

**ACTIVIDAD HIDROTHERMAL SUBMARINA Y SU IMPORTANCIA
EN LA GÉNESIS DE SULFUROS MINERALES**

Arturo Carranza-Edwards*,
J. Eduardo Aguayo-Camargo*,
Leticia Rosales-Hoz*

RESUMEN

Se analiza la importancia de los centros exhalativos de la Dorsal del Pacífico Oriental a 21° N en la generación de sulfuros minerales tales como piritita, calcopiritita, esfalerita y wurzita.

Se comparan las semejanzas entre los sulfuros minerales de dicha dorsal y los de las secuencias ofiolíticas de Chipre.

Finalmente se ve una posible afinidad metalogenética entre las zonas de apertura oceánica y las zonas continentales en procesos de "rift" como es el Eje Neovolcánico.

ABSTRACT

The importance of the generation of sulfide minerals as pyrite, chalcopyrite, sphalerite and wurzite by the emanation centers in the East Pacific Rise at 21 N was analysed.

The similarities among the mineral sulfide from the East Pacific Rise and Chipre's ophiolitic sequence were compared.

Metallogenetic analogies are observed between oceanic spreading centers and continental areas with rift processes like the Transmexican Volcanic Belt.

* Universidad Nacional Autónoma de México,
Instituto de Ciencias del Mar y limnología,
México, D.F., 04510, México.

INTRODUCCION

En los centros de dispersión de las placas tectónicas se llegan a formar depósitos minerales de sulfuros masivos polimetálicos, los cuales se generan por aporte de minerales durante la creación cortical. Estos yacimientos pueden quedar expuestos en la superficie terrestre cuando grandes fragmentos de corteza oceánica son levantados, como en el caso del Macizo de Trodos de Chipre (Sillitoe, 1972), presentándose ricos depósitos de pirita, calcopirita y esfalerita, generados por fluidos hidrotermales, o bien, cuando las fracturas continentales son suficientemente profundas para alcanzar la corteza oceánica subyacente.

En estrecha asociación con la tectónica de placas es frecuente encontrar sulfuros volcanogénicos constituidos principalmente por fierro con proporciones variables de plomo, cobre, zinc y con cantidades más bajas de oro y plata, (Salomón, 1974).

De acuerdo con Sawkins (1972) los sulfuros generados en el límite de placas divergentes son poco comunes por su carácter submarino, y en casos de fallas de transformación, sí se conocen ejemplos de yacimientos de sulfuros metálicos.

Considerando el interés de este tipo de depósitos, un grupo de investigadores de Estados Unidos, Francia y México, realizó un estudio sobre la actividad hidrotermal presente en la Dorsal del Pacífico Oriental a 21° de latitud norte. Estos estudios se llevaron a cabo en 1978 y 1979, efectuándose un total de 32 inmersiones, a profundidades de 2.7 km, de los cuales, 12 se realizaron con el submarino francés CYANA (Programa RITA) y 20 con el submarino americano ALVIN (Programa RISE).

AREA DE ESTUDIO

En los 21° de latitud norte, la Dorsal del Pacífico Oriental presenta un rumbo de 045 y está afectada por fallas de extensión que son paralelas al rumbo de la dorsal. En un corte perpendicular al eje de la misma, se pueden definir cuatro zonas: 1) de extrusión, con amplitudes variables entre 600 y 1200 m, 2) de horts y graben, de 1000 a 1500 m de ancho, 3) de bloques fallados con paredes inclinadas que miran hacia el eje de la dorsal y 4) de inactividad tectónica, que se extiende más allá de la zona de inversión magnética Brunhes-Matuyama. (Figura No. 1)

ACTIVIDAD HIDROTHERMAL

En la zona de extrusión o zona más reciente, se encontró una franja de actividad hidrotermal de unos 100 a 200 m de ancho, la cual corre con una dirección NE-SW.

La primera evidencia directa de esta actividad hidrotermal, se tuvo en 1978 cuando se encontraron chimeneas inactivas, de cuyas muestras se reportaron valores hasta de 42.7% de fierro, 6% de cobre, 28.7% de zinc y proporciones bajas de Ca, Pb, Ag, Cd, Mn, Cl, Ca y K (Grupo Cyamex, 1979).

