

ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE LAS SALMUERAS DEL YACIMIENTO PETROLERO DEL ACTIVO DE PRODUCCIÓN LUNA, TABASCO, MÉXICO

P. Birkle¹ y A.L. Cid Vázquez²

¹ Gerencia de Geotermia, IIE

E-mail: birkle@iie.org.mx

² Diseño de Pozos e Instalaciones, Activo Luna, Exploración y Producción, PEMEX

Aparte de los hidrocarburos como producto esencial, los pozos productores en yacimientos petroleros explotan salmueras, las cuales se consideran como un producto residual sin valor comercial. El método común para el manejo de las salmueras en la superficie es su reinyección al subsuelo, principalmente para evitar su impacto en el ambiente superficial. En el caso del Activo de Producción Luna, altas presiones en el yacimiento petrolero en una profundidad entre 5000 y 6000 m excluyen el método de la reinyección por razones técnicas. Como alternativas queda el desecho de las salmueras en la superficie con un posible tratamiento previo. Este estudio comprende una evaluación del riesgo de las salmueras para el ambiente, la normatividad aplicable para el desecho de salmueras, así como propuestas técnicas para su tratamiento.

En el caso del Activo Luna, las concentraciones de una variedad de elementos tóxicos (Cr, Cd, F, Ni, As, Se, Tl, Ba, Ag, Fe, B) de las salmueras rebasan drásticamente los límites máximos permisibles para su desecho directo a sistemas hidrológicos superficiales. En el caso del boro, concentraciones máximas de 397 mg/l rebasan hasta 30,000 veces los límites permisibles de la norma nacional NOM-001-ECOL-1996. Aparte de las altas concentraciones, la opción del desecho de las salmueras al Golfo de México se excluye por, a) la poca profundidad y la plana morfología del mar, la cual causa poca dispersión de la pluma de contaminación concentrada y, b) la alta densidad de los fluidos con el descenso inmediato de la salmuera al fondo del mar y la destrucción de la fauna y flora bentónica.

Las técnicas convencionales de tratamiento, como son la ósmosis inversa, la filtración, la aeración, la flotación, la precipitación química y el tratamiento microbiológico permite la eliminación de la mayoría de los metales pesados y de los compuestos orgánicos, pero no eliminan los iones de alta solubilidad, como Na, Cl, Li, Br y B. Su aplicación no cumplirá con los límites máximos permisibles de las normas nacionales. Como una alternativa al desecho de las salmueras al Golfo de México, se propone su evaporación total en estanques solares o por sistemas de evaporadores/cristalizadores industriales. Debido a la eliminación total de la salmuera, ambas técnicas no requieren del trámite del permiso del desecho. El precipitado residual, acumulado durante el proceso de evaporación, se deposita en un relleno sanitario o se comercializa por su contenido de sales y elementos traza.

COMPONENTES SEDIMENTARIOS DEL NORTE GOLFO DE CALIFORNIA: GEOQUÍMICA INORGÁNICA

S.E. Ramos Sánchez, L.W. Daesslé, J.D. Carriquiry y V.F. Camacho-Ibar

División de Geoquímica Ambiental, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

El estudio geoquímico de los sedimentos en el Norte Golfo de California (NGC), es una herramienta importante para elucidar los procesos recientes de sedimentación en el área; especialmente tras la interrupción del flujo del Río Colorado hacia el NGC y la reciente alteración del transporte sedimentario en la zona.

En el presente estudio se analizaron mediante espectrometría de emisión atómica (ICP-AES) 54 muestras de sedimentos superficiales del NGC, en la región que comprende desde la Isla Montague al Norte, hasta las grandes Islas al Sur. Las concentraciones de elementos como Al, Fe, Cu, Mg, V y Zn incrementan significativamente hacia la costa de Baja California, con máximos frente a Puertecitos y Bahía Gonzaga y, en menor proporción, frente a la costa SW de Sonora. Sin embargo, las máximas concentraciones de Mn (922 ppm) se localizan al oriente de la Isla Angel de la Guarda y no directamente adyacentes a la costa de Baja California. Las máximas concentraciones de Ca y Sr se localizan en las aguas someras de Bahía Adair y al SE del área de estudio, adyacente a las grandes islas. Comparado con el anómalo gradiente de P frente a Bahía Tepoca en Sonora (0.1 a 0.7%), la distribución regional de este elemento en el NGC no presenta variaciones significativas. Las máximas concentraciones de Ba (1120 ppm), se localizan en las aguas profundas al SE del área de estudio y adyacentes al Arroyo Concepción (Sonora).

Mediante el análisis de componentes principales (CP), se identifican 3 CP responsables por el 71% de la varianza total: El CP-1, con cargas significativas de Al, Fe, Cu, Cr, La, Mg, Ni, V, Zn y Mn, es responsable por el 54% de la varianza total y es interpretado como el componente terrígeno de los sedimentos. El CP-2, con cargas significativas de Ca, Sr y Mn, es responsable por el 16% de la varianza y es interpretado como un componente de carbonatos. El CP-3 agrupa al Ba y P, siendo responsable solamente por el 1% de la varianza total. De los elementos estudiados, el Mn parece ser el mejor indicador de la resuspensión y la ruta de transporte de sedimentos a partir de la desembocadura del delta del Río Colorado y las zonas someras al NW del NGC, hacia la Cuenca Delfín.

GEOQP-03

GEOQUÍMICA DE LOS ELEMENTOS MAYORES Y TRAZA EN LOS SEDIMENTOS DE AMBIENTES HIPERSALINOS (ESTANQUES DE CONCENTRACIÓN DE LA EXPORTADORA DE SAL, GUERRERO NEGRO, B.C.S.)

Choumiline E., Grajeda Muñoz M., Smith R., Windom H., Sapozhnikov D., Godínez Orta L., Nikolayeva N., Derkachev A. y Rodríguez Figueroa G.
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

La geoquímica de los ambientes hipersalinos no ha recibido la atención suficiente para caracterizar cualitativamente el comportamiento de los elementos en estos sistemas. Para contribuir a su entendimiento, hemos estudiado la composición del material sedimentario, depositado en el fondo de los estanques artificiales de la empresa Exportadora de Sal, productora de cloruro de sodio por evaporación del agua de mar. Las muestras se colectaron en doce estanques de concentración a lo largo de un gradiente de salinidad entre 40 ppt y 250 ppt.

Los datos granulométricos y mineralógicos, así como los cambios encontrados en la composición química de los sedimentos superficiales versus el contenido de sales en las salmueras de los estanques de concentración sugieren que el material terrígeno y biogénico marino, enriquecido en Al y Fe, que se acumula en los primeros dos estanques, se sustituye gradualmente por los carbonatos de calcio autógenos (estanques 3 y 4), seguido por la formación de una capa gruesa de alfombras bacterianas con alto contenido de carbono orgánico (estanques 4 y 5) y después por la formación de yeso y anhidrita.

Estos procesos llevan a la disminución gradual de la concentración de la mayoría de los elementos traza (Cs, Sc, Cr, Ni, Co, Cu, U, Zn, Cd, Pb y Hg) a lo largo del gradiente de contenido de sales en las salmueras de los estanques de concentración. Los contenidos de Al, Fe, Mn, Co, V, Rb, Th y Hf en los sedimentos siguen la tendencia de disminución entre 40 y 90 ppt, pero nuevamente incrementan sus niveles en los estanques 8-9, probablemente debido al aporte eólico de área, el cuales evidente por la presencia de cuarzo.

La curva de los contenidos de calcio vs salinidad se caracteriza por la existencia de dos zonas de alto contenido de este elemento en los sedimentos relacionados con la precipitación de los carbonatos de calcio biogénicos y autógenos entre las salinidades 40 y 80 ppt y con la formación de yeso y anhidrita autógenos en el rango de salinidades de 100 a 170 ppt. El Mg, Ba y U muestran sus concentraciones máximas en sedimentos cerca de 60-80 ppt, aparentemente debido a su coprecipitación con los carbonatos de calcio y sus niveles disminuyen en los sedimentos de los estanques con más alta salinidad.

Los contenidos de Corg, Na, Br and As en los sedimentos a diferencia de otros elementos muestran valores máximos en salinidades ca. 100 ppt en los estanques con gran abundancia de alfombras bacterianas y probablemente están controlados por la porosidad del material sedimentario.

Los contenidos de los elementos de importancia ambiental Pb, Zn, Cr, Cu, Ni, Co y Hg en los sedimentos de los estanques 1 y 2 se encuentran en niveles similares a los de los sedimentos costeros

no afectados por la contaminación antropogénica y son mucho menores en otros estanques de concentración, debido a que el material sedimentario terrígeno y biogénico marino aportado al sistema de los estanques por agua de bombeo se diluye por los minerales autógenos (carbonato de calcio, yeso y anhidrita) que se forman y se precipitan durante el proceso de evaporación.

