

Datos geoquímicos de roca total para la secuencia volcanosedimentaria Cretácica en Cuale-El Rubí, Jalisco, y Tierra Caliente, Guerrero, México

Eduardo González-Partida

Instituto de Investigaciones Eléctricas, Depto. de Geotermia, Cuernavaca, México.

Recibido: 31 de enero, 1992; aceptado: 11 de enero, 1993.

RESUMEN

Se presentan datos geoquímicos de roca total en dos sectores de la faja volcanosedimentaria del Cretácico de la región de Tierra Caliente, Guerrero y Cuale-El Rubí en Jalisco, México. El volcanismo félsico de Cuale-El Rubí, de carácter explosivo y de inyección dómica, contiene sulfuros masivos polimetálicos y las rocas tienen una tendencia geoquímica que corresponde a una serie magmática del tipo calco-alkalino, magmatismo clásico de márgenes continentales activos. En contraste, las rocas de Tierra Caliente con lavas máficas a la base y tobas cloritizadas que alojan sulfuros masivos, tienen una tendencia alcalina y se formaron muy probablemente en una etapa de riftificación de la cuenca de pos-arco postulado por González-Partida y Torres (1988) hacia el margen Occidental de México para el Cretácico. La cintura volcanosedimentaria es un metalotectón revelador de mineralizaciones polimetálicas de Pb-Zn-Ag, barita y Mn.

PALABRAS CLAVE: Geoquímica de roca total, volcanismo cretácico, calco-alkalino, margen continental activo, alcalino, metalotectón, México.

ABSTRACT

Whole rock geochemical analyses of two areas in the Cretaceous volcanic-sedimentary belt of central Mexico are presented. The felsic explosive, dome-forming volcanism in Cuale-El Rubí, Jalisco, is classical magmatism in active continental margins. These rocks contain massive sulfides and the geochemistry suggests a magmatic series of the calc-alkaline type. The rocks from Tierra Caliente, Guerrero, have mafic lavas at the base and chloritized tuffs host massive sulfides. These rocks are alkaline and were probably formed by rifting in a back-arc basin on the western margin of Mexico in the Cretaceous. The volcano-sedimentary belt is a metallotecton featuring mineralization of Pb-Zn-Ag, Barite and Mn.

KEY WORDS: whole rock geochemical analyses, Cretaceous volcanism, calc-alkaline, continental margin, back-arc basin, rifting, metallotecton, Mexico.

INTRODUCCION

El presente artículo se refiere a rocas volcánicas relacionadas con sedimentos marinos del Cretácico en el margen Centro-Occidental de México. Dos sectores fueron muestreados; las zonas aledañas a los sulfuros masivos de Cuale-El Rubí-La América en el Estado de Jalisco, con coordenadas 20° 22' N y 105° 07' W y la región de Tierra Caliente (entre Teloloapan y Arcelia, Estado de Guerrero). Esta área queda geográficamente enmarcada por los paralelos 18° 00' a 19° 00' N y 100° 00' a 100° 15' W (Fig. 1). El volcanismo ácido está relacionado a los sulfuros masivos de Rey de Plata y Campo Morado.

Nieto *et al.* (1977) realizaron investigaciones tectónico-metalogenéticas para considerar el potencial económico-minero de la región de Tierra Caliente. Allí mismo, Zamorano (1977) y Lorinczi y Miranda (1978) publicaron información sobre los sulfuros masivos asociados a una secuencia volcanosedimentaria Cretácica. Posteriormente de los trabajos de Nieto *et al.* (1977) surgieron los de

González-Partida (1981, 1985, 1991, 1993), Charoy y González-Partida (1984), Macías y Solís (1985), González-Partida y Arnold (1987), González-Partida *et al.* (1987), González-Partida y Torres (1987, 1988), todos ellos relacionados con la geología económica de la cintura volcánica del Cretácico.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL MUESTREO

En la región de Cuale-El Rubí, las rocas volcanosedimentarias cretácicas descansan sobre esquistos pelíticos, los cuales son intrusionados por granodioritas (González-Partida *et al.*, 1987; Zimmermann *et al.*, 1988). Su relación estratigráfica con el paquete volcanosedimentario no es muy clara; sin embargo, un poco más hacia el Este, los intrusivos afectan andesitas del Terciario Inferior (González-Partida y Martínez, 1989). Localmente afloran riolitas porfídicas con fenocristales de cuarzo automorfo en una matriz afanítica, tobas de composición dacítica a riolítica (predominando éstas últimas) intercaladas con arenas