Los respiraderos fríos emiten agua a temperatura de 23°C y en sus alrededores hay abundantes almejas gigantes (Calyptogena) de 40 cm de talla, gusanos de hasta 2 m de largo (pogonóforos vestimentíferos), cangrejos, lapas y peces en forma de anguila que encuentran su alimento en bacterias presentes en altas concentraciones. En los respiraderos de alta temperatura (350°C) estos organismos también se encuentran, pero a mayores distancias de las bocas de las chimeneas, hasta que la temperatura del agua es similar a la de los

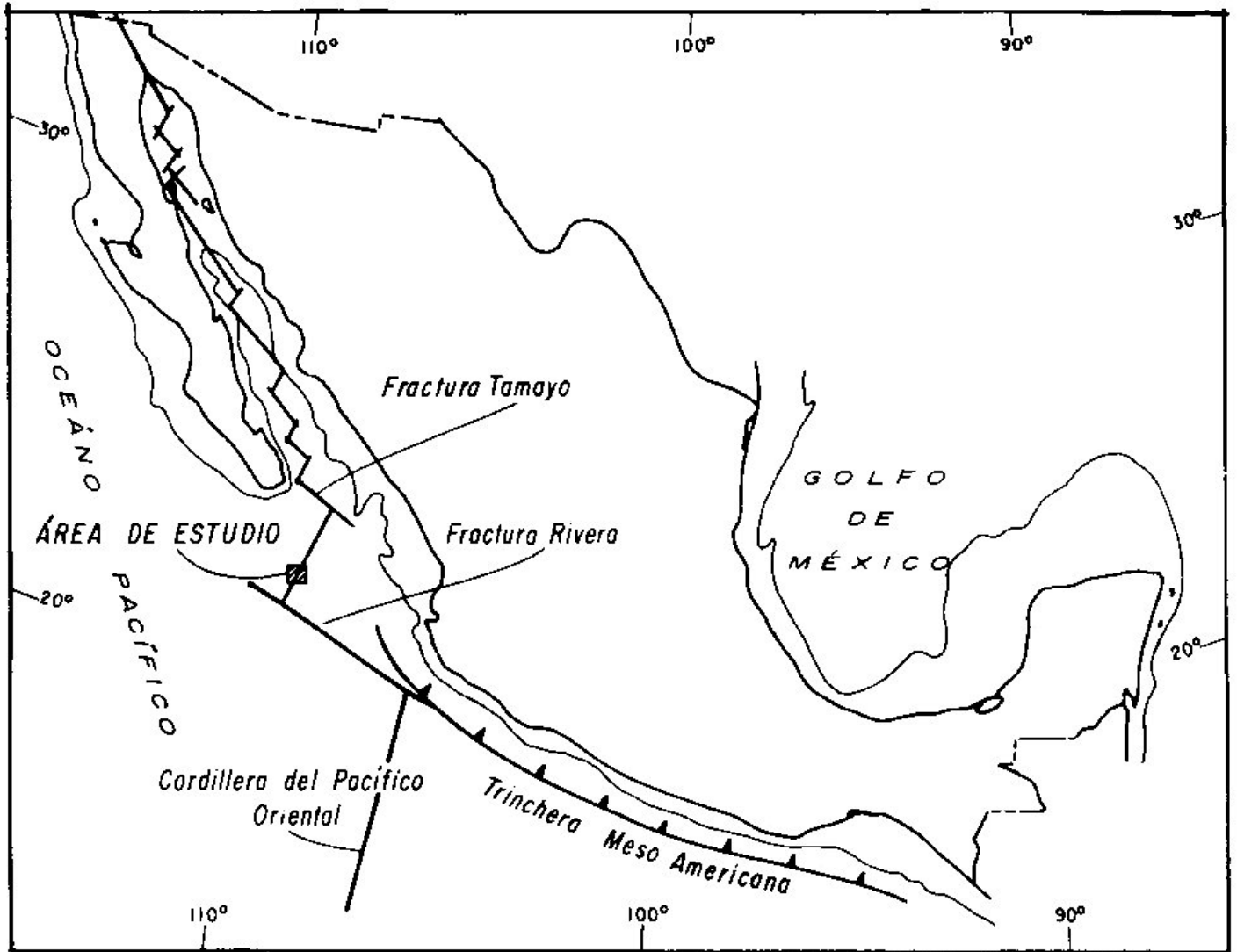


Figura 1. Mapa de localización de las muestras estudiadas.

respiraderos fríos.

De acuerdo con el análisis de agua próxima a los respiraderos calientes se sabe que las elevadas concentraciones de He y He total, implican un aporte de agua proveniente del manto (Hayrnon y Kastner, 1981). También se observó que en agua de mar hay un empobrecimiento de Mg y un enriquecimiento de Ca, Li, Si y Mg (Grupo Rise, 1980). La composición de los depósitos de sulfuros masivos encontrados se presentan en la Tabla 1.