GEOQP-04

ELEMENTOS TRAZA EN EL AMBIENTE SEDIMENTARIO DEL COMPLEJO LAGUNAR BAHÍA MAGDALENA-BAHÍA ALMEJAS, B.C.S. MEXICO

Rodríguez-Meza G.¹, E. Shumilin¹, D. Sapozhnikov², S. Lutsarev² y V.R. Magallanes¹

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

E-mail: eshumili@redipn.ipn.mx

² Instituto de Geoquímica y Química Analítica de V.I. Vernadski, Moscú, Rusia

E-mail: sapozh@chat.ru

³ Instituto de Oceanología de P.P. Shirshov, Moscú, Rusia

El complejo lagunar Bahía Magdalena se destaca por su alta productividad biológica e importancia ecológica. La región se divide en la zona de canales (noroeste), la zona de Bahía Magdalena (central) y la zona de Bahía Almejas (sureste). El presente trabajo se realiza con el objeto de establecer una línea de concentración de carbono orgánico, carbonatos y 36 elementos traza en 110 muestras de sedimentos superficiales del complejo lagunar, además, definir asociaciones entre los elementos, así como los patrones de distribución espacial de concentración. El tratamiento estadístico consiste del análisis de factores, coeficiente de correlación, factor de enriquecimiento (FE) y de normalización. Los contenidos promedio encontrados en los sedimentos de esta área son similares a la concentración que Taylor (1964) señala para la corteza continental, a excepción de Se, As y Sb cuyo factor de enriquecimiento es mayor a la unidad y se atribuye al aporte de material terrígeno proveniente de la erosión de las rocas sedimentarias marinas e ígneas en los alrededores. El análisis de factores define dos tipos de asociación entre los elementos: a) Sc, U, Hf, Zr y los lantanidos (50% de la varianza), que presentan concentraciones altas en la zona de Bahía Almejas, adyacente a la línea de costa y en la zona de canales (noroeste); b) carbono orgánico, carbonatos, Na, K, Rb, Ca, Sr, Ba, Cr, Fe, Co, Ni, Se, As, Th y Br (32% de la varianza), para los cuales, los puntos de acumulación son más dispersos y se presentan en la zona de Bahía Almejas y adyacentes a la Isla Santa Margarita e Isla Magdalena. Los resultados indican que las concentraciones de los elementos en sedimentos y las distribuciones especiales que presentan son características de ambientes naturales y están influenciados por la batimetría y la dinámica del sistema (flujo de marea, corriente, oleaje).

GEOQP-05

METALES PESADOS EN LOS AMBIENTES SEDIMENTARIOS DEL DISTRITO MINERO DE SANTA ROSALIA, B.C.S.

Rodríguez Figueroa G.¹, Shumilin E.¹, Morton Bermea O.²,
Lounejeva Baturina E.³, Hernández E.², Sapozhnikov D.⁴ y
Kot F.⁵

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

⁴ Instituto de Geoquímica y Química Analítica de V.I.Vernadsky,
Moscú, Rusia

⁵ Instituto de Problemas Ecológicos del Agua, Khabarovsk, Rusia

Anteriormente hemos reportado (Rodríguez-Figueroa *et al.*, 1998) sobre la existencia de las concentraciones anómalas de algunos metales pesados en sedimentos acumulados en el Golfo de California frente a los abanico- deltas de Santa Rosalía y San Luciano, situados en la costa oriental de la península de Baja California.

Actualmente hemos realizado el estudio geoquímico más amplio de la composición química de los sedimentos de los principales arroyos, depósitos de los desechos sólidos, sedimentos de la playa y sedimentos marinos del distrito minero de Santa Rosalía, usando el conjunto de diferentes los métodos del análisis (ICP-MS, espectrofotometría de la absorción atómica y activación neutrónica instrumental). Los nuevos datos obtenidos permiten descubrir la escala del impacto antropogénico, caracterizar los rangos de las concentraciones de los elementos anómalos (Cu, Zn, Pb, Co, Ba, Mn y Hg) en diferentes materiales sedimentarios e indicar las zonas con mayor contaminación antropogénica. Estas incluyen la darsena del puerto de Santa Rosalía, las arenas de la cara de la playa y las desembocaduras de los arroyos Santa Agueda y El Boleo influenciados por los aportes desde las zonas contaminadas tales como la presa de jales, depósitos de los desechos sólidos y minas del cobre abandonadas.

GEOQP-06

GEOCHEMISTRY OF SHALLOW SEDIMENTS AT CHAPALA LAKE, WESTERN MEXICO (ECOS M95U01 AND SIMORELOS 970306003 PROJECTS)

Zarate-Del Valle P.F.¹, Israde I.², Solana-Espinosa G.³, Parron C.⁴, Ramirez-Sanchez H.U.¹⁻⁴⁻⁵, Michaud F.⁶, Fernex F.⁵ and De
Anda, J.⁷

¹ CUCEI, Universidad de Guadalajara

² UMSNH

E-mail: aisrade@zeus.ccu.umich.mx

³ CIQI, Universidad de Guanajuato

⁴ CEREGE

⁵ Lab. de Geochimie Isotopique, Faculté de Sciences de
l'Université de Nice

⁶ Lab. de Géodynamique sous marine

⁷ CIATEJ, A.C.

By AAE and XRD methods the first two meters of the bottom of Chapala Lake (ChL) were chemical analyzed. Humidity (85%-77.75%) and organic matter content in shallow sediments decrease with deep. The chemical contents, as oxides, is as follows:

EASTERN CENTRAL WESTERN
SECTOR SECTOR SECTOR

Oxydes	%	%	%
SiO ₂	48.55	56.33	57.27
Al ₂ O ₃	23.10	16.8	16.93
Fe ₂ O ₃	7.55	6.53	6.17
CaO	3.25	2.03	2.43
MgO	1.95	2.0	1.87
K ₂ O	1.3	1.63	1.53
Na ₂ O	.65	0.87	1.8
TiO ₂	.95	1.13	1.17
P.P.C.	12.45	12.33	10.6
TOTAL	99.75	99.65	99.77
Trace Metals:	Zr, Sr, Rb, Zn, Cu, Ni, Au, Pb, Nb.		

The distribution of mineralogical contents is as follows:

Mineralogy	%	%	%
Andesine [Si ₂ (Si,Al)O ₈](Na,Ca)	14.23	13.9	23.17
Ortose: [Si ₃ AlO ₈]K	7.5	9.7	9.1
Clays	46.23	36.93	32.33
Silice: (SiO ₂)	14.17	25.6	23
Carbonates: (CaCO ₃ + MgCO ₃)	5.3	1.73	1.93
Fe ₂ O ₃	7.1	6.4	6.17
TiO ₂	0.86	1.13	1.17
Organic Matter	4.1	3.5	2.2
TOTAL	99.49	98.89	99.07

Very scarce fluorapatite was detected as an only nodule of 1 cm in diameter at a deep of 66-68 cm.

The scarcity of diatom in shallow sediments until a depth of 1.5m in Lake Chapala possibly is due to chemical changes (pH?) of both silt and water that avoid their conservation. However, diatoms are abundant in some deeper horizons.

Pollen is present and species located close to the basin were identified: *Pinos*, *Quercus*, *Chenopodiaceas*, *Amarantaceas*; *Pediastrum*, *Coleastrum*, *Botriococcus* and *Curvularia*, *Fusarium* and *Alternaria*. The provenance of *Chenopodiaceas* and *Amarantaceas* (evidencing arid conditions) is located at 15 km east of ChL in San Marcos seasonal endorreic saline basin.

The rate of phosphorus accumulation was analyzed and data gotten shows that phosphorus average concentration in shallow sediments is about 857.7 mg/kg of P (dry base), suggesting that the bottom of the lake may constitute an important internal source of this nutrient to the lake.

GEOQP-07

LÍMITE DEL CRATÓN NORTEAMERICANO EN EL NW DE MÉXICO A PARTIR DE ISÓTOPOS DE SR Y ND EN ROCAS GRANÍTICAS

Martín Valencia Moreno

Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

Afloramientos de rocas precámbricas cristalinas del cratón de Norte América ocurren en el noroeste de México, particularmente en el noroeste de Sonora y en menor proporción en la región noreste de Sonora y norte de Chihuahua. Los argumentos geológicos

sugieren que el límite de dicho cratón se extiende en dirección E-W por la parte central de Sonora; sin embargo, la configuración del mismo es difícil debido a la falta de afloramientos de las rocas basamento en esta región. Recientemente inferencias sobre la naturaleza de basamentos no expuestos son hechas a partir de la composición isotópica inicial de magmas graníticos, asumiendo que éstos derivan de magmas originalmente generados por fusión parcial del manto superior, los cuales son posteriormente contaminados por asimilación cortical. De acuerdo a su naturaleza, la corteza asimilada modifica la composición geoquímica del magma, imprimiendo una firma característica la cual puede brindar evidencias sobre la composición del basamento intrusionado. De acuerdo a lo anterior, y debido a la abundancia de estas rocas en el noroeste de México, esta técnica permitiría evaluar de una manera razonable la posición del límite sur del cratón Precámbrico.