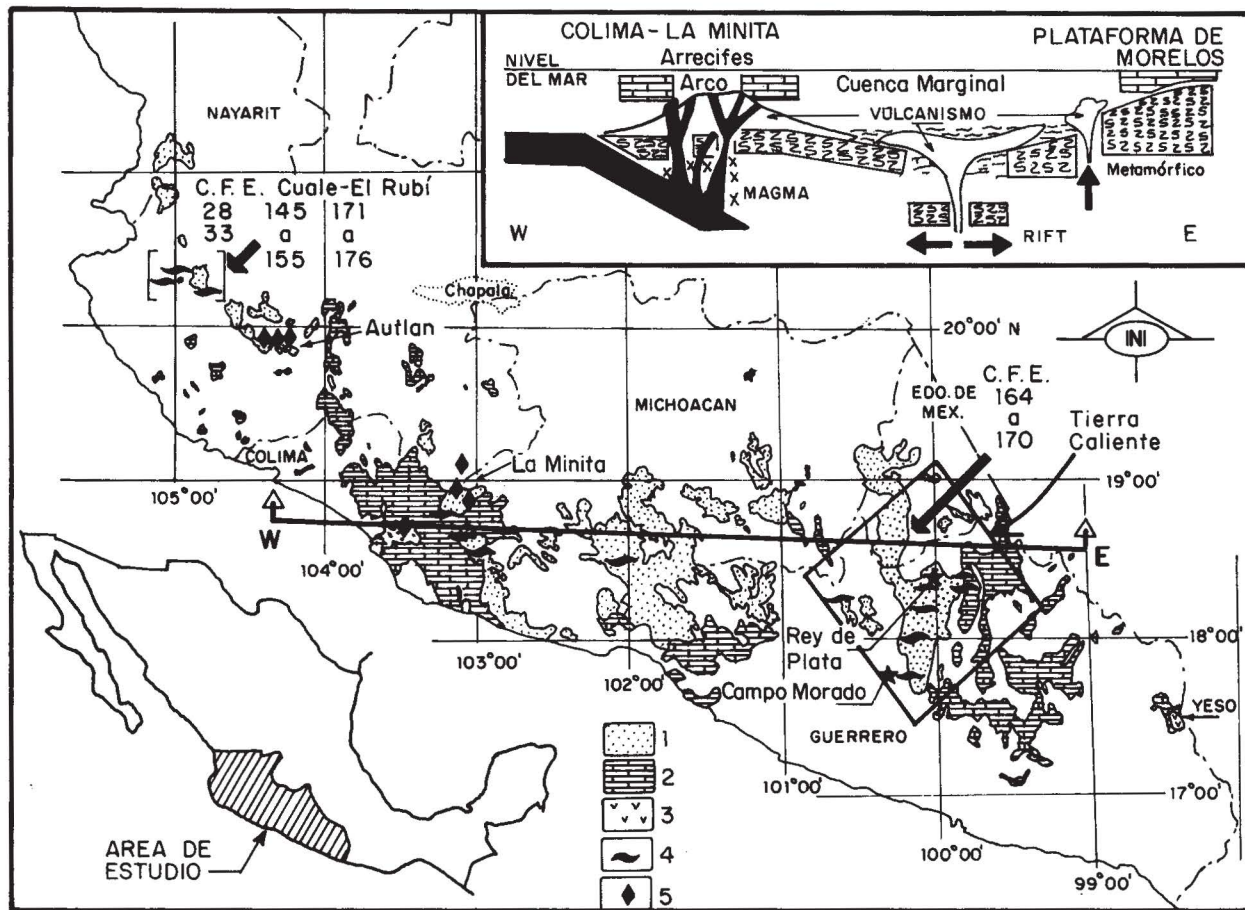


Fig. 1. Esquema geológico del Cretácico Inferior y sección tectónica hipotética de la peleoгеografía viendo al Norte: 1- Unidades litológicas volcanosedimentarias, 2-Caliza, 3-Yeso, 4-Sulfuros masivos polimetálicos, 5-Mantos sinsedimentarios de manganeso (tomado de González-Partida, 1991).

tobáceas y horizontes de clorita dándole a la roca un aspecto de lutita carbonosa. Las tobas se encuentran parcialmente cloritizadas debido a su medio submarino de depósito. Un muestreo sistemático en las unidades volcánicas fue realizado para su análisis químico de roca total.

En Teloloapan-Arcelia (Tierra Caliente) las rocas volcánicas se depositaron junto con rocas carbonatadas de la plataforma de Morelos; hacia la base y descansando sobre un basamento metasedimentario se encuentran lavas basálticas "apiladas" cubiertas con tobas y sedimentos calcáreos del Cretácico. Lavas de este tipo fueron igualmente observadas en Ocurio-Zitácuaro, Michoacán.

Es importante señalar que hacia Cuale-El Rubí sólo afloran rocas félsicas. Sin embargo en Tierra Caliente, los basaltos y andesitas basálticas subyacen a paquetes importantes de tobas, las cuales alojan a los sulfuros masivos de la región. El muestreo aquí fue solamente realizado en las lavas y una toba. Debido al medio submarino de depósito, éstas rocas tienden a perder sus características originales, por lo que a partir de un muestreo mayor sólo 25 rocas fueron consideradas en este trabajo. En efecto, los estudios

geoquímicos en este tipo de volcanismo son particularmente difíciles, ya que las rocas adquieren con facilidad características de espilitización aunando además, los diversos procesos diagenéticos que pueden actuar sobre las unidades litológicas.

Geoquímica de elementos mayores

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se analizaron las rocas en los laboratorios del Centro Nacional de Investigaciones Petrográficas y Geoquímicas (CRPG-CNRS) de Nancy, Francia, por medio de un espectrómetro de emisión, usando una fuente de plasma acoplado de acuerdo a la metodología de trabajo empleada por Govindaraju (1980). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

La Figura 2 muestra el diagrama de álcalis-sílice denominado TAS por Le Bas *et al.* (1986); en él se muestra la clasificación de las rocas ígneas de las dos zonas estudiadas. Además se han graficado los resultados obtenidos para la Formación Alisitos en Baja California por Almazán (1988a, b). Estas rocas fueron descritas y caracterizadas geoquímicamente como pertenecientes a la

Tabla 1

Resultados de análisis químico de elementos mayores y norma CIPW

MUESTRAS	CFE-28	CFE-33	CFE-145	CFE-146	CFE-147	CFE-148	CFE-149	CFE-150
COORDENASAS	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W
LOCALIDAD	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí
ANÁLISIS QUÍMICO:								
SiO ₂	79.30	78.23	76.82	76.28	68.86	76.74	74.57	56.53
TiO ₂	0.18	0.07	0.19	0.18	0.47	0.15	0.21	1.15
Al ₂ O ₃	8.58	10.36	12.00	12.14	13.52	12.00	12.16	16.51
Fe ₂ O _{3-Total}	2.81	1.53	2.96	2.11	4.15	2.62	3.57	7.16
MnO	0.02	0.01	0.05	0.05	0.12	0.05	0.06	0.17
MgO	0.31	0.00	0.95	0.67	1.54	0.73	0.51	2.47
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	0.00	0.48	5.27
Na ₂ O	0.13	2.87	3.54	3.35	3.50	3.68	0.75	5.20
K ₂ O	6.26	4.39	2.46	3.25	3.98	2.61	5.81	1.59
L.O.I.	1.77	1.39	1.32	1.09	2.22	1.35	1.45	2.87
H ₂ O								
P ₂ O ₅	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10	0.04	0.00	0.27
Total	99.37	98.85	100.29	99.12	100.38	99.97	99.57	99.19
NORMA CIPW:								
Ap	0.02				0.22	0.09		0.60
Il	0.04	0.02	0.10	0.10	0.26	0.10	0.12	0.37
Or	36.46	25.69	14.14	18.70	23.77	15.02	33.18	9.44
Ab	1.08	24.05	29.14	27.62	29.95	30.32	6.13	44.20
An	0.06				8.97	0.25	2.30	17.09
Di								3.61
Hy	0.50		1.51	1.07	2.55	1.17	0.81	3.10
Oi								
Ne								
C	3.19	1.76	6.84	6.07	0.41	6.27	7.29	
Q	53.44	44.36	44.21	42.29	27.48	43.26	44.69	8.34
Hm	2.78	1.52	2.89	2.06	4.21	2.56	3.46	7.21
Tn								2.36
Pv								
Ru	0.16	0.06	0.13	0.12	0.34	0.09	0.14	
Wo								
Total	97.60	97.46	98.97	98.03	98.16	98.62	98.12	96.32
A	65.05	81.02	58.60	68.64	54.87	63.33	59.44	39.44
M	3.16		9.28	6.97	11.30	7.35	4.62	14.35
F	31.79	18.98	32.12	24.39	33.83	29.32	35.94	46.21
Q	61.93	59.47	60.21	59.53	56.04	59.85	60.38	50.53
M	2.74	1.32	3.45	2.42	5.45	2.94	3.71	11.16
L	35.33	39.21	36.34	38.05	38.50	37.21	35.91	38.30

