

III.5-GEOLOGÍA DEL SISTEMA DE VETAS POLIMETÁLICAS DEL DISTRITO MINERO TAVICHE, ESTADO DE OAXACA

Jesús Castro-Mora^{a*}, J.C. Escamilla-Casas^a, L. E. Ortiz-Hernández^b, E. Cruz-Chávez^c, Dorantes-Castro, C.G.^d

^aÁrea Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH, Mineral de la Reforma, Hidalgo
jocesca@uaeh.edu.mx

^bÁrea Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH, Mineral de la Reforma, Hidalgo
leoh44@hotmail.com

^cÁrea Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH, Mineral de la Reforma, Hidalgo
kius_ec@yahoo.es

^d Instituto Politécnico Nacional, IPN, ESIA Ticomán, tesista de licenciatura
ing_geologa-ipn@hotmail.com

* Autor de correspondencia: jesus_castro11293@uaeh.edu.mx

RESUMEN

El Distrito Minero Taviche (DMT) se localiza en la porción central del estado de Oaxaca, en la región de los Valles Centrales, su historia se remonta a la época de la colonia, destacándose por su producción de oro. Geológicamente la zona de estudio presenta un predominio de rocas volcánicas y subvolcánicas, de composición félsica y afinidad calcialcalina de edad Terciaria, que hospedan un sistema de vetas polimetálicas de sulfuración baja-intermedia, las cuales atraviesan una columna estratigráfica representada por un basamento metamórfico de edad Grenvilliana, cubierto por una secuencia sedimentaria de edad Mesozoica. Las vetas estudiadas presentan mineralización económica de oro-plata, con contenidos de alta ley de metales base, cuya roca encajonante corresponde a un pórfido de composición ácida, el cual tiene la particularidad de presentar mineralización diseminada de sulfuros de cobre-molibdeno en contenidos considerados anómalos, por localizarse en la parte apical del mismo. Las características texturales observadas en los principales sistemas de vetas, de rumbo dominante NW-SE, en combinación con las paragénesis metálicas definidas, permiten establecer la posibilidad de un proceso de telescopio en la evolución y emplazamiento de estas vetas mineralizadas.

Palabras Clave: Taviche, Subvolcánicas, Sulfuración, Grenvilliana, Telescopio

ABSTRACT

The Taviche Mining District (TMD) is located in central Oaxaca, on the Central Valleys Region. The story of the mining district begins during colonial times due to its gold production. The geological framework of the studied area presents a prominent exposure of volcanic and subvolcanic rocks, mostly felsic and calck-alkaline affinity of Tertiary age, that host a polymetallic of low-intermediate sulfidation vein system that cross a stratigraphic column represented by a metamorphic basement of Grenvillian age covered by a Mesozoic sedimentary sequence. The vein studied holds economic gold-silver mineralization with high grade base metals contends, hosted on a felsic porphyry that is the wall

rock of the vein structures; the porphyry also presents disseminated copper-moly sulfides. Textural characteristics observed on the main vein systems, with dominant NW-SE strike direction, in combination with the metallic paragenetic associations, could establish the possibility of a telescoping process on the evolution and emplacement of the mineralized veins.

Key words: Taviche, Subvolcanics, Sulditation, Grenvillian, Telescoping

1. INTRODUCCIÓN

México posee una gran tradición minera, desde tiempos precolombinos ya se extraían metales para la fabricación de objetos artesanales [1]. Durante la época de la colonia, los españoles desarrollaron una importante actividad minera mediante la explotación de las vetas de plata y oro que se conocían en lo que hoy son grandes distritos mineros, como es el caso de Pachuca, Guanajuato, Zacatecas, Durango, por citar los de mayor relevancia. La exploración minera en México ha estado dirigida a yacimientos que se presentan justamente en estructuras en forma de vetas. El área de estudio se localiza, a 32 km al sureste de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, jurisdicción del Distrito Político de Ocotlán de Morelos (figura 1).

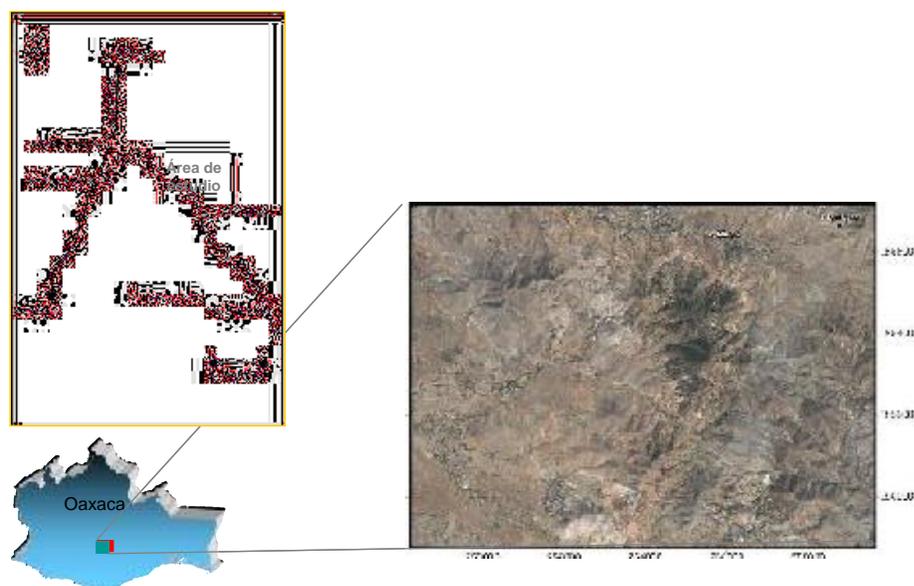


Figura 1. Mapa de Localización del DMT, estado de Oaxaca [2].