En general, los datos isotópicos disponibles muestran firmas con estroncio más radiogénico hacia la parte norte y menos radiogénico hacia el sur. De manera similar, las relaciones isotópicas de neodimio también indican una variación N-S, con firmas de epsilon Nd más negativas en el norte de Sonora, haciéndose positivas hacia el norte de Sinaloa. Para el oeste de Norte América, el borde del cratón ha sido caracterizado por un contorno con una relación inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.706. Aunque aún no se tienen datos suficientes, las composiciones isotópicas de las rocas graníticas en el noroeste de México presentan una variación sistemática la cual sugiere que una línea $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.706$ puede trazarse por la parte centro-sur de Sonora. Este valor parece corresponder con un valor de epsilon neodimio de alrededor de -3.5. En general ambos sistemas isotópicos indican que el borde del cratón Precámbrico se extiende cercano a la latitud 28° N en dirección E-W, desde el extremo oriental de Sonora, curvándose hacia el NW en la costa de Sonora un poco al norte de Guaymas, y extendiéndose en esa dirección a lo largo del batolito costero entre Bahía Kino y Puerto Libertad hacia el extremo NW de Sonora. Dicha línea se localiza entre 50 y 100 km al sur del límite tectónico entre las secuencias de mar profundo y mar somero del paleozoico. De acuerdo con el modelo propuesto para el suroeste de los Estados Unidos, la proyección de esta línea se encuentra truncada en el sur de California por fallas laterales del Cenozoico tardío, incluyendo la falla de San Andrés.

GEOQP-08

AFINIDADES GEOQUÍMICA Y TECTÓNICA DEL BASAMENTO EN EL BLOQUE DE YUCATÁN

Pedro Vera Sánchez

Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

Se infiere la naturaleza petrológica y tectónica del basamento cristalino en el bloque de Yucatán. Muestrado por el evento de impacto Chicxulub, el basamento esta constituido por cuerpos batolíticos de granito. Los análisis Petrográficos y geoquímicos por elementos traza y mayores en fragmentos provenientes de la brecha suevítica recuperada durante las campañas de perforación de la UNAM y PEMEX, muestran que las rocas de Yucatán son granodioritas, cuarzomonzonitas y granitos. Los rangos de SiO₂ son de 48.48-67.375, indicando una composición subalcalina que va de intermedia a ácida con K₂O < Na₂O (Calcoalcalina), consistentes con las determinaciones petrográficas. A partir de gráficos del tipo Harker, se observan tendencias lineales de pendiente negativa poco pronunciadas y bien definidas para: Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ y MgO; tendencias menos marcadas pero reconocibles en MnO, P₂O₅ y

CaO; no así para K₂O y Na₂O en los cuales la dispersión es grande. En el caso de los elementos traza, al igual que con los elementos mayores, se graficaron contra SiO₂. Destacándose la separación en dos grupos muy claros al utilizar Th, Y, Hf, Nb, Zr. Por un lado parte de las muestras correspondientes a las áreas de correlación utilizadas dentro del mismo ente tectónico y un segundo grupo, el de Yucatán y el resto de las muestras de correlación, este último si bien es cierto que presenta un rango mayor de sílice (48.48 73.92), también lo es el hecho de que comprende tres tipos litológicos principales cuarzomonzonitas, granodioritas y granitos. En cuanto al grado y tipo de alteración que presentan, ocasiona entre otras cosas pérdidas de SiO₂ como se discutirá adelante. Considerando ahora los álcalis totales, se utilizó un gráfico de estos contra Y + Th + Nb el resultado evidencia la afinidad ya mencionada antes y deja clara la naturaleza dispar entre los dos grupos, la separación esta dada por las variaciones en los elementos traza, es decir que las diferencias se deben a su carácter petrogenético, y no a la historia post-emplazamiento de los cuerpos plutónicos. El contenido de tierras raras totales es menor (16.96 116.26) que las provenientes de las áreas de correlación (73.11 144.09). La relación (La/Lu)* es coincidente únicamente para tres de las cuatro muestras de Yucatán (1.06 5.22) analizadas con aquellas de referencia (5.23 17.9), la diferencia en pendiente se atribuye a la presencia de alteraciones post impacto en Yucatán, lo que provocó la disminución general de REE, así como la movilización de SiO₂. De acuerdo con trabajos previos, los tipos de alteraciones presentes pueden definirse como cloritización y serisitización en menor proporción, ambos tipos coincidentes con las alteraciones hidrotermales post-impacto descritas en la literatura. Un tipo de alteración adicional puede considerarse la fenitización (metasomatismo peralcalino) que ocasiona principalmente la remobilización de SiO₂ y LREE. Otro parámetro modificado, es la anomalía de europio, si consideramos la hipótesis de que las muestras de Yucatán y LGmMPR son la misma unidad, entonces la pérdida casi total de la anomalía (Eu/Eu* = 0.67 0.98, lo que indica una anomalía negativa muy pequeña) en las muestras de Yucatán se debe precisamente a dichos procesos de alteración.

Posteriormente, se realizó una comparación de las muestras tomando en cuenta su naturaleza litológica, edad y posición estratigráfica. Demostrando que existe no solo una estrecha afinidad geoquímica sino también genética, por lo que es probable que las unidades Paleozoicas de las Montañas Mayas se extienden a todo el Bloque de Yucatán, y que dichas unidades sean el resultado de un evento colisional ocurrido en un período de tiempo ubicado entre las orogenias Taconica y Acadina.

Así, el ambiente tectónico probable de emplazamiento de los cuerpos plutónicos que conforman parte del basamento, como granitos de arco volcánico, granitos sin colisionales y post colisionales. El conjunto de muestras geoquímicamente afines, permiten establecer claramente una secuencia de emplazamientos plutónicos relacionadas a colisión. En este punto resulta importante destacar que por las edades reportadas el evento de colisión tuvo lugar hace 418 m.a. aproximadamente (Silurico Tardío).

GEOQP-09

ESTUDIO GEOQUÍMICO PRELIMINAR DE ROCAS VOLCANICAS PRE-OXFORDIANAS DEL CENTRO Y NORESTE DE MÉXICO

Martín Gómez-Anguiano¹ y J. Rafael Barboza-Gudino²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UANL

² Instituto de Geología, UASLP

En las provincias fisiográficas de la Mesa Central y Planicie Costera del Golfo de México afloran secuencias de rocas volcánicas pre-Oxfordianas, localizadas al sur de la aparente traza de la megacizalla Mojave-Sonora. Algunas de las secuencias se encuentran localizadas en los estados de Zacatecas-San Luis Potosí (Peñón Blanco), San Luis Potosí (Presa de Santa Gertrudis, Charcas y Sierra de Catorce), Nuevo León (Aramberri y Galeana) y Tamaulipas (Cañón del Huizachal).

Se efectuaron análisis geoquímicos por óxidos mayores, elementos traza y tierras raras con el objetivo de inferir o interpretar el ambiente tectónico en que estas rocas fueron emplazadas.

En general este tipo de rocas de las localidades mencionadas poseen un carácter predominantemente calco-alcalino y en su mayoría muestran características geoquímicas que relacionan su formación a un ambiente de arco volcánico continental.

La caracterización geoquímica preliminar de rocas volcánicas pre-Oxfordianas mostró lo siguiente. En el diagrama de «TAS» graficaron como rocas de composición intermedia a ácida (traquiandesitas y riolitas), clasificación que concuerda con los análisis petrográficos de estas rocas. En los diagramas de Harker estas muestran tendencias negativas en la mayoría de los óxidos mayores a excepción del K₂O que muestra tendencia positiva, patrones típicos de rocas generadas en ambientes de zonas de subducción.

Análisis de tierras raras muestran un patrón gráfico muy similar, enriquecimiento en tierras raras ligeras (LREE) en relación al contenido de tierras raras pesadas (HREE). Otra característica es la ausencia de anomalías, mostrando en algunos casos sólo pequeñas anomalías de Eu en forma negativa.

Otra característica común de las rocas analizadas es la respuesta en los diagramas tipo "spider" que muestran marcadas anomalías de Nb y Ta, que definen una clara tendencia típica de rocas generadas en un ambiente tectónico de zonas de arco volcánico continental.

La tendencia que muestra que este tipo de rocas volcánicas fueron emplazadas en un ambiente de arco volcánico continental es apoyada por diagramas de discriminación de ambientes tectónicos, como los diagramas de elementos traza más estables, basados en Th/Hf/3-Ta, en donde estas rocas graficaron en el campo de rocas calco-alcalinas de arcos volcánicos continentales, corroborando que efectivamente este tipo de rocas pertenecen al emplazamiento de arco volcánico continental en el diagrama de discriminación de Rb vs Y + Nb, donde graficaron también en el campo para granitos de arco volcánico.

GEOQP-10

GEOCHEMISTRY OF THE ROSARITO BEACH FM., NORTHERN BAJA CALIFORNIA

L. Forsythe¹ and D. Pyle²

¹ Department of Geology, CICESE

E-mail: forsythe@cicese.mx

² College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR, USA

The Rosarito Beach Formation crops out along the northern coast of Baja California from the city of Tijuana south to at least the city of Ensenada as a package of mafic lava flows and tuffs. K-Ar age dating suggests that volcanism in the area may have spanned at least 2 m.y. and been at least partially submarine. The age of volcanism, 14-16 Ma, lies within (toward the end of?) the transition period from subduction of the Farallon plate under the field area to welding of the Baja peninsula to the Pacific/Farallon remnants and jump of the North America/Pacific plate boundary eastward to the Gulf of California. Rosarito Beach is coeval to volcanism to the east of the Peninsular Ranges Batholith, such as the northern Sierra Juarez volcanic field, which has arc-like geochemical signatures (incompatible element enrichment and Nb anomalies) suggesting that either subduction processes or subduction-modified sources were involved in their evolution.