Tabla 1 (Continuación)

MUESTRAS	CFE-152	CFE-153	CFE-154	CFE-155	CFE-171	CFE-172	CFE-173	CFE-174
COORDENADAS	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W
LOCALIDAD	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí
ANÁLISIS QUÍMICOS:								
SiO ₂	55.90	51.19	73.41	74.85	67.58	74.43	74.55	72.28
TiO ₂	1.09	0.98	0.54	0.53	0.04	0.14	0.16	0.18
Al ₂ O ₃	16.61	16.75	12.37	11.66	12.82	13.70	11.34	13.43
Fe ₂ O _{3-Tot}	8.31	7.69	3.45	3.20	5.83	2.32	3.26	2.83
MnO	0.19	0.56	0.03	0.08	0.01	0.03	0.03	0.03
MgO	3.51	2.43	0.99	0.97	0.67	1.36	1.03	1.02
CaO	4.31	7.05	1.58	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	4.52	3.76	2.81	2.32	0.13	4.04	0.09	1.09
K ₂ O	1.47	4.25	2.86	3.25	8.54	2.16	6.79	6.48
L.O.I.	2.77	5.33	0.88	1.20	3.69	1.78	1.81	2.02
H ₂ O								
P ₂ O ₅	0.32	0.23	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	99.00	100.22	98.92	98.85	99.31	99.96	99.07	99.36
NORMA CIPW:								
Ap	0.72	0.49		0.06			0.02	
Il	0.42	1.16	0.06	0.17	0.02	0.06	0.06	0.06
Or	8.91	24.34	16.73	18.77	49.00	12.31	38.90	36.84
Ab	39.26	30.47	23.54	19.19	1.07	32.97	0.74	8.88
An	19.80	15.78	7.76	3.49			0.06	
Di		13.82						
Hy	5.90		1.61	1.55	1.07	2.15	1.64	1.61
Ol		0.28						
Ne		0.20						
C	1.05		3.53	5.90	6.54	9.11	7.51	8.91
Q	10.71		40.89	44.94	32.22	39.24	45.17	38.17
Hm	8.55	7.48	3.42	3.14	5.68	2.24	3.17	2.73
Tn								
Pv		0.87						
Ru	0.90		0.50	0.43	0.03	0.10	0.12	0.14
Wo								
Total	96.23	94.89	98.04	97.65	95.62	98.18	97.26	97.34
A	31.97	42.19	54.03	55.17	54.81	61.16	59.66	64.51
M	18.74	12.80	9.43	9.61	4.24	13.41	8.93	8.69
F	49.29	45.01	36.53	35.22	40.96	25.43	31.41	26.80
Q	50.83	47.61	59.37	60.51	57.49	59.24	60.70	59.00
M	12.17	16.29	3.97	3.80	6.12	3.12	3.80	3.35
L	36.99	36.11	36.66	35.69	36.38	37.64	35.50	37.65

Tabla 1 (Continuación)

MUESTRAS	CFE-175	CFE-176	CFE-164	CFE-165	CFE-166	CFE-167	CFE-168	CFE-169	CFE-170
COORDENADAS	20°22' N 105°07' W	20°22' N 105°07' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W	18°00' - 19°00' N 100°00' - 100°15' W
LOCALIDAD	Cuale - El Rubí	Cuale - El Rubí	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente	Teloloapan - Tierra Caliente
ANÁLISIS QUÍMICOS:									
SiO ₂	82.12	77.73	49.23	43.21	44.23	45.38	48.78	48.20	72.42
TiO ₂	0.09	0.11	1.14	1.09	0.46	2.67	1.05	2.62	0.36
Al ₂ O ₃	9.03	12.02	16.84	13.08	9.97	14.51	19.04	16.45	12.90
Fe ₂ O ₃ Total	0.87	2.19	8.71	9.68	2.26	11.64	10.25	10.79	1.56
MnO	0.02	0.03	0.14	0.20	0.12	0.17	0.13	0.20	0.02
MgO	0.00	0.34	8.11	8.00	0.68	6.29	5.64	5.89	0.66
CaO	0.00	0.00	5.47	15.28	17.29	7.15	6.18	4.18	3.34
Na ₂ O	0.72	4.14	3.01	1.06	2.71	3.11	3.08	3.19	3.35
K ₂ O	5.79	2.93	2.69	0.14	1.43	2.29	1.38	3.38	2.52
L.O.I.	0.64	0.55	3.81	7.49	16.31	5.43	3.74	3.75	2.38
H ₂ O									
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.28	0.23	0.02	0.56	0.15	1.05	0.14
Total	99.28	100.04	99.43	99.46	95.48	99.20	99.42	99.70	99.65
NORMA CIPW:									
Ap			0.64	0.49	0.04	1.27	0.34	2.38	0.31
Il	0.04	0.06	0.31	0.41	0.25	0.37	0.29	0.44	0.04
Or	33.65	17.00	16.55	0.80	8.37	13.90	8.43	20.53	14.87
Ab	5.99	34.41	26.52	8.64	22.71	27.04	26.96	27.76	28.31
An			25.51	29.40	10.71	19.39	30.70	14.27	12.70
Di				35.04	4.15	3.95			1.57
Hy		0.55	10.59	3.30		9.54	9.56	9.93	0.66
Ol			5.02						
Ne									
C	3.11	4.01					3.32	5.06	
Q	54.92	41.23		2.50	1.38	0.07	4.51	1.99	36.42
Hin	0.86	2.16	9.10	9.35	2.24	11.99	10.63	11.13	1.56
Tn			0.60	2.04	0.79	6.25			0.83
Pv									
Ru	0.07	0.07	0.78				0.94	2.46	
Wo					28.52				
Total	98.64	99.49	95.62	91.97	79.17	93.77	95.68	95.95	97.27
A	87.07	71.82	24.27	6.01	56.47	21.93	20.75	26.87	71.03
M		3.45	34.53	40.09	9.28	25.54	26.24	24.09	7.99
F	12.93	24.72	41.21	53.90	34.26	52.53	53.00	49.04	20.98
Q	61.24	59.06	47.73	48.32	51.18	46.81	48.48	47.74	58.22
M	0.73	2.20	18.38	30.76	21.60	20.52	16.40	17.72	2.43
L	38.83	38.73	33.89	20.92	27.22	32.67	35.12	34.54	39.35