El Distrito Minero de Taviche (DMT) alberga sistemas de vetas polimetálicas que tienen un corrimiento preferencial en dirección NW-SE. Las vetas que existen se alojan en rocas porfídicas de composición félsica y edad Terciaria; se caracterizan por presentar longitudes de varios kilómetros, espesores que van desde medio metro, hasta 50 metros y profundidades que sobrepasan los 300m [2]. El presente estudio forma parte de una investigación doctoral [4], y pretende mostrar la importancia de las vetas y su contexto geológico regional.

1.1 Antecedentes

El DMT, es conocido por sus vetas de oro y plata; la mayoría de las minas datan de la época de la Conquista; sin embargo, su explotación más importante data de finales de los años 1800's y principios de los años 1900's. La explotación reciente de las minas de este Distrito se realizó durante los años 1960 a 1962, con actividad esporádica en los años 1980-1990 cuando la zona formaba parte de la entonces conocida como Zona de Reserva Minera Nacional Taviche establecida por el entonces Consejo de Recursos Minerales [5]. Actualmente, existe una mina en producción en la localidad de San José, municipio de Ocotlán de Morelos; esta mina es operada por Minera Cuzcatlán, que es subsidiaria de la empresa canadiense Fortuna Silver Mines. Diversas compañías mineras, principalmente canadienses, realizan intensas campañas de exploración en la zona, incluyendo barrenación a diamante para evaluar la continuidad y contenidos metálicos de las vetas y roca encajonante a profundidad. La información geológica y aquella referente a las antiguas minas del DMT se localiza en los archivos del Servicio Geológico Mexicano, que desarrolló la carta geológica Santa María Zoquitlán [9]. La mayor parte de esta información es inédita, una buena síntesis puede ser consultada en la Monografía Geológico-Minera del estado de Oaxaca [5].

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y METODOLOGÍA

Para la realización del presente estudio se llevó a cabo la metodología que se enlista a continuación:

- Cartografía geológico-estructural a escala de semidetalle (1:10,000) y detalle (1:2,500), con apoyo de un sistema de información geográfica (ArcMap, 10).
- Muestreo de las unidades ígneas para análisis geoquímico de elementos mayores, así como para la elaboración de láminas delgadas y su correspondiente estudio petrográfico.
- Muestreo de esquirlas de roca para análisis geoquímicos en superficie, interior mina
- Toma de muestras de mineral de mena y obtención de superficies pulidas para análisis mineragráficos
- Toma de datos estructurales para definir los principales sistemas de fracturas y fallas.

Los estudios petrográficos y mineragráficos, fueron realizados en el laboratorio de Petrografía del Instituto de Geofísica de la UNAM, con un microscopio Zeiz Axioplan Imaging 2, la toma de fotomicrografías se realizó con la ayuda del *software* Image Focus, instalado en la computadora del laboratorio.

Los análisis geoquímicos incluyeron 35 elementos, éstos se realizaron en los laboratorios de *Als Chemex* en Vancouver, Canadá, así como también los análisis de elementos mayores y tierras raras, los cuales se graficaron con la ayuda del *software* IGPED.

2.1 Marco Geológico

Regionalmente el DMT se localiza dentro de la Provincia Geológica Zapoteca [14], la cual presenta como rocas basales una serie de rocas metamórficas de alto grado que se encuentran cubiertas por una secuencia compleja de rocas pre-Terciarias, que incluyen depósitos terrígenos de edad Jurásica, secuencias carbonatadas que van del Jurásico al Cretácico Superior, así como secuencias Cenozoicas muy variadas de ambiente continental. Parte fundamental del presente trabajo de investigación fue obtener el mapa geológico del área (figura 2), En lo que se refiere a la zona del DMT, se cuenta con pocos estudios geológicos acerca de la región, algunos son de carácter netamente cartográfico [9] y otros más enfocados a la caracterización isotópica y geoquímica de las rocas volcánicas a una escala regional [10]; otras investigaciones clásicas, a mayor escala, hacen referencia a la evolución tectónica

de este sector del sur de México [12] [13]. Las rocas ígneas Terciarias expuestas en el sur de México, han sido estudiadas a nivel de provincia magmática, para este caso, se cuenta con algunos datos geocronológicos y geoquímicos en diversas localidades aledañas a la zona de estudio [11].