Uno de los rasgos más notables de la actividad hidrotermal, se tiene en las chimeneas negras, que son respiraderos de los cuales emergen particulados negros y agua a temperaturas de 350°C. Los productos emanados constituyen estructuras en forma de chimeneas que pueden alcanzar 10 m de altura, 4 m de diámetro y un orificio de salida de unos 30 cm. La velocidad de salida de materiales y agua es de 1 a 5 metros por segundo. En las paredes de las chimeneas a menudo se observa un ordenamiento concéntrico de minerales.

En los campos de chimeneas es común encontrar sedimentos negros provenientes de las mismas, compuesta principalmente por esfalerita, pirrotita, pirita y en menor proporción calcopirita, wurzita y azufre nativo. La composición de estos sedimentos es semejante a la de sedimentos de color ocre encontrados próximos a una chimenea inactiva.

Las chimeneas más calientes presentan calcopirita y bornita masiva, en sus zonas internas y emanan particulados negros compuestos por pirrotita, esfalerita y pirita.

Las paredes externas, más jóvenes, están formadas por sulfatos y sulfuros minerales y como se presenta una reducción en la permeabilidad de las paredes externas, entonces existe

una conservación de temperaturas elevadas, así como un pH bajo dentro de las chimeneas, la cual favorece la precipitación de sulfuros de cobre y fierro en las zonas centrales.

Las chimeneas activas e inactivas reposan sobre montículos basales, producto de la desintegración de las mismas chimeneas. A su vez, los montículos basales descansan sobre basalto fresco de superficie vítrea y negruzca debido a la presencia de hidróxidos de manganeso. Tanto la composición del basalto como del vidrio corresponde con toleítas oceánicas bajas en potasio y se estima que su edad varía, según el Grupo Cyamex (1980a), entre 1,700 y 21,000 años.

Los montículos basales pueden tener 30 m de largo, 15 m de ancho y 2 m de altura sobre el piso basáltico. Las diferencias mineralógicas entre montículos y chimeneas se atribuyen al intemperismo de los montículos. Por ejemplo, una rápida conversión de pirrotita a pirita puede explicar la ausencia de pirrotita en la mayoría de muestras de montículos, o bien, la pirrotita precipita a mayores temperaturas dentro del basalto que subyace a los montículos (Grupo Rise, 1980).

Los respiraderos hidrotermales también pueden presentar otras estructuras tales como chimeneas blancas, de las cuales pueden emanar soluciones claras o lechosas y que aportan principalmente sílice amorfa, azufre y pirita (tabla 1). Estas chimeneas pueden presentar también forma de estacas o de bola de nieve.

Las temperaturas de las chimeneas blancas pueden variar desde 32°C hasta cerca de 300°C y sus velocidades de flujo son del orden de decenas de centímetros por segundo.

El aspecto nublado y blanco de las emanaciones se debe principalmente a precipitados de barita y sílice. Las chimeneas de fumarolas blancas presentan una densa población de organismos y en el caso de las de

Tabla 1 Minerales constitutivos de los depósitos hidrotermales

		MONTICULOS	CHIMENEAS INACTIVAS	CHIMENEAS ACTIVAS			PARTICULADOS	
				SIN FUMAROLAS	CON FUMAROLAS NEGRAS	CON FUMAROLAS BLANCAS	NEGROS	BLANCOS
F A S E S	MAYORES	Esfalerita Wurzita Pirita	Esfalerita Azufre Pirita	Anhidrita Pirita	Anhidrita Calcopirita	Silice amorfa Azufre Pirita	Pirrotita	Silice amorfa Pirita Barita
	MENORES	Calcopirita Marcasita Silice amorfa Barita Azufre Goethita Oxihidroxido de Fe Jarosita	Calcopirita Wurzita Marcasita Silice amorfa Barita Goethita Oxihidroxido de Fe Jarosita		Esfalerita Pirita Hidroxisulfatohidratado de Mg Yeso	Barita Anhidrita	Pirita Esfalerita	
	ACCESORIAS	Cubanita Natrojarosita Talco	Natrojarosita Galena Bornita Cubanita Calococita	Yeso	Pirrotita Wurtzita Cubanita Bonita Covellita	Yeso Esfalerita Wurtzita Marcasita		

Modificado de Haymon y Kastner, (1981)

forma de bola de nieve son verdaderas masas esféricas con abundantes incrustaciones de poliquetos, las cuales están íntimamente asociadas con sílice y barita.

En las chimeneas inactivas o chimeneas muertas, se presentan rellenos de esfalerita, wurtzita, azufre y marcasita. En estas chimeneas la anhidrita ha sido disuelta y los sulfatos quedan constituidos por barita y productos de alteración, tales como jarosita y natrojarosita: mientras que en las chimeneas activas hay abundante anhidrita que precipita del agua de mar cuando se calienta ésta.