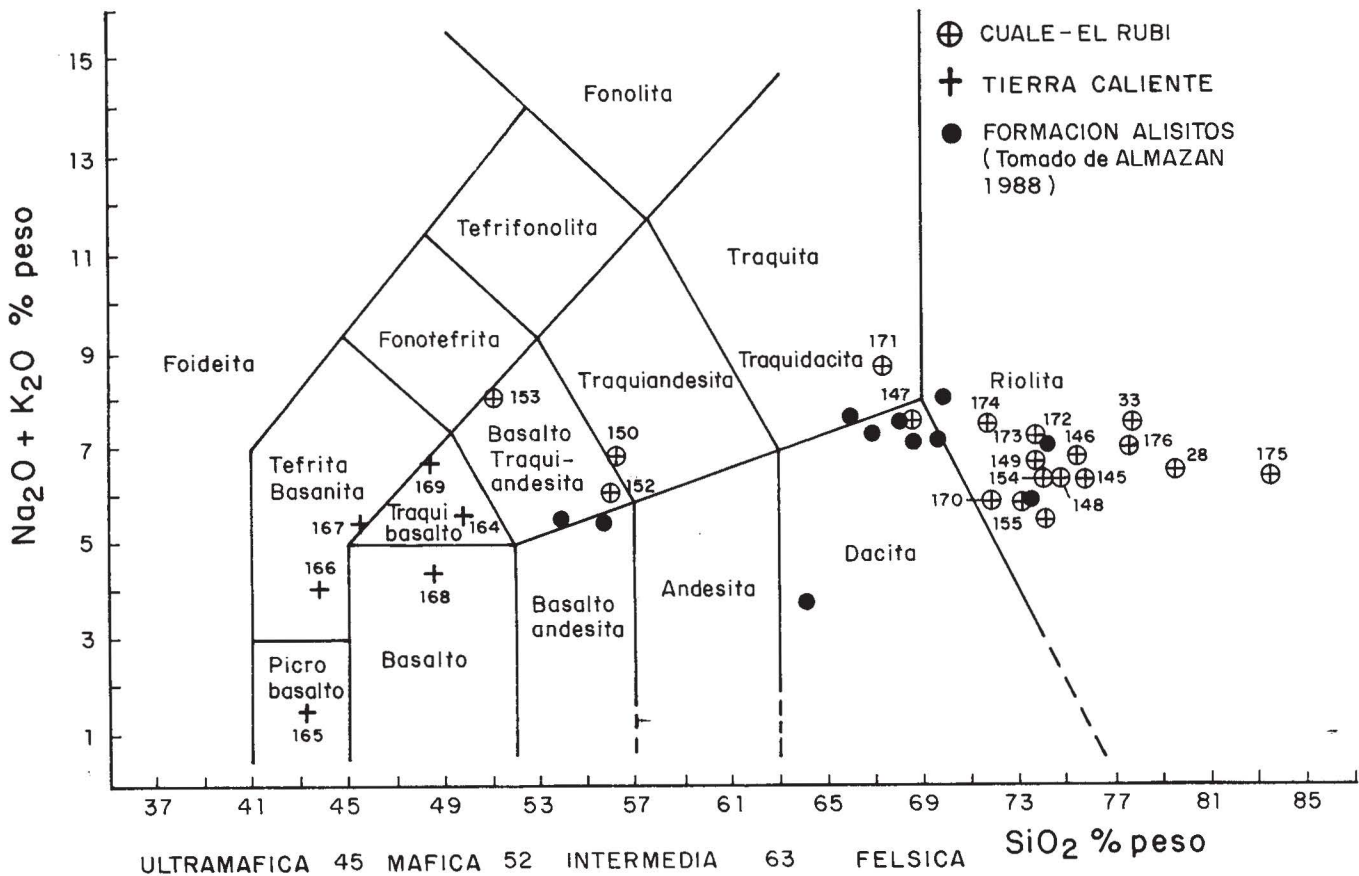


Fig. 2. Diagrama de clasificación química de las rocas ígneas TAS, basado en el comportamiento álcalis totales-sílice propuesto por Le Bas *et al.* (1986).

serie calco-alcalina y formadas en un arco insular durante el Aptiano-Albiano, cerca de la margen occidental de la Placa de América del Norte, y probablemente constituyan la continuación hacia el NW de la faja volcánica objeto de este estudio. Las rocas de Cuale presentan una sobresaturación de sílice y pertenecen a riolitas y dacitas principalmente; estas son similares a las rocas más diferenciadas del arco Alisitos. Sin embargo, las de Tierra Caliente están en el límite de la subsaturación de sílice y se clasifican como lavas de composición basáltica.

De acuerdo con el diagrama de Kuno (1968), se observan dos grupos con tendencias diferentes (ver Fig. 3). El primero pertenece a la serie alcalina con miembros máficos y corresponde a las lavas de Tierra Caliente, el segundo se confunde con las muestras del arco Alisitos y cubre los miembros más diferenciados de las series calco-alcalina y toleítica. Este diagrama es poco discriminativo cuando se trata de rocas muy diferenciadas, los últimos miembros félsicos difícilmente pueden tipificar una serie. La Figura 4 muestra el diagrama AFM, en donde además de los álcalis interviene el hierro total y el magnesio, aquí se observa un poco más clara la tendencia calco-alcalina de las rocas de Cuale-El Rubí, pero el diagrama no muestra la tendencia de la serie alcalina para las muestras de Tierra Caliente.