Estratigráficamente, la suite de rocas ígneas, presenta como unidad más antigua a un *stock* granítico holocristalino (Ti) que muestra evidencias de una deformación incipiente, misma que podría estar vinculada a una actividad magmática sinorogénica y contemporánea con la orogenia Laramide, con lo cual su edad tentativa podría estar referida al Paleoceno-Eoceno [7].

Las rocas graníticas, se encuentran intrusionadas por rocas subvolcánicas (Tsp) de afinidad riodacítica (pórpidos), que llegan a desarrollar diques de composición aplítica que tienen relación cortante con los granitos.

Como cobertura del pórfido y de los granitos, existe una secuencia de rocas piroclásticas, representadas de la base a la cima por una unidad vulcanoclástica continental, compuesta por fragmentos de andesita aglutinados por una matriz tobácea (Tivc) de composición andesítica, sobre la cual se encuentra una unidad de tobas compactas de composición ácida a intermedia (unidades Tvi, Tva), las cuales a su vez están cubiertas por *lapillis* (Tst) con horizontes de ceniza y depósitos de caída libre (*ash flow air fall*), mismas que son cubiertas, de manera discordante por lavas de composición andesítico-basáltica y brechas volcánicas (Tsv), cuyos fragmentos se observan fuertemente cementados por sílice. Tal secuencia podría correlacionarse parcialmente con algunos miembros de la Formación Suchilquitongo [8], que aflora principalmente en la parte norte de los Valles Centrales de Oaxaca. Como unidad volcánica más reciente, se tiene la presencia de afloramientos restringidos de coladas basálticas (Qba) que cubren de manera discordante a toda la secuencia descrita, tales rocas están expuestas en las partes topográficamente más elevadas y, debido a su posición estratigráfica, se les asigna una edad probable Pliocénica (figura 3).

Se distinguen, de manera general, dos sistemas de falla, uno de tipo normal y otro de tipo lateral; tales sistemas estructurales tienen consecuencias importantes, ya sea como controles del depósito o emplazamiento de la mineralización, o bien como agentes que rompen o dislocan los cuerpos mineralizados (tabla 1). La estructura más prominente es la que en este trabajo se define como falla Yabeló [2], la cual corresponde a una falla de tipo normal de rumbo NE-SW con una componente de tipo lateral; la importancia de esta estructura radica en que disloca a los sistemas de vetas originales (definidas en el presente estudio como San Jorge y Chicharra), propiciando que actualmente se encuentren expuestos, tanto en el sector San Jorge (SE), como en el sector Chicharra (NW).

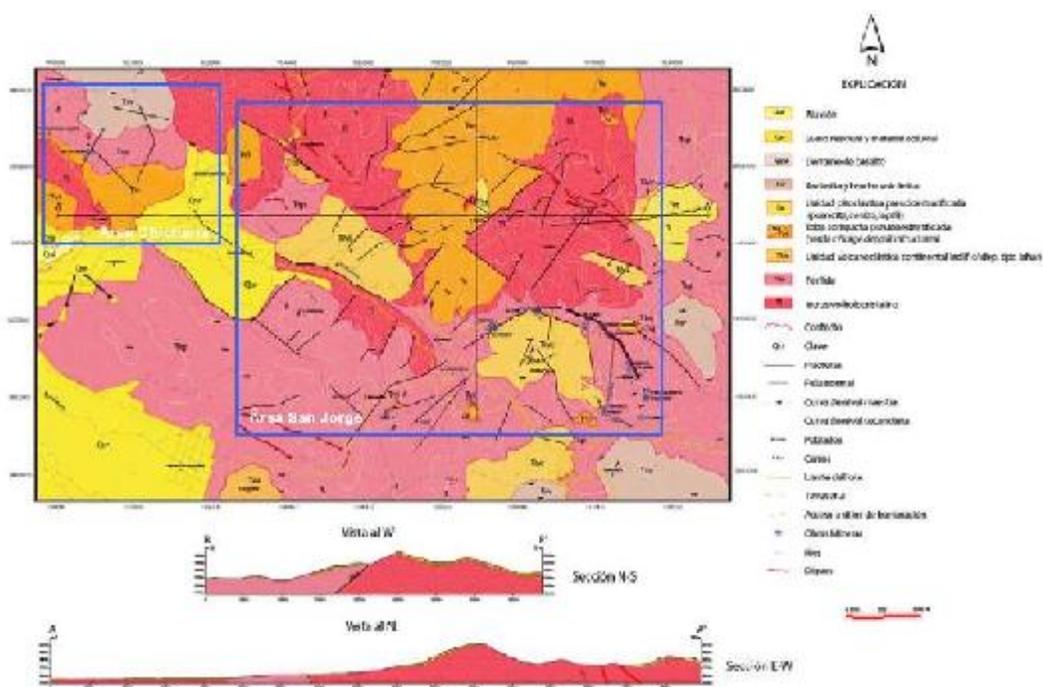


Figura 2. Mapa geológico del Distrito Minero Taviche (modificado de [3])