New trace element data is now available for representative Rosarito Beach basaltic andesite lavas which also suggest an enriched component such as subduction modified lithosphere may have been present. Extreme to moderate alteration in many of the lava units complicates understanding the source and processes involved in their formation and evolution but modeling now underway will hopefully provide a window through this alteration and allow better interpretation of the tectonic regime active during this time whether active or waning subduction, or alternatively an early extensional episode. If subduction related, then Rosarito Beach should represent a fore-arc facies of the coeval arc volcanism located in the northern Sierra Juarez.

GEOQP-11

MIGMATITAS EN EL FLANCO ORIENTAL DEL BLOQUE DE LOS CABOS, B.C.S., MÉXICO

Jose Antonio Perez Venzor

Depto. de Geología Marina, UABCS

E-mail: japerez@uabcs.mx

El trabajo describe las estructuras típicas de las migmatitas que afloran en el borde oriental del Bloque de Los Cabos, las cuales están asociadas a rocas metamórficas y rocas granitoides.

Las migmatitas descritas varían de matatexitas a ditexitas, su distribución es amplia y el desarrollo fue generalizado pero actualmente expuesto en sitios a diferentes niveles estructurales.

Las estructuras migmatíticas descritas están asociadas a rocas de metamorfismo de grado media a grado alto así como a intrusivos de composición granítica (tonalita, granodiorita). Es común observar como las migmatitas matatexitas son cortadas por migmatitas diktoníticas; estas últimas presentan un neosoma leucocrático y estructuras de flujo bien desarrolladas.

Es posible reconocer en las migmatitas descritas toda una serie de estructuras desde estromatitas, agmatitas, patch, oftalmítica, diktoníticas, schollen, schilleren, nebulitas), en ocasiones es factible reconocer el paleosoma, la restita o residuo, su mesosoma y neosoma así como leucosoma y melanosoma.

En las migmatitas descritas se observa estructuras y rasgos que sugieren procesos de segregados metamórficos, migmatitas asociadas a deformación sinécticas, estructuras de flujo magmático típicas de migmatitas dytexiticas asociadas a procesos ígneos.

La interpretación de las estructuras de las migmatitas y sus relaciones de campo sugieren varios procesos en su formación reconociendo cuando menos dos episodios de formación, uno asociado al desarrollo de migmatitas tipo estromatítico en un sistema cerrado y donde el proceso de segregación metamórfica fue el dominante controlado posiblemente por la litología del protolito.

El segundo periodo de migmatización esta asociado a migmatitas con estructuras tipo dyktonítico y agmatitas que sugiere procesos asociadas a sistema abierto y con movilización de fundido indicando un origen ígneo.

La relación entre las rocas metamórficas y migmatitas es muy marcado en el caso de las migmatitas estromatíticas pero en el caso de las migmatitas diktoníticas la relación es mas incierta.

Con base en relaciones de campo se considera que el desarrollo de las migmatitas estromatíticas fue controlada por la litología del protolito que fue predominantemente pólitico y cuarzo-feldespático las migmatitas posiblemente fueron desarrolladas bajo condiciones de metamorfismo de grado medio a grado alto. Mientras que las migmatitas con estructuras diktoníticas y agmatita están asociadas a migmatitas de origen intrusivo producto de fusión mas avanzado ditexitas y en donde el protolito es mas difícil de reconocer.

GEOQP-12

PLUTONISMO TERCIARIO DE LA CUENCA TLAXIACO OAXACA: PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA

Jorge Jacobo Albarrán
Gerencia de Geociencias, IMP

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIA, IPN

Afectando a la Cuenca Mesozoica de Tlaxiaco existen dos eventos magmáticos principales: uno de carácter volcánico que inicia aparentemente en el Eoceno y una fase de plutones. De estos últimos se presentan los resultados petrogenéticos, los cuales forman parte de un estudio geológico y geofísico realizado en el Instituto Mexicano del Petróleo.

Petrografía. Consisten de granodioritas de biotita-hornblenda y granitos de dos micas, las primeras estan formadas por cristales hipidiomórficos de cuarzo, plagioclasas sódicas, ortoclasa, biotita, hornblenda y escasos cristales de apatito, esfena y magnetita. Los granitos están integrados por feldespatos potásicos, plagioclasas sódicas sensiblemente caolinizadas, cuarzo anhedral, biotita y muscovita.

Edad de Emplazamiento. La edad fue determinada mediante el análisis isotópico K-Ar de cuatro muestras, dos fueron obtenidas en minerales de rocas magmáticas y dos en minerales de metamorfismo de contacto.

Muestra	Clasificación	Mineral	Edad en Ma.
10/1	Granodiorita	Hornblenda	27± 1
12/1	Granodiorita	Biotita	24± 1
3/1	Hornfels esquistoso	Muscovita	27± 1
16/1	Mármol	Flogopita	19± 1

Geoquímica. Son rocas sobresaturadas, su contenido de SiO₂ varía entre 65.99 y 67.53, definen una serie subalcalina de alto a moderado contenido de K₂O, la suma de alcalis (Na₂O +K₂O +CaO) en cada caso es menor que el contenido de la alúmina, por consiguiente se trata de rocas peraluminosas. Desde el punto de vista normativo (norma C.I.P.W.), el contenido de cuarzo(Q) e hiperstena (hy) varía de 18.20 a 23.23 y de 3.97 a 5.01 respectivamente.

Las tendencias generales de las variaciones petroquímicas de las rocas granitoides del terciario son típicas de las rocas calcoalcalinas, utilizando el diagrama de discriminación tectónica Rb vs Y + Nb se observa que las rocas corresponden a un ambiente de Granitos de Arco (VAG). En un diagrama de normalización de elementos en traza con respecto a las chondritas, se observa un patrón de orientación fraccionado fuertemente con un enriquecimiento en LILE y un empobrecimiento en elementos compatibles con evidentes anomalías negativas de Nb, P, y Ti características de las rocas orogénicas.

GEOQP-13

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS E ISOTÓPICAS DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS TERCIARIAS DE LA REGIÓN CENTRAL-SURORIENTAL DEL ESTADO DE OAXACA Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD TECTÓNICA DEL SUR DE MÉXICO

Raymundo G. Martínez-Serrano¹, Gabriela Solís-Pichardo²,
Consuelo Macías-Romo² y José Luis Jiménez-Mendoza¹⁻³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM

Las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur (SMS) se extienden hacia el sur, desde la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) hasta la Margen Continental de México. Estas rocas magmáticas aparecen en importantes afloramientos aislados, formando dos cinturones paralelos de orientación NW-SE, extendiéndose desde Michoacán hasta el SE de Oaxaca. El primero de ellos representado por una cadena de plutones predominantemente silíceos, que se extienden a lo largo de la Margen Continental. El segundo cinturón corresponde a rocas volcánicas e hipabisales de composición andesita-basáltica a riolítica, expuestas en afloramientos discontinuos entre la FVT y la Margen Continental, y que se ha denominado como Provincia Volcánica Terciaria del Sur de México (PVTSM).

En la región central - suroriental del Estado de Oaxaca existen afloramientos aislados de secuencias volcánicas terciarias pertenecientes a la PVTSM. Dichas secuencias están formadas por abundantes tobas riolíticas - dacíticas, algunos flujos de lava de andesita-basáltica y algunos depósitos lacustres intercalados. Esta

secuencia volcánica y sedimentaria está intrusada por numerosos diques andesítico-basálticos. Las edades K-Ar obtenidas en trabajos previos y en este estudio, de algunas de las rocas volcánicas, varían de 20.6 Ma. (cerca de la Ciudad de Oaxaca) a 15.0 Ma. (en Nejapa).

Los datos geoquímicos de las rocas volcánicas de la región de estudio muestran una composición bimodal (andesita-basáltica y riolita), con un carácter calcoalcalino y contenidos medios a altos de K, similares a los observados en otras secuencias de la PVTSM. Los patrones de elementos traza y tierras raras muestran un comportamiento típico de magmas pertenecientes a arcos volcánicos relacionados a procesos de subducción. Se observan también anomalías negativas de Eu en las rocas silíceas debido a probables procesos de cristalización fraccionada de plagioclasas. Las relaciones isotópicas iniciales de las rocas volcánicas: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y de Epsilon-Nd varían de 0.7048 a 0.7068 y de -1.37 a +1.31, respectivamente, indicando un mayor grado de contaminación o interacción de la corteza continental en la composición final de los magmas, en comparación con otras regiones de la PVTSM.

Las características geoquímicas, isotópicas y las edades de K-Ar encontradas, sugieren que las rocas volcánicas terciarias de la región de estudio formaban parte de un extenso arco magmático que existió en el sur de México y que fue fuertemente influenciado por las características litológicas del basamento pre-Terciario de cada región. Dicho arco se extinguió de manera gradual hacia el SE, donde las rocas volcánicas de la región de estudio representarían los últimos eventos magmáticos de este arco en el sur de México. Este hecho reforzaría la interpretación de que la extinción del magmatismo fue en gran medida determinado por el paso del punto triple que acompañó al Bloque de Chortis en su desplazamiento hacia el SE.