El diagrama de la Figura 5 fue propuesto por De La Roche *et al.* (1980) y los parámetros SS-AC-MM están en miliciones. Su alto poder discriminativo en la diferenciación de series magmáticas radica en que considera todos los elementos mayores, el fraccionamiento de las plagioclasas y el enriquecimiento en cuarzo a medida que avanza la diferenciación de un magma. Se reconfirma que las rocas de Cuale-El Rubí tienen una tendencia calco-alcalina y se pone asimismo en evidencia que las muestras 149, 171, 173, 174 y 175 presentan alteración, desplazándose de la tendencia esperada. Las rocas de Tierra Caliente muestran una clara tendencia alcalina, ya que en este diagrama, los magmas de este tipo siguen una tendencia opuesta a la serie calco-alcalina.

Implicaciones geológicas

Los márgenes continentales activos generan magmas con tendencia calco-alcalina y las distensiones ("rifts") profundas tanto oceánicas como continentales magmas alcalinos. Así el arco volcanosedimentario Terciario del Japón estudiado por Dudas *et al.* (1983) muestra una tendencia calco-alcalina para las rocas asociadas a los sulfuros masivos tipo Kuroko (Ohmoto y Skinner, 1983).

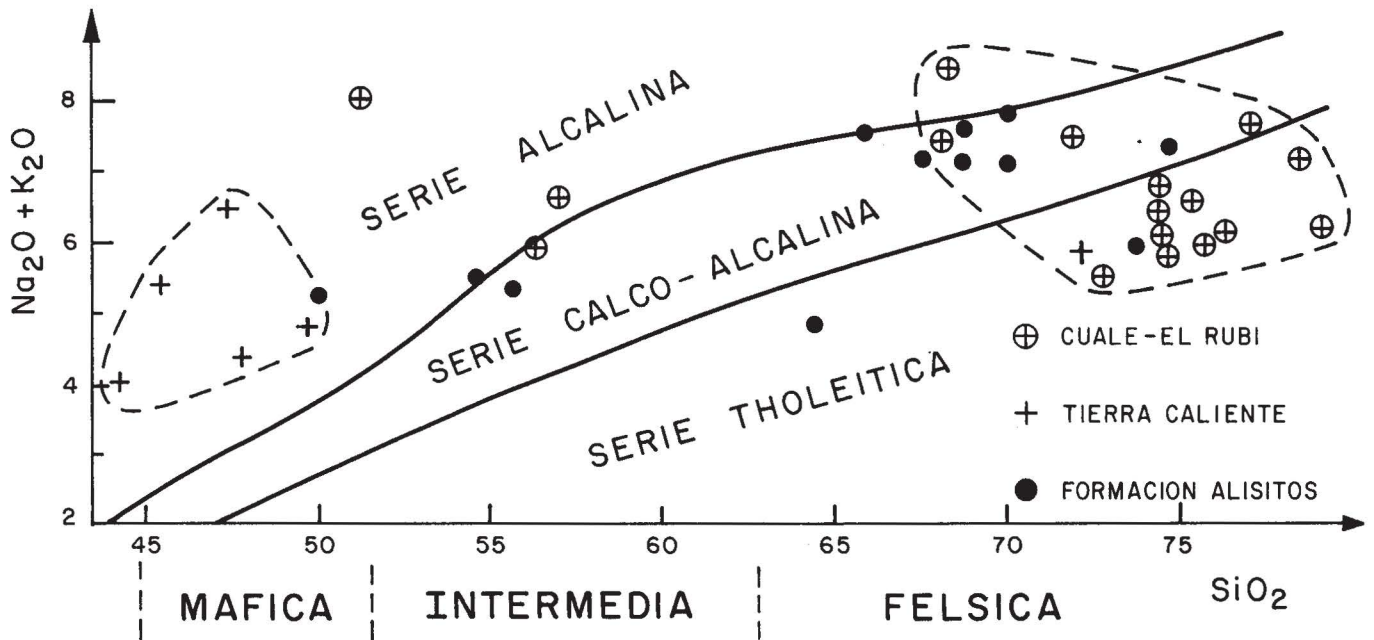


Fig. 3. Diagrama álcalis-sílice de Kuno (1968) que separa las series magmáticas alcalina, calco-alcalina y toleítica.