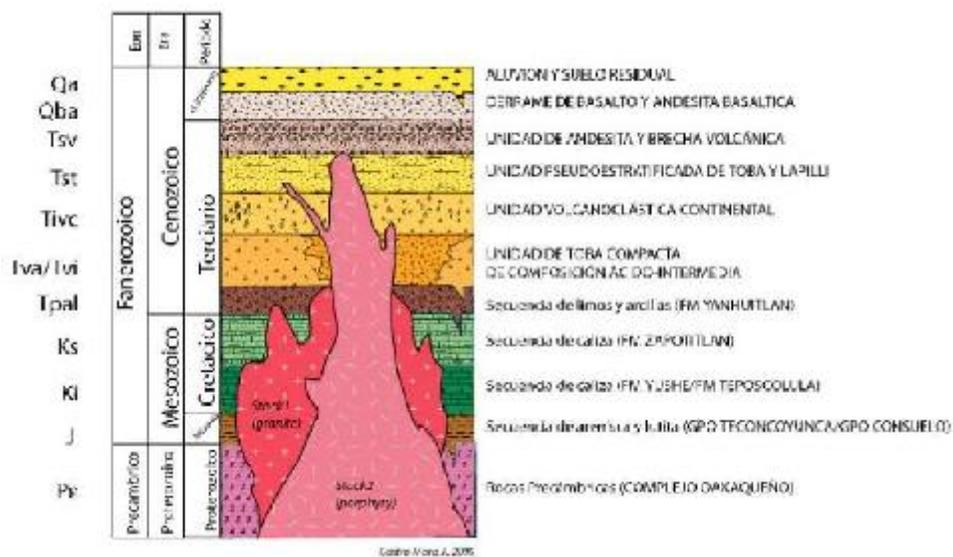


Figura 3. Columna estratigráfica del Distrito Minero Taviche, estado de Oaxaca [3].

Tabla 1. Principales sistemas de falla y fractura del Distrito Minero Taviche, estado de Oaxaca.

Sistema		San Jorge	Chicharra	Yabeló	Mónica y Paraíso	Sistema lateral 1	Sistema lateral 2	Veta-Falla
Fallas	Rumbo	30°-40° NW-SE	30° NW-SE	20°-40° NE-SW	44° NE-SW	08°-25° SE-NW	60°- 65° NW-SE	40°-52° NW-SE
	Buzamiento	65°-85° SW	70°-80° SW	-----	10°-20° SE	42° NW 30°-0° pitch	60°-80° SW 30-40° pitch	32°-52° SW
Fracturas	Rumbo	N-S	85° SW°	80° NW°	E-W	-----	-----	-----
	Buzamiento	90°	75° °NW	50° SE	38° S	-----	-----	-----

2.2 Mineralización y Magmatismo asociado

Las vetas epitermales están alojadas dentro de una unidad litológica de tipo pórfido de edad Miocénica [4], cuya composición varía de riodacítica a andesítica. La mineralización que existe de Au-Ag +/- Cu presenta características de un depósito de baja sulfuración (tipo adularia-sericita) cuya mineralización se aloja en estructuras tipo veta (fotografía 1) de cuarzo en drusas (*cocks comb*) con mineralización de sulfuros; por su parte, la roca encajonante aparentemente se formó bajo condiciones de alta sulfuración (tipo ácido-sulfato), ya que los sulfuros que presenta se encuentran en forma diseminada, así como en un sistema de vetas multidireccionales de sílice tipo *stockwork* con texturas de cuarzo poroso (*vuggy*).



Fotografía 1. Sistema de vetas de cuarzo alojadas en estructuras silicificadas.

Los patrones de alteración hidrotermal se caracterizan por extensas áreas de alteración argílica avanzada (caolinita-alunita), sobre todo en aquellas donde está expuesto el pórfido con desarrollo de *stockwork*; mientras que la zona de vetas presenta predominantemente un patrón de alteración que varía de potásica a argílica intermedia e incluso sericítica, con horizontes de alteración caolinítica concentrada tanto al alto como al bajo de las vetas.

Las vetas del DMT presentan una dirección predominante NW 40°-70° SE con buzamientos que fluctúan entre 38° hasta 75° hacia el SW y cuyos espesores oscilan entre varios centímetros hasta mayores de 10m. La estructura más prominente (Crestón San Jorge) está expuesta por más de 2km.

El muestreo tanto en interior mina, como en superficie realizado en esta estructura reporta valores atractivos de oro, plata, cobre, zinc y plomo para las vetas: Au: 1-10g/t; Ag: 1g/t-100g/t; Cu: 1.3-3.09%; Zn: 1.05-14.95%; Pb: 1-29.3%), y valores anómalos en superficie de estos metales para el pórfido.

Otros sistemas secundarios de vetas han sido reconocidos; uno de dirección N-S y otro NE-SW (porción central del área estudiada), este último aparentemente posterior al sistema principal y con una mineralización más rica en cobre se desarrolla sobre una de las fallas más prominentes de la zona estudiada: la falla Yabeló, misma que disloca el sistema principal de vetas de rumbo NW-SE [2].

