
EL AMBIENTE TECTÓNICO DE FORMACIÓN DEL DEPÓSITO DE SULFURÓ MASIVO DE LIMA II Y DE LAS MINERALIZACIONES ASOCIADAS, BAILADORES, EDO. MÉRIDA, CORDILLERA DE MÉRIDA, VENEZUELA

Ramón S. Sifontes G. (1)

(1) Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Los Chaguaramos, Caracas, 1010A, Apartado de Correos 3895.
Email: rsifonte@gea.ciens.ucv.ve

Resumen

El depósito de sulfuro masivo volcánico De Lima II de la asociación Cu-Zn-Pb-Ag, de Bailadores, estado Mérida, se generó, al parecer, en un ambiente de límites destructivo de placas, quizás en una zona detrás de un arco de islas, en donde probablemente hubo desarrollo de fallas normales que dieron acceso a surgencias hidrotermales, durante la etapa tardía en la evolución de dicho arco. Esto daría origen a cuencas de carácter reductor en donde se preservarían los sulfuros. De Lima II está emplazado en una secuencia de rocas volcánico-félsicas y sedimentario-pelíticas carbonáceo-piríticas.

La generación de magma en la zona de subducción pudo derivar del manto encima de la zona de Benioff y de la litósfera oceánica descendente. De aquí surgirían los metales que serían concentrados y transportados por el magma y por los fluidos acuosos con cloruro y otros ligandos, derivados durante la deshidratación de la litósfera oceánica descendente.

Después de la formación de De Lima II y de las mineralizaciones asociadas, hubo, al parecer, fracturamiento extensional que generó permeabilidad cortical, y permitió el emplazamiento de los sills y de las masas lenticulares concordantes de rocas máficas (páramos La Negra, El Batallón y en otros sitios) en la región de Bailadores Guaraque. Esto debió ocurrir antes del metamorfismo regional y la deformación, ya que los mismos están metamorfizados y deformados al igual que los sulfuros. Posteriormente (Paleozoico Tardío) tuvo lugar la intrusión granítica de Las Tapias, que causó metasomatismo tanto en sus zonas adyacentes como en los sulfuros de De Lima II. Estos eventos han afectado los sulfuros causando deformación y alteración de sus características originales, obliterando muchas de ellas.

Palabras Clave: sulfuro masivo, Kuroko, ambiente tectónico, Andes, Bailadores

Abstract

The volcanogenic Cu-Zn-Pb-Ag massive sulfide deposit of De Lima II, Bailadores, Mérida state, has been apparently formed in an environment of plate destruction, perhaps behind an island arc. Normal faults probably allowed the passage of hydrothermal solutions in the latter part of the development of such arc. This setting created basins with a reducing environment where sulfides were preserved. The De Lima II deposit is found in a sequence of felsic volcanics and a sequence of pelitic carbonaceous pyritic sedimentary rocks.

Magma could have originated in a subduction zone within the mantle above the Benioff zone and the descending oceanic lithosphere. Metals could have been concentrated and transported by magma and hydrothermal solutions with chloride and other ligands, derived from the descending oceanic lithosphere.

The formation of the De Lima II deposit and the associated mineralization was followed by extensional fracturing that generated permeability within the crust and allowed the intrusion of sills and concordant bodies of mafic rocks(mountains of La Negra, El Batallón, and others) around the areas of Bailadores and Guaraque. This magmatic event took place before the regional metamorphism and deformation because these intrusions, as well as the massive sulfides, have undergone metamorphism and deformation. The granite was intruded in a latter event (Late Paleozoic). This granite caused metasomatism to the country rocks and to the massive sulfides of De Lima II. These events had their effects on the sulfides of the deposit, altering their original characteristics and erasing many of them.

Keys words: massive sulfide, Kuroko, tectonic environment, Andes, Bailadores.

Introducción

El depósito de sulfuro masivo volcánogeno De Lima II, de la asociación Cu-Zn-Pb-Ag, está localizado a unos 10 kms al suroeste de la población de Bailadores, distrito Rivas Dávila, estado Mérida, (figura 1).

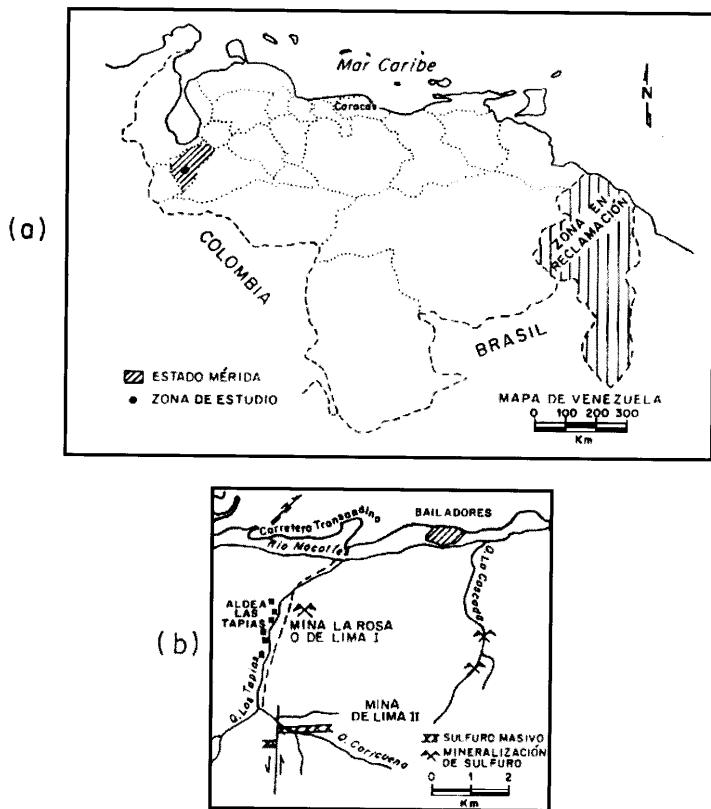


Figura 1. Localización de la zona de estudio: (a) en Venezuela y en el estado Mérida; (b) en la aldea Las Tapias.

De Lima II es el único depósito de sulfuro masivo de valor comercial existente en el país. Cuenta con una reserva de alrededor de tres (3) millones de toneladas métricas de mena de alto tenor (Cu: 1,6%; Zn: 24,1%; Pb: 8%; y Ag: 3oz./TM); en sus cercanías afloran otras mineralizaciones menores de la misma asociación (Sifontes, 1984; 1985; 1989; 1992; 1995).

Sifontes (1992) indica que el depósito De Lima II está emplazado concordantemente en una secuencia de rocas de origen volcánico y de origen sedimentario de edad paleozoica (probablemente Paleozoico Temprano-Medio).

Después de su formación, el depósito sufrió dos eventos tectonotermiales, el primero posiblemente durante el Paleozoico Temprano-Medio, correspondiente al metamorfismo regional de grado bajo que afectó la región, acompañado de intensa deformación lo que produjo en la mena, recristalización, foliación, bandeadimiento, etc., y el desarrollo de la denominada estructura "durchbewegung", término introducido por Vokes (1969) para indicar inclusiones rocosas en la mena. Posteriormente, al parecer durante el Paleozoico Tardío, hubo un evento de metasomatismo, probablemente relacionado con la intrusión granítica de Las Tapias. Dicho metasomatismo originó una amplia gama de minerales metasomáticos, que incluye: clorita rica en hierro, moscovita, biotita rica en hierro, en grandes pofidoblastos orientados al azar; granate, el cual aparece hasta dentro de la propia mena en escasos cristales aislados; espinela de cinc (gahnita), vesubianita, margarita, y otros.

Con el presente trabajo se pretende contribuir al esclarecimiento del ambiente tectónico de formación del depósito De Lima II, así como también su relación con otras mineralizaciones existentes en el área. Por otra parte, se intenta determinar si dicho depósito constituye un evento particular de mineralización en una área restringida del cinturón de los Andes de Mérida o es parte de un cinturón mineralizado de mayor extensión, desmembrado y desplazado tectónicamente, y la posibilidad de localizar otros depósitos similares de valor comercial, en los Andes venezolanos.

Marco Geológico

El depósito de sulfuro masivo De Lima II, está emplazado en una secuencia de rocas meta-sedimentario-volcánicas, integrada principalmente por rocas de origen sedimentario del tipo pelítico o semipelítico y rocas de origen volcánico del tipo félscico (ver mapa geológico, figura 2).

Las primeras incluyen pizarras y filitas negras cuarzo-serícítico-grafíticas (carbonáceas), filitas cuarzo-serícítico-cloríticas y de algunos esquistos cuarcíticos; localmente, en o cerca de los contactos con la intrusión granítica de Las Tapias, hay desarrollo de esquisto cuarzo-micáceo-granatífero (Sifontes, 1992, 1995).

Las rocas de origen volcánico son principalmente meta-riolitas y meta-riodacitas, dominando las primeras, las cuales en algunos sectores, como en la zona mineralizada De Lima II y en la quebrada La Cascada, conforman gruesas secciones de hasta varios centenares de metros de espesor. En De Lima II, particularmente, son en su mayor parte, del tipo piroclástico (Carlson, 1974; 1977; Escarrachi, 1980; Sifontes, 1992).

La edad de estas rocas aún no ha sido bien establecida, probablemente correspondan al Paleozoico Temprano-Medio, de acuerdo con algunas determinaciones radiométricas (Burkley, 1976; y Teggin et al., 1985).

En la región de Bailadores-Guaraque, especialmente al sur de la zona de fallas de Bococó, aflora una secuencia de rocas meta-sedimentario-volcánicas integrada dominantemente por pizarras y filitas negras cuarzo-sericítico-cloríticas con material grafitoso (3 a 6%) que le imparte la coloración oscura y rocas meta-volcánicas silíceas (principalmente meta-riolitas, meta-riodacitas y meta-dacitas). Aparecen además, cuarcitas meta-areniscas y otras rocas en menor cuantía. Estas rocas metasedimentario-volcánicas han sido cartografiadas como pertenecientes a la Formación Mucuchachí del Paleozoico Tardío (Carbonífero), sin embargo, dataciones radiométricas U-Pb en un dique dacítico intrusivo en la secuencia, arroja una edad de 425 ± 30 Ma (Burkley, 1976). Así mismo, dataciones radiométricas por el método Rb-Sr, en gneises graníticos localizados al norte de la zona de fallas de Boconó, (originalmente granitos intrusivos sintectónico en la misma secuencia, durante la orogenia del Paleozoico Temprano), registran edades del orden de los 450 Ma (Teggin et al., 1985). Esto parece indicar que la unidad cartografiada como Mucuchachí, no corresponde a esta formación; quizás sea una unidad litológicamente similar, al menos en gran parte, tal como la denominada Facies o Formación Tostós o Formación Tostosa, ubicada en el Paleozoico Temprano de acuerdo con Canelón (1976) y Canelón y García (1977).