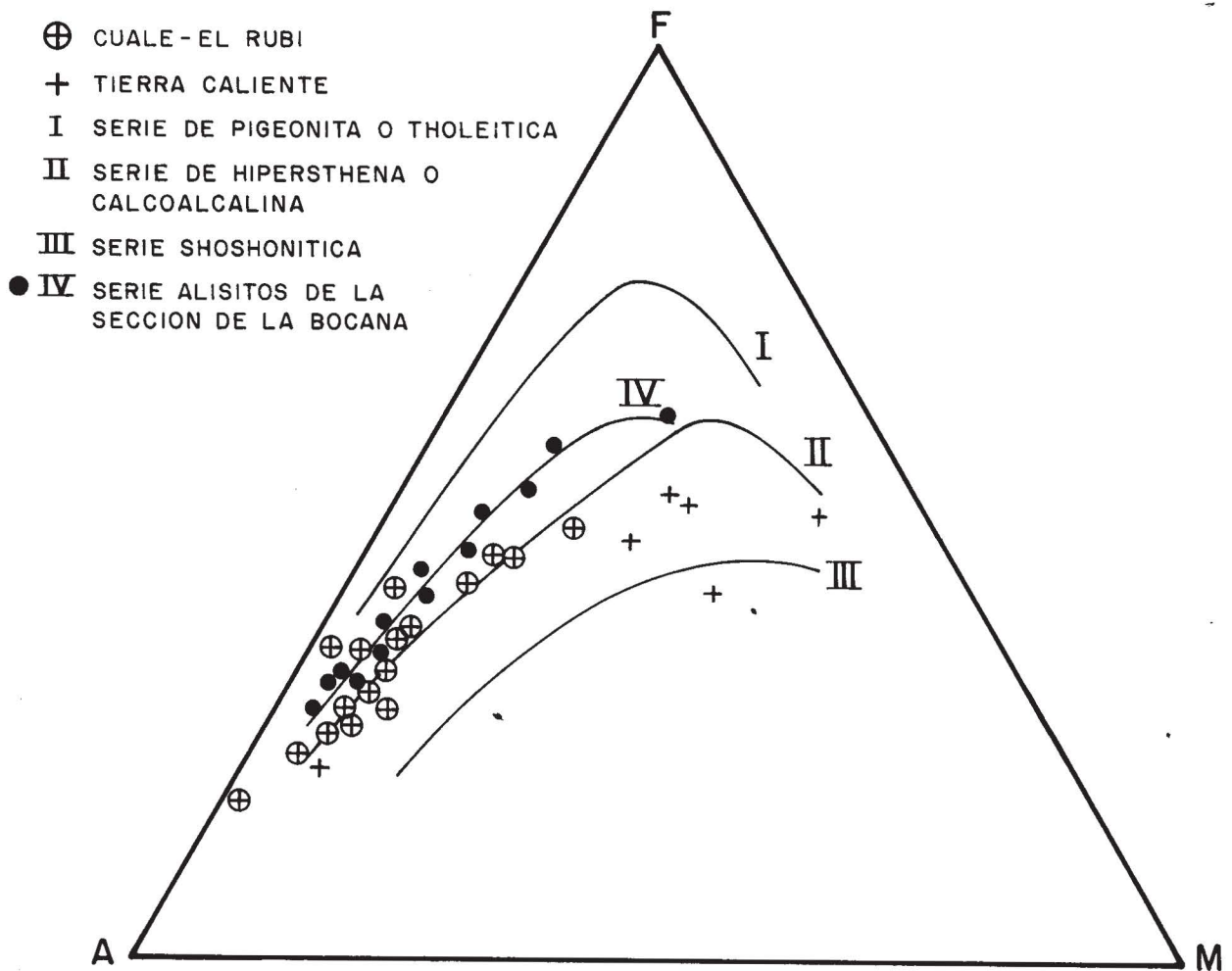


Fig. 4. Diagrama AFM de Kuno (1968) separador de series magmáticas.

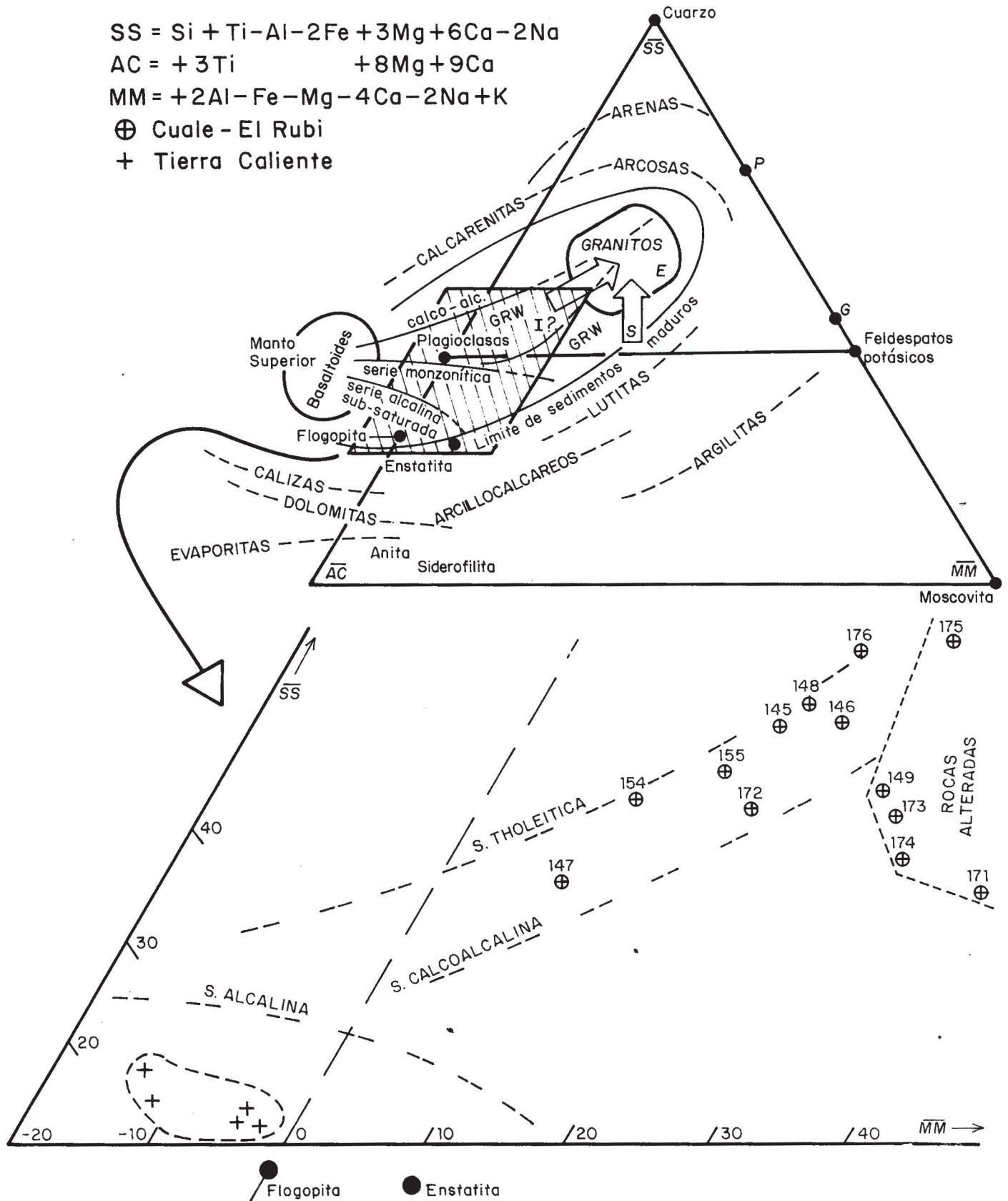


Fig. 5. Diagrama de clasificación de las rocas volcánicas de De La Roche *et al.* (1980). Comportamiento de las rocas de Tierra Caliente y de Cuale - El Rubí.

Tabla 2

Síntesis de resultados geoquímicos en algunos sulfuros masivos relacionados con la secuencia volcanosedimentaria cretácica (tomado de González-Partida, 1985 y 1991) T°C = temperatura de formación. (n) = número de muestras analizadas isotópicamente en sulfuros y sulfatos.