DISCUSIÓN

Aunque estos sulfuros masivos polimetálicos son de grado mineral, no constituyen grandes cuerpos y además una vez formados en los centros de dispersión, quedan sujetos a una oxidación inmediata y a una disolución parcial. Cuando estos sulfuros entran en contacto con las aguas de fondo, ricas en oxígeno, parece ser que no permanecen como sulfuros más allá del área no sedimentada de la zona axial. No obstante, los sulfuros depositados en los conductos hidrotermales, dentro de la capa basáltica, podrían sellarse y ser menos susceptibles a la oxidación formando futuros antecesores de secuencias ofiolíticas, como por ejemplo el complejo ofiolítico de Antalya descrito por Juteau et al., (1977), o el de Chipre (Grupo CYAMEX 1980b). Las semejanzas entre esos yacimientos y los depósitos encontrados en la Dorsal del Pacífico Oriental, permiten considerar a estos últimos como análogos recientes.

Por otro lado, los sulfuros de las cordilleras oceánicas no son en su totalidad de origen hidrotermal, sino que también hay precipitados químicos formados en la interfase agua-sedimento, la cual se presenta

cuando el agua de mar calentada y cargada con soluciones de fierro, manganeso y otros metales son descargados sobre el piso marino.

De acuerdo con Hutchinson (1978) los depósitos de sulfuros vulcanogénicos se pueden presentar en: 1) rocas volcánicas máficas o félsicas con mineralización de pirita, esfalerita y calcopirita, 2) rocas volcánicas calcoalcalinas con pirita, galena, esfalerita y calcopirita ó 3) rocas máficas, principalmente toleítas, que presentan, como minerales más abundantes, la pirita y calcopirita.

Considerando las grandes variaciones mineralógicas de una chimenea a otra y de una cordillera a otra se piensa que en el momento actual no es fácil elaborar casilleros que permitan establecer conexiones precisas entre las rocas y los diversos minerales sulfurosos.

CONCLUSIONES

Los hallazgos logrados en la Dorsal del Pacífico Oriental, son una evidencia de que la depositación de metales no queda circunscrita solamente a los océanos jóvenes, también en las zonas axiales de cordilleras oceánicas de apertura media y rápida se cuenta con fuentes naturales con altas concentraciones de metales pesados.

Se considera que los depósitos descubiertos en la Dorsal del Pacífico Oriental aportan un conocimiento metalogénico, que obliga en cierto grado a redefinir la historia geológica de los terrenos emergidos en términos de tectónica de placas. De esta forma, cabe reflexionar sobre la actividad metalogenética entre los depósitos de la Dorsal estudiados y aquellos presentes en la Sierra Madre Occidental y en el Eje Neovolcánico, donde hay depósitos de sulfuros polimetálicos del Plio-

ceno-Oligoceno, asociados con rocas volcánicas de origen continental y esencialmente en fracturas y fallas.

BIBLIOGRAFÍA

GRUPO CYAMEX, 1979. Massive deep-sea sulphide ore deposits discovered on the East Pacific Rise. *Nature* 277: 253-528.

GRUPO CYAMEX, 1980a. Homogeneous basalts from the East Pacific Rise at 21 N: Steady state magma reservoirs at moderately fast spreading centers. *Oceanologica Acta*, 3 (4): 487-503.

GRUPO CYAMEX, 1980b. Naissance d'un océan, sur la dorsal du Pacifique Est. CNEXO, Imprimerie Strasbourg, 84 p.

GRUPO RISE, 1980. East Pacific Rise: hot Spring and geophysical experiments. *Science*, 207 (4438).

HAYMON, R.M. y M. KASTNER, 1981. Hot spring of the East Pacific Rise at 21 N: preliminary description of mineralogy and genesis. *Earth and Planetary Science Letters*.

HUTCHINSON, R. M. 1973. Volcanogenic sulphide deposits and their metallogenic significance. *Econ. Geol.* 68: 1223-1225.

JUTEAU, T. A. NICOLAS, J. DUBESSY, J.C. FRUCHARD y J.L. BOUCHEZ, 1977. Structural relationship in the Antalya ophiolite complex, Turkey: Possible model for an oceanic ridge. *Geol. Soc. America, Bull*, 88: 1740-1748.

SAWKINS, F.J., 1972. Sulphure ore deposits in relation to plate tectonics. *J. Geol.* 80. (4) 377-397.

SILLITOE, R:H:, 1972. Formation of

certain massive sulfide deposits at
sites of seafloor spreading.
Trans. Instn. Min. Metall. 81:
3141-3148.

SOLOMON M. 1974., Massive sulfides
and plate tectonics.
Nature, 249: 821-822.