Las texturas que comúnmente se observan en las vetas son típicas de un ambiente de baja sulfuración, las cuales incluyen zonación bandeada de sílice calcedónica, texturas crustiformes con desarrollo de cuarzo tipo *drussy* y *cocks-comb*; así como brechas hidrotermales y texturas de recristalización (figura 4) que sugieren condiciones atípicas para un ambiente de baja sulfuración que requerirá mayor trabajo de investigación. El análisis textural de estas estructuras sugiere la existencia de múltiples fases de mineralización en un ambiente hidrotermal muy activo, producto de procesos de *overlapping* o bien de *telescopeo* [4].

La mineralogía de las vetas del DMT es polimetálica y relativamente simple, las descripciones, tanto de ejemplar de mano, como de láminas delgadas y superficies pulidas muestran asociaciones de galena-esfalerita-calcopirita y pirita que arrojan valores de oro-plata (figura 5). La mineralogía de ganga está representada fundamentalmente por cuarzo microcristalino, que varía a cuarzo cristalino bien desarrollado.

La zonación principal que muestran estos minerales en las estructuras tipo veta es la siguiente: i). cuarzo microcristalino, sericita y pirita en los respaldos de las vetas (*hangingwall* y *footwall*); ii). Calcita y cuarzo cristalino con paragénesis de sulfuros (esfalerita-galena) contenidos en las vetas, con valores de oro y plata y, iii). Metales base contenidos en fragmentos brechados de la roca encajonante.



Figura 4. Obsérvese en A y B: vetas con sobreimpresión de texturas vuggy; C y D: vetas de sílice bandeada; E y F: sistemas de vetas de cuarzo tipo stockwork.

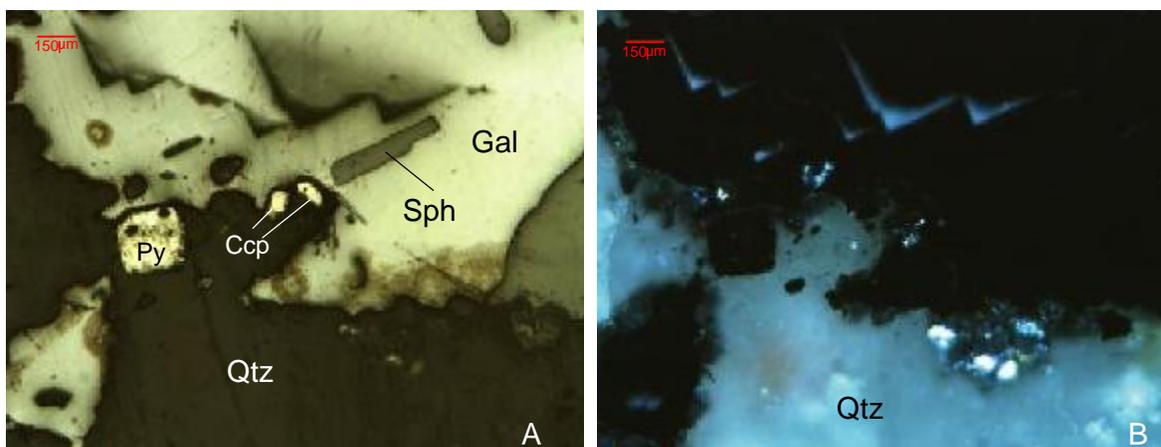


Figura 5. Muestra procedente de la Mina Colmena, localizada en el extremo sur del Distrito. La fotomicrografía corresponde a una vista al microscopio con luz reflejada (A) donde claramente se observa la mineralización de galena (Gal) calcopirita (ccp), esfalerita (Sph) y pirita (Py). En B: se aprecia en mismo campo pero con luz transmitida (nícoles cruzados) donde se aprecia que los metales descritos se alojan en una veta de cuarzo (Qtz).

El análisis geoquímico de las rocas plutónicas e intrusivas de ambiente somero (pórfidos), que afloran en el área de estudio, permitió conocer la serie magmática a la cual se asocian dichas rocas, obteniéndose que la totalidad de las muestras colectadas pertenecen a la serie magmática calcialcalina y, por tanto, a un ambiente tectónico de emplazamiento de arco volcánico asociado a zonas de subducción. Se colectaron cinco muestras para análisis geoquímico que incluyera elementos mayores expresados en óxidos (tabla 2); tres de ellas correspondiendo a las rocas intrusivas (granitos y pórfido), colectadas en la porción central de la zona de estudio, en el flanco NE del cerro conocido como Giavitune (754000E, 1852000N); las otras dos muestras analizadas corresponden a las coladas de lava y tobas compactas, que se localizan en el extremo SE de la zona de estudio, próximo al poblado de San Jerónimo Taviche (756200E, 1851700N).

Tabla 2: Geoquímica de elementos mayores y menores practicada a las muestras procedentes del DMT.