YACIMIENTO	gr/Ton		% Ton				RESULTADOS DE INCLUSIONES FLUIDAS		RESULTADOS ISOTOPICOS
	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Ba	T °C	SALINIDAD Eq % NaCl	$\delta^{34}\text{S}$ ‰ (n)
CUALE	1.1	151	4.4	1.1	0.3	0	150 a 410	0.7 a 14	+ 1.36 a + 7.48 (56) SULFUROS
EL RUBI	0	150	3.7	2	2	20	160 a 260	1 a 12	SULFUROS - 3.17 a + 5.26 (20) SULFATOS + 22 (5)
LA MINITA	0	78	4	0.3	0	48	140 a 360	5 a 16	SULFUROS - 16.13 a + 1.22 (15) SULFATOS + 15.3 a + 17.11 (15)
CAMPO MORADO	1.2	111	3.1	1.1	6	0	Medio euxínico		SULFUROS - 58.32 a - 3.40 (26)

En México la región de Tierra Caliente ha sido estudiada por Campa (1978) quien plantea dos zonas de subducción para explicar la distribución del volcanismo; hacia el Norte del país, Gastil y Krummenacher (1978, 1979) y Gastil (1983) habían realizado una interpretación similar. De Cserna y Fries (1981) publican la estratigrafía del lugar sin interpretar el volcanismo en términos de tectónica de placas; luego, De Cserna (1989) considera un "rift" que estuvo activo en la región para el Albiano-Cenomaniano. Carfantán (1983) intuye una entrada del mar de Tetis pero para la geodinámica del Portlandiano-Turoniano. Contrario a las ideas anteriores, Coney (1983) muestra un cambio en la polaridad de la zona de subducción para el Albiano actuando ésta a partir del Atlántico y no del Pacífico como estaba sucediendo hasta el Jurásico.

En Baja California la formación Alisitos es considerada por Almazán (1988) como un arco insular de naturaleza calco-alcalina emplazado cerca de la margen occidental de la placa de Norte América. González-Partida y Torres (1988) interpretan un arco insular en el occidente de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero con una cuenca marginal hacia el continente limitada por la plataforma de Morelos y la "riftificación" de esta cuenca propició el emplazamiento del volcanismo Cretácico de Tierra Caliente. Por lo anterior, se considera que el volcanismo de Cuale-El Rubí corresponde a un arco insular calco-alcalino y el de Tierra Caliente a una cuenca que se "riftificó" propiciando un magmatismo con carácter alcalino.

Las afirmaciones anteriores deben de ser reconfirmadas con muestreos y estudios geoquímicos más sistemáticos sobre este volcanismo.

Volcanismo y mineralización

Los sulfuros masivos polimetálicos de la porción Centro-Occidental de México están estrechamente relacionados con el volcanismo Cretácico (González-Partida y Torres, 1988). Las características genéticas de estos yacimientos fueron presentadas por González-Partida (1985) y un resumen de los resultados económicos, microtermométricos e isotópicos más importantes tomados de González-Partida (1991) se presentan en la Tabla 2.

Las menas polimetálicas están asociadas a centros exhalativos submarinos, algunos de los cuales han desarrollado mineralizaciones en "stockwork" con menas proximales y distales respecto al centro exhalativo que las originó. De la Tabla 2 se deduce que los sulfatos de las mineralizaciones (como es el caso del yacimiento de la Minita, Michoacán, en donde la barita es el elemento explotable), presentan valores isotópicos que se pueden relacionar al de los sulfatos del agua de mar en el Cretácico (Claypool *et al.*, 1980).

CONCLUSIONES

Se presentan datos geoquímicos de roca total en dos sectores de la faja volcanosedimentaria del Cretácico de la porción Centro-Occidental de México: la región de Cuale-

El Rubí en Jalisco, en donde predominan los productos piroclásticos félsicos, mientras que en la región de Tierra Caliente (Guerrero) las lavas subyacen a tobas cloritizadas y espilitizadas evocando un medio submarino de depositación.

El volcanismo félsico de Cuale-El Rubí, de carácter explosivo y de inyección dómica, contiene sulfuros masivos polimetálicos, y las rocas tienen una tendencia geoquímica que corresponde a una serie magmática del tipo calco-alcalino, magmatismo clásico de márgenes continentales activos. En contraste, las rocas de Tierra Caliente con lavas máfico a la base y tobas cloritizadas tienen una tendencia alcalina y se formaron probablemente en una etapa de "riftificación" a la cuenca de pos-arco postulada hacia el margen occidental de México para el Cretácico.

La faja volcanosedimentaria es un metalotectón revelador de mineralizaciones polimetálicas a Pb-Zn-Ag, barita y Mn.

AGRADECIMIENTOS

El autor está en deuda con los geólogos de la Universidad de Guerrero quienes le acompañaron durante una parte del muestreo por Tierra Caliente, con el laboratorio del CRPG-CNRS de Nancy, Francia, por haber realizado los análisis químicos de roca total y con el Dr. Surendra Pal Verma por sus valiosos consejos y ánimo en la realización de este trabajo, con Adrián Patiño y Pedro Faz en la elaboración del documento. No omito mi agradecimiento a los árbitros anónimos que hicieron posible su publicación final con sus oportunas sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAZAN, V.E., 1988a. Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la Península de Baja California. *Rev. Inst. Geol. UNAM*, 7, 41-51.
- ALMAZAN, V.E., 1988b. Geoquímica de las rocas volcánicas de la Formación Alisitos del Arroyo La Bocana en el Estado de Baja California Norte. *Rev. Inst. Geol. UNAM*, 7, 78-88.
- CAMPA, U., 1978. La Evolución tectónica de Tierra Caliente, Gro. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 2, 52-64.
- CARFANTAN, J.C., 1983. Les ensembles géologiques du Mexique Meridional; Evolution géodynamique durant le Mésozoïque et le Cénozoïque. *Geofis. Int.*, 22, 9-37.
- CONEY, P., 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y Caribe. *Rev. Inst. Mex. Pet.*, 1, 1-15.