La secuencia meta-sedimentario-volcánica ha sido intrusionada por rocas máficas, casi siempre del tipo diabásico en la forma de sills o de masas lenticulares concordantes, de espesores variables (1 a 6 m, los sills; 6 a 50 m, las masas lenticulares) que han sufrido

metamorfismo regional de grado bajo; también se han localizado algunos diques de lamprófido los cuales no muestran evidencias de metamorfismo regional. (Sifontes, 1992).

En el depósito De Lima II (galerías Monsilvenia y Caricuena) se observa diques delgados, de 20 a 30 cm de espesor, de roca de composición andesítica, afanítica, con ligero metamorfismo, que cortan la foliación regional con ángulo alto. Los diques subvolcánicos félidos son frecuentes (meta-dacita, principalmente), y los gneises graníticos (derivados de granitos intrusivos sintectónicos en la secuencia meta-sedimentario-volcánica, durante la orogenia del Paleozoico Temprano – Medio) constituyen alrededor del 15% del área de afloramiento en la zona estudiada (Sifontes, 1992). Las intrusiones graníticas no orogénicas también están presentes en el área, tal es el caso del granito Las Tapias, un granito tipo "A" (anorogénico), cuya edad Rb-Sr es de $315, 6 \pm 20,6$ Ma (Teggin et al., 1985); es decir, Paleozoico Tardío y el cual no muestra evidencias de metamorfismo regional (Sifontes, en prensa).

Depósito de Sulfuro Masivo Volcanogénico De Lima II

El depósito de sulfuro masivo volcanogénico De Lima II, de la asociación Cu-Zn-Pb-Ag, es un depósito tabular de unos 1200 m de largo, hasta donde ha sido definida su continuidad, en una dirección N40-55E, con un buzamiento que oscila entre 50 y 85 grados al sur y un espesor promedio de alrededor de los 4 m, con una extensión en sentido del buzamiento, de cerca de los 150 m, lenticularizándose a profundidad. La mineralización aflora en el sector suroeste por unos 400 m, en donde además, hay información obtenida mediante perforaciones exploratorias, y de aquí hacia el noreste la continuidad ha sido determinada a través de sondeos (figura 3). En algunos de estos taladros (como por ejemplo los taladros T3, T4, T5 y T7 realizados por el entonces Ministerio de Minas e Hidrocarburos, hoy Ministerio de Energía y Minas) se localizaron varios horizontes de sulfuro masivo en número de dos o tres y excepcionalmente más, por lo general más delgados que el horizonte principal (Sifontes, 1992).

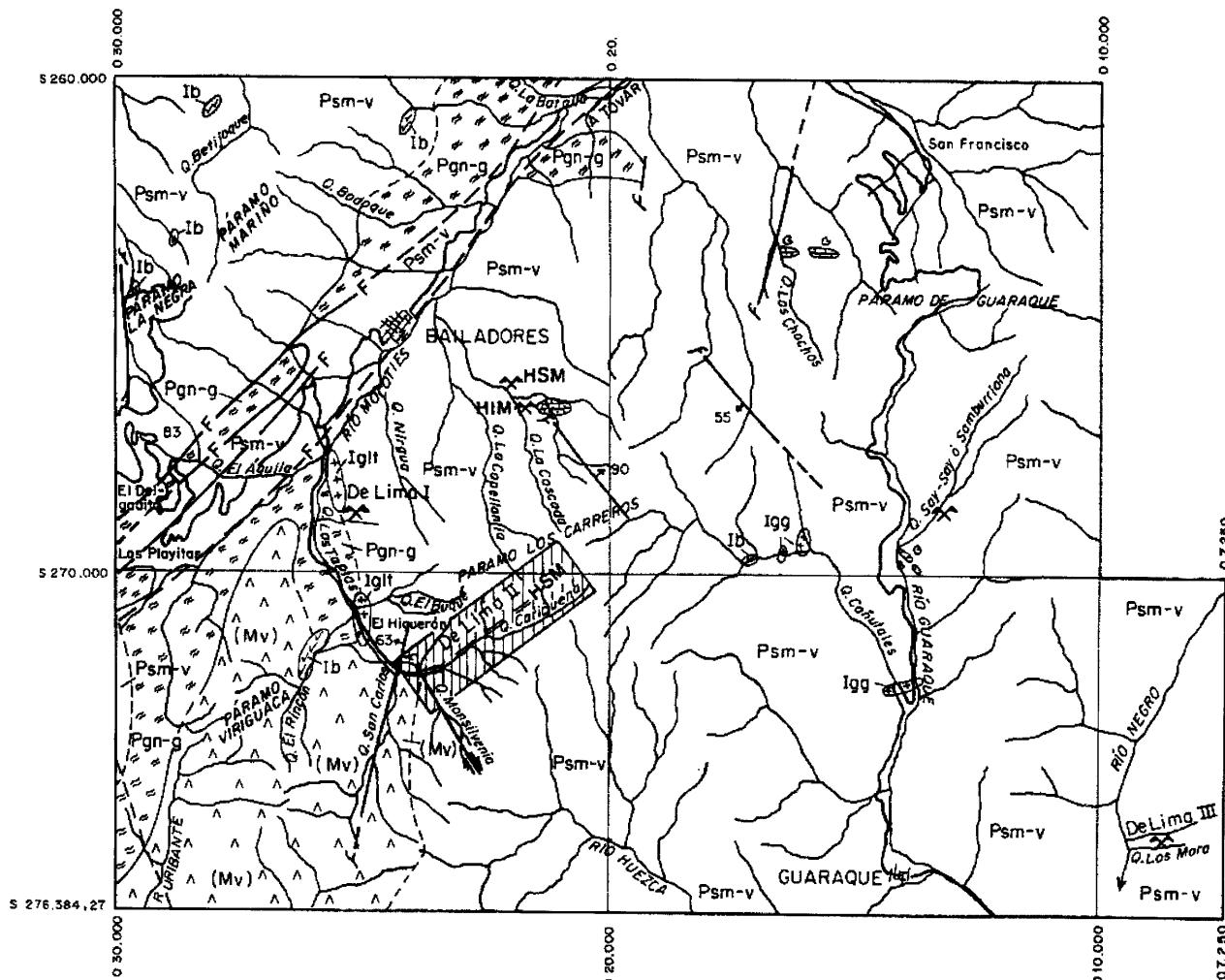


Figura 2. Mapa geológico de la región de Bailadores-Guaraque. Distrito Rivas Dávila-Estado Mérida.

MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE BAILADORES-GUARAQUE DISTRITO RIVAS DÁVILA-ESTADO MÉRIDA

ESCALA GRÁFICA
1 0 1 2 3 4
KILÓMETROS

Geología : Ramón S. Sifontes G.

LEYENDA

ESTRATIGRAFÍA

PALEOZOICO

Gneises graníticos (originalmente granitos intrusivos sintectónicos en la secuencia meto-sedimentario-volcánica)

Secuencio meto-sedimentario-volcánico: pizarras y filitas cuarzo-sericitico-clorítico-grafíticas (principalmente) y esquistos, meta-limolitas, meta-areniscas, etc., y rocas meto-volcánicas silíceas (mv)

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Iglt : granito de Las Tapas
Igg : granito gráfico metamorfizado

Ib : roca máfica metamorfizada

Tendencia Estructural Regional ; Noreste

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS

- F** — Falla regional bien definida indicando el buzamiento, con trazos donde es inferido
- f** — Falla menor indicando el buzamiento, con trazos donde es inferido
- f** → Falla menor tipo transcurrente indicando el movimiento relativo
- Contacto geológico **—** Bien definido
- - - Aproximado
- Lente de caliza marmórea
- G** Localidad fosilífera
- Lente de caliza marmórea cuarzosa, en parte cuarcito calcáreo
- ×** Mineralización de sulfuro
- Zona mineralizada De Lima II
- ×××** Población importante
- Ríos y quebradas
- Carreteras asfaltadas

2001

Las características dimensionales de De Lima II parecen indicar un depósito más cercano al tipo distal que proximal, con cantidades desiguales de rocas metavolcánicas y rocas meta-sedimentarias, dominando las primeras, las cuales comprenden la mayor parte de las rocas del muro, pero hay variaciones laterales,

especialmente hacia el sector noreste. Hay que tener en cuenta también, los efectos del metamorfismo regional y la deformación. La descripción en detalle de este depósito puede verse en los trabajos de Carlson, (1974, 1977); Escarrachi, (1980); y Sifontes, (1984, 1985, 1992).

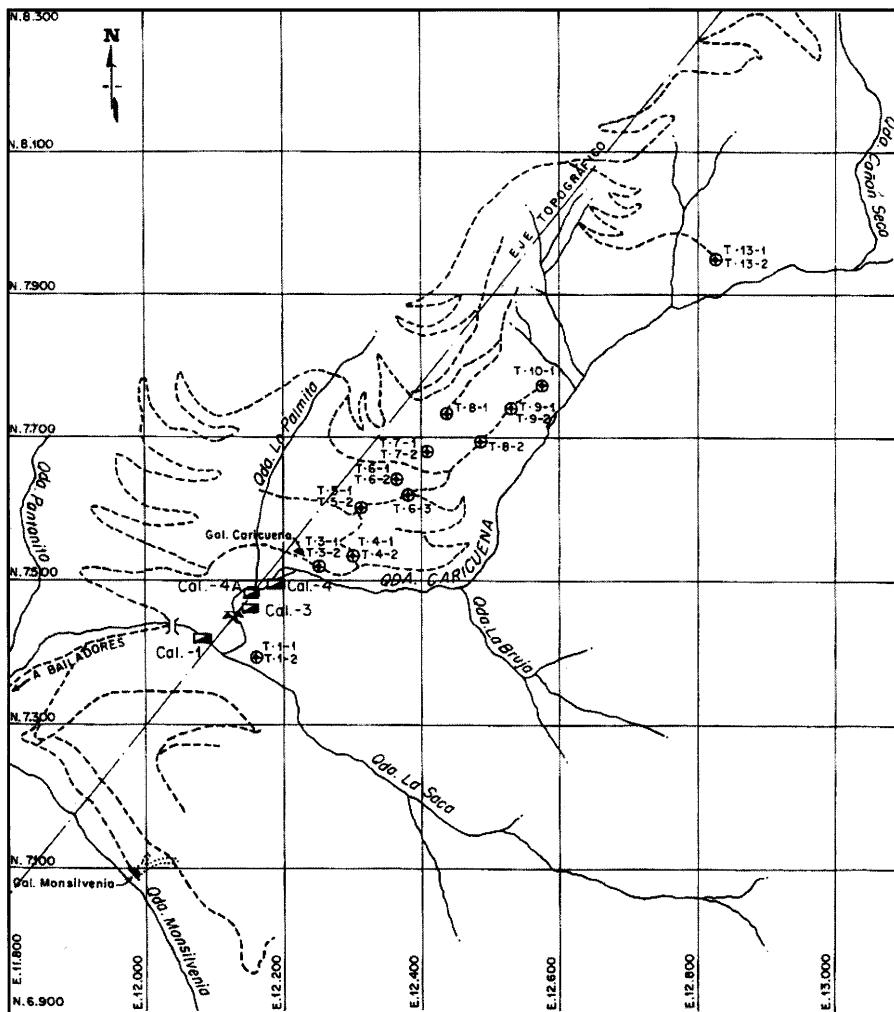


Figura 3. Mapa de localización de muestras de las mineralizaciones de sulfuros y de los taladros, T3, T4, T5 y T7 en el depósito De Lima II. Bailadores-Distrito Rivas Dávila, estado Mérida.