GEOQP-14

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LAS LAVAS DE LA FISURA “LAS CORONAS”, PUNTA MITA, NAYARIT

Arana-Salinas L., Prol-Ledesma R.M. y Cruz-Ocampo J.C.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: liliaas@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
 E-mail: prol@servidor.unam.mx
 E-mail: ccarlos@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx

La zona de estudio pertenece a la zona oeste del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Los basaltos forman parte del piso de las fisuras “Las Coronas”, en Punta Mita, Nayarit, para ser precisos en los límites del continente y la Bahía de Banderas. La fisura “Las Coronas” tiene una dirección N70°E, que es coincidente con un sistema de lineamientos en continente con dirección N68°E.

La cartografía geológica de las lavas indica que corresponde a un flujo poco estudiado en la zona, con estudios preliminares de petrografía se determinó que es un flujo basáltico, que contiene fases mineralógicas correspondientes a basaltos alcalinos.

Los minerales esenciales que constituyen estos basaltos son olivino, piroxenos (enstatita, hiperstena, diópsido, augita), feldespatos (albita, andesina, oligoclasa), y dentro de los minerales secundarios encontramos apatito y algunos óxidos de hierro como la hematita. Además tienen gran abundancia los minerales secundarios, entre los más abundantes tenemos carbonatos (calcita, aragonito), zeolitas, celadonita, barita, etc. que rellenan cavidades.

Estos minerales provienen sea de fluidos termales que circulan a través de la roca después de su solidificación y también proceden de agua de mar con la que se mezcla el fluido termal.

La norma de la roca es parcialmente diferente a su mineralogía. Los cálculos asumen que dentro de los minerales normativos más abundantes encontrados en Punta Mita son: plagioclasas y feldespato potásico (albita, anortita, ortoclasa), nefelina, piroxenos (wollastonita, enstatita), hiperstena, olivino, hematita y apatito. En especial las plagioclasas como la anortita quedan fuera del patrón que se observa en la petrografía, el cálculo de la norma, lo que refleja que existe un enriquecimiento de Ca, que es debido a la contaminación posterior del basalto, por intercambio de iones en el proceso hidrotermal al que esta sujeto. En otros estudios de basaltos alcalinos tipo intraplaca, se reportan nefelina e hiperstena normativa, que son coincidentes con los basaltos de Punta Mita.

En general los minerales tales como el olivino, los piroxenos y la plagioclasas cálcicas figuran entre los minerales esenciales que cristalizan primero, seguidos de plagioclasas sódico-cálcicas, feldespatos alcalinos y cuarzo. En los diagramas de Harker se observa que, debido a la sustracción de minerales ferromagnesianos y cálcicos, el magma residual se vuelve cada vez más rico en sílice, álcalis y elementos ligeros, de tal manera pudimos determinar la secuencia de cristalización de nuestras muestras.

Este magmatismo es generado por puntos calientes (basaltos continentales de intraplaca), que se generan por fisuras, los tipos de basaltos generados pertenecen a la serie de rocas OIB, que provienen de una fuente de manto fértil.

GEOQP-15

ESTUDIO PRELIMINAR PETROGRÁFICO Y DE INCLUSIONES FLUÍDAS EN VENTILAS HIDROTERMALES, PUNTA MITA, MÉXICO

Rubio-Ramos M.A. y Prol-Ledesma R.M.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 E-mail: marrubio8021.yahoo.com.mx
 E-mail: prol@servidor.unam.mx

Reciente actividad hidrotermal fue descubierta a mediados de 1997 por pescadores en la zona de Bahía de Banderas, Nayarit. Desde entonces diversos grupos han realizado esporádicas visitas de campo con el fin de recolectar muestras y efectuar mediciones en los sitios donde ocurren manifestaciones hidrotermales submarinas con el fin de determinar las condiciones físico-químicas bajo las cuales los fluidos provocan tanto alteración de las rocas adyacentes así como la precipitación y deposición de minerales de origen hidrotermal. Ubicados a 20°45'08" Latitud Norte y 105°28'30" Longitud Oeste, a escasos 20 metros de la línea costera y 11 metros de profundidad, al S/SO de Punta Pantoque, se encuentran en formación pequeñas chimeneas hidrotermales construidas sobre rocas volcánicas basálticas, aunque también ocurren emanaciones de dichos fluidos escapando del piso submarino arenoso poco consolidado. Ambos tipos de emisiones definen en conjunto una alineación con orientación general N68°E con aproximadamente 400 metros de longitud y la cual es subparalela a la Fisura de las Coronas (N70°E), siendo esta última una expresión estructural asociada a la tectónica extensional que ha tenido actividad reciente en forma de temblores sísmicos registrados en estaciones portátiles.

A escala regional, el área de interés esta alojada en la línea costera continental, en la parte limítrofe noroccidental del Subterreno Zihuatanejo, perteneciente al Terreno Guerrero, donde la tectónica transpresiva que impero en el occidente de México durante el Mioceno Tardío al Plioceno Temprano está íntimamente asociada a procesos de subducción o a la separación de la Península de Baja California de la placa continental y la apertura del Golfo de California. Sin embargo el régimen dinámico durante el Plioceno Tardío hasta el Cuaternario es tectónico extensional.

La geología en detalle de la zona no se ha realizado, sin embargo las sierras nororientales del área han sido catalogadas como graníticas con edades reportadas de 90-100 M.a., mientras que al norte se indican rocas basálticas con edades inciertas de 0.48 a 3.4 M.a. y flujos basálticos del área de Punta Mita con edades de 10.2 M.a. Adicionalmente se han descrito unidades terrígenas de reciente formación así como algunas unidades conglomeráticas.

El muestreo se realizo en rocas basálticas, chimeneas, brechas hidrotermales y material del suelo arenoso. Los flujos basálticos son de la serie alcalina y pertenecen a un ambiente magmático-tectónico de tipo OIB asociado a Islas oceánicas, presentan fuerte alteración con vesículas rellenas por celadonita, producto de la reacción del vidrio volcánico con fluidos marinos. Las chimeneas tienen una morfología irregular debido a los regímenes de corrientes submarinas y en algunos casos han sido totalmente destruidas por efecto de las tormentas características de la región. A escala microscópica consisten de finas laminaciones secuenciales de sulfuros de fierro, calcita, sílice y capas de material fosfático. Las brechas hidrotermales son de carácter explosivo y están conformadas por fragmentos subangulosos de diversa naturaleza, desde fragmentos de roca, conchas o esqueletos de organismos marinos hasta fragmentos de barita acicular intercrystalizada con sulfuros de fierro e inclusive fragmentos de la chimenea original. En el caso de muestras recientes se ha identificado la presencia de analcima y debido a que se encuentra como una cobertura que afecta tanto al material arenoso como a chimeneas, es probable que sea producto de la depositación de minerales de origen hidrotermal y no como producto de la diagénesis de basaltos submarinos en los cuales esta prácticamente ausente.

La examinación petrográfica de las muestras permitió diferenciar tres grupos de inclusiones. El primer grupo corresponde a inclusiones primarias de hasta 30 micras de tamaño, con textura interna de "orange peel", de color anaranjado y origen magmático alojadas en fragmentos de plagioclasas. El segundo grupo corresponde a planos de inclusiones secundarias con tamaños de 5 a 10 micras, cocientes líquido/vapor consistentes y alojados en fragmentos de cuarzo, con temperaturas de homogeneización promediando 173 a 248°C y salinidad promedio de 12.8% eq. peso NaCl. Finalmente se identificaron escasas inclusiones primarias en calcita con temperaturas de homogeneización de 176°C y formación de clatratos de CO₂. Es importante considerar que las mediciones directas de las temperaturas a las que salen los fluidos hidrotermales promedian 85°C y no coinciden con las temperaturas obtenidas por microtermometría, sin embargo la petrografía de inclusiones fluidas en zonas de crecimiento con texturas radiales e indicativas de rápido enfriamiento confirman los datos obtenidos en temperaturas de homogeneización. La presencia de zeolitas del tipo analcima asociadas directamente a la calcita subedral que cementa las brechas y su ausencia en las muestras de basaltos sugiere que es de origen hidrotermal y no producto de diagénesis de basaltos submarinos.

La barita es un mineral de tercer orden de importancia y se presenta como finos y masivos agregados cristalinos intercrystalizados con piritita framboidal de grano fino.

GEOQP-16

COMPORTAMIENTO ISOTÓPICO Y GEOQUÍMICO DEL CAMPO VOLCÁNICO MONOGENÉTICO DE TENANGO, ESTADO DE MÉXICO (REGIÓN OCCIDENTAL DE LA SIERRA CHICHINAUTZIN)

Raymundo G. Martínez-Serrano¹, Gabriela Solís-Pichardo², Ma. del Sol Hernández-Bernal², Teodoro Hernández-Treviño¹ y Juan Julio Morales-Contreras¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

La Faja Volcánica Transmexicana ha sido objeto de diversos estudios geológicos, geoquímicos, vulcanológicos, estructurales y tectónicos, desde hace más de 40 años. Sin embargo, debido a la complejidad de este arco magmático aún existen interrogantes como son determinar la procedencia de los magmas, definir los eventos petrogenéticos sufridos por los productos volcánicos, caracterizar los estados de deformación de los diferentes sistemas de fallas, entre otros. Con el fin de contribuir al entendimiento de la procedencia y posibles eventos petrogenéticos sufridos por los magmas de esta provincia volcánica se realizó, de manera detallada, una caracterización geoquímica e isotópica de la parte occidental de la Sierra Chichinautzin. El área de estudio está formada por cerca de 40 volcánes monogenéticos, compuestos por diversos materiales piroclásticos y algunas lavas. Esta área se encuentra limitada entre el valle de Toluca, Nevado de Toluca, y la Sierra de las Cruces.