- CLAYPOOL, H.T., H. OLSAORW, I. KAPLAN, H. SAKAI y ZAKI, 1980. The age of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. *Chem. Geol.*, 28, 199-260.
- CHAROY, B. y E. GONZALEZ-PARTIDA, 1984. Analyses des phases fluides associées la genèse des amas sulfurés et des filons Au-Ag de la province de Taxco-Guanajuato (Mexique). *Bull. Minéral.*, 107, 285-305.
- DE CSERNA, Z., 1989. An outline of the geology of Mexico. In: BALLY A. W. and PALMER A. R. eds., The Geology of North America. An overview. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 9, 233-264.
- DE CSERNA, Z. y C. FRIES, 1981. Hoja Taxco 147-b (7), con resumen de la Geología de México, Serie 1: 100,000. *Inst. Geol. UNAM*, 1-47.
- DE LA ROCHE, H., J. LATERRIER, P. GRANDCLAUD y M. MARCHAL, 1980. A Classification of Volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, 29, 183-210.
- DUDAS, F.O., I.H. CAMPBELL y M.P. GORTON, 1983. Geochemistry of igneous rocks in the Hokuroku District Norther Japan. *Econ. Geol.*, 5, 115-133.
- GASTIL, G., 1983. Mesozoic and Cenozoic granitic rocks of Southern California and Western Mex. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 159, 265-275.
- GASTIL, G. y KRUMMENACHER, 1978. The migration of the axis of Pacific margin magmatism across Baja California, Sonora and Chihuahua. Simposio sobre Geología y potencial minero del Estado de Sonora. *Rev. Inst. Geol. UNAM*, 63-64.
- GASTIL, G. y KRUMMENACHER, 1979. Reconnaissance geologic map of Central part of the State of Nayarit, Mexico. *Geol. Soc. Am.*, Map and Short series MC-24, esc. 1:200 000. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1-80.
- GONZALEZ-PARTIDA, E., 1981. La Province Filonienne Au-Ag, de Taxco-Guanajuato (México). CRPG-CNRS-IPN. Nancy Francia. (*Thèse Doctor Ingénieur*), *Inédita*, 235 p.
- GONZALEZ-PARTIDA, E., 1985. Etude Metallogénique de la partie Centre-Occidentale du Mexique. CRPG-CNRS-IPN. Nancy, Francia. *Thèse Doctorat d'Etat Inédita*, 323 p.

- GONZALEZ-PARTIDA, E., 1991. Los sulfuros masivos Albiano-Cenomanianos de México: Características genéticas sobre el ejemplo de Cuale-El Rubí, Jal. (México). *Actas Fac. Ciencias Tierra UANL Linares*, 5, 1-29.
- GONZALEZ-PARTIDA, E., 1993. Características petrográficas, geoquímicas, cristaloquímicas y de inclusiones fluidas del metamórfico Paleozoico de Tierra Caliente. *Geofís. Int. (en prensa)*.
- GONZALEZ-PARTIDA, E. y M. ARNOLD, 1987. The Cuale-El Rubí mineralization: a mexican Kuroko-type origin of sulfur. *Terra Cogn.*, 7, 326-327.
- GONZALEZ-PARTIDA, E. y R.V. TORRES, 1987. El Cretácico volcanosedimentario de la parte centro-occidental de Mexico: Implicaciones tectónicas y metalogenéticas. *Actas, Fac. Ciencias Tierra UANL Linares*, 2, 155-164.
- GONZALEZ-PARTIDA, E. y R.V. TORRES, 1988. Evolución tectónica de la porción Centro-Occidental de México y su relación con los yacimientos minerales asociados. *Geofís. Int.*, 27, 543-581.
- GONZALEZ-PARTIDA, E. y S.R. MARTINEZ., 1989. Geocronología, termometría e isotopía de azufre y carbono de la Brecha Cuprífera La Sorpresa, Jal. *Rev. Inst. Geol. UNAM*, 8, 202-210.
- GONZALEZ-PARTIDA, E., R.V. TORRES, J. STUSSI J. y J. ZIMMERMANN, 1987. Análisis geoquímicos de los granitoides aflorantes en el sector Puerto Vallarta-Rio Grande Santiago, Jal. Mex. *Litosfera*, 1, 33- 50.
- GOVINDARAJU, K., 1980. Life with spectrochemical sources in a rock analysis laboratory : Thirty elements excitement. *In: R. Barnes (ed). Atomic plasma spectrochemical analysis, San Juan Puerto Rico. Proc. Symp., Amharst. USA*, 10-11.
- KUNO, H., 1968. Differentiation of Basalt Magmas. *In: Basalts*, 2, 623-688, Hess. H H. and Poldervaart, A., eds., Interscience, N.Y.
- LE BAS, M.J., R.W. LE MAITRE, A. STRECKEISEN y B. ZANETTIN, 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *J. Petrol.*, 27, 745-750.
- LORINCZI, G.I. y V.J.C. MIRANDA, 1978. Geology of the massive sulfide deposits of Campo Morado, Guerrero, Mexico. *Econ. Geol.*, 73, 180-191.
- MACIAS, R.C. y P.G. SOLIS, 1985. Mineragrafía, microtermometría e Isotopía de algunos yacimientos del Distrito Minero de Cuale, Jal. *Fac. Ing. UNAM, Tesis Prof.*, 128 p.
- NIETO, O.J., R.R. CRUZ, L.D. COLORADO, P.M. FIGUEROA, S.A. FRANCO, E. GONZALEZ-PARTIDA y C.G. RAMOS, 1977. Elementos Tectónicos y Metelógenéticos para considerar el Potencial Económico-Minero de la Región comprendida entre Zacualpan y El Oro, Estado de México. *Bull. Con. Rec. Min.*, 6, 644-667.
- OHMOTO, H. y B.J. SKINNER, 1983. Editores. The Kuroko and Related Volcanogenic massive sulfide deposits. *Econ. Geol.*, 5, 1-604.
- ZAMORANO, M.G., 1977. Estudio geológico del yacimiento de sulfuros masivos El Rey de la Plata en Telo-loapan, Guerrero. *Fac. Ing. UNAM, Tesis Prof.*, 141 p.
- ZIMMERMANN, J.L., J.M. STUSSI, E. GONZALEZ-PARTIDA y M. ARNOLD, 1988. K-Ar evidence for age and compositional zoning in the Puerto Vallarta-Río Santiago Batholith (Jalisco, Mexico). *J. South Am. Earth Sci.*, 1, 267-274.

Eduardo González-Partida

*Instituto de Investigaciones Eléctricas
Depto. Geotermia
A.P. 475
62000 Cuernavaca, Mor., México*