REPUBLICA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

FIGURA 3.- MAPA DE LOCALIZACIÓN
DE MUESTRAS DE LAS
MINERALIZACIONES DE
SULFUROS Y DE LOS
TALADROS, T₃, T₄, T₅ Y T₇
EN EL DEPÓSITO DE LIMA II
BAILADORES - DISTRITO RIVAS DÁVILA
ESTADO MÉRIDA

ESCALA GRÁFICA
0 40 120 200
METROS

LEYENDA

- ↗ AFLORAMIENTO DEL HORIZONTE SUPERIOR DE MINERALIZACIÓN
- █ CALICATA O SOCAVÓN
- ▲ ENTRADA DE GALERIA
- ◎ SITIO DE TALADRO
- VÍA DE ACCESO A SITIOS DE TALADRO
- RÍOS Y QUEBRADAS
- EJE TOPOGRÁFICO SEGÚN LA PROYECCIÓN DEL HORIZONTE SUPERIOR DE MINERALIZACIÓN EN SUPERFICIE

MAPA BASE : MAPA TOPOGRÁFICO DE LOCALIZACIÓN
DE TALADROS. MMH-1 1970

2001

Las mineralizaciones de sulfuros de Bailadores han sufrido el episodio de metamorfismo regional de grado bajo y deformación que afectó a este sector de los Andes Meridionales venezolanos. Particularmente en la zona mineralizada principal (De Lima II) se puede observar el efecto del metamorfismo regional en la mena, así como la intensa deformación que tuvo lugar en la misma; se detectaron dos períodos de plegamiento bien marcado, uno isoclinal (F1) y otro abierto (F2) (Sifontes, 1982, 1989). La zona de fallas de Boconó, la cual pasa a unos 6 km al norte de la zona mineralizada De Lima II, ha generado fallas transversales secundarias que han afectado la mineralización con algunos desplazamientos locales, pero en términos generales, dicho efecto no fue muy acentuado, por lo que la mineralización tiene buena continuidad lateral.

Relación Genética entre El Depósito De Lima II y las Mineralizaciones que Afloran en la Región de Bailadores-Guaraque

De acuerdo con los estudios realizados por Sifontes (1992); Sifontes y Crespo (1996); y Fernández (1997), el depósito de sulfuro masivo De Lima II, parece haber sido formado durante un episodio de mineralización que incluyó además, las mineralizaciones localizadas en la quebrada La Cascada, inmediatamente al sureste de Bailadores. Éstas consisten en dos horizontes: (a) uno inferior, compuesto esencialmente por pirrotita y calcopirita (70% del sulfuro metálico) y en menor proporción pирита, esfalerita y galena; y (b) otro superior, separado del primero por unos 350 m de rocas filíticas (Sifontes, 1992); aquí el sulfuro metálico es principalmente galena (aproximadamente 70%), la cual aparece en pequeñas segregaciones orientadas según la foliación de la roca caja, luego le siguen esfalerita (alrededor del 25%) y en cantidades minoritarias, pirrotita y calcopirita. La relación sulfuro/roca en estos horizontes es de 20:80, por lo que no corresponde a un sulfuro masivo. La misma relación genética puede postularse para la pequeña mineralización que aflora en la quebrada Say-Say, al norte de la población de Guaraque, de la asociación Zn-Pb-Cu-Ag, cuyo espesor es menor de 40 cm.

Entre todas estas mineralizaciones hay bastante

similitud en cuanto a relaciones de campo, litología, así como en composición mineralógica y en composición química (en relación a esta última, los elementos mayoritarios y trazas son los mismos, y muestran tendencias similares).

Una excepción a estas correlaciones genéticas la constituye el pequeño depósito de galena argentífera De Lima I ó Mina La Rosa, un depósito epigenético hidrotermal, constituido casi monominerálicamente por galena argentífera, con altas concentraciones de Ag y Bi (en el orden de los 2000 y 5000 ppm respectivamente) y sólo trazas de otros sulfuros (pirita, calcopirita, esfalerita), siendo el mineral de ganga cuarzo lechososo. Probablemente su formación se debió a un proceso de removilización de mineralizaciones volcanogénicas preexistentes, quizás por acción metasomática, a causa de la intrusión granítica de Las Tapias, y luego redepositación en zonas de fracturas o cizallamiento (Sifontes y Crespo, 1996).

Existen muchas mineralizaciones pequeñas, de unos pocos centímetros de espesor, en lugares alejados (en un radio de alrededor de 10 km a partir de De Lima II) que no muestran tendencias tan claras, pero que posiblemente correspondan al mismo episodio de formación de los sulfuros.

En resumen, todas las mineralizaciones de sulfuros metálicos observadas en la región de Bailadores-Guaraque, a excepción del pequeño depósito de galena argentífera De Lima I ó Mina La Rosa, parecen ser cogenéticas.

Consideraciones Acerca del Ambiente Tectónico de Formación del Depósito De Lima II y de las Mineralizaciones Asociadas

El ambiente tectónico de formación del depósito de sulfuro masivo De Lima II y de las otras mineralizaciones asociadas, es difícil de establecer debido a los procesos tectónicos que tuvieron lugar después de su formación. Estos procesos, los cuales incluyen transporte de extensos segmentos corticales, al parecer por grandes distancias, posiblemente estén relacionados con los episodios orogenéticos del Paleozoico Temprano, Paleozoico Tardío y Mesozoico.

Como resultado de estos movimientos tectónicos y de los grandes desplazamientos que ellos produjeron, hubo “amalgamación” de los cinturones de montañas que hoy constituyen los cinturones andinos, al cratón de Guayana en estas diferentes épocas, tal como lo han postulado varios autores (Restrepo y Tussaint, 1988; Case et al., 1990; Pimentel et al., 1992; Tussaint y Restrepo, 1995; Bellizzia y Pimentel, 1995; e Informe Schlumberger, 1997).

El depósito De Lima II, emplazado en una secuencia de rocas de origen volcánico-sedimentario de edad paleozóica (probablemente Paleozoico Temprano-Medio) al parecer fue generado en un ambiente de límites destructivos de placas, correspondiente a un arco de islas. Las rocas graníticas presentes en el área, las cuales fueron estudiadas por Lira (1987) y Pérez (1996), son del tipo calcoalcalino, lo que le da soporte a esta hipótesis.

El carácter acídico de las rocas de origen volcánico sugiere una época tardía en la evolución de dicho arco (etapa calcoalcalina menguante), donde el volcanismo se hace más félscico. En este período son frecuentes las surgencias hidrotermales en el piso oceánico, en lapsos de quietud entre erupciones volcánicas, para dar origen a los depósito de sulfuro masivo tipo Kuroko (Horikoshi, 1969, en Sato, 1974; Tatsumi y Watanabe, 1971).

Esas surgencias se originan en subcuencas alargadas y restringidas, limitadas por fallas normales, tal como lo indicado por Nelson (1997) de fuerte carácter reductor, que además de preservar la materia orgánica presente, preserva los sulfuros acumulados en ellas.

El depósito De Lima II y las otras mineralizaciones asociadas, probablemente tuvieron su origen de una manera similar al modelo antes esbozado, pero ahora metamorfizados y deformados por efecto de los eventos de metamorfismo regional y deformación intensa, durante la orogenia caledoniana, lo cual obliteró muchas de sus características originales. La materia orgánica preservada estaría representada por las pizarras y filitas pizarrosas carbonáceas y piritosas que se encuentran interestratificadas en muchos casos, con rocas de origen volcánico del tipo piroclástico. Éstas posiblemente fueron depositadas en momentos en que se sucedía la sedimentación de las primeras.

El magma que se origina en la zona de subducción

puede provenir de dos fuentes: de la corteza oceánica subductada y de la cuña de manto encima de la zona de Benioff. En esta última, el magmatismo es generado debido a que el agua expelida por la deshidratación de la corteza oceánica a cierta profundidad, asciende y actúa sobre el material del manto favoreciendo la fusión parcial y la formación de magma (Tatsumi et al., 1990, en Huyeda, 1991; Hedenquist y Lowenstern, 1994).

El proceso de generación de magma a partir de la zona superior de la litósfera descendente y de la cuña de manto, es capaz de suministrar abundantes metales los cuales serían concentrados y transportados por el magma y por los fluidos acuosos con abundante cloruro, provenientes de los sedimentos oceánicos y del basalto. Tales fluidos son el resultado de la deshidratación que experimenta la parte superior de la litosfera descendente durante la subducción (Hedenquist y Lowenstern, 1994). Esos metales, parte de los cuales pueden ser derivados de depósitos subductados, contribuirán posteriormente a la formación de depósitos minerales típicos de arco de islas o de límite de placas convergentes tipo Andes (depósitos de cobre porfídicos, depósitos de sulfuro tipo Besshi, depósitos tipo Kuroko, y otros).

De Lima II y las otras mineralizaciones asociadas están localizada en un área de alrededor de 300 km², correspondiente a un segmento de la parte meridional de la cordillera de Mérida. En dicho sector se registró una actividad ígnea extrusiva e intrusiva bastante profusa y arealmente restringida, atípica en la cordillera de Mérida. Esto hace pensar que dicha zona probablemente representa sólo parte de un cinturón más extenso, quizás desmembrado por las fuerzas tectónicas que lo afectaron y luego lo llevaron hasta su posición actual.

En la cordillera de Mérida hay varias evidencias de transporte tectónico importante. Por ejemplo, se puede citar el caso de las unidades sedimentarias fosilíferas como las formaciones Caparo y El Horno del Paleozoico Temprano-Medio, en yuxtaposición con unidades metamórficas del Neo-Proterozoico (Formación Bella Vista) y Paleozoico Tardío(?) (Formación Mucuchachí) en contacto de falla (González de Juana et al., 1980), así como con fajas de rocas graníticas pre-paleozoicas (Formación Sierra Nevada).