La mayoría de los aparatos volcánicos corresponden a conos de escoria, pero algunos están representados por domos y lavas de fisura, cuyas edades (según Bloomfield en 1975) varían de 40,000 a 8,000 años (casi contemporáneos con los eventos finales del Nevado de Toluca). Las estructuras volcánicas de la región de estudio presentan una orientación preferencialmente E-W, aunque existe una orientación menor N-S en algunos conos. La orientación preferencial de los volcanes hace suponer la presencia de fallas normales asociadas, las cuales además pudieron facilitar el ascenso de los magmas de una manera más directa hacia la superficie. La composición petrográfica de las rocas volcánicas estudiadas es principalmente de andesita-basáltica de olivino y clinopiroxeno, y andesitas de ortopiroxeno y clinopiroxeno con textura afanítica dominante. También se presentan, esporádicamente, andesitas de hornblenda y lavas andesíticas de mezcla con la presencia de fenocristales de cuarzo y algunas veces de plagioclasa rodeados por aureolas de reacción de piroxenos; por ejemplo el Basalto Tenango (denominado por Bloomfield en 1974). En algunos fragmentos de escoria volcánicas se encuentra la presencia de enclaves de rocas graníticas, similares a las descritas por Márquez et al. en 1999 y que, aunados a la presencia de fenocristales de cuarzo con aureolas de reacción, podrían indicar la existencia de una cierta contaminación de magmas.

Los datos geoquímicos de las rocas volcánicas muestran un comportamiento calcoalcalino para la mayoría de las rocas, con valores de SiO₂ que varían de 52 a 63% en peso, similares a los observados en otras rocas de la Sierra chichinautzin. Los patrones de elementos traza y tierras raras muestran un comportamiento también típico de magmas pertenecientes a arcos volcánicos

relacionados a procesos de subducción, y no se parecen a los resultados encontrados por Márquez et al. en 1999 para otras rocas de la Sierra Chichinautzin (magmas tipo OIB). En todas las rocas (basaltos y andesitas) de la región de estudio si se observan las anomalías típicas de Nb, Ti y Zr indicativas de magmas derivados de procesos de subducción. Las relaciones isotópicas iniciales de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y Epsilon-Nd de las rocas volcánicas, determinadas en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS) del Instituto de Geofísica de la UNAM, varían de 0.7037 a 0.7043 y de +3.76 a +6.85, respectivamente, las cuales comprobarían la existencia de un cierto grado de interacción de los magmas con rocas de la corteza. Fenómeno bien marcado en las rocas del Basalto Tenango que presentan evidentes signos de contaminación cortical (evidencias petrográficas e isotópicas). Las relaciones isotópicas de Sr y Nd determinadas en el LUGIS para las rocas de cada estructura volcánica son relativamente diferentes, lo cual puede ser una ayuda en la caracterización estratigráfica de las unidades volcánicas de la región.

GEOQP-17

PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA (PAOM): CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES MAGMÁTICAS A TRAVÉS DE ANÁLISIS ISOTÓPICOS Y SU RELACIÓN GEODINÁMICA REGIONAL

Ramírez-Fernández J.A.^{1,2}, Romer R.², Viera-Décida F.¹ y Orozco-Esquivel M.T.³

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

² GeoForschungsZentrum, Potsdam, Alemania

³ UNICIT, UNAM

Campus Juriquilla, Querétaro, Qro., México

La PAOM se compone de por lo menos 8 diferentes centros magmáticos aislados entre sí, alineados NW-SE y con edades que van del Eoceno hasta el Cuaternario. En los complejos del norte predominan los cuerpos intrusivos, mientras que en la región central de la provincia los núcleos intrusivos están bordeados por productos preponderantemente efusivos. Hacia el sur solo afloran cuerpos volcánicos. De manera general los núcleos intrusivos se componen de rocas gabróicas hasta diferenciados sub- y sobresaturados; en las series volcánicas abundan basaltos alcalinos, pero también afloran diferenciados traquíticos y fonolíticos. Las ideas postuladas hasta el momento se basan en análisis de elementos mayores y trazas (incluyendo REE), pero prácticamente nulos estudios isotópicos. Estas apoyan la existencia de un magmatismo inicial (> 30 Ma?) con características geoquímicas relacionadas a un antiguo ambiente de subducción. Tal componente está presente especialmente en rocas intermedias a básicas, predominantemente en la región norte de la PAOM, desvaneciéndose paulatinamente hacia el sur hasta desaparecer. El magmatismo subsecuente (30-0.2 Ma) expresado en plutones y centros volcánicos, presenta características de intraplaca, mismas que predominan en la región sur de la provincia. El carácter alcalino y la asociación de magmas con componente de subducción y de intraplaca, ha llevado a buscar relaciones genéticas de la PAOM con el rift del Río Grande en los EEUU (e.g. Lawton & McMillan, 1999). De manera general se puede considerar que el magmatismo inicial se relaciona a la máxima penetración de la zona de subducción de la Placa Farallón hacia el Este. La regresión hacia el Oeste de este arco en el Oligoceno, pudo provocar un relajamiento cortical, así como el que el emplazamiento de celdas en el Manto astenosférico en la zona donde se encontraba la placa

subducida. Así, se sustituiría la generación de magmas por fluidos de deshidratación de la placa oceánica, por la formación de magmas por decompresión adiabática en la astenósfera o bien en la litosfera. En este proyecto aun en proceso se pretende caracterizar las fuentes magmáticas, así como los procesos que sufrieron los magmas durante el ascenso y/o emplazamiento. También se busca integrar en un modelo general los complejos Candela-Monclova, Picachos, San Carlos, Tamaulipas, Planicie de Tampico y Otontepec. Para tal fin se han llevado a cabo en el GFZ-Potsdam análisis de isótopos radiogénicos de Sr, Nd y Pb, así como de elementos mayores y traza de muestras selectas. Se presentarán los nuevos datos y su interpretación hacia el marco geodinámico del NE de México.

GEOQP-18

VULCANISMO ALCALINO DEL CENOZOICO TARDÍO EN LA PORCIÓN CENTRAL DE COAHUILA, MÉXICO

Gabriel Valdez¹ y José Jorge Aranda-Gómez²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

² Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

Los campos volcánicos de Las Esperanzas (CVLE) y Ocampo (CVO) están formados por flujos extensos y escudos de lava y por algunos conos de escoria. Las rocas máficas alcalinas del CVLE y el CVO generalmente carecen de inclusiones, pero son similares a lavas alcalinas con xenolitos del manto del Basin and Range. La presencia en algunas de las muestras del CVLE de xenocristales de olivino con el maclado característico de los olivinos del manto, así como sus características geoquímicas e isotópicas sugieren que estos campos volcánicos en Coahuila pueden ser comparados con aquellos en San Luis Potosí, Durango y Chihuahua. Las paragénesis mineral para ambos campos volcánicos es la misma: Ol+Cpx+Pl+Ap+Op+Esp. En algunas muestras es común observar xenocristales de cuarzo con bordes de reacción de piroxeno y en ocasiones xenocristales de feldespato potásico. El diagrama de clasificación para rocas máficas alcalinas [(ne + Ic) vs 100xan/(an+ab)] indica que la mayoría de las muestras son hawaiitas o hawaiitas de nefelina, y sólo un ejemplar es una basanita. Los contenidos de Cr (<377 ppm), Ni (<263 ppm) y números de Mg (≤ 66), sugieren que estos magmas son primitivos y pueden ser productos de fusión parcial del manto. Los diagramas multielementos señalan características de magmas intraplaca, con enriquecimientos relativos de los elementos litófilos de radio iónico grande (LILE), de las tierras raras ligeras respecto a las pesadas y del Nb relativo al manto primordial. La edad precisa de los campos hasta ahora se desconoce. Las lavas del CVLE sobreyacen al conglomerado Reynosa (Plioceno). En Ocampo los productos volcánicos descansan discordantemente sobre caliza mesozoica. Por comparación con rasgos geomorfológicos fechados (4.8-1.6 Ma) en Camargo, ubicado en un entorno similar al de Ocampo, se cree que pueden ser del Plioceno. Algunas lavas del CVLE fueron expulsadas de los bordes oriental y meridional del anticlinal de la Sierra de Santa Rosa. En la cuenca Carbonífera de Sabinas no existen evidencias claras de extensión cenozoica significativa. Tampoco en la región del CVO se reporta fallamiento normal. Por este motivo es posible que el ascenso de las lavas de Coahuila fue más lento que en otros campos volcánicos con xenolitos del Basin and Range, lo que permitió la pérdida, por segregación gravitacional, de los xenolitos del manto, y en ellas solo se observan algunos microxenolitos de la corteza.