No CRPG	Demandeur	Ref Echantillon	Jcode	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5		
912171	CHEILLETZ	(porfido) LP/01	1	54.05	17.03	9.70	0.17	4.05	7.04	3.70	1.51	0.95	0.28		
912172	CHEILLETZ	(granito) 6UT-1	2	68.23	14.44	3.03	0.07	1.17	2.91	3.78	4.16	0.50	0.11		
912173	CHEILLETZ	(granito) D/01	3	53.01	17.94	8.94	0.16	3.79	8.33	3.19	0.71	0.96	0.27		
912174	CHEILLETZ	(colada) TS-1	4	56.12	16.74	6.66	0.07	3.86	7.22	3.16	0.92	1.19	0.30		
912175	CHEILLETZ	(colada) TS-2	5	56.96	16.11	6.62	0.11	3.69	7.44	2.99	0.22	1.01	0.22		
Jcode	As	Ba	Ba	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
1	3.957	343.6	<L.D.	<L.D.	<L.D.	32.85	23.24	12.26	2.207	61.72	3.917	2.255	1.195	18.9	4.241
2	3.392	722.9	1.931	<L.D.	0.169	64.7	6.437	28.55	2.951	29.31	3.748	1.929	1.067	20.06	4.434
3	<L.D.	296.4	<L.D.	<L.D.	<L.D.	25.65	21.63	23.36	0.157	87.01	3.536	2.015	1.237	20.01	3.869
4	1.885	380.1	1.158	<L.D.	<L.D.	45.64	18.52	104.1	1.353	45.74	3.127	1.404	1.576	22.45	4.301
5	2.668	290.1	1.369	<L.D.	0.154	42.43	16	51.01	2.497	15.65	3.95	2.101	1.364	20.42	4.488
Jcode	Ga	Hf	Ho	In	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sb	Sm
1	1.482	3.833	0.777	<L.D.	14.61	0.372	0.668	3.131	19.44	10.79	5.8127	4.474	41.31	0.563	4.529
2	1.253	6.591	0.693	<L.D.	31.23	0.288	1.385	8.673	28.98	11.87	14.7901	7.746	165.5	<L.D.	5.532
3	1.577	2.55	0.707	<L.D.	10.99	0.324	0.782	2.416	16.42	14.42	3.7796	3.62	8.761	<L.D.	4.028
4	1.413	4.336	0.538	<L.D.	20.91	0.184	1.044	7.286	25.07	36.04	7.7717	5.983	12.81	0.245	5.176
5	1.385	4.382	0.758	<L.D.	19.68	0.317	0.848	6.948	22.78	13.77	7.8429	5.48	1.931	0.757	4.927
Jcode	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr	% TOTAL	
1	1.231	455.9	0.244	0.658	2.76	0.339	0.799	209.2	0.333	22.68	2.355	60.36	152.5	99.42	
2	2.231	325.4	0.946	0.665	17.58	0.284	4.426	56.09	1.334	20.87	1.891	70.32	238.2	99.07	
3	0.991	703.1	0.194	0.598	2.138	0.302	0.568	194.6	<L.D.	20.09	2.032	93.87	93.32	100.17	
4	1.518	605.9	0.517	0.601	3.036	0.191	0.713	143.9	<L.D.	15.25	1.231	115.3	174.7	100.14	
5	1.5	661.3	0.572	0.688	5.203	0.305	1.497	156.9	0.621	22.05	2.078	87.67	170.1	99.45	

Tabla 3: Resultados del muestro geoquímico de elementos traza realizados a las estructuras (vetas) observadas en el interior de las principales minas (abandonadas) del DMT. (tomado de [6])

Obra Minera	Ley Media	Espesor metros	Au ppm	Ag ppm	Cu %	Pb %	Zn %
Gwinico	Media	2.03	1.72	21.58	0.04	0.77	1.00
	máxima	2.20	5.90	64.40	0.05	2.76	3.68
Colmenita	Media	1.23	0.13	16.27	0.01	0.25	0.68
	máxima	3.30	0.33	47.60	0.04	0.73	1.73
Conejo Colorado	Media	1.78	4.63	94.36	0.06	0.18	0.01
	máxima	1.30	6.92	94.40	0.03	0.08	0.00
La Liebre	Media	1.40	5.97	110.00	0.06	0.02	0.01
	máxima	1.61	1.41	84.66	0.03	0.42	0.25
Soledad	Media	1.60	3.24	258.00	0.03	1.28	0.69
	máxima	2.11	0.07	5.18	0.04	0.44	0.60
San jorge	Media	1.20	0.60	13.80	0.09	1.41	0.96
	máxima	1.80	0.08	11.00	0.09	1.05	1.88
Santa María	Media	2.11	1.45	40.71	0.43	3.01	0.52
	máxima	2.60	0.42	41.80	0.36	8.66	11.90
	Media	3.00	4.28	70.40	0.43	4.04	0.06
	máxima	1.70	4.66	82.13	0.03	0.32	0.33
	Media	1.60	24.50	515.00	0.03	0.48	0.63
	máxima	1.80	16.10	206.00	0.04	1.01	0.63
	Media	1.60	7.82	70.50	0.03	0.59	0.19
	máxima						

3. RESULTADOS

De los trabajos realizados, cartografía y muestreo se determinó que el DMT posee un gran potencial en términos de exploración de vetas a profundidad; los contenidos metálicos de las vetas que afloran y que se pueden observar en las diferentes obras mineras abandonadas, muestran valores que resultan de interés económico (tabla III).