TABLA 1

**RESULTADOS ANALÍTICOS PARA COMPONENTES MAYORITARIOS (EN PORCENTAJE), DE ROCAS META-BASITAS, TRES DEL DIQUE DE LA QUEBRADA EL RINCÓN (SUROESTE DE BAILADORES) Y UNA DE UN DIQUE DEL PÁRAMO LA NEGRA.
REGIÓN PÁRAMO LA NEGRA BAILADORES-GUARAJUE, ESTADO MÉRIDA.**

Oxido Muestra \	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	PR	Total
MBG-46	49,83	2,85	13,47	15,48	0,40	4,87	7,32	4,22	0,64	0,35	0,90	100,32
MBG-48A	55,36	2,22	13,70	11,64	0,15	2,91	6,21	5,89	0,59	0,51	0,72	99,89
MBG-49	50,20	3,32	14,21	14,93	0,19	4,32	4,38	5,43	1,65	0,27	0,83	99,73
CFP-48	47,56	1,07	15,26	10,14	0,21	8,68	10,11	2,59	0,94	0,09	3,56	100,19

TABLA 2

RESULTADOS ANALÍTICOS PARA ELEMENTOS TRAZAS (EN PPM) DE ROCAS META-BASITAS, TRES DEL DIQUE DE LA QUEBRADA EL RINCÓN (SUROESTE DE BAILADORES), Y UNA DE UN DIQUE DEL PÁRAMO LA NEGRA. REGIÓN PÁRAMO LA NEGRA BAILADORES GUARAJUE, ESTADO MÉRIDA.

Elemento Muestra \	Ba	Sr	Y	Sc	Zr	Be	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Nb	Hf	Th	U
MBG-46	113	109	69	38	206	4	465	14	38	22	10	157	23	18	22	5,5	6,71	1,27
MBG-48A	79,5	173	88,5	33	329,5	4	152,5	-10	45	20	10	95	24	16	34	8,2	5,87	1,87
MBG-49	231,5	107	72	39	247	5	341	-10	63	15	-10	77	22	92	21	6,4	5,09	1,35
CFP-48	269,0	266,5	17	53	63	1	244,5	369	59	96	82	79	15	37	4,4	1,9	1,62	0,19

TABLA 3

RESULTADOS ANALÍTICOS PARA ELEMENTOS DE LAS TIERRAS RARAS (EN PPM) DE ROCAS META-BASITAS, TRES DEL DIQUE DE LA QUEBRADA EL RINCÓN (SUROESTE DE BAILADORES), Y UNA DE UN DIQUE DEL PÁRAMO LA NEGRA. REGIÓN PÁRAMO LA NEGRA - BAILADORES -GUARAJUE, ESTADO MÉRIDA.

Elemento Muestra \	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
MBG-46	24,6	55,4	7,229	34,6	9,77	2,830	9,74	2,00	12,4	2,44	6,95	1,051	6,77	1,001
MBG48A	18,0	46,2	7,013	37,8	12,4	2,583	12,3	2,54	15,8	3,21	9,22	1,427	9,06	1,416
MBG-49	40,6	91,9	11,51	53,5	13,9	2,920	12,6	2,34	14,3	2,86	8,16	1,236	7,69	1,077
CFP-48	4,73	11,7	1,578	8,34	2,38	0,938	2,49	0,50	3,12	0,63	1,76	0,257	1,66	0,242

Esto parece dar soporte a la hipótesis de que hubo movimientos tectónicos a gran escala como fuera postulado por los autores antes citados.

Hay que hacer destacar también, la gran cantidad de sills y de algunas masas lenticulares de rocas máficas casi siempre de composición diabásica localizados en los páramos La Negra y El Batallón, pero también presentes en la zona mineralizada De Lima II y sus alrededores. Estos sills, los cuales se describirán más adelante, fueron emplazados, al parecer, poco después del evento de mineralización de sulfuros y antes del episodio de metamorfismo regional, ya que los mismos están metamorfizados y aparecen en la secuencia meta-volcánico-sedimentaria donde están emplazados los sulfuros, concordantemente con la foliación regional.

El origen de estos cuerpos máficos, los cuales también son atípicos en los Andes de Mérida, al menos en abundancia relativa, no ha sido bien establecido. Es posible que ellos indiquen un aumento de permeabilidad cortical que permitió el ascenso de magma desde la zona de Benioff, quizás debido a un incipiente desarrollo de “rifting” tal como ha sido esquematizado por Karig (1971, en Condie 1989; figura 4), y por Ohmoto (1985), pero que fuera abortado rápidamente truncando su desarrollo. Algunos de los diques muestran un perfil de Tierras Raras cercanamente a MORB.

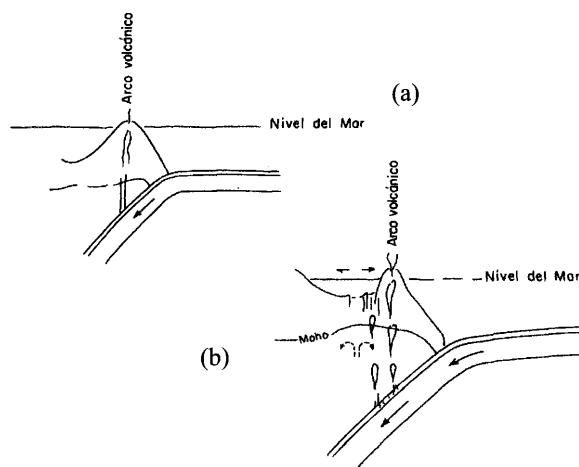


Figura 4. Representación esquemática de un arco de islas con desarrollo de una incipiente zona de “rifting”. (a) Comenzando con un arco volcánico. (b) Esfuerzos extensionales dan surgimiento a fallas normales (inicio de una zona de “rifting” detrás del arco volcánico), lo cual genera gran permeabilidad cortical que favorece al ascenso del magma desde la cuña de manto encima de la zona de Benioff, y desde la corteza interior. Modificado de Karig (1971, en Condie, 1989).

El curso de la evolución geológica en la región de Bailadores-Guaraque parece indicar que después del episodio de magmatismo máfico, tuvo lugar el magmatismo granítico, al mismo tiempo que se desarrollaba el proceso de metamorfismo regional y deformación. Esto trajo como resultado la formación de los gneises graníticos y de los granitos foliados que hoy se conocen, los cuales aparecen en un amplio intervalo de tiempo, predominantemente entre 450 y 380 Ma, Burkley (1976); Kovach et al. (1977) en González de Juana et al. (1980); González de Juana et al. (1980). Más tarde, tendría lugar el emplazamiento de algunos pequeños diques de composición intermedia y felsica, algunos con ligero metamorfismo, y más tardíamente aún, aparecen escasos diques lamprofídicos, y la intrusión granítica de Las Tapias, los cuales no muestran evidencias de metamorfismo regional.

El episodio de metamorfismo regional y deformación afectó las mineralizaciones de sulfuros metálicos, en especial al depósito De Lima II, produciendo recristalización, desarrollo de foliación y bandeamiento, movilización de ciertas fases a pequeña escala, como calcopirita, debido a su comportamiento dúctil, y cambios compositionales, como por ejemplo, la introducción de hierro en la esfalerita y otros. La intensa deformación por su parte, produjo plegamiento en los sulfuros, incluyendo un primer período de plegamiento isoclinal, y luego un segundo período de plegamiento abierto, y el desarrollo de la denominada estructura “durchbewegung”, de acuerdo a la terminología acuñada por Vokes (1969; Sifontes, 1984, 1985, 1992, 1995).

El metamorfismo regional y la deformación intensa modificaron muchas de las características originales de los sulfuros, oscureciendo gran parte de los rasgos típicos.

En cuanto a la posibilidad de localizar otros depósitos de sulfuro masivo similares a De Lima II, en el cinturón de los Andes venezolanos, pareciera que la misma está restringida al sector donde afloran las rocas meta-volcánicas felsicas, incluyendo el área al suroeste de la zona de estudio (valle de Río Negro), descrita por Harder (1977); y de aquí hacia el noreste, a través de la región de Bailadores-Guaraque, hasta las cercanías de la ciudad de Tovar, extremo noreste.

TABLA 4

RESULTADOS ANALÍTICOS PARA COMPONENTES MAYORITARIOS (EN PORCENTAJE) Y ALGUNAS TRAZAS (PPM) DE VARIAS ROCAS MÁFICAS DE LA REGIÓN DEL PÁRAMO LA NEGRA BAILADORES-GUARAJUE, ESTADO MÉRIDA.

Óxido Elemento Muestra (localidad)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	PR	total	Rb	Sr	Zr	Y	Ba	Ref.
MBG-48 D (Qda. El Rincón)	58,86	2,08	17,92	5,86 ^(T)	---	0,13	1,56	2,80	6,19	0,18	0,42	1,05	99,63	98	225	549	60	---	(2)
MBG-44 (Qda. El Rincón)	45,92	1,48	16,32	3,18	7,92	0,20	8,76	9,57	1,70	0,65	0,43	3,80	99,93	23	277	256	80	---	(2)
MBT-136 A (Qda La Cascada)	49,76	3,04	15,38	2,04	8,02	0,18	5,98	8,40	1,20	1,90	0,97	2,35	99,92	62	230	460	105	180	(2)
MBG- 273 B (Páram La Negra)	45,80	2,08	16,78	4,68	3,72	0,18	4,80	9,20	4,02	4,51	1,00	2,58	99,35	---	258	114	34	---	(2)
MBG- 109 (Páram La Negra)	42,10	2,85	16,90	6,42	7,85	0,19	7,25	9,75	2,20	0,45	0,43	2,90	99,29	25	30	228	51	---	(2)
MBG-69 (Qda. El Rincón)	54,25	2,10	19,40	2,48	4,90	0,07	3,20	6,30	6,30	0,78	0,17	1,12	101,15	27	254	327	81	---	(2)
MBT-500 (Qda. Cañutales)	48,10	3,40	16,88	3,30	9,42	0,18	6,94	5,60	2,02	3,67	0,85	2,02	102,38	56	241	504	85	---	(2)
MBG-41 (Qda. El Rincón)	44,00	3,30	19,05	5,00	11,00	0,18	4,30	9,44	1,30	0,99	0,26	0,26	99,23	64	211	158	42	---	(1)

Fuente analítica: (1) Villaparedes, 1985

(2) Colmenares, 1987

Ref: referencia

-: Valor con concentración por debajo del límite de detección

(T): Fe₂O₃ como hierro total

Sin embargo, existen otros lugares en la cordillera de Mérida, donde se ha observado rocas meta-volcánicas silíceas de composición riolítica, como las que aparecen al sureste de la ciudad de Mérida, en la vía Las González-Acequias. Estas rocas constituyen afloramientos grandes, lo que permite suponer que puede haber otras áreas en los Andes venezolanos con situaciones geológicas similares a la de Bailadores.