GEOQP-19

EXPLORACION GEOQUIMICA EN XOCHIMILCOAguayo Ríos A.¹, Juárez Sánchez F.¹, Flores Ruiz J.H.² y Urrutia Fucugauchi J.¹¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: tino@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Como parte de los estudios geoquímicos ambientales llevados a cabo en Xochimilco en la zona de las chinampas en un área aproximada de terreno de 8 km². Se estimaron los parámetros geoestadísticos a partir de 20 datos de campo aleatorios en el terreno.

Se calcularon los variogramas estimándose la máxima distancia de correlación intermuestral en las direcciones ortogonales (E-W, N-S, NE-SW, NW-SE). Esta distancia máxima de correlación espacial es de 500 m en las 4 direcciones estimadas para la nueva regilla de exploración de la concentración de Cs-137, asociado a los antiguos ensayos nucleares realizados en el planeta.

Este tipo de optimización se usa para el diseño espacial uniforme de la malla de exploración geoquímica en el terreno con una varianza de error de [13 ppm]² y una desviación estándar de 3.6 ppm, afín de no perder el detalle en la determinación de la anomalía geoquímica Cesio, Cobalto y metales pesados en el sitio.

GEOQP-20 CARTEL

DEDUCCIÓN DE ALGUNAS ECUACIONES ÚTILES PARA LA GEOCRONOLOGÍA Rb/Sr

Solé J. y Pi T.

Instituto de Geología, UNAM

Se proponen varias ecuaciones para simplificar los cálculos de geocronología Rb/Sr. Este método de datación se basa en una construcción geométrica, la isócrona. Ambos ejes de la isócrona representan una relación isotópica. El eje de ordenadas (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) es la relación isotópica medida directamente por espectrometría de masas, pero el eje de abscisas (⁸⁷Rb/⁸⁶Sr) debe ser calculado a partir de dos variables supuestamente independientes. En general, deben medirse las concentraciones de Rb y Sr por dilución isotópica u otra técnica analítica que tenga suficiente precisión (AAS, XRF, ICP-AES, ICP-MS, etc).

El método tradicional para determinar el cociente ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr implica calcular primero el peso atómico actual del estroncio a partir de los pesos atómicos de cada isótopo y sus proporciones relativas en la muestra en estudio. Después se aplica una ecuación que convierte los pesos atómicos a proporciones relativas, multiplicadas por las concentraciones de Rb y Sr determinadas anteriormente.

Realizando una serie de cálculos sencillos y simplificando el resultado, obtenemos una única ecuación que da directamente la relación ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr introduciendo como variables las concentraciones de Rb y Sr y la relación ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr. La fórmula es:

$$\frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Sr}} = \frac{\text{Rb}}{\text{Sr}} \cdot 0.28303936 \left(9.5143943 + \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} \right)$$

Se deducen también otras fórmulas que sirven para calcular directamente el peso atómico del estroncio y las abundancias presentes y pasadas de cada uno de sus isótopos. Pese a que estas ecuaciones no son una contribución teórica al método, su uso permite al usuario no especialista simplificar los cálculos relacionados con la geocronología Rb/Sr.

GEOQP-21 CARTEL

GEOQUIMICA DE TRAZAS Y ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS EN SEDIMENTOS ADYACENTES A VENTILAS HIDROTERMALES EN LA CUENCA DE GUAYMAS, GOLFO DE CALIFORNIA

Rodríguez Viguera I. y Ortega-Ororio A.

Instituto Mexicano del Petróleo

En el presente estudio se determinó la distribución de metales traza y elementos de tierras raras en sedimentos marinos adyacentes a ventilas hidrotermales prove-nientes de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California a través de la utilización de la técnica de Análisis Instrumental de Activación de Neutrones. Los resultados demuestran que las concentraciones de los 36 elementos analizados, 32 no muestran variaciones significativas y parecen tener contenidos normales de la zona, por otra parte los elementos como Au, Br, Sr y Mn muestran variaciones interesantes con la profundidad. Por lo que respecta a los elementos de tierras raras estos presentan marcadas tendencias de los patrones de distribución tanto espaciales como temporales, que se interpretan de acuerdo a las diferentes condiciones fisicoquímicas del área, los sedimentos superficial cercanos a la fuente muestran un enriquecimiento con respecto a aquellos distantes. No así para las distribuciones desde el punto de vista temporal, en la que se observa un mayor enriquecimiento en la sección más profunda de la columna sedimentaria. Hasta aquí los resultados indican un control en el ambiente reductor que proporcionan mayor estabilidad a estos elementos. El comportamiento del Eu parece estar controlado por la influencia de las soluciones hidrotermales capaces de causar inmovilización, este elemento presenta una anomalía negativa para sedimentos cercanos a la fuente o bajo mayor influencia de las soluciones. Lo anterior sugiere que existe congruencia cuando se piensa que en el fluido el Eu debería tener una anomalía positiva.

Patrones erráticos de distribución entre Nd y Eu resultan difíciles de explicar en este momento, sin embargo, resultados particulares de este estudio continúan procesándose y en un futuro próximo se tendrán interpretaciones concluyentes.

GEOQP-22 CARTEL

DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN CONDRILOS Y MATRIZ DEL METEORITO ALLENDE POR ICP-MSOfelia Morton Bermea¹, Daniel Flores² y Elizabeth Hernández¹¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Instituto de Astronomía, UNAM

Este trabajo tuvo como objetivo la estandarización y evaluación de un método analítico para la determinación cuantitativa de elementos traza y ultra traza en materiales condriticos y la aplicación de este método a 2 muestras del meteorito Allende.

La evaluación precisa de tierras raras (TR) y de los elementos del grupo del platino (EGP) en materiales condriticos es de gran importancia en cosmoquímica. Las bajas concentraciones de estos elementos requieren de métodos analíticos altamente sensitivos para su determinación cuantitativa. La espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) representa una alternativa altamente sensitiva y precisa adecuada para la determinación simultánea de elementos en este rango de concentración.

Las muestras analizadas fueron: una de matriz y una de cóndrulos del meteorito Allende.

Las muestras fueron sometidas a dos diferentes procedimientos de preparación para su análisis: una digestión ácida para la determinación cuantitativa de TR y una digestión ácida seguida por una co-precipitación con telurio con el propósito de pre-concentrar los EGP.

La calidad del procedimiento analítico se evaluó en términos de precisión, exactitud y límite de detección con respecto a los resultados obtenidos en 2 estándares internacionales: WPR-1 (peridotita alterada) y a un JA-1.

Estos resultados son los primeros reportados en México para elementos traza y ultra-traza en material del meteorito Allende.

GEOQP-23 CARTEL

GEOQUÍMICA DE AGUAS TERMALES DEL BLOQUE JALISCO, MÉXICO

Elizabeth Hernández, Yuri Tarán, Ofelia Morton, Giorgio Capasso y Salvatore Inguaggiato

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

El bloque Jalisco es una estructura geológica compleja con una serie específica de situaciones tectónicas que incluyen una parte del cinturón volcánico Mexicano relacionado a subducción, zonas de extensión tales como los Rifts de Colima y Zacoalco, el batolito de Puerto Vallarta de lento movimiento en forma de plataforma granítica y la zona local denominada Mascota del vulcanismo intraplaca.

Todas las estructuras mencionadas se caracterizan por actividad hidrotermal con numerosos manantiales de alta temperatura que descargan aguas de diferente salinidad y composición química. El propósito de este estudio fue el de relacionar la composición química de las aguas termales y minerales a la tectónica y tipos de roca dentro de las principales estructuras geológicas del bloque de Jalisco. Las concentraciones de los elementos traza en las aguas termales fueron analizadas por el método analítico ICP-MS. Los 40 elementos analizados fueron divididos en 4 grupos principales: metales alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs); grupos de metales calcoalcalinos (Be, Mg, Ca, Sr, Ba); elementos de tierras raras; otros elementos traza incluyendo Au y Ag. Los resultados de la parte este y sureste del bloque de Jalisco fueron obtenidos y discutidos en términos de geotermometría, condiciones redox (Eh, diagramas de pH), interacción agua-roca (índices de saturación, diagramas triangulares genéticos) y patrones de tierras raras. A excepción de los dos grupos de manantiales (Purificación y La Tuna), todas las aguas están caracterizadas por una baja salinidad, pH alcalino (>8) y un potencial redox negativo. Los patrones de tierras raras

(determinados) reflejan las composiciones de la roca de los acuíferos (tomado como promedio para los granitos, calizas, rocas volcánicas, etc.). Las aguas de los manantiales Purificación (78°C) y la Tuna (46°C), se encuentran localizados a lo largo de las fallas principales cercanas a la línea de costa del Pacífico y son del tipo Na-Ca-Cl, con una salinidad alta, (SDT 15 g/L), Eh muy bajo (<-300mV) y un valor relativamente alto de orgánicos disueltos. Estos parecen ser una mezcla de agua de mar con agua meteórica y parecen estar formados parcialmente como las aguas de la activa acreción tectónica.