Por su parte, el pórfido, que constituye la roca encajonante de las vetas, es una roca ampliamente expuesta en el DMT y muestra mineralización diseminada de sulfuros de cobre y hierro, lo que representaría la posibilidad de incrementar las reservas de mineral de cobre en la región.

La geoquímica reporta magmatismo calcialcalino relacionado a zonas de subducción que generan magmatismo calcialcalino de arco (figura 6).

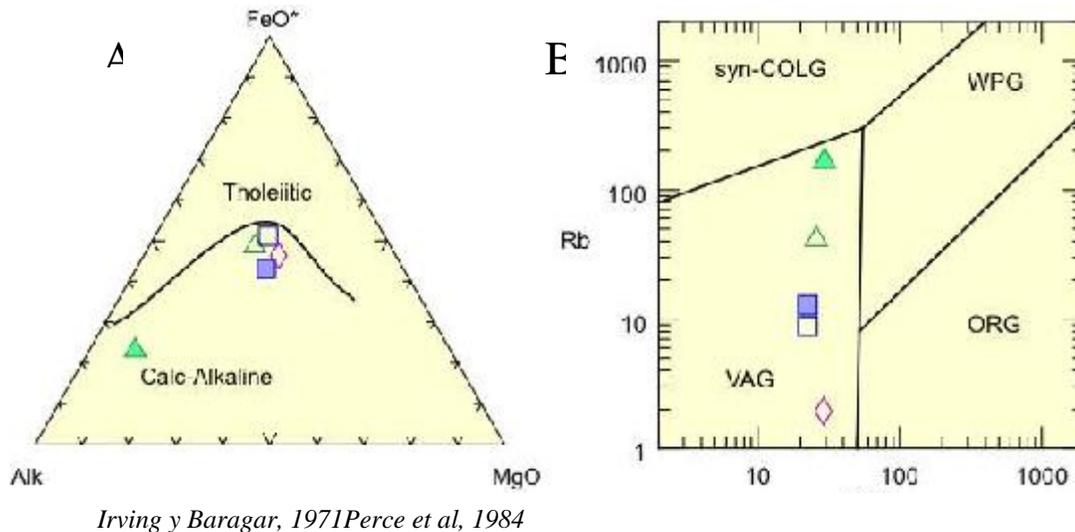


Figura 6. Gráficas obtenidas que muestran claramente A: El carácter calcialcalino de las rocas colectadas, relacionado a un ambiente tectónico de margen convergente (B). Los rectángulos representan a las coladas; los triángulos a las rocas graníticas y el rombo al pórfido. Los campos son: SynCOLG: granitos sincolisionales; **VAG: granitos de arco volcánico**; WPG: Granitos intraplaca; ORG: Granitos de dorsal oceánica.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El hecho de que en México se haya desarrollado una actividad minera a partir de vetas polimetálicas, ricas en plata, por más de 500 años, no significa que dichos recursos estén agotándose; por el contrario, se ha observado que con frecuencia las vetas se encuentran “ligadas” a sistemas porfídicos, sobre todo de cobre-molibdeno [16] que muchas de las veces se localizan estructuralmente próximos a la superficie, a través de procesos de telescopio [17]. El DMT representa una zona que, además del interés propio de las vetas, podría tener relevancia en términos de investigación geológica.

Del presente trabajo se marcan las siguientes conclusiones:

- El trabajo realizado a la fecha prueba, razonablemente, que el DMT alberga un depósito de vetas polimetálicas de tipo epitermal, que se hospedan en rocas porfídicas de afinidad calcialcalina.
- La geoquímica de las muestras de estructuras mineralizadas prueba que existen contenidos de metales preciosos que son de interés económico, y que en algunos casos, coexisten con la presencia de

metales base, representados por asociaciones paragenéticas de esfalerita-galena-calcopirita, lo que significa que la teórica “zonación metálica” se encuentra yuxtapuesta y que tal situación se puede atribuir a un fenómeno de telescopio, o bien a cambios en las condiciones de pH de los fluidos mineralizantes, haciendo que el sistema constituya un depósito de sulfuración intermedia.

- El análisis de la geoquímica de las rocas procedentes del DMT muestra un carácter calcialcalino del magmatismo y una afinidad de emplazamiento de ambiente de arco magmático asociado a zonas de subducción, lo que no contrapone las características tectonomagmáticas de la mineralización del DMT con los ambientes pórfido-hidrotermales del cinturón de fuego del Circumpacífico [16].

De corroborarse que las vetas del DMT se hospedan en un sistema tipo pórfido de cobre-molibdeno se podría establecer una cierta continuidad de los sistemas porfídicos de Norte América con los de América del Sur, ya que aparentemente existe un “*lack*” de pórfidos en México [15], lo cual abriría grandes posibilidades para proyectos de exploración y establecería una conexión, *a priori*, con los sistemas porfídico-hidrotermales del continente Americano.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado al Instituto de Geofísica de la UNAM, al Dr. Eduardo González-Partida Investigador titular del Centro de Geociencias de la UNAM, por los análisis de geoquímica de elementos mayores, a Newstrike Capital Inc. Por todo el apoyo brindado en las campañas de campo y a toda la comunidad de San Jerónimo Taviche por su hospitalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. J.M. Bradomin: Monografía del estado de Oaxaca, 1991, 4a ed. José Ma Bradomin, 355 p.
- [2]. J. Castro-Mora: Geología del depósito epitermal Monte Albán (Au-Ag-Cu), Distrito Minero Taviche, estado de Oaxaca, 2007, XXVII Convención Internacional de Minería, octubre 2007, Veracruz, Ver, 8 p.
- [3]. J. Castro-Mora: Metalogénesis del Depósito San Jorge-Chicharra (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo), Distrito Minero Taviche, estado de Oaxaca: Magmatismo Asociado y Modelo de Emplazamiento, 2010, Proyecto de Investigación doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Inédito.
- [4]. J. Castro-Mora: Metalogénesis del Depósito San Jorge-Chicharra (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo), Distrito Minero Taviche, estado de Oaxaca: Magmatismo Asociado y Modelo de Emplazamiento, 2012, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, en proceso.
- [5]. J. Castro-Mora y F. Arceo y Cabrilla: Monografía Geológico-Minera del estado de Oaxaca, 1996, Consejo de Recursos Minerales, SECOFI, ISBN 968-6710-68-X, 280 p.
- [6]. J. Castro-Mora, y G. Kearvell: Exploration activity Report Monte Alban Property, Oaxaca state, Mexico, 2008, Prepared for Aurea Mining Inc. 49 p. (inedito).
- [7]. P.E. Damon, M. Shafiqullah, K. F. Clark: Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis, 1981, Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología; vol 5 num. 2, pp. 238-223.
- [8]. I. Ferrusquía-Villafranca: Estudios geológico-paleontológicos en la región Mixteca; parte 1: Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, estado de Oaxaca,

- México, 1976, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 97, 153 p.
- [9]. J.L. García-Díaz, T de J. Torreblanca-Castro, M.F. Campa-Uranga, L. Onofre-Espinoza, J.Zárate-López, F.Arceo y Cabrilla: Carta Geológico-Minera, Santa María Zoquitlán, E14D-68, escala 1:50,000, 1997.
- [10]. R.G. Martínez-Serrano, G. Solís-Pichardo, L.E. Flores-Márquez, C. Macías-Romo, J. Delgado-Durán: Geochemical and Sr-Nd isotopic characterization of the Miocene volcanic events in the Sierra Madre del Sur, central and southeastern Oaxaca, Mexico, 2008, UNAM, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 25, núm. 1, pp. 20-1.
- [11]. D.Morán-Zenteno, B. Matiny, G. Tolson, G. Solís-Pichardo, L. Alba-Aldave, M.S. Hernández-Bernal, C. Macías-Romo, R. Martínez-Serrano, P. Schaaf, S Gilva-Romo: Geocronología y características geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur, 2000, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. LIII, No. 1, pp. 58-27.
- [12]. F. Ortega-Gutiérrez: Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance, 1981a, Geofísica Internacional, v. 20, No.3, pp. 202-177.
- [13]. F. Ortega-Gutiérrez: La evolución tectónica premisisípica del sur de México, 1981b, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, revista, v. 5, No. 2, pp. 157-140.
- [14]. F. Ortega-Gutiérrez, L.M. Mitre-Salazar, J. Roldán-Quintana, J.Aranda-Gómez, D.Morán-Zenteno, S.A. Alaniz-Álvarez, A.F. Nieto-Samaniego: Carta geológica de la República Mexicana, escala 1:2'000,000, 1992, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, 5ª. Edición, 1 mapa con texto explicativo.
- [15]. M. Podozis: Mineralización y eventos orogénicos globales, Pórfidos Cupríferos “colisionales”, Curso Pórfidos Cupríferos, 2010, Universidad de Chile, handout, 26 p.
- [16]. R.H. Sillitoe: Porphyry Copper Systems, Economic Geology, Society of Economic Geologist, 2000, v. 105, núm 1, pp. 41-3.
- [17]. R.H. Sillitoe, y J.W. Hedenquist: Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions and epithermal precious metal deposits. En: Simmons, S.F. y Graham I. (Eds). Volcanic, geothermal and ore-forming fluids; rulers and witnesses of processes within the earth, 2003, Society of Economic Geologist, Special publication, No. 10, pp. 343-315