Las Rocas Máficas de los Páramos La Negra y el Batallón, y de la Quebrada El Rincón en Relación con el Ambiente Tectónico

Dentro de los cuerpos maficos señalados en la zona de estudio, sólo unos pocos han sido analizados en sus componentes mayoritarios, minoritarios y trazas, y sólo a dos se le ha hecho además, el estudio de Tierras Raras. Las muestras MBG-46, MBG-48A y MBG-49 permitieron realizar este tipo de análisis al sill de composición diabásica de la quebrada El Rincón; de igual manera, a un sill del Páramo La Negra (vía El Delgadito-San Simón) por intermedio de la muestra CFP-48 (figura 2). En la tabla 1 se dan los resultados para componentes mayoritarios de las cuatro muestras antes mencionadas, y en la tabla 2 se indican, de igual manera, los valores de concentración para varios elementos trazas, mientras que en la tabla 3 se muestran las concentraciones de los elementos de las Tierra Raras.

Otras muestras también fueron analizadas químicamente pero sólo para los componentes mayoritarios y algunos trazas, sin incluir las Tierras Raras, (tabla 4).

Entre el sill de la quebrada El Rincón (al suroeste de Bailadores) y el sill muestreado en el páramo La Negra, (al noroeste de la misma población), existen diferencias en la composición química bastante contrastantes, sugiriendo un camino evolutivo marcadamente distinto.

Sill de la Quebrada El Rincón

El sill de la quebrada El Rincón aflora en el sector del curso medio de la misma, a lo largo del cauce; es un cuerpo de más de 1 km de longitud, con un espesor variable que en algunos sitios llega a ser del orden de los 50 m. En el extremo noreste aparece como una roca verde oscura a negruzca, densa y de aspecto masivo. Exhibe una

granulometría de tamaño medio (1 a 2 mm de diámetro) y una textura típicamente ofítica (ó sub-ofítica). Esta roca presenta cambios composicionales a lo largo de la misma, y hacia el extremo suroeste exhibe localmente, una coloración blanquecina, debido a una mayor proporción de plagioclasa que de minerales ferromagnesianos (Sifontes, 1984, 1985, 1992).

De acuerdo con Sifontes (1992) la meta-diabasa de la quebrada El Rincón mineralógicamente tiene proporciones similares de plagioclasa cárlica y hornablenda actinolítica, los cuales suman cerca del 90% (MBG-49). Además, muestra algo de biotita, proporciones relativamente altas de titanita y magnetita; epidoto en plagioclasa; y como accesorios aparecen clorita, apatito y circón.

La mineralogía hacia el extremo suroeste (MBG-48A y MBG-48B) incluye plagioclasa (60 a 70%), hornablenda actinolítica (20 a 30%), y minerales opacos (3 a 5%). La plagioclasa por lo general se presenta fresca, pero a veces está alterada a sericitita o cárclita. La textura es claramente subofítica.

Los otros sills que afloran en los alrededores de De Lima II, quebrada La Cascada y Guaraque tienen bastante parecido tanto en composición mineralógica como texturalmente al de la quebrada El Rincón. De igual manera, los sills y masas lenticulares de meta-basitas localizados en los páramos La Negra y El Batallón, son de contenido mineralógico identico, e inclusive, los porcentajes de los minerales son similares y muestran la misma textura ofítica o subofítica.

Sill del Páramo La Negra

En las áreas que conforman los páramos La Negra y El Batallón, afloran, en cortes de carreteras (vía El Delgadito-San Simón y El Delgadito-Pregonero) y en varias de las quebradas que drenan hacia San Simón (quebradas Betijoque y Nanja) principalmente, numerosos sills de composición diabásica (meta-diabasa) que intrusiónan la secuencia de rocas meta-sedimentarias en esta zona, integrada por pizarras y filitas cuarzo-clorítico-sericítico-grafíticas, algunos esquistos cuarzo-clorítico-sericíticos, cuarcitas y metaareniscas. Estos sills tienen espesores variables, desde pocos metros hasta unas decenas de metros y a veces constituyen masas lenticulares de hasta más de 30 m de espesor.

Petrograficamente son bastante similares entre sí. A uno de ellos, localizado a poco más de 1 km, en la vía El Delgadito-San Simón, se le hizo análisis químico para los componentes mayoritarios, minoritarios y trazas, incluyendo las Tierra Raras, a través de la muestra CFP-48, cuyo resultado pueden verse en las tablas 1, 2 y 3.

Las rocas meta-sedimentarias intrusionadas por estos sills consisten de pizarra y filitas de color gris negrusco, a causa de la presencia de material grafitoso, pero también aparecen dentro de éstas, interestratificaciones de pizarra de color morado lila, a veces con tonalidades verdosas, o de pizarras verdes, con espesores variables, de 6 a 30 m. Estas rocas han sido atribuida por algunos autores (Canelón y García, 1977), a la Formación Sabaneta del Permo-Carbonífero, sin embargo, la continuidad con las pizarras y las filitas gris negruzca, así como su composición mineralógica similar, parece indicar que corresponde a la misma unidad que incluye las pizarra y filitas gris negruzcas, Formación Mucuchachí (?) ó Formación Tostó (?).

Es interesante hacer notar, que en la región de Bailadores-Guaraque no se ha encontrado evidencia de dos períodos de metamorfismo superimpuestos; las rocas que afloran en esta zona tienen el mismo grano estructural y el mismo grado metamórfico (Sifontes y Talukdar, 1980), y al parecer, sólo fueron afectadas por el episodio orogenético del Paleozoico Temprano, correspondiente a la orogenia caledodiana (Sifontes, 1989, 1992; Sifontes y Talukdar, 1980).

Desde el punto de vista de la composición química, los sills y masas lenticulares, en general, tienen una composición parecida, al menos con respecto a los componentes mayoritarios y algunas trazas, excepto la muestra CFP-48 proveniente de un sill del páramo La Negra, el cual presenta diferencias importantes en algunos componentes mayoritarios y minoritarios, y en especial en los elementos de las Tierras Raras, con el sill de la quebrada El Rincón, como se verá a continuación.

En la tabla 1 se puede ver la composición química (componentes mayoritarios) para el sill de la quebrada El Rincón y para el sill del páramo La Negra. Aquí se aprecia claramente diferencias significativas en cuanto a la concentración de Ti, hierro total, Mg, Ca, y Na, fundamentalmente. Así mismo, en la tabla 2 se observa

que hay diferencias notables en cuanto a los siguientes elementos trazas: Ba, Sr, Y, Be, V, Cr, Ni, Cu, Nb, Hf, Th y U; y en la tabla 3 donde se dan las concentraciones de los elementos de las Tierras Raras, estas diferencias son mucho más acentuadas y significativas, especialmente en lo relativo al Eu como se verá más adelante con el perfil de Tierras Raras.

En la tabla 4 se presentan los resultados analíticos para componentes mayoritarios y algunas trazas, de varias rocas máficas de la región del Páramo La Negra-Bailadores-Guaraque, estado Mérida.

Diagramas de Variación

La información obtenida a través de diagramas de variación para basaltos, aplicados a las meta-basitas estudiadas, sill de la quebrada El Rincón y de un sill del páramo La Negra, no es suficiente para definir el ambiente tectónico de formación para estos cuerpos máficos. Esto se debe en primer lugar, a los escasos cuerpos máficos estudiados, y por otra parte, a que estas rocas, al parecer, del Paleozoico Temprano, han sufrido varios eventos tectonotermiales, que incluyen metamorfismo regional y deformación, intrusiones graníticas sintectónicas e intrusiones graníticas posttectónicas, levantamiento de la cordillera durante el Terciario y un acentuado proceso de meteorización.

Estos procesos, según se ha observado, han afectado significativamente las rocas, lo que se detecta en los estudios petrográficos, y han influido notablemente en la química de las mismas, produciendo muchas veces, cambios compositionales que se reflejan en los análisis, particularmente en los componentes mayoritarios y algunos trazas. No obstante, a través de los diagramas de variación de las figuras 5, 6, y 7, la roca máfica del sill del páramo La Negra muestra, a grosso modo, una tendencia de ambiente de márgen destructivo de placas (toleita de arco de islas), mientras que para el sill de la quebrada de Rincón, la tendencia es menos definida. En el diagrama triangular AFM, según Irvine y Baragar (1971; figura 8) se observa claramente que tanto las muestras del sill de la quebrada El Rincón como la del dique del páramo La Negra siguen una tendencia en límite toleítico-calcoalcalino, quizás con ligera preferencia toleítica como lo indica la muestra

MBG-46. La muestra del sill del páramo La Negra, CFP-48, corresponde al tipo de roca máfica menos evolucionada,

cercanamente a MORB, como se verá en el diagrama de Tierras Raras.

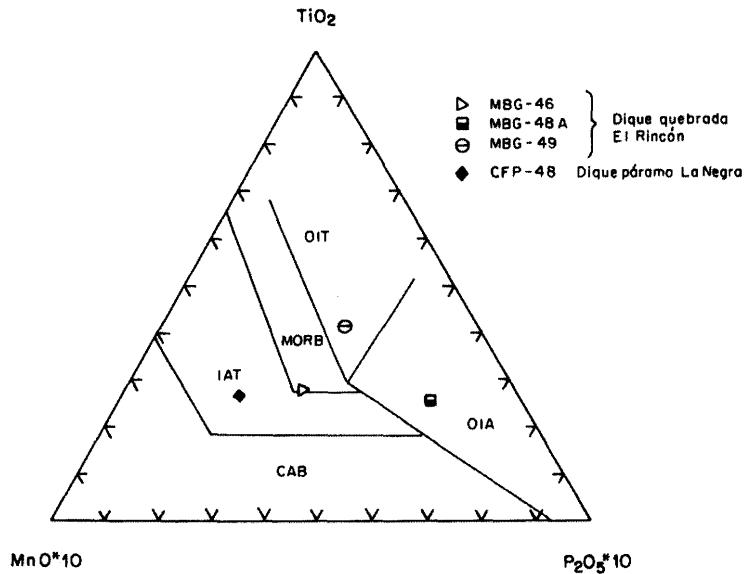


Figura 5. Diagrama $\text{MnO}^*10 - \text{P}_2\text{O}_5^*10 - \text{TiO}_2/10$ según Mullen (1983), donde la muestra CFP-48 del dique del páramo La Negra se sitúa entre las Toleitas del arco de islas, mientras que las del dique de la quebrada El Rincón quedan repartidas en MORB (MBG-46); Andesita de isla oceánica (MBG-48^a) y Toleita de isla oceánica (MBG-49).

Leyenda:
 CAB: Basaltos Calco-Alcalinos
 IAT: Toleitas de arco de islas
 MORB: Basaltos de "ridge" medio oceánico
 OIA: Andesitas de arco de islas
 OIT: Toleitas de isla oceánica

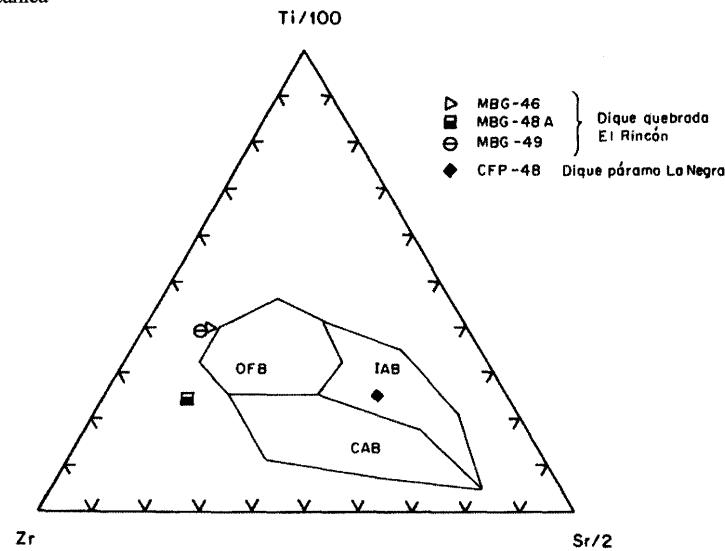
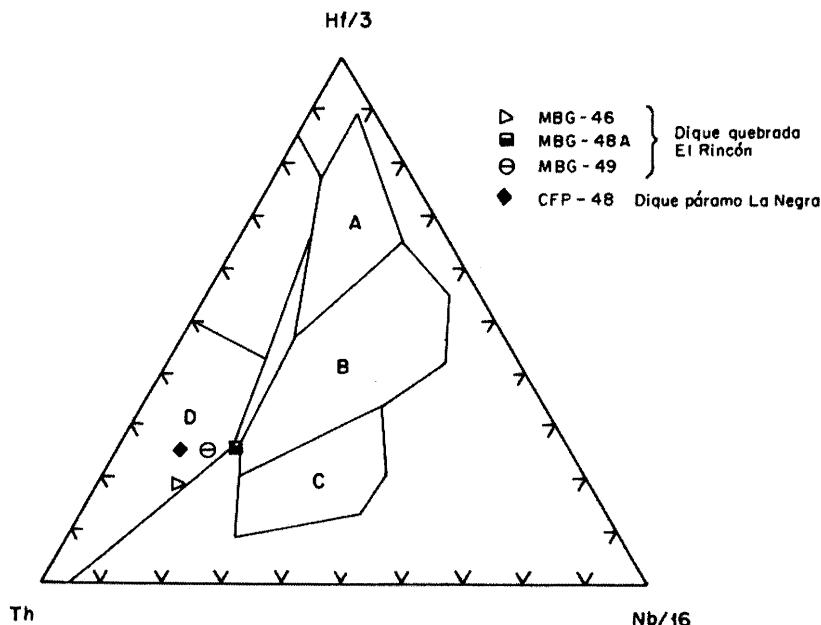


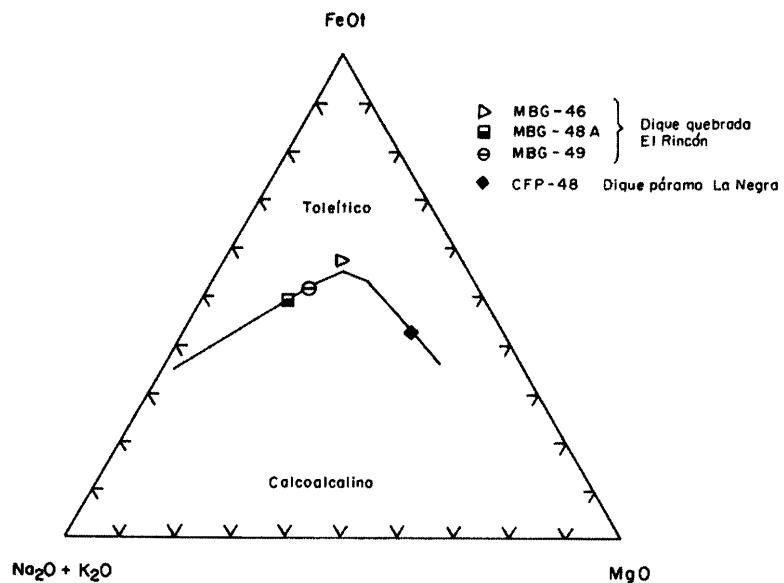
Figura 6. Diagrama $\text{Zr}-\text{Sr}/2 - \text{Ti}/100$ de Pearce y Cann (1973), donde la muestra del dique del páramo La Negra (CFP-48) cae dentro del campo de los Basaltos de arco de islas, mientras que las de la quebrada El Rincón se sitúan fuera de los campos, pero cercanamente al de los Basaltos del piso oceánico.

Leyenda:
 OFB: Basaltos del piso oceánico
 IAB: Basaltos de arco de isla
 CAB: Basaltos calco-alcalinos



Leyenda:

- A: N-Type MORB (Basalto normal de “ridge” medio oceánico)
- B: E-Type MORB y Tholeitic WPB y diferenciados
- C: Basalto alcalino dentro de placa y basalto dentro de placa y diferenciados
- D: Basaltos de margen destructivo de placas y diferenciados



Perfiles de Tierras Raras

En los perfiles de Tierras Raras representados en el diagrama de la figura 9, para el sill de la quebrada El Rincón y para el sill del páramo La Negra, se observa que el primero conforma, a través de las tres muestras (MBG-46, MBG-48 A y MBG-49), perfiles bastante parecidos con un enriquecimiento general en las Tierras Raras entre ~60 y ~120 para el La y entre 30 y 40 para el Lu, con anomalía negativa de Eu, sugiriendo fraccionamiento de plagioclasa. La pendiente es negativa desde el La hasta el Sm, luego viene la zona deprimida del Eu; y de éste al Lu, el comportamiento es horizontal, excepto para la muestra MBG-48A que tiene pendiente positiva desde el La hasta el Sm; de aquí hasta el Lu es igual a las otras dos muestras. La pendiente positiva La-Sm podría indicar una alta relación $\text{CO}_2/\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ durante el proceso de fraccionamiento (?).

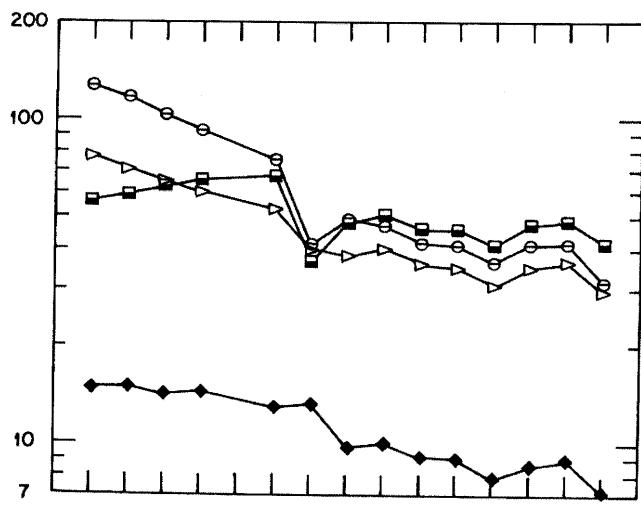


Figura 9. Perfiles de Tierras Raras para las muestras MBG-46; MBG-48A y MBG-49 del dique máfico de la quebrada EL Rincón y para la muestra CFP-48 de un dique máfico del páramo La Negra.

Leyenda:
 ▶ : MBG-46
 ■ : MBG-48A
 ○ : MBG-49
 ◆ : CFP-48 Páramo La Negra

El sill del páramo La Negra, representado sólo por la muestra CFP-48, presenta un perfil subhorizontal

cercanamente a MORB, partiendo de un valor de ~15 para el La hasta 7 para Lu y mostrando una anomalía de Eu ligeramente positiva. Esto parece indicar que la roca procede de un magma menos evolucionado, comparado con el que dió origen al sill de la quebrada El Rincón. Dada la cantidad de sills y masas lenticulares de rocas máficas que afloran en el páramo La Negra, habría que analizar un buen número de ellos, para tener una mejor definición del comportamiento en cuanto a la formación y evolución del (de los) magma (s) que originó (u originaron) estas rocas.

El sill de la quebrada El Rincón presenta variaciones en cuanto a su composición mineralógica, a través del estudio petrográfico en secciones finas, desde una roca compuesta mayormente por minerales ferromagnesianos en la parte noreste, con alto índice de color (I.C.), a una roca que presenta localmente color claro, blanquecino, hacia el sector suroeste, a causa de un incremento en la proporción de plagioclasa y a la vez disminución del componente ferromagnesiano, pero luego, más hacia el suroeste, la roca recobra su alto I.C. y el alto porcentaje de minerales ferromagnesianos.

En principio estos resultados parecieran indicar que hay sills en la región del páramo La Negra-Bailadores-Guaraque que provienen de distintas fuentes, o al menos con diferente trayectoria evolutiva, pero hace falta más estudio para llegar a conclusiones definitivas.

Rocas Ígneas Intrusivas Félsicas Asociadas Espacial y Temporalmente con las Rocas Volcánicas donde está Emplazado el Depósito de Sulfuro Masivo De Lima II.

El depósito De Lima II, como ya fuera mencionado al principio, es un depósito de forma lenticular-tabular, alargado según el rumbo de la mineralización, por más de 1 km, sugiriendo características de depósito distal. Sin embargo, hay que tener en cuenta los efectos del metamorfismo regional y la intensa deformación, los cuales parecen haber alterado sustancialmente su geometría original, y también han obliterado muchas de sus características genéticas. En este sentido, hacia el extremo suroeste, en la galería Monsilvenia, se observan dos horizontes de sulfuros separados por un intervalo esquistoso bastante clorítico y biotítico, de 20 m de espesor (Sifontes,

inferior de más de dos metros de espesor, en la entrada de dicha galería, sugiere una zona de mineralización “stringer” o “stockwork”, integrada básicamente por cuarzo, calcopirita y pirrotita, el cual parece ser de extensión lateral restringida. El horizonte superior en cambio, está constituido por el típico sulfuro masivo (mena negra o Kuroko) formado principalmente por esfalerita, galena y menor cantidad de calcopirita. Estos dos horizontes pudieran conformar la estructura de un depósito tipo Kuroko típico, ahora deformado y alterado por el metamorfismo regional y la deformación.

De acuerdo con lo antes expuesto, y siguiendo el esquema presentado por Sawkins (1990), en el diagrama triangular Cu-Zn-Pb (figura 10 A) donde se graficaron depósitos tipo Chipre, depósitos asociados a rocas verdes o depósitos formados detrás de arco, y depósitos tipo Kuroko, se incluyó además, el depósito de sulfuro masivo De Lima II, según datos de la tabla 6. Cada tipo de depósito

ocupa un área definida en el diagrama. De Lima II se ubicó en el área de los depósitos tipo Kuroko.

En la misma figura 10-A, parte B del triángulo CaO-Na₂O-K₂O, se graficaron las rocas intrusivas félasicas asociadas en el espacio y en el tiempo con los depósitos de sulfuro masivo emplazados en rocas volcánicas. Aquí también se graficaron las rocas intrusivas félasicas asociadas en el espacio y en el tiempo con el depósito De Lima II, emplazado en rocas meta-volcánico-sedimentarias. Para ello se utilizaron los datos de las tablas 5 y 6, donde se presentan los resultados analíticos de gneises graníticos (originalmente granitos intrusivos sintectónicos en la secuencia meta-sedimentario-volcánica, durante la orogenia del Paleozoico-Temprano-Medio) y al parecer, relacionados directamente con las rocas meta-volcánicas félasicas, donde esta emplazado De Lima II (figura 2). En el diagrama de la figura 10-B, De Lima II nuevamente se localizó en el área correspondiente a los depósitos tipo Kuroko.

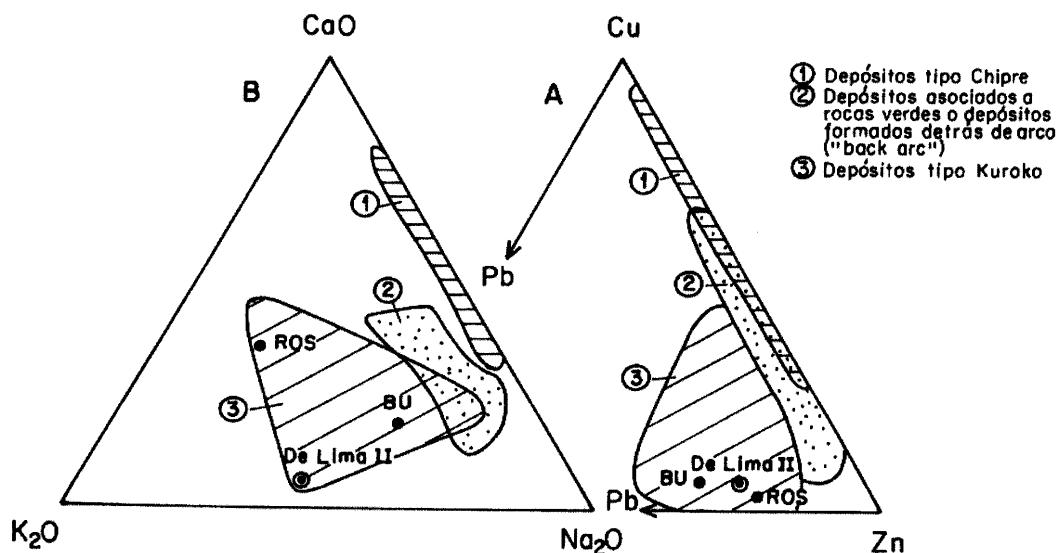


Figura 10. A: Diagrama Cu-Zn-Pb mostrando el espectro composicional de un número significativo de depósitos conformando los tres grupos principales tipo Chipre (rayado horizontal); tipo asociado a rocas verdes o depósitos detrás de arco (“back arc”), (área punteada); y tipo Kuroko (rayado diagonal), de acuerdo con Sawkins, 1990 (modificado).

B: Diagrama CaO-Na₂O-K₂O donde se grafican las rocas intrusivas félasicas que muestran una relación en el espacio y en el tiempo con los principales depósitos de sulfuro masivo emplazados en rocas volcánicas, según Sawkins (op. cit) (modificado). Las áreas delineadas están designadas igual que en A. En ambos diagramas se muestran depósitos de sulfuro masivo volcanogénico de Rosbery, Tasmania (ROS) y Buchans, Newfoundland (BU) presentados por Sawkins, antes mencionado, y se graficó además, el depósito de sulfuro masivo volcanogénico de Lima II de Bailadores, Venezuela.

TABLA 5

MUESTRAS DE AFLORAMIENTO DE GNEISES GRANÍTICOS RELACIONADOS EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO CON EL DE LIMA II (BAILADORES, VENEZUELA), EMPLAZADO EN ROCAS DE ORIGEN VOLCÁNICO-SEDIMENTARIO.

-RECÁLCULADO A 100 % -

MUESTRA	% CaO	% K ₂ O	% Na ₂ O	Σ CaO+K ₂ O+Na ₂ O	% CaO	% K ₂ O	% Na ₂ O
MBG40	0,26	4,43	4,38	9,07	2,86	48,84	48,29
MBG77	0,66	4,41	3,62	8,69	7,59	50,74	41,65
MBG111	0,84	4,20	3,29	8,33	10,08	50,42	39,49
MBG121 B	0,11	4,82	3,68	8,61	1,28	55,98	42,74
MBG123	0,10	3,00	4,29	7,39	1,35	40,59	58,05
MBG127	1,10	4,45	3,24	8,79	12,51	50,62	36,86
MBG128	0,33	5,03	2,72	8,08	4,08	62,25	33,66
MBG130	0,09	4,67	3,54	8,30	1,08	56,26	42,65
MBG134	0,19	4,87	3,13	8,19	2,32	59,46	38,21
PROMEDIO	0,4088	4,43	3,54	8,38	4,79	52,79	42,40
	0,41	4,43	3,54	8,38	~5	53	42

K₂O/Na₂O=1,25 Contenido anortítico de la plagioclasa <5%: granito de feldespato alcalino
Fuente analítica: Ramos, 1982.

TABLA 6

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS DEPÓSITOS DE SULFURO MASIVO VOLCANOGÉNICOS DE ROSBERY, TASMANIA Y BUCHANS, NEWFOUNDLAND, DE ACUERDO CON (SAWKINS, 1990; TABLA I MODIFICADA). AQUÍ SE INCLUYE ADEMÁS, EL DEPÓSITO DE SULFURO MASIVO VOLCANOGÉNICO DE LIMA II DE BAILADORES, VENEZUELA.

DEPÓSITO	TONELAJE (TM)	Cu:Zn:Pb	EDAD (Ma)	INTRUSIÓN ASOCIADA	CaO:Na ₂ O:K ₂ O	Etapa de desarrollo del arco	Referencia
Rosbery (Tasmania)	20	3:74:23	~ 500	Roca granítica	36:20:44 (n=5)	Arco maduro (?)	(*)
Buchans Newfoundland	18	6:62:32	446±13	Granodiorita Wiley's River	19:54:27 (n=9)	Arco maduro	(**)
De Lima II Bailadores	~ 3	5:71:24	450(?)	Granito de feld. Alcalino	5:42:53 (n=9)	Arco maduro	(***)

(*) Polya et al. (1986, en Sawkins, 1990) Gulson y Porritt (1987).

(**) Thurlow y Swanson (1987) en Sawkins (1990).

(***) Carlson (1974, 1977); Escarrachi (1980); Sifontes (1984, 1985, 1992).

Conclusiones

El análisis realizado permite llegar a las siguientes conclusiones:

(1) El depósito de sulfuro masivo volcanogénico De Lima II, y las mineralizaciones asociadas, a excepción del depósito de galena argentífera De Lima I ó Mina La Rosa, son cogenéticos, generados en un ambiente tectónico de arco de islas, en la etapa menguante de magmatismo calcoalcalino.

(2) En la zona de subducción, la deshidratación que se produce en la corteza oceánica descendente, además de favorecer la fusión parcial del material mantelar suprayacente, genera soluciones hidrotermales con altas concentraciones de cloruro y otros ligandos, capaces de extraer y transportar metales contenidos en la corteza oceánica y en el material de la cuña de manto encima de la zona de Benioff. Los fluidos cargados con los componentes metálicos, ascenderían y llegarían a formar las mineralizaciones de sulfuros, a través de surgencias en el piso oceánico, constituyendo los depósitos como los que hoy conocemos en la región de Bailadores –Guaraque.

(3) Es probable que De Lima II, así como las mineralizaciones asociadas y las rocas ígneas relacionadas en el espacio y en el tiempo, sean un sector de un cinturón de mineralización más extenso, desmembrado y desplazado tectónicamente y luego “amalgamado” o adosado al cratón de Guayana como parte de los cinturones andinos, en épocas del Paleozoico Tardío ó Mesozoico Temprano.

(4) La gran cantidad de sills y de masas lenticulares concordantes de rocas máficas, casi siempre de composición diabásicas, localizadas en los páramos La Negra y El Batallón, así como en la cercanías de las mineralizaciones de sulfuro, y los cuales son intrusivos en la secuencia meta-sedimentario-volcánica donde están emplazadas dichas mineralizaciones, parecen indicar un aumento de la permeabilidad cortical, quizás por un incipiente desarrollo de una zona extensional (zona de “rifting”), abortada rápidamente, truncando su desarrollo, pero que permitió el ascenso de magma máfico, posiblemente desde la cuña de manto de la zona Benioff, hasta niveles corticales superiores, constituyendo la serie de cuerpos máficos ya referidos.

(5) Los cuerpos de rocas máficas se emplazaron después de la deposición de los sulfuros y antes de los episodios de metamorfismos regional y deformación, ya que son concordantes y muestran los efectos del metamorfismo y la deformación al igual que las rocas de la secuencia meta-sedimentario-volcánica y de los sulfuros.

(6) Dos de los cuerpos máficos de la región de Bailadores-Guaraque se estudiaron a través de análisis químico para componentes mayoritarios y elementos trazas, incluyendo las Tierra Raras: el sill de meta-diabasa de la quebrada El Rincón (parte suroeste del área) y un sill del mismo tipo de roca del páramo La Negra (parte noroeste del área); los cuales muestran características distintas de evoluciones. El ambiente tectónico de ambos no pudo ser bien definido, por los pocos datos disponibles.

(7) Durante el Paleozoico Tardío parece haberse registrado un nuevo episodio de fracturamiento extensional, pero quizás un poco menos acentuado que el anterior, dando lugar al emplazamiento de algunos diques lamprofídicos y a la intrusión granítica de Las Tapias, los cuales no muestran evidencias de haber sido afectados por eventos tectonotermiales.

(8) La intrusión granítica Las Tapias (granito anorogénico) emplazada a finales del Paleozoico, afectó al depósito De Lima II, así como a otras mineralizaciones presentes en el área, produciendo un efecto metasomático que se evidencia por la presencia de minerales característicos, particularmente en los contactos mineralización-roca caja, tales como: granate almandino, presente hasta dentro de la propia mena, gahnita, vesubianita, margarita, biotita y otros.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento al INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA por haberme permitido la elaboración del trabajo; a los entes CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (CONICIT) y al CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO (CDCH) de la UCV, cofinanciadores de los estudios realizados y a todas aquellas personas que de una manera u otra, colaboraron en la realización del proyecto.