GEOQP-24 CARTEL

EL TRABAJO DEL LUGIS A 5 AÑOS DE SU CREACIÓN: PROCESOS, RESULTADOS Y EVALUACIÓN CON DATOS DE RB-SR, SM-ND, PB-PB Y U-PB

Ma. del Sol Hernández Bernal¹, Gabriela N. Solís Pichardo¹, Juan J. Morales Contreras² y Teodoro Hernández Treviño²

¹ Instituto de Geología, UNAM

² Instituto de Geofísica, UNAM

Durante los 5 años de funcionamiento del Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), de los Institutos de Geofísica y Geología de la UNAM, se han determinado relaciones isotópicas de muestras geológicas de diferentes tipos. En la actualidad, se cuenta con una base de datos que permite evaluar la calidad de los resultados obtenidos. La evaluación de los procesos y resultados se realiza a través de las siguientes tareas:

1. Medición de blancos analíticos de varios tipos (agua Milli-Q y Milli Ro, aire, ácidos de diferente normalidad y blancos de procedimientos).
2. Medición de estándares isotópicos internacionales e internos.
3. Medición de muestras dobles.
4. Calibraciones sistemáticas de los trazadores.
5. Mediciones de estándares internacionales e internos para el cálculo de concentraciones por el método de Dilución Isotópica.
6. Mediciones de muestras con y sin trazador.

A partir de la comparación y manejo estadístico de los datos es de notar que la calidad de los resultados del LUGIS es buena y comparable con la de otros laboratorios isotópicos.

El trabajo del LUGIS inició con los métodos de Rb-Sr y Sm-Nd, siguió con el método Pb-Pb, y en la actualidad se ha incursionado en el método U-Pb, todos ellos con resultados publicados en trabajos internacionales.

Es de resaltar que la calidad en los datos se ha podido mantener debido a que el propio personal técnico realiza las labores de destilación de ácidos, diseño de equipo electrónico de laboratorio, detección y reparación de fallas en los equipos de agua desionizada y espectrometría de masas. Lo anterior ha contribuido además a reducir los costos de operación y dependencia tecnológica.

Los logros obtenidos en el LUGIS se reflejan en el procesamiento de muestras para diversos proyectos de investigación, dentro y fuera de la UNAM, así como en el incremento del número de usuarios y, por consiguiente, de muestras que se han procesado cada año.

GEOQP-25 CARTEL

GEOCRONOLOGÍA DE LOS SEDIMENTOS DE CUENCA SOLEDAD UTILIZANDO 210PB

María Lucila Lares, John Crusius, Timothy Baumgartner y
Vicente Ferreira
CICESE

Cuenca Soledad en Baja California, es una cuenca con fondo anóxico donde la ausencia de lluvias estacionales consistentes inhiben la formación de varvas secuenciales. Debido a esto sus sedimentos no se encuentran laminados sino bandeados; por lo que el conteo de laminas no resulta una herramienta útil para establecer la cronología de este tipo de sedimentos. Cronologías basadas en fechado por medio de isótopos radioactivos se convierten en una herramienta indispensable para este fin. En este estudio se presentará la geocronología de los últimos 150 años de un núcleo (de caja) de sedimentos de Cuenca Soledad utilizando la relación $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ y el ^{210}Pb . La relación $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ obtenida (3.78) para los sedimentos superficiales indicó que éstos fueron recuperados. Regiones del núcleo con actividad constante de ^{210}Pb revelan depositaciones instantáneas de sedimentos (e.g. turbidita).

GEOQP-26 CARTEL

MINERALOGIA DE SUBLIMADOS DE ALTA TEMPERATURA DEL VOLCÁN COLIMA

Yuri Taran Sobol y Galia González Hernández
Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de
Geofísica, UNAM

El volcán Colima, que posee una altitud de 3855m sobre el nivel del mar, esta ubicado en la subprovincia de los volcanes de Colima, la cual queda comprendida en la zona conocida como valle de Colima, al norte del estado del mismo nombre.

Por medio del estudio de la geoquímica y mineralogía de los condensados y sublimados de los gases volcánicos de alta temperatura, como es el caso de las fumarolas de 800°C del volcán Colima, se puede establecer un modelo para el transporte de metales a través de estos gases volcánicos.

El presente trabajo consiste en el estudio y determinación de la composición mineralógica de los sublimados de alta temperatura del volcán Colima. Los minerales precipitados en las diferentes secciones, que corresponden a diferentes rangos de temperatura, de los tubos de sílice fueron analizados por el microscopio electrónico de barrido con microanálisis de rayos X (SEM X-EDS). Análisis de sublimados de alta temperatura del volcán Colima vienen realizándose desde 1996 como parte de un monitoreo geoquímico de este volcán.

Los sublimados contienen cantidades variables de muchos metales incluyendo Na, K, Fe, Zn, Br, Ag, Co, Au, Pb, Se y Hg, los cuales se combinan con los constituyentes mayores de los volátiles (cloruros, sulfuros y oxígeno) durante el enfriamiento. Estos

elementos están presentes solamente en bajas concentraciones (varios ordenes de magnitud menos que los gases mayores), por lo cual estas reacciones no alteran significativamente la cantidad de los elementos mayores que componen el sistema. Sin embargo el comportamiento de estos metales trazas puede aportar información importante acerca de la naturaleza del origen de la fase gaseosa.

Las condiciones de temperatura y fugacidad de oxígeno regulan la variación en la composición de las incrustaciones fumarolicas. A través de las asociaciones mineralógicas observadas en estas incrustaciones se puede estimar las condiciones de temperatura y fugacidad de oxígeno que predominaron durante el depósito o precipitación de estas, es decir en las partes más internas o más externas de las fumarolas.

la composición y la proporción en que se encuentran los componentes de los gases volcánicos va a depender de una serie de factores como la presión, la temperatura, la fugacidad de oxígeno, la composición de la fuente, el grado de desgasificación del magma, la solubilidad de los diferentes gases en el magma líquido, entre otros factores. En el caso particular del volcán Colima los precipitados minerales, obtenidos dentro del tubo de sílice, a partir de los gases muy calientes (hasta 830°C) y muy oxidados de las fumarolas del Volcán, presentan diferencias significativas con los otros volcanes que emiten gases reducidos. Sin embargo, las concentraciones de elementos trazas en los gases del Colima, son en general similares a las de la mayoría de los volcanes calco-alcalinos, excepto por su enriquecimiento en Vanadio.

Los resultados obtenidos a través de esta técnica, de forma general, son similares a los obtenidos en los análisis de los tubos anteriores, es decir son sulfatos de sodio, potasio, vanadio con morfologías muy variadas y algo diferente, a los sublimados de tubos anteriores. Nuevamente se encontraron pequeños cristales de oro nativo, precipitados en el tubo, en los mismos rangos de temperatura, con la diferencia de que estos presentan otra morfología. Además como algo nuevo, en estas muestras se esta encontrando telurio.

GEOQP-27 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL VOLCANISMO BIMODAL EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN LUIS POTOSÍ

Rodney Radames Alvarado Cano
Escuela de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología,
Universidad Autónoma de Zacatecas

El Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP) forma parte de la porción oriental de la Sierra Madre Occidental. Este CVSLP constituye un voluminoso volcanismo félsico del Oligoceno, que abarca de los 32 a 27 Ma., culminando con un volcanismo bimodal, el cual está constituido por una intercalación de rocas riolíticas y basálticas.

El volcanismo bimodal inicio con la expulsión de la Riolita Panalillo durante el Oligoceno medio (26.8 ± 1.3 Ma); esta unidad está dividida en dos miembros, el inferior (Tap) el cual está constituido por flujos de ceniza sin soldar y tobas de caída con 5% de fenocristales de cuarzo y feldespato-K con pómez sin colapsar; y el miembro superior (Trp), que consiste de una ignimbrita riolítica bien soldada con 10 a 15% de fenocristales de cuarzo y feldespato-K en matriz desvitrificada, con pómez delgada en forma de

fiammes. El Basalto La Placa (Tbp) del Oligoceno medio (27 Ma), constituye la segunda unidad del volcanismo bimodal, el cual presenta textura microporfídica y pilotaxítica, con fenocristales de plagioclasa-Na y olivino, la matriz está constituida de microlitos de plagioclasa, magnetita y piroxeno intersticial.

Según el diagrama Irvine and Baragar las riolitas muestran un carácter subalcalino y los basaltos suavemente alcalinos, ambos ricos en K. El carácter subalcalino se observa claramente en la Norma CIPW, donde la ortosa y albita en conjunto representan un 50.4-55% de peso normativo contra 35.5-41.3% de cuarzo en las riolitas. En los basaltos se tiene 12.5-15.8% de peso normativo de anortita y 16.2-25.9% de cuarzo; lo que de acuerdo a los criterios petrológicos propuestos por Cameron *et al.*, estas rocas corresponden a las facies de rocas calcialcalinas con alto contenido de K de la provincia magmática de la Sierra Madre Occidental.

Con base en la observación de estructuras de carácter extensional y la interpretación geoquímica de los magmas que generan este volcanismo bimodal, se puede decir que la Riolita Panalillo es producto de un magma muy evolucionado proveniente de una cámara magmática somera (3-5 km. dentro de la corteza), y que el Basalto La Placa forma parte de un magma poco evolucionado expulsado a través de grandes fisuras corticales desde la parte superior del manto, este volcanismo bimodal se asocia a la tectónica de extensión que afectó a México durante el Terciario medio.