plegamientos y fallas inversas en la parte occidental.

2.9. CUENCA DEL AMAZONAS

2.9.1 Morfología

La Cuenca del Amazonas tiene una extensa planicie entre 300 m y 50 m de elevación cruzada por enormes ríos, con suaves colinas bajas y algunas serranías elongadas cerca de la frontera brasilera.

Litoestratigrafía

Cuaternario Aluvial

Terciario Amazónico (Te y Tc) [Paleoceno a Plioceno]

Lodolitas, areniscas, arcillolitas, mantos de carbón (1,500 a 3,000 m)

Formación Araracuara (Pzc) [Ordovícico]

Conglomerados, areniscas, arcillolitas, limolitas (>330 m)

Formación Piraparaná (pE) [Precámbrico, Proterozoico, 1,300 ma]

Lavas riódacíticas y riódacitas, piroclastos, aglomerados, diques y silos de doleritas, gabros, areniscas arcólicas, itabiritas (80 m)

Formación La Pedrera (pE) [Precámbrico, Proterozoico, 1,300 ma]

Cuarcitas micáceas, ortocuarcitas, metaconglomerados, esquistos cuarzosos (120m)

Basamento Cristalino Precámbrico

Estructuras

En el sector del Río Apaporis hay un bloque NW-SW hundido, la Fosa del Apaporis, con un relleno de 2.5 km de sedimentos sobre el basamento, y en el borde del Escudo de Guayana, la Fosa de La Trampa, con rumbo NNE-SSW. Estas fosas están relacionadas con la gran Fosa del Amazonas, de rumbo E-W, que separa el Escudo de Guayana, al norte, del Escudo de Brasil, al sur (Figs. 6 y 20).

3. YACIMIENTOS MINERALES

En los escudos precámbricos de todo el mundo hay importantes yacimientos minerales y Colombia cuenta con la parte oriental del Escudo de Guayana. Países vecinos como Venezuela y Brasil han localizado y desarrollado dentro de este escudo numerosos depósitos de importancia económica como los de aluminio, hierro, manganeso, estaño, oro, diamantes, elementos de tierras raras, plomo, zinc, molibdeno, fosfatos y muchos otros, por lo que es de suponer que en la región de nuestra orinoquia y nuestra amazonia también se encuentren. En efecto, ya se han localizado yacimientos de oro y hierro, y prospectos de aluminio, uranio, diamantes y tierras raras.

3.1. ORO DE NAQUÉN, CARANACOA Y TARAIRA

Sobre la penillanura de la divisoria de aguas en el Orinoco y el Amazonas, en la región donde Colombia limita con Brasil y Venezuela, se eleva la Serranía de Naquén, continuación septentrional de la Serra Caparro brasilera; con su largo de 90 km, su ancho máximo de 15 km y su elevación hasta 990 m, constituye el rasgo geomórfico más sobresaliente de la región (Figs. 27 y 28) (Renzoni, 1989).

En la Serranía de Naquén (Guainía) el INGEOMINAS llevó a cabo una exploración geológica para oro entre 1987 y 1990, con la colaboración económica de ECOPETROL y la de ECOMINAS en el aspecto minero (Fig.26). Se invirtieron siete millones de dólares en el Proyecto Minero del Guainía. Comprendió restitución aerofotogramétrica a escala 1:10,000, amojonamiento de la frontera binacional, cartografía geológica semi-detallada, prospección geoquímica, análisis de laboratorio, columnas litológicas, trincheras, perforaciones y numerosos informes geológicos y mineros (INGEOMINAS –ECOPETROL, 1989). Paralelamente la Universidad de Los Andes elaboró para el gobierno nacional un estudio socio-económico y de impacto ambiental para la región.

Se definió que la Formación Maimachi, del Grupo Tunuí, se formó en un ambiente deltáico donde alternaban sedimentos depositados en llanuras mareales con sedimentos dejados por ríos meandriiformes. En este ambiente se introducían ríos entrelazados discurrentes en abanicos aluviales que arrastraban una carga rudítica dentro de la cual ya se ha encontrado oro detrítico. Ocurren de 6 a 7 niveles rudíticos (conglomerados) auríferos y 4 niveles de areniscas auríferas (Figs. 29, 30, 31 y 32) (Renzoni, 1989).

La secuencia metasedimentaria de la Formación Maimachi es de bajo grado y está afectada por pliegues holomórficos. Está representada por una sucesión de meta-conglomerados, meta-areniscas cuarcíticas y meta-lodolitas. La mineralización está representada por vetas, estovercas y granos diseminados en las rocas metasedimentarias precámbricas y eventualmente en las rocas del Complejo de Mitú que lo subyace (MINERALCO, 2002).

Actualmente hay extracción en minas rudimentarias de placeres auríferos (barequeo y minidragas), y laboreo de coluviones por mineros colombianos. Al sur de la frontera, en Brasil, se lleva a cabo extracción de oro en gran escala por una compañía minera brasilera y barequeo por garimpeiros.

En la Serranía de Caranacoa, situada 80 km al occidente de Naquén, la sucesión geológica es semejante a la ya descrita, y se han encontrado prospectos de oro (Fig.15).

Por otra parte, en el Departamento del Amazonas en la frontera con Brasil, se encuentra la Serranía de Taraira. Comprende varias serranías de baja altura que sobresalen de las penillanuras de la cuenca amazónica. Allí se presentan rocas cristalinas del Escudo de Guayana suprayacidas por una secuencia metasedimentaria precámbrica cortada por diques básicos y discordantemente por depósitos clásticos de edad Terciaria y Cuaternaria que cubren el área, con excepción de las serranías (Fig.17). En la de Taraira se conocen ricas mineralizaciones de oro que corresponden a depósitos detríticos coluviales y aluviales, depósitos vetiformes estratocontrolados y depósitos supergénicos originados en soluciones ferruginosas. La geología de Taraira es semejante a la de Naquén. Desde 1982 hay explotaciones adelantadas en forma artesanal por un reducido grupo de mineros (MINERALCO, 2002).

3.2. HIERRO DE MITÚ Y PIRAPARANÁ

Durante la exploración geológica llevada a cabo por INGEOMINAS en el Proyecto Proradam del Amazonas (1974-1979) se detectaron manifestaciones de mineral de hierro en las vecindades de Mitú y la región del río Piraparaná (Vaupés y Amazonas) (Fig. 20) (Galvis, Huguet y Ruge, 1979).

Agua arriba del aeropuerto de Mitú a lo largo de 10 km por el Río Vaupés hay un yacimiento de hierro oolítico de 3 a 4 m de espesor (Terciario Superior). Tiene un contenido entre 27.38% y 54.97% de Fe, 39.43% a 78.59% de Fe_2O_3 y 0.72% a 1.98% de P. El hierro oolítico tiene un cambio de facies a siderita ($FeCO_3$).

Entre Yaca Yaca (Río Vaupés) y Solarte (Río Caquetá), a lo largo de 230 km se extiende en el rumbo la Formación Piraparaná (pEvi) [Precámbrico, Proterozoico, 1,200 ma]. Contiene itabiritas: rocas bandeadas, con capas alternas de hematita (Fe_2O_3) y cuarzo, con un contenido de mineral de hierro variable entre 35% y 60%. El potencial es grande.

3.3. ALUMINIO DEL ORINOCO

Venezuela extrae aluminio de grandes depósitos de bauxita al oriente del Río Orinoco en la mina de Pijguao y los refina en el mismo sitio. Las arcillas proceden de la meteorización de la monzonita del Batolito de Parguaza (pEpa) [Precámbrico, Proterozoico, 1,545 ma]. Tiene otros yacimientos y prospectos de bauxita al oriente del Río Orinoco. En Colombia el Batolito de Parguaza aflora en la parte oriental del Departamento de Vichada a todo lo largo del Río Orinoco, y en el Departamento de Guainía, en los Ríos Guainía y Negro (Figs. 15 y 22). Las arcillas desarrolladas sobre esta formación tienen excelentes posibilidades de contener yacimientos similares a los venezolanos en las vecindades de la frontera.

3.4 OTROS MINERALES

Entre 1962 y 1984 se llevaron a cabo investigaciones geológicas para encontrar uranio en Colombia. Como es bien conocido en el mundo, importantes mineralizaciones de uranio ocurren preferentemente en el Precámbrico, en forma de inconformidades o en conglomerados con oro y uranio, y en rocas ígneas como granitos, sienitas y carbonatitas (Lozano, 1987). En efecto, en el Escudo de Guayana, en Vichada, Guainía y Vaupés, hay varios prospectos y manifestaciones de uranio y otros minerales radioactivos (Mejía, Pulido y Angarita, 1986).

El estudio de un depósito de diamantes localizado en un abanico aluvial de la Quebrada Alba Rosa, afluente del caño Guayapito, Departamento de Guainía, confirma la existencia de diamantes en territorio colombiano. Tales mineralizaciones fueron encontradas en conglomerados, junto con guijarros, cuarzo, biotita, olivino, rutilo, circón y granate. La presencia de forsterita como inclusión cristalina en los diamantes, junto con la existencia de ilmenita y piropo como minerales accesorios, sugieren un origen ultramáfico de tipo kimberlítico. Los minerales pesados encontrados en los aluviones, las inclusiones cristalinas en los diamantes y la composición química de los minerales accesorios analizados, permiten sugerir que las mineralizaciones diamantíferas de la Quebrada Alba Rosa, tuvieron condiciones de formación similares a las de otras localidades diamantíferas del mundo (Romero, Schultz-Güttler y Chavez-Gil, 1996).

Los minerales de las tierras raras o lantánidos, se dividen en tres clases de acuerdo con sus asociaciones: minerales que contienen $_{58}Ce$ *Cerio* o elementos con número atómico $_{57}La$ *Lantano* hasta $_{70}Yb$ *Itrio* de la Tabla Periódica; minerales que contienen $_{39}Y$ *Itrio*; o minerales complejos en los cuales están representados los dos subgrupos anteriores. La bastnaesita (fluorcarbonato de elementos del subgrupo del *Cerio*) y la monacita (Ce, La, Nd) PO_4 , son los principales minerales de mena del subgrupo del *Cerio*. El xenotimo rico en *Itrio* es un buen ejemplo del mineral selector del subgrupo del *Itrio*, y la gadolinita, de los dos subgrupos (Cepeda, 1987). Se ha encontrado monacita en el bajo Río Guainía, entre los caseríos de Danaco y Santa Helena, en una cuarcita, interpretada como un paleoplacer (Galvis, Huguet y Ruge, 1979).

4. FUTURA MINERÍA EN EL ORIENTE

En todos los cratones del mundo se ha desarrollado la minería como una de las actividades económicas básicas de los países. Lo mismo debe ocurrir en Colombia. Es cuestión de tiempo, de exploración geológica, de necesidad del desarrollo de las regiones, de decisión política,... de oportunidad económica. En la actualidad, creo que se están dando la mayoría de estos factores. Colombia tiene que desarrollar todo el oriente. Como hemos visto, hay potencial minero. Por las guerras de los últimos tiempos, por el desarrollo acelerado de la China, por el crecimiento de la población, por el agotamiento de minas en muchas partes del mundo, se están abriendo los mercados a nuevas fuentes minerales. El país necesita nuevas fuentes de mineral de hierro de óptima calidad. No producimos aluminio, ni uranio, ni diamantes, ni tierras raras. Tenemos mucho oro en la zona andina, pero en el Escudo también hay grandes yacimientos de oro y una bajísima producción actual. Si hubiera voluntad política y deseo real de crear nuevas oportunidades de trabajo y empleo en los nuevos departamentos, la minería sería una buena apuesta. Obviamente habría que mejorar la infraestructura de transporte y crear nueva infraestructura. Soñemos con un nuevo país donde se dé todo esto.

Para terminar, recordemos el viaje de un soñador, uno de los primeros geólogos, al Nuevo Reino de Granada y la Capitanía de Caracas,...hace ya 205 años. Alejandro de Humboldt recorrió el Río Orinoco en la actual Colombia desde Puerto Carreño hasta San Felipe, más el brazo Casiquiare, que le tocó en suerte a Venezuela (Fig.33). Había venido a América en parte para constatar que era cierto que se podía navegar entre el Orinoco y el Amazonas. (Pérez Arbeláez, 1959). En su conferencia sobre las "Cataratas del Orinoco" presentada ante la Academia de Berlín en 1806 describe bellamente los raudales entre la desembocadura del Río Meta y el Río Vichada, particularmente los de Aturés y Maypurés (Figs. 34 y 35). De ésta transcribo lo siguiente: "*Enseñaronnos los indios algunos surcos de carruajes, hablan con admiración de los animales de cuernos, que uncidos a carretas, por aquel tiempo en que los jesuitas seguían su obra de conversión, arrastraban las canoas por la orilla izquierda del Orinoco, desde la embocadura del Camejé hasta la de Tuparro. Dejábanse entonces los bagajes en las embarcaciones y no corrían, como hoy, el riesgo de inutilizarse, rozando o chocando incesantemente contra las asperezas de las rocas. El plano que levanté de estos alrededores, prueba que podría abrirse un canal desde el Camejé a Tuparro. El valle en que estos ríos corren, presenta una superficie plana. El canal cuya ejecución propuse al gobernador general de Venezuela, vendría a ser un brazo lateral del Orinoco y remediaría grandes peligros, haciendo inútil la navegación por el antiguo lecho del río.*" (Pérez Arbeláez, 1959).

Aún persiste el problema de los raudales para la navegación en este tramo del Río Orinoco (Figs. 36 y 37) (IGAC, 1977). Algún día habrá que establecer la navegación fluvial permanente con grandes barcos sobre el Río Orinoco, un vigoroso río, el tercero más caudaloso del mundo, y tendremos que hacer el canal que propuso Humboldt. Ojala que ese día lo hagamos con esclusas y que le incorporemos hidroeléctricas, para tener electricidad barata en esa esquina de nuestra nación. No es conveniente que los departamentos del oriente de Colombia dependan únicamente de la interconexión eléctrica con los países vecinos. Teniendo electricidad sobre el Orinoco podremos refinar la bauxita del Batolito de Parguaza y quizás también propulsar los nuevos trenes eléctricos de la Orinoquia.

5. REFERENCIAS

Cepeda, H. (1987): "*Tierras Raras*", en Recursos Minerales de Colombia, Segunda Edición, Tomo II, p.1010-1019; INGEOMINAS, Bogotá, D.E.

Galvis, J., Huguett, A., y Ruge, P. (1979): "*Geología de la Amazonia Colombiana*"; Boletín Geológico, Vol. 22, Nº 3, p. 3-86, INGEOMINAS, Bogotá, D.E.

IGAC (1977): "*Atlas de Colombia*", Bogotá, D.E.

INGEOMINAS (1988): "*Mapa Geológico de Colombia*"; 1: 1,500,000; Bogotá, D.E.

INGEOMINAS – ECOPETROL (1989): "*Exploración Geológica Preliminar de la Serranía de Naquén*"; Bogotá, D.E.

**2º SEMINARIO DE INGENIERIA DE LA ORINOQUIA
Y EL PIEDEMONTES LLANERO
Villavicencio, 7-8 y 9 de Abril de 2005**

11

Lobo-Guerrero, A. (1994): *“La Infraestructura de Colombia”*; Memorias V Congreso Colombiano de Geotecnia, Vol.2; Sociedad Colombiana de Geotecnia, Medellín.

Lobo-Guerrero, A. (2000): *“Geología del Túnel de Buenavista (Meta)”*. Informe inédito para los Ingenieros Germán Jaramillo Olano y Javier Restrepo Toro.

Lobo-Guerrero, A. (2002): *“Microzonificación Sísmica del Campus de la Pontificia Universidad Javeriana - Sede Bogotá”*. Informe inédito para el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana.

Lozano, H. (1987): *“Uranio”*, en Recursos Minerales de Colombia, Segunda Edición, Tomo II, p.1096 – 1113; INGEOMINAS, Bogotá, D.E.

Mejía, L.J., Pulido, O., y Angarita, L. (1986): *“Mapa de Ocurrencias Minerales de Colombia”*, Ed. Preliminar, 1: 1,000,000; INGEOMINAS, Bogotá, D.E.

MINERALCO (2002): *“Proyecto Oro Naquén (Guainía)”*; Bogotá, D.C.

Morán Arce, L. (1977): *“Enciclopedia de Colombia”*; Vol. III, p. 218; Ed. Nueva Granada.

Pérez Arbeláez, E. (1959): *“Alejandro de Humboldt en Colombia”*, ECOPETROL, Bogotá, D.E.

Renzoni, G. (1989): *“La Secuencia Aurífera de la Serranía de Naquén”*; Boletín Geológico, Vol 30, Nº 2, p. 43-103; INGEOMINAS, Bogotá, D.E.

Rivera, J.E. (1924): *“La Vorágine”*; Librería Monterrey, Villavicencio.

Romero, F.H., Schultz-Güttler, R.A. y Chávez-Gil, T. (1996): *“Ocurrencias diamantíferas de la Quebrada Alba Rosa, Caño Guapayito, Guainía, Colombia”*; Geología Colombiana, Nº 20, p.113 – 122; Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá, D.C.