Referencias

- Burkley, L. A., Geochronology of the Central Venezuelan Andes: Case Western Reserve University, Depart. of Geology. Tesis Doctoral, 150 p., 1976.
- Bellizzia, G., A. y Pimentel De B., N., Consolidación de Terrenos Continentales Gondwánicos Precámbrico-Paleozoicos en los Andes de Venezuela. Bol. de Geología, Pub. Especial N° 11, Ministerio de Energía y Minas, Venezuela, p. 227-256, 1995.
- Canelón, G., Geology of the area of Mesa Bolívar-La Grita, States of Mérida y Táchira Venezuelan Andes: Tesis de Maestría inédita. Michigan Tech. Univ., East Lansing USA, 84 p., 1976.
- Canelón, G. y García, J. R., Consideraciones sobre rocas del Paleozoico Inferior, Formación Tostosa, en el flanco norte de la cordillera de los Andes: 5 CGV, t1, p. 227-252, 1977.
- Carlson, G. G., Geology of the Bailadores, Venezuela, Massive Sulfide Deposit. Econ. Geology (72): 1131-1141, 1977
- , Geology of the Bailadores Massive Sulfide Deposit. Tesis de Magister Universidad Tecnológica de Michigan, 53 p., 1974.
- Case, J. E; Shagam, R. y Giegengack, R., Geology of The Northern Andes; an overview. The Caribbean Region, ed. Dengo, G. y J. Case, Geol. Soc. of America, Vol. H., p. 177-200, USA, 1990.
- Colmenares, J.A., Geoquímica de las rocas meta-volcánicas básicas y gneises graníticos de la región de Bailadores-Guaraque, Edo. Merida. UCV, Fac. de Ciencias, Escuela de Química. Trab. Esp. de Grado, 127 p., 1987.
- Condie, K. C., Plate Tectonic & Crustal Evolution Third Edition Pergamon Press, 476 p., 1989.
- Escarrachí M., R. A., Geología, Alteración, Mineralización, Geoquímica y Génesis del Yacimiento Volcanogénico de Sulfuro Masivo de Las Tapias, Estado Mérida, Venezuela. Ministerio de Energía y Minas. Informe Interno, 279 P., 1980.
- Fernández, Ch., M. Del C., "Correlación entre los diferentes horizontes de mineralización de sulfuros de la región de Bailadores-Guaraque, estado Mérida". Trabajo Especial de Grado, Licenciatura en Química, Opción Geoquímica, Facultad de Ciencias, UCV, 137 p., 1997.
- González de Juana, C.; Iturrealde de, J.M.; y Picard, C.X., Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Ediciones Foninves, Caracas, Tomo I, 407 p., 1980.
- Gulson, B. L. y Porrit, P. M., Base metal exploration of the Mount Read volcanics, western Tasmania: Part II. Lead isotope signatures and genetic implications: Economic Geology, v 74, p. 1600-1612, 1990.
- Harder, G., Geology and Petrology of the Sierra Nevada and Mucuchachí Formation, Viriguaca and Valle Río Negro Regions, South of Bailadores, Venezuelan Andes Tesis Magister, Universidad Tecnológica de Michigan, 94 p., 1977.
- Hedenquist, J. W. y Lowenstern, J. B., "The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits", Nature, v. 370, p. 519-527, 1994.
- Horikoshi, E., Volcanic activity related to the formation of the Kuroko-type deposits in the Kosaka district, Japan, Mineral Deposita, 4, 321-45, 1969.
- Irvine, T. N. y Baragar, W. R. A., "A guide tochemical classification of the common volcanic rocks", Canad. Jour. Earth Sciences, 8, 523-548, 1971.
- Karig, D. E., Origin and development of marginal basins in the western Pacific. Jour Geophys. Res., 76, 2542-2561, 1971.
- Kovach, A.; Hurley, P.; y Fairbairn, H., Rb-Sr whole-rock dating of metamorphic events in the Iglesias Group, Venezuelan Andes. Informe inédito, Earth Plan. Sci. Lett., Mass. Inst. Technol., Cambridge, 15 p., 1977.
- Kovach, A.; Hurley, P.; y Fairbairn, H., Rb-Sr whole-rock dating of metamorphic events in the Iglesias Group, Venezuelan Andes. Informe inédito, Earth Plan. Sci. Lett., Mass. Inst. Technol., Cambridge, 15 p., 1977.
- Lira, B., A., Geoquímica y Geocronología de cuerpos ígneos y Meta-ígneos de la región de Santa Cruz de Mora-Estanques, Estado Mérida. Trabajo de ascenso a la categoría de Profesor Agregado. Instituto de Geoquímica, Escuela de Química, Fac. de Ciencias, UCV; 141 p., 1987.

- Mullen, E. D., MNO/TiO₂/P₂O₅: a minorelement discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.* 62, 53-62, 1983.
- Nelson, J., The Quiet Counter-Revolution: Structural Control of Syngenetic Deposits. *Geoscience Canada*, V. 24 n° 2, p 91-98, 1997.
- Ohmoto, H., Hot Springs, Volcanism, and Geochemical Cycles. *Earth and Mineral Sciens*, vol. 55 n° 1, p. 6-8, 1985.
- Pearce, J. A. y Cann, J. R., Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Sciences Letters*, v. 19, p. 290-300, 1973.
- Pérez, M., C. Y., Efectos Metasomáticos en la Zona Mineralizada De Lima II y sus cercanías, Bailadores, Estado Mérida, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, escuela de Química, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, 1996.
- Pimentel de B., N.; Bellizzia G., A. y Ulloa, C., Paleozoico Inferior: una síntesis del noroeste de América del Sur (Venezuela, Colombia y Ecuador). *Paleozoico Inferior de Ibero-América*, Universidad de Extremadura, España, p. 203-224, 1992.
- Polya, D. A., Solomon, M., Eartoe C. J., y Walshe, J. L., The Murchinson Gorge, Tasmania – A possible cross section through a Cambrian masive sulfide sistem: *Economic Geology*, v. 81, p. 1341–1355, 1986.
- Ramos, J., Geoquímica de Las Rocas Gnésicas, Meta-volcánicas y Meta-sedimentarias de la Región de Bailadores, Estado Mérida. UCV, Fac. de Ciencias, Escuela de Química, Trabajo Esp. de Grado, 49 p., 1982.
- Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., Terranes and Continental Accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, 11(3): 189-193, 1988.
- Sato, T., Distribution and Geological Settin of Kuroko Deposits. *Mining Geology special Issue*, n° 6, *Geological Survey of Japan*, p. 1-9, 1974.
- Sawkins, F. J., Integrated tectonic model for volcanic-hosted , massive sulfide deposit. *Geology*, v. 18, p. 1061-1064, 1990.
- Sifontes, G., R. S., El Granito Anorogénico de Las Tapias: Características Petrogenéticas y Geoquímicas y Origen, Cordillera de Mérida, Venezuela (en prensa).
- , Evidencias de Efectos Tismales en el Depósito Volcanogénico de Sulfuro Masivo De Lima II, Bailadores, estado Mérida, Andes Venezolanos, Bol. Del Ministerio de Energía y Minas, Public. Esp. N° 10, p. 297-304, 1995.
- , Génesis, Evolución de la Mineralización de Sulfuros Metálicos Localizadas en la Región de Bailadores-Guaraque, Estado Mérida, Venezuela Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela, Fac. de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, 227 p., 1992.
- , Metamorfismo y Deformación en el Yacimiento de Sulfuro De Lima II, Bailadores, Estado Mérida. VII Cong. Geol. Venezolano, Memoria, Tomo IV, p. 2005-1030. Barquisimeto, Venezuela, 1989.
- , Origen y Emplazamiento de las Mineralizaciones de Sulfuros Metálicos de la Región de Bailadores-Guaraque, estado Mérida, Venezuela. Memoria VI Congreso Geológico Venezolano, Tomo VI, p. 4167-4198, 1985.
- , “Origen y Emplazamiento de las Mineralizaciones de Sulfuros Metálicos de la Región de Bailadores-Guaraque, Estado Mérida, Venezuela”, UCV, Fac. de Ciencias. Trabajo de Ascenso a la categoría de Profesor Agregado, 176 p., 1984.
- Sifontes, R. S. y Crespo, O., M. A., La Galena Argentífera de La Mina La Rosa o De Lima I, Cordillera de Mérida, Estado Mérida: Origen y Emplazamiento. *Bol. Soc. Venezolana de Geólogos*, 21 (1): 22-36, 1996.
- Sifontes G., R. S. y Talukdar, S., Estudio Estratigráfico de los gneises de la Región de Bailadores-Tovar, Andes Meridionales venezolanos: Resúmenes, 9 CGC, Santo Domingo, República Dominicana, p. 67-68, 1980.
- Schlumberger, Well Evaluation Conference, p. 1-10, 1997.
- Tatsumit, T., Maruyama, S., y Nohda, S., Mechanism of back arc opening in the Japan Sea: Role of Asthenospheric inyection: *Tectonophysics*, V. 181 N° 1-4, p. 299-306, 1990.

- Tatsumit, T. y Watanabe, T., Geological Environment of Formation of the Kuroko-Type Deposits. Soc. Mining Geol. Japan, Spec. Issue 3, 216-220, 1971.
- Teggin, D.; Sifontes, R. S; y Lira, A., La Geocronología de la Región de Bailadores, Edo. Mérida, Venezuela. Acta Científica Venezolana, 1 (36): 52-63, 1985.
- Turlou, J. G., y Swanson, E. A., Stratigraphy and structure of the Buchans Group, in Kirham, R. V., ed., Buchans geology, New Foundland: Geological Survey of Canada Paper 86-24, p. 35-46, 1987.
- Tussaint, J.F., y Restrepo, J.J., Terrenos, Acreciones y Amalgamaciones en los Andes Colombianos: Una reseña. Memoria del IX Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, (Resúmenes), 1995.
- Uyeda, S., The Japanese island arc and the subduction process. Episodes, V. 14 N° 3, p 190-198, 1991.
- Villaparedes, A.I., Geoquímica de las Rocas Origen Granítico, Volcánico y Sedimentario de la Región de Bailadores, Edo. Mérida. UCV, Fac. de Ciencias. Trab. Esp. de Grado, 1985.
- Vokes, F. M., A Review of the Metamorphism of Sulfide Deposits. Earth Sci. Rev. (5): 99-143, 1969.
- Wood, D. A., The Application of a Th-Hf-Ta Diagram to Problems of Tectonomagmatic Classification and to Establishing the Nature of Crustal Contamination of Basaltic Lavas of the British Tertiary Volcanic Province. Earth and Planetary Sc. Letters, 50 (1980) 